



PROGRAMM



44. JAHRESTAGUNG FÜR AKUSTIK

19. bis 22. MÄRZ 2018



Audio
Information
Processing

Technische
Universität
München



DAGA 2018 – 44. Deutsche Jahrestagung für Akustik 19. bis 22. März 2018 in München

<http://2018.daga-tagung.de/>

Veranstaltungsort

Technische Universität München
Boltzmannstraße 15
D - 85748 Garching bei München
www.tum.de

(Anfahrt sowie Raumpläne siehe Seite 418)

Öffnungszeiten von Ausweisausgabe und Tagungsbüro

19. März 2018: 11:00 - 17:00 Uhr
20. März 2018: 08:00 - 17:00 Uhr
21. März 2018: 08:00 - 17:00 Uhr
22. März 2018: 08:00 - 16:00 Uhr

Veranstalter

- Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA)
- Professur für Audio-Signalverarbeitung,
Technische Universität München

unter Mitwirkung von

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

Wissenschaftliche Tagungsleitung

- Bernhard Seeber

Leitungs- und Organisationsteam

- Bernhard Seeber
- Martina Römpf
- Hugo Fastl
- Steffen Marburg
- Gerhard Müller
- Martin Buchschmid
- Teresa Lehmann
- Julia Schneiderheinze

Wissenschaftlicher Beirat

- Christian Burkhart
- Sebastian Goossens
- Martin Grabenstein
- Benedikt Grothe
- Werner Hemmert
- Josef Hobelsberger
- Harald Luksch
- Ulrich Möhler
- Alexander Peiffer
- Wolfgang Polifke
- Gerhard Rigoll
- Daniel Rixen
- Joachim Scheuren
- Stefan Sentpali
- Lutz Wiegrebe

Kontakt

Teresa Lehmann und Julia Schneiderheinze
Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.
Telefon: +49 (0)30 340 60 38-03 und -04
Fax: +49 (0)30 340 60 38-10
E-Mail: tagungen@dega-akustik.de

Impressum:

Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.
- Geschäftsstelle -
Alte Jakobstraße 88
10179 Berlin
Telefon: +49 30 340 60 38-00
Homepage: www.dega-akustik.de
E-Mail: dega@dega-akustik.de

Druck und Bildrechte:

LASERLINE Druckzentrum Berlin KG
Bild Titelseite: © München Tourismus /
R. Sterflinger, „Münchner Panorama mit Blick auf die Alpen“
Seite 35 oben: © Christian Fischer Photography,
<https://www.facebook.com/TheChrisPortrait/>
Seite 35 unten: © Gustavo Allidi Bernasconi

Grußwort der Tagungsleitung

Die Akustik ist in München zu Hause – an den beiden großen Universitäten, der Hochschule, in der Industrie, in Beratungsbüros, in kleinen Audiofirmen – und vom 19.-22. März 2018 auf der 3. Münchner DAGA. Nach 1980 und 2005 weilt die DAGA wieder in der bayerischen Hauptstadt mit ihrer gelebten Lebensfreude, einem erstklassigen Kunst- und Kulturangebot, der Nähe zur Natur in Seen und Bergen, einem oft weiß-blauen Himmel und nicht zuletzt dem bekannten Bierfest – München, die „nördlichste Stadt Italiens“.

Passend zum 150-jährigen Bestehen der Technischen Universität München (TUM) gibt die DAGA Anlass zum Blick auf die Akustiktradition: Zwicker etablierte das Institut für Elektroakustik 1967, an dem auch Terhardt, Ruske und Fastl wirkten. Die Akustiker begehen die 150-Jahrfeier der TUM mit einer Doppelkonferenz aus DAGA und GAMM, der Konferenz der Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik, zu der DAGA-Teilnehmer freien Eintritt erhalten. Für den Freitag nach der DAGA, den 23.03.2018, ist eine Feier zum Wirken von Prof. Hugo Fastl und die Eröffnung des neuen reflexionsarmen Raumes der AIP TUM geplant, den Sie bereits während der DAGA besuchen können.

Aus der Audio-Signalverarbeitung (AIP) der Fakultät für „Elektrotechnik und Informationstechnik“ zusammen mit Kollegen der Fakultäten „Bau Geo Umwelt“ und „Maschinenwesen“ der TUM, der Biologie an der LMU, der Industrie und aus Beratungsunternehmen mit kräftiger Unterstützung durch die DEGA organisiert, wird diese DAGA wieder alle Bereiche der Akustik umfassen. Wir freuen uns auf interessante Plenarvorträge aus den Bereichen Raumakustik, Fahrzeugakustik, Hörakustik, Audiologie und Spracherkennung. Drei Vorkolloquien und 24 strukturierte Sitzungen zu aktuellen Themen, viele fachliche Vorträge und Poster, Fachausschusssitzungen und Exkursionen zu Firmen im Münchner Raum werden keine Langeweile aufkommen lassen.

Wir freuen uns, dass die Poster über alle drei Tage zentral hängen können und so eine gesteigerte Sichtbarkeit erfahren – nutzen Sie dieses schöne Angebot zum gegenseitigen Kennenlernen und zur fachlichen Diskussion. Dies ist möglich, nachdem unsere „gewachsene“ DAGA-Tagung in Garching im Gebäude der Fakultät für Maschinenwesen stattfindet, das uns mit vielen Hörsälen und großen Flächen verwöhnt und direkt mit der U6 an die Münchner Innenstadt angebunden ist (siehe www.mvv-muenchen.de und Seite 419).

Nicht zuletzt freuen wir uns auf die Abendveranstaltung, die als besonderen musikalischen Höhepunkt Latin Jazz vom dreimaligen World-Music Award Gewinner und Grammy Nominee Juan Garcia-Herreros, The Snow Owl, bieten wird. Der fachliche Gedankenaustausch und ein Genießen mit allen Sinnen wird durch das für diesen DAGA-Abend gebraute Craft-Bier „Akustiner“ unterstützt.

Zusammen mit dem Team freue ich mich auf Ihr Kommen zur Münchner DAGA

...und planen Sie danach noch ein paar erholsame Tage in bayerischer Gemütlichkeit ein!

Bernhard Seeber,

Tagungsleiter

Inhaltsverzeichnis

Grußwort	4
Zeitpläne	10
Programm und weitere Termine rund um die DAGA . . .	26
Aussteller und Sponsoren	36
Hinweise für Autoren	39
Auszeichnungen der DEGA	42
Plenarvorträge	46
Vorkolloquien Montag	50
Binaural hearing: Physiology, Psychoacoustics, Models . .	50
Frequency Dependent Modeling in Vibroacoustics	55
Akustische Metamaterialien und periodische Strukturen . .	59
Fachvorträge und Poster Dienstag	65
DIN 4109: Anforderungen und neues Rechenverfahren im Wohnungsbau I	65
DIN 4109: Anforderungen und neues Rechenverfahren im Wohnungsbau (Poster)	70
Fahrzeugakustik I	71
Fahrzeugakustik (Poster)	78
Sprachverarbeitung	81
Sprachverarbeitung (Poster)	87
Lärmentstehung und -ausbreitung	88
Physikalische Akustik	95
Lärmwirkungen	97
Betrachtung von Unsicherheiten in der Vibro- und Aeroakustik	100
Schwingungstechnik (Poster)	105
Simulationsverfahren in der Strömungsakustik	106
Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung	112
Lautsprecher und Kopfhörer (Poster)	118
Raumakustische Modellierung und Validierung von Büroräumen	121
Lärm am Arbeitsplatz (strukturierte Postersitzung)	125
Schalldämpfer	132
Schalldämpfer (Poster)	136
Neue Trends beim VAE-Rendering mit Kopfhörern I	137
Neue Trends beim VAE-Rendering mit Kopfhörern (Poster)	141

DEGA-Audiodatenbank zur Evaluierung von virtuellen auditiven Umgebungen (strukturierte Postersitzung)	142
Psychoakustik I	145
Psychoakustik I (Poster)	148
Psychoakustik II	151
Fachvorträge und Poster Mittwoch	154
DIN 4109: Anforderungen und neues Rechenverfahren im Wohnungsbau II	154
Bauakustik I	157
Fahrzeugakustik II	163
Technische Akustik	170
Strömungsakustik	173
Strömungsakustik (Poster)	183
Ultraschall	184
Ultraschall (Poster)	191
MEMS-Lautsprecher	194
Numerische Akustik I	197
Numerische Akustik (Poster)	202
Reifen-Fahrbahn-Geräusche	204
Akustische Messtechnik und Sensorik I	210
Akustische Messtechnik und Sensorik (Poster)	213
Strukturintensität - Berechnung, Messung, Nutzen	217
Strukturintensität (Poster)	221
Audiotechnik	221
Meeresakustik	224
Philosophy in Acoustics	232
Die Elektrogitarre und ihre Signalbearbeitung	234
Musikalische Akustik (Poster)	238
Lehre der Akustik / Geschichte der Akustik	240
Lehre der Akustik / Geschichte der Akustik (Poster)	243
Psychoakustik III	245
Audiologische Akustik - Sprache und Perzeption	248
Audiologische Akustik (Poster)	252
Non-destructive materials testing using acoustic waves	256
Psychoakustik IV	261
Aktive akustische Systeme	265
Lärmpolitik	268
Lärmschutz I	270
Lärmschutz (Poster)	275
Raumakustik I	276
Raumakustik (Poster)	279

Raumakustik II	281
Virtuelle Akustik I	284
Virtuelle Akustik (Poster)	287
Virtuelle Akustik II	291
Binauraltechnik (Poster)	294
Neue Trends beim VAE-Rendering mit Kopfhörern II	296
Multi-modal Interaction in Virtual Reality	299
Psychoakustik V	304
Psychoakustik II (Poster)	307
Binauraltechnik	310
Fachvorträge Donnerstag	314
Bauakustik II	314
Aktive akustische Systeme in Fahrzeugen	319
Sprache und Audio im Kfz	323
Eisenbahnakustik	329
Deep Learning for Audio	334
Numerische Akustik II	337
Körperschall	342
Akustische Messtechnik und Sensorik II	347
Aktuelle Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung zum Um- gebungslärm	353
Raumakustik III	358
Lärmschutz II	362
Experimentelle Strömungsakustik	371
Musikalische Akustik	377
Beiträge der Münchner Schule der Psychoakustik	385
Augmented Acoustic Reality	390
Charakterisierung des Hörvermögens oberhalb der Hör- schwelle: Cocktailparty und 'hidden-hearing loss'	394
Audiologische, medizinische und physiologische Akustik	399
Verzeichnis der Autoren	404
Anreise, Lagepläne, Verpflegung	417
Anreise zum Tagungsgelände	418
Wegbeschreibungen	420
Hinweise zur Verpflegung und zu Hotels / Tourismus	422
Zugangsdaten WLAN	424
Gebäudepläne	424

Montag, 19. März 2018

	Vorkolloquium „Binaural Hearing: Physiology, Psychoacoustics, Models“
	<i>Raum MW 1801 (Innenhof 7, 1. Obergeschoss)</i>
12:30	Introduction
12:40	Pecka, Lingner, Encke, Gleiss, Leibold, Grothe: How we process and perceive sound source locations in complex environments (50)
13:10	Dahmen: Adaptation to altered spatial input statistics across different timescales and stages of development (50)
13:40	van de Par, Sutojo, Schoenmaker: The spatial benefit in speech intelligibility and the role of source segregation mediated by binaural cues (51)
14:10	Wiegrebe, Wallmeier: The unusually active auditory system: Psychophysics and imaging of human echolocation (51)
14:40	Coffee break
14:55	Encke, Völk, Hemmert: Ein Modell der neuronalen Verarbeitung zeitlicher Lokalisationsmerkmale (52)
15:25	Dietz, Ausili: A Lateral Superior Olive Model with Bilateral Cochlear Implant Stimulation (53)
15:55	Takanen, Seeber: Modeling Binaural Hearing Percepts of Bilateral Cochlear Implant Users (53)

	Vorkolloquium „Frequency Dependent Modeling in Vibroacoustics“
	<i>Raum MW 0350 (gegenüber dem 4. Innenhof, Erdgeschoss)</i>
12:45	Introduction
13:00	Caillet, Musser, Van Hal: Which simulation method use for a specific application and frequency range in automotive? (55)
13:25	Keuchel, Lohmann, Zaleski, Ram, von Estorff: Energy FEM and BEM for High Frequency Acoustics (55)
13:50	Winter, Schneider, Müller: Modeling Aspects of Energy Flow Analysis applied to Timber Structures (56)
14:15	Moosrainer, Jegham: Efficient simulation of sound propagation from electric motors – frequency-dependent modeling for development of „mid-frequency gap“ (56)
14:40	Coffee break
15:00	Kohrmann: Application of the Integral Transform Method for the Computation and Assessment of the Sound Radiation of Plate-Like Structures (57)
15:25	Peiffer: Hybrid modelling of transmission loss with acoustic treatment (57)
15:50	Sicklinger: Structural Power-Flow Methods for the Conceptual Design Phase (58)

	Vorkolloquium „Akustische Metamaterialien und periodische Strukturen“
	<i>Raum MW 1550 (gegenüber dem 6. Innenhof, 1. Obergeschoss)</i>
12:00	Einführung
12:10	Scheel, Thomas: Integration einstellbarer, akustischer Materialien im Flugzeugbau (59)
12:35	Miksch, Müller, Peiffer, Müller: Numerische Berechnung der Dispersion von flächig verteilten Schwingungstilgern und akustischen Schwarzen Löchern mithilfe von Wave-Finite-Elements (60)
13:00	Langfeldt, Gleine: Tieffrequente Luftschalldämmung mit akustischen Membran-Metamaterialien (60)
13:25	Müller, Faulhaber: Metallische Tilgerarrays als akustisches Metamaterial hergestellt durch Additive Layer Manufacturing": Entwurfsprozess und erste Ergebnisse (61)
13:50	Aoki, Adachi, Maysenhölder: Band Structure and Sound Transmission Loss of Infinite Periodic Partitions: Numerical Studies with COMSOL (62)
14:15	Kaffeepause
14:45	Henneberg, Gerlach, Cebulla, Marburg: Reduktion des Übersprechens in Phased-Array-Wandlern durch akustisches Metamaterial als Trägerstruktur (62)
15:10	Kreuzer, Kasess: BEM Simulation von Schallschutzwänden mit periodischen Strukturen (63)
15:35	Maysenhölder: Sound Transmission Loss of One-Dimensional Systems Containing Fictitious Metamaterials (63)
16:00	Ziegelwanger, Reiter: Numerische Berechnung der Schallbeugung und Schallreflexion an periodischen Strukturen (64)

15:30-17:00 **„Icebreaker - junge DEGA“**
(S. 30, MW 1450)

17:00 **DEGA-Mitgliederversammlung**
(S. 29, MW 1801)

19:00 **Begrüßungsempfang zur Eröffnung der Ausstellung**
(S. 38, Magistrale im Erdgeschoss)

Dienstag, 20. März 2018

MW 2001

9:00 Eröffnung und Preisverleihung

- Grußworte und Musik
- Verleihung der Helmholtz-Medaille an Prof. Wolfgang Ahnert (S. 42)
- Verleihung der Rudolf-Martin-Ehrenurkunde des NALS
- Verleihung des Lothar-Cremer-Preises an Dr. Anna Warzybok
- Verleihung der DEGA-Studienpreise an
B.Sc. Hans-Fleming Kohlenberg und an M.Sc. Norbert Kolotzek (S. 44)

10:30 Kaffeepause

11:00 Plenarvortrag Wolfgang Ahnert (Empfänger der Helmholtz-Medaille):
„Beschallungstechnik - Entwicklungen und Anwendungen“ (46)

11:45 Plenarvortrag Anna Warzybok (Empfängerin des
 Lothar-Cremer-Preises):

**„Speech recognition performance and predictions:
 bridging acoustics and audiology“** (46)

12:30 Mittagspause und Fachausschuss-Sitzungen

– Vorträge (seitenübergreifende Tabellen)

	MW 2001	MW 0001	MW 1050	MW 2050	MW 0250	MW 1250
	DIN 4109 I	Fahrzeug-akustik I	Sprachver-arbeitung	Lärmentste-hung / Ausbr.	Physikal. Akustik	Unsicher-heiten
14:00	Fischer: DIN 4109 Rück-/Ausblick (65)	Herrnberger: Transferpfad-analyse (71)	Kokabi: Seg-mentierung von BRIRs (81)	Kühner: Am-plitudenmod. WEA (88)	Saati Khosroshahi: Rigid frame (95)	Henneberg: Lokal strukt. Faserverstär-kung (100)
14:20	Neubauer: Schalläm-mung Vergleich (65)	Putner: Bei-tragsanalyse (72)	Stadtschnitzer German dialect identif. (82)	Hörmeyer: Modell Schall-ausbreitung (89)	Melde: Ultraschallho-lographie (96)	Weisheit: Prognose Störge-räusche (101)
14:40	Schnelle: Trittschallschutz DIN 4109 (66)	Wolf: Alternative TPA-Dar-stellung (73)	Pucher: Evaluating dialect synthesis (82)	Martens: Effekte der Schallausbrei-tung (89)	Fischer: Partikelmani-pulation (96)	Langer: Unsi-cherheiten Dichtungen (102)
15:00	Saß: Nachweise Bauelemente (66)	Becker: Drehzahl-schätzung (73)	Grimm: Directivity based MWF (83)	Hirsch: Über-reichweiten im Freien (90)	Ohl: Cavi-tation wall shear stress (97)	John: Bauteil-spezifische Fak-to-ren (102)
15:20	Gierga: DIN 4109-2016 Software (67)	Logdesser: HVAC und Fahrereignis-se (74)	Hübschen: Rahmenwerk Evaluierung (83)	Strigari: Wet-terkorrigierte Immission (91)	Pause (Vortrag entfällt (95))	Geweth: Dämpfung Fehlerquellen (103)
15:40	Posterkurz-vorträge (Seite 14)	Posterkurz-vorträge (Seite 14)	Posterkurz-vorträge (Seite 14)	Pause	Pause	Posterkurz-vorträge (Seite 14)

	MW 0350	MW 1450	MW 1550	MW 1801	Interim 1	Interim 2
	Simulation in Ström.-ak.	Elektro-akustik	Büroräume	Schall-dämpfer	VAE-Rendering I	Psycho-akustik I
14:00	Kaltenbacher: Hybrid formulations CAA (106)	Krahé: Infra-schallquelle (112)	Goossens: Simulation Büroakustik (121)	López Cortés: Exhaust silencers (132)	Weitnauer: Binaurales Rendern (137)	Bögelein: Spherical head localiz. (145)
14:20	Kreuzinger: Simul. bewegter Körper (107)	Qin: Loudsp. sound and vibration (113)	Schröder: Mehrperso-nenbüro (121)	Hermann: Turbolader-Schalldämpfer (132)	Fiedler: MTB Mikrofonarray (137)	Dietz: Minimizing ITD JNDs (145)
14:40	Piepiorka: Löser für rotierende Netze (108)	Becker: Vermessung Exciter (113)	Rindel: Open plan office optimization (122)	Herget: Ab-sorbierende Kanalelemen-te (133)	Richter: Influence continuous HRTF (138)	Takanen: Adaptation to binaural cues (146)
15:00	Schröder: Hydro-dyn./acoustic splitting (108)	Creutzburg: Messung Verzerrungen (114)	Nocke: Akustikmöbel (122)	Bay: Prozess-lufttechn. Anlagen (134)	Majdak: HRTF aus Fotos (138)	Wendt: Reflections influencing PE (146)
			Lärm am Arbeitsplatz		DEGA-Audio-Datenbank	
15:20	Schoder: RBF interpolation for CAA (109)	Sladeczek: Object-based audio repr. (114)	strukturierte Postersitzung (Seite 15)	Kluth: Absorptions-schalldämpfer (134)	Posterkurzv. / strukturierte Postersitzung (Seite 15)	Linke: Beamformed sound masking (147)
15:40	Pause	Posterkurz-vorträge (Seite 14)	strukturierte Postersitzung (Seite 15)	Posterkurz-vorträge (Seite 15)	strukturierte Postersitzung (Seite 15)	Posterkurz-vorträge (Seite 15)

Dienstag, 20. März 2018**– Poster-Kurzvorträge (S. 40; seitenübergreifende Tabellen)**

Poster	MW 2001 15:40	MW 0001 15:40	MW 1050 15:40		MW 1250 15:40	MW 1450 15:40
	Posterinsel D	Posterinsel H	Posterinsel G		Posterinsel K	Posterinsel A
	DIN 4109	Fahrzeug- akustik	Sprachver- arbeitung		Schwin- gungstechn.	Lautspr. / Kopfhörer
	Wolff: Messto- leranzen EN ISO 3822 (70)	Kohlenberg: Batterieelektr. Fahrzeug (78)	Stadtschnitzer: Data-driven modeling (87)		Al-Abadi: Tank resonance (105)	König: 30 Jahre Forschung (118)
		Gieß: Akust. Formteilausle- gung (78)	Pusch: Vor- verarbeitungs- algorithmen (87)		Gamil: Core resonance (106)	Klippel: Com- pensating room influ- ence (119)
		Yoshida: High contributing mode (79)				Brocks: Ther- mi. Leistungs- begr. (119)
		Maue: Lärm im Cabrio (79)				Rivera Beno- is: ANC head- sets (120)
		Czolbe: Schie- nenschall- Mess. (80)				Mohamady: Biquad filter param. (120)
		Bock: Aus- wirkg. AVAS- Gesetze (80)				

16:00 - 16:40 **Poster-Forum**, Magistrale im Erdgeschoss**– Vorträge (Fortsetzung)**

	MW 2001	MW 0001	MW 1050	MW 2050	MW 0250	MW 1250
	DIN 4109 I	Fahrzeug- akustik I	Sprachver- arbeitung	Lärmest- hung / Ausbr.	Lärm- wirkungen	Unsicher- heiten
16:40	Hils: Komple- mentäre Verfahren (67)	Haverkamp: Berührungs- geräusch (74)	Saati Khosroshahi: Human inter- action (84)	Kleinhenrich: Vergleich Strahlenmo- delle (91)	Naderi: Noise and speech quality (97)	Zerle: Schwingungs- dosiswert (104)
17:00	Schneider: Wand mit Vor- mauerschale (68)	Pohl: Teilschallquel- lenlokalisation (75)	Michael: Conversation simulation (84)	Clauß: Smart city environment (92)	Zequeira Jiménez: Noise crowd- sourcing (98)	Kohlsche: Polymorphe Unschärfe (105)
17:20	Rabold: DIN 4109 Holzdecken (69)	Colangeli: Powertrain source localiz. (76)	Skowronek: Quality telephone terminals (85)	Tietze: Auswirkung Schwellentyp (93)	Gibson: Kognitive Belastung (98)	
17:40	Meier: Holzbau DIN 4109 (69)	Velizhanina: Matrix-inverse airborne TPA (76)	Reimes: Eval. conference phones (85)	Ungnad: Schallfeldre- konstr. mit FEM (93)	Hermann: Lärmvorbe- lastung Baulärm (99)	
18:00	Mayr: Über- tragungsftk. Holzbau (70)	Wegerhoff: Verzahnungs- anregung (77)	Möller: Super- Breitband- Sprache (86)	Grüner: Silohupen (94)	Pigasse: Lärmschutz- wand optim. (100)	

19:30 **Geselliger Abend** (S. 35)

Poster	MW 1550	MW 1801	Interim 1		Interim 2
	15:20	15:40	15:20	15:25	15:40
	Posterinsel M	Posterinsel K	Posterinsel A	Posterinsel B	Posterinsel F
	Lärm am Arbeitsplatz	Schall-dämpfer	VAE-Rendering	DEGA-Audio-Datenbank	Psychoakustik I
	Ruppert-Pils: Lärm und Schwerhörige (125)	Hohmann: Gehörschutz-Instruktor (128)	Lübeck: Localization inside array (141)	Epe: Orgelaufnahmen Stimuli (142)	Encke: Lateralisationsexperimente (148)
	Nocke: Lärm im Büro (126)	Sickert: Gehörschutz Hörminderung (129)		Leckschat: Musikproduktion Jazz/Funk (142)	Reimann: ILD-lateralisation (149)
	Schelle: Mehrpersonenbüros (126)	Schönweiß: Messkonzept Ultraschall (129)		Böhm: Nachhallfrei Orchester (143)	Kreh: IPD, nicht ITD (149)
	Selzer: Raumakustik Störschall (127)	Ullisch-Nelken: Luftgeleiteter Ultraschall (130)		Rudrich: Gemeinfreie Gitarren-Aufn. (144)	Encke: IPD-Zweikanalmodell (150)
	Wolff: Beurteilung Schießlärm (127)	Wächter: Ultraschall-Messsystem (131)		Clapp: Set of recorded scenes (144)	

16:40	MW 0350	MW 1450	MW 1550	MW 1801	Interim 1	Interim 2
	Simulation in Ström.-ak.	Elektroakustik	Büroräume	Schall-dämpfer	VAE-Rendering I	Psychoakustik II
	Dogan: Hybrid CFD/BEM method (110)	Tauböck: Math. signal processing (115)	Kelz: Ringversuch Großraumbüros (123)	Schulze: Körperschall an Dämpfern (135)	Frank: Front/back-confusion (139)	Schlittenlacher: Notched noise (151)
	Stein: Muffler in turbulent flow (110)	Balazs: Frame multipliers (115)	Probst: STI-Matrix Verfahren (124)	Kisler: Plattenschall-dämpfer (135)	Braren: Notch center frequency (139)	Gottschalk: Modellierung Suppression (151)
	Sultani: FV-MLS-Methode in CAA (111)	Schneider: Reale Ambisonics Mik. (116)	Böhm: STI-Matrix Anwendung (124)	Komorek: Faserfreies Absorbermaterial (136)	Kohnen: Notch smoothing of HRTFs (140)	Krump: Zwicker-Ton (152)
	Pausch: LES/CAA for thermoacoustics (111)	Varela: Akust. Peilung und Ortung (116)	Renz: Hintergrundsprache im Büro (125)		Mroz: Binaural externalisation (140)	Hots: Lautheit und Pausen (152)
18:00		Fischer: Lautsprecher-Beamforming (117)			Zaunschirm: Reducing complexity HRTF (141)	Sutojo: Eval. similarity measures (153)

Mittwoch, 21. März 2018 (Vormittag)**– Vorträge** (seitenübergreifende Tabellen)

	MW 2001	MW 0001	MW 1050	MW 2050	MW 0250	MW 1250
	DIN 4109 II	Fahrzeugakustik II	Strömungsakustik	Ultraschall	Numerische Akustik I	Akust. Messtechnik I
08:40		Angerpointner: ANC tonale Störgeräusche (163)	Becker: Akustik mittels PIV (173)	Webersen: Charakterisierung von FVK (184)	Schneehagen: Wandbündiger Zylinder (197)	
09:00	Ritterstaedt: Straßen-/Schienenspektren (154)	Burkhardt: Ansteuerung Nebenaggregate (164)	Manegar: Surface pressure fluct. (173)	Wöckel: Luftschallprüfung (185)	Moheit: Moden im akust. Außenraum (198)	
09:20	Bock: Verkehrslärm-Regelwerke (154)	Arsic: Big Data in Fahrzeugakustik (164)	Pena Fernandez: Prediction jet parameters (174)	Wolf: Temp. in Gewebephantomen (185)	Zinner: Krylov-Unterraumverfahren (198)	
09:40	Blessing: Balkone in DIN 4109 (155)	Pause	Herring Jensen: Transfer impedance (174)	Pause	Jelich: Iterative Verfahren BEM (199)	Merchel: 3D-Druck Dodekaeder (210)
10:00	Pause	Steinbach: Detektion mittels Regression (165)	Pause	Timmermann: T-Wellen Gewebephantome (186)	Pause	Nowak: Störschallunterdrückung (211)
10:20	Hettler: DIN 4109-2016 nach LBO (155)	Lielens: Diesel filter acoustic model (165)	Floss: HVAC application of MPPs (175)	Wilkens: HIFU Feldmessungen (187)	Piscoya: Komplexe Ersatzstrahler (200)	Marhenke: Mechanische Kennwerte (211)
10:40	Körper: Erhöhter Schallschutz (156)	Seidel: Nicht-strukturelle Massen (166)	Masovic: Liners with bias flow (175)	Movahed: Beamforming air-ultrasonic (187)	Baydoun: Dämpfung der Abstrahlung (200)	Wenzel: Zielgrößen Absorptionsgrad (212)
11:00	Burkhart: Neue DEGA-Empfehlung 103 (156)	Kochan: Metamaterialien Flugzeugbau (166)	Sharma: Leading edge noise (176)	Feldmann: Startwertoptimierung (188)	Wasmer: Ultraschallsensor (201)	Posterkurzvorträge (Seite 18)
11:20	Pause	Pause	Posterkurzvorträge (Seite 18)	Posterkurzvorträge (Seite 18)	Posterkurzvorträge (Seite 18)	Pause

11:40 MW 2001: **Plenarvortrag Benedikt Grothe:**
„Binaurales Hören – Paradigmenwechsel und neue Konzepte“ (47)

12:30 Mittagspause und Fachausschuss-Sitzungen

	MW 2250	MW 0350	MW 1450	MW 1550	MW 1801	Interim 1	Interim 2
	Meeresakustik	Elektrogitarre	Audiolog. Akustik	Psychoakustik IV	Lärm-schutz I	Virtuelle Akustik I	Multi-Mod. Interaction
08:40	Stoltenberg: Zielmaß Zweischalenmodell (224)	Schäfer: Modelling of guitar strings (234)		Meier: Hörversuchssteuerung (261)	Westphal: Ringversuch Geräusche (270)	Firtha: WFS of moving sources (284)	Grimm: Audio-visual environments (299)
09:00	Homm: Underwater noise levels (225)	Zollner: Nichtlineare Verzerrungen (235)	Hülsmeier: Do models hear noise? (248)	Neubauer: Hörversuche Verzahnungen (262)	Schenk: Fremdgeräuschkorrektur (271)	Mecking: Wettermodelle Fluglärm (284)	Biberger: Speech intelligibil. in rooms (300)
09:20	Stöber: Neue NMFS-Richtlinie (225)	Potchinkov: Röhrengitarrenverstärker (235)	Hochmuth: Acoustic-phonetic cues (249)	Gaerner: Hörstudie Motorge-räusch (262)	Hoislbauer: Abnahme LSW (271)	Imran: Airborne sound transmission (285)	Schutte: Vision and reverb perception (300)
09:40	Von Pein: 3D Ramm-schall Simu-lation (226)	Pause	Schädler: Robuste Spracherkennung (249)	Schaab: Threshold of acceptability (263)	Pause	Pause	Poppitz: Spatial resolution of reverberat. (301)
10:00	Pause	Eichas: VA-Modeling of Guitar Amps (236)	Pause	Pause	Conter: Messg. Lärm-schutzwände (272)	Spors: Reflection coefficient (285)	Pause
10:20	De Obaldia: Click whale similarity (227)	Dempwolf: Modeling guitar ampl. (236)	Pausch: Speech perception in VAEs (250)	Töpken: Sem. Differential Ventilatoren (263)	Hübelt: Schäden Lärm-schutzwand (273)	Ahrens: Au-ralisierung (286)	Alves Pinto: Piano-based rehabilitati-on (301)
10:40	Abshagen: Schallausbreitung im Kanal (227)	Erbes: Power supply in guitar amp (237)	Husstedt: SNR percentile analysis (251)	Huth: Tonale Komponenten Züge (264)	Appel: Lärm-mind. Straßenbahnen (273)	Häußler: SNR in HRTF (286)	Fuchs: Akustik und Guidance-Effekt (302)
11:00	Schmidt: TRVI-CFAR-Algorithmus (228)	Klippel: Eval. guitar loudspeakers (237)	Spitz: Parkinson-Sprachanalyse (251)	Atamer: Loudness real sounds (264)	Chudalla: Bewertung mehrerer Quellen (274)	Clapp: Active adaptation to rooms (287)	Kolotzek: Head turning with hearing aids (303)
11:20	Pause	Posterkurz-vorträge (Seite 19)	Posterkurz-vorträge (Seite 19)	Pause	Posterkurz-vorträge (Seite 19)	Posterkurz-vorträge (Seite 19)	Schwendicke: Kno-chenschall GKS (303)

Mittwoch, 21. März 2018 (Mittag / Nachmittag)**– Poster-Kurzvorträge (S. 40; seitenübergreifende Tabellen)**

Poster	MW 2001	MW 0001	MW 1050	MW 2050	MW 0250	MW 1250
			11:20	11:20	11:20	11:00
			Posterinsel H	Posterinsel L	Posterinsel L	Posterinsel J
			Strömungs- akustik	Ultraschall	Numerische Akustik	Akust. Messtechnik
			Gharibi: Eroded coated lead. edge (183)	Sarac: Sono- chemistry in channels (191)	Mysore Guruprasad: Uncertainty in TL (202)	Holstein: Kalibrierung Sensoren (213)
				Stephens: Cavit. bubble cluster (192)	Burgschwei- ger: Raytr. im Zeitber. (202)	Fonseca: Calibration of RIR (213)
				Seitz: Trend- bewertung Ultraschall (192)	Fiala: Modelling of scattering (203)	Weber: Kontaktlose Schwing.- mess. (214)
				Ohl: Bubble dynamics HIFU (193)		Berzborn: In- vestig. diffuse- ness (215)
						Wagner: Druckluftlecks (215)
						Morschel: Augmented Reality (216)
						Herfert: Anr. Modalanalyse (216)

– Vorträge (Fortsetzung)

	MW 2001	MW 0001	MW 1050	MW 2050	MW 0250	MW 1250
	Bauakustik I	Fahrzeug- akustik II	Strömungs- akustik	Ultraschall	Reifen/Fahr- bahn	Strukturin- tensität
14:00	Bietz: Dynamische Steifigkeit (157)	De Kruiff: Sounddesign Elektrofahz. (167)	Riedel: Strö- mungsschall Hörgeräte (176)	Wüst: Aperturfokus- sierung (189)	Gombots: Tire-road noise test rig (204)	Groba: Estimation of power (217)
14:20	Mecking: Nachwach- sende Roh- stoffe (158)	Müller- Giebeler: Simul. elektr. Antriebe (167)	Mäder: Gefilterte Galbrun Gleich. (177)	Koch: Kavitations- blasenkollaps (189)	Schubert: Überstands- längen (204)	Kleinfeller: Messung Strukturinten- sität (218)
14:40	Troll: Trenn- vorhänge Sporthallen (158)	Keuchel: Infotainment- Systeme (168)	Silkeit: 3D APE und Kirchhoff Simul. (178)	Lesnik: Numerik Kavi- tationsblasen (190)	Tollenaar: Bridge joints (205)	Schaal: Bewertung mittels STI (218)
15:00	Hessinger: Flankendäm- mung (159)	Bienert: Motorradhelm (168)	Osterziel: Schallab- strahlung Platten (178)	Mettin: Cavitation in holes (190)	Walter: Torus-/CPX- Messungen (205)	Haase: Körperschall- barriere (219)
15:20	Lieblang: Schwere Holz-Rippen- decke (160)	Roßberg: End-of-line (169)	Fard Afshar: Ported shroud in TC (179)	Reuter: Akustisch kavittierter Jet (191)	Saurer: Daten in Lärm- schutzprojekt (206)	Rothe: Reduktion Schallleistung (220)
15:40	Pause	Gajda: Wie laut Elektroauto (269)	Pause	Pause	Pause	Posterkurz- vorträge (Seite 20)

Poster	MW 2250	MW 0350	MW 1450	MW 1550	MW 1801	Interim 1	Interim 2
		11:20	11:20		11:20	11:20	
		P.-Insel E	P.-Insel G		P.-Insel M	P.-Insel B+C	
		Musikal. Akustik	Audiolog. Akustik		Lärm-schutz	Virtuelle Akustik	
		Inanli: Vibroacoustics of oud (238)	Schröder: Classific. CAFPA's (252)		Martinez: 3-Punktqu.-Modell (275)	Hahn: Continuous measurment. (287)	
		Schwarzenbacher: Erukation (238)	Vogl: Variation Gehör-gangs-ÜFs (253)		Feldmann: Simulation akt. Fenster (275)	Klein: Continuous directional RIR (288)	
		Czedik-Eisenberg: Dusterkeit (239)	Rennies: Binaural listening effort (253)			Brinkmann: Image source model (288)	
		Jenei-Kulcsar: Sparse grids (240)	Schäfer: Potential-verteilung bei CI (254)			Stienen: Auralization with SIMO VDL (289)	
			Fonseca: Prevention hearing loss (254)			Küller: Transferie-rung Raum-sim. (290)	
			Viveros Munoz: Indiv. HRTF (255)			Winter: Spatial alias. in WFS (290)	
			Huber: Kri-ter. CI-Orts-tonh. (256)				

	MW 2250	MW 0350	MW 1450	MW 1550	MW 1801	Interim 1	Interim 2
	Meeres-akustik	Lehre / Geschichte	Materials Testing	Aktive Systeme	Raum-akustik I	Virtuelle Akustik II	Psycho-akustik V
14:00	Namenas: Echtzeit SONAR (228)	Biedermann: DFG-Förderung (240)	(ALD-Mitglieder-versamml. ab 12:40)	Kletschowski: Gradienten-mat. (265)	Fuchs: Akustik Elb-philharm. (276)	Brix: Audio im Virtual Engineering (291)	Burke: Infraschall-detektion (304)
14:20	Schröder: MIMO sonar sys. (229)	Sentpali: Master lng.-akustik (241)	(ALD-Mitglieder-versamml.)	Kotschate: Properties SDBDs (265)	Vercammen: Staatsoper Berlin 1 (277)	Kruh-Elendt: Spatial audio (291)	Rosenkranz: Wahrnehm.-merkmale (305)
14:40	Buß: Falsch-larmredukti-on (230)	Moheit: Akustik-Apps (241)	Liebetrau: Risserken-nung (256)	Buck: ANC Performan-ce Analyse (266)	Lautenbach: Staatsoper Berlin 2 (277)	Raake: Die Mischung macht's (292)	Alma: Texture on display (305)
15:00	Nissen: Instant-Klassifizierung (230)	Költzsch: Akustik in Breslau (242)	Rohringer: Optisches Mikrofon LUS (257)	Namenas: Feuerwehr-helme (267)	Graef: Schloss Benrath (278)	Ackermann: Nachhall-freie Aufn. (293)	Ziemer: Perceptual display (306)
15:20	Stiller: Tau-cherschutz (231)	Hoffmann: Geschichte Vocoder (242)	Grager: Luf-tultraschall-prüfung CFK (258)	Höber: Lookup-Control (267)	Behrens: Ungewöhn-liche Form (278)	Aspöck: Datenbank für Simul. (293)	Hasna: Control of sound qu. (306)
15:40	Wisch: Spracherk. u. Wasser (231)	Posterkurz-vorträge (Seite 21)	Gipperich: ART-Schwing.-anreg. (170)	Pause	Posterkurz-vorträge (Seite 21)	Posterkurz-vorträge (Seite 21)	Posterkurz-vorträge (Seite 21)

Mittwoch, 21. März 2018 (Nachmittag)**– Poster-Kurzvorträge (S. 40; seitenübergreifende Tabellen)**

Poster	MW 2001	MW 0001	MW 1050	MW 2050	MW 0250	MW 1250
						15:40
						Posterinsel K
						Strukturintensität
						Netzband: Strukturintensität in gefüllten Kunststoffen (221)

16:00 - 16:40 **Poster-Forum**, Magistrale im Erdgeschoss**– Vorträge**

	MW 2001	MW 0001	MW 1050	MW 2050	MW 0250	MW 1250
	Bauakustik I	Technische Akustik	Strömungsakustik	MEMS-Lautsprecher	Reifen/Fahrbahn	Audiotechnik
16:40	Pirch: Wiederholbarkeit Methoden (160)	Miksch: Energieschwarze Löcher (170)	Eisenmenger: Radialventilatoren (180)	Vogel: Elektrodyn. MEMS Speaker (194)	Wehr: Grinding-Texturen (207)	Liebl: Verständlichkeit Fernsehton (221)
17:00	Fischer: Klimageräte (161)	Gröninger: Funktionale Wirkketten (171)	Berchtenbreiter: Akustik von Axiallüftern (180)	Conrad: CMOS MEMS Lautsprecher (194)	Bühlmann: Beurteilung Asphalte (207)	Wakan: Soundbars als Alternative (222)
17:20	Kirch: Raum-in-Raum-System (161)	Heisterkamp: Einfache Umgebungs-korrektur (172)	Balde: Modell Axialventilator (181)	Rusconi Clerici: MEMS loudspeaker optimization (195)	Reinink: Round robin test (208)	Fonseca: Audio signal conditioning (223)
17:40	Eggenschwiler: Pendelfallhammer SIA 181 (162)		Renz: Reibungsventilatoren (182)	Stoppel: MEMS In-Ear-Speaker (196)	Kropp: Reifenschwingungen (209)	Sukalo: Verzerr.-freier B-Verstärker (223)
18:00			Klähn: Transmission Statorstufen (183)	Männchen: Zwei-Wege-MEMS-Lautspr. (196)	Ertsey: Entwicklung Messsysteme (209)	Seidler: Mikrofone Kleinbühnen (224)

18:20 **Treffen der „jungen DEGA“**, MW 1450

Poster	MW 2250	MW 0350	MW 1450	MW 1550	MW 1801	Interim 1	Interim 2
		15:40			15:40	15:40	15:40
		P.-Insel L			P.-Insel D	P.-Insel A	P.-Insel F
		Lehre / Geschichte			Raumakustik	Binauraltechnik	Psychoakustik II
		Knöfel: Literarische Akustikszenen (243)			Kimmich: Akustik Deutsche Oper (279)	Fels: Front-back confusion (294)	Dymel: Efferenzen Selektivität (307)
		Brodbeck: Master Online Akustik (244)			Schlesinger: Deutsche Oper Berlin (280)	Oberem: Localization static/dynamic (295)	Rennies: EEG Ultraschalllautspr. (308)
		Raufer: Lehmann acoumometer (244)			Wagner: Zuschauer-mikrofon (280)	Thiermann: Windgeräuschdetekt. (295)	Baumgartner: TV-Mischungen (309)
							Huber: Vorhersage Höranstrengung (309)

	MW 2250	MW 0350	MW 1450	MW 1550	MW 1801	Interim 1	Interim 2
	Philosophie	Psychoakustik III	Materials Testing	Lärmpolitik	Raumakustik II	VAE-Rendern II	Binauraltechnik
16:40	Gatt: Philosophie der Akustik (232)	Siedenburg: Klangfarben Illusion (245)	Grosse: Eskalationstechnik LARS (258)	Lindmaier: UBA-Fluglärmbericht (268)	Lachenmayr: Nachhallanalyse (281)	Werner: Interactive scenario (296)	Nowak: 3D virtual audio headphones (310)
17:00	Ebner: Resonanzkatastrophe (233)	Saitis: Musical timbre semantics (245)	Andreisek: Klopfest Rotorblatt (259)	Weinandy: Fluglärmbericht UBA (358)	Balint: Reverberation chamber (282)	Zotter: Low-frequency trick HRIRs (297)	Estrella Cazuriaga: Ambisonic rotation (311)
17:20	Steiner: Resonanz erfahrung (233)	Fiebig: Dissonanzbewertung (246)	Jüngert: LARS an WEA (260)	Schmidt: Gemengelage TA Lärm (269)	Lorenz-Kierakiewicz: Mehrdim. Analyse (282)	Neidhardt: Continuous binaural position (297)	Baumgartner: Externalmodelle (311)
17:40	Weber: Philosophie des Geräusches (234)	Skoda: Wasserge-räusche vs. Lärm (247)	Wu: FBG-Ultraschall-sensor (260)	Fischer: Stand der Technik (268)	Adelman-Larsen: RT in halls for rock music (283)	Pomberger: Cue-preserving headphone (298)	Fallahi: Constrained optimization (312)
18:00		Engel: Acoustic and thermal comfort (247)			Loh: Classification in educ. build. (283)	Klein: Umgebung für Hörgeräte (298)	Schuster: Trennung und Enthüllung (312)

Donnerstag, 22. März 2018 (Vormittag)**– Vorträge** (seitenübergreifende Tabellen)

	MW 2001	MW 0001	MW 1050	MW 2050	MW 0250	MW 1250
	Bauakustik II	Aktive Syst. Fahrzeuge	Sprache/ Audio in Kfz	Eisenbahnakustik	Numerische Akustik II	Akust. Mess-technik II
08:40		Störig: Powertrain sound quality (319)		Mangelsdorf: Zeitbereichsmodell für Rad-Schiene (329)	Lohmann: Abstrahlgrad in EFEM (337)	
09:00	Liegl: Klassenraum-trennwände (314)	Schilp: Tuning of ANC systems (320)	Gierlich: ICC testing procedures (323)	Stiebel: Schallminde-rung Bahnbrücke (330)	Ram: EBEM vs. FMBEM (338)	Enge: Etablierung Referenzmikr. (347)
09:20	Kaltbeitzel: Tiefe Frequenzen Ständerwände (314)	Krüger: Aktive Abgas-Schalldämpfer (320)	Landgraf: Perzeptive Evidenz pro ICC (323)	Venghaus: Track noise reduction (331)	Gavila Lloret: Sensitivities damping material (339)	Rust: Richt-charakteristik Mikrofone (347)
09:40	Winter: Energiefluss über Stoßstelle (315)	Zollner: ARNC Kausalitäts-Check (321)	Franzen: Multichannel RES for ICC (324)	Pause	Pause	Gerlach: Elektretmess-mikrofone (348)
10:00	Pause	Pause	Pause	Czolbe: Türwarn-signale Eisenbahn (331)	Zhao: Porous material optimz. (339)	Pause
10:20	Chandra: Applic. Bayesian inference (316)	Henneberger: ANC viel hilft viel? (321)	Bulling: Fahrer und Beifahrer (325)	Lütke: Schie-nenschleifen und Lärm (332)	Buss-Eertmoed: Numerische Schiffsakustik (340)	Jekosch: Reproduzier-barkeit Array (348)
10:40	Zeitler: Quell-impedanz Trittschall (316)	Schubert: ANC mit elektr. Antrieben (322)	Al-Mafrachi: Estim. head orientation (325)	Breitsamer: Studie USM im Betonrog (332)	Waubke: Bouc mit gefilterten Rauschen (340)	Sarradj: Mikrofonarray Benchmark (349)
11:00	Reinhold: FEM reception plate (317)	Bodden: Sound Design E-Fahrzeug (322)	Krini: Beamformer for belt micr. (326)	Starnberg: Wirkung Schienen-dämpfer (333)	Kasess: Hysterese und Beta-Closure (341)	Döbler: Mikro-fonarrays Windkanal (349)

11:20 MW 2001: **Plenarvortrag Ralf Schlüter:****„Neuronale Netze in der automatischen Spracherkennung – ein Paradigmenwechsel?“ (48)**12:10 MW 2001: **Plenarvortrag Klaus Pfaffelhuber:****„Schallabsorber im Automobilbau“ (48)**

13:00

Mittagspause und Fachausschuss-Sitzungen

	MW 0350	MW 1450	MW 1550	MW 1801	Interim 1	Interim 2
	Lärmwirkg.-forschung	Lärm-schutz II	Experiment. Strömg.-ak.	Musikalische Akustik	Münchener Schule	Hören oberh. Schwelle
08:40	Rööfli: Transportation noise effects (353)	Vogelsang: CNOSSOS- DE Fluglärm (362)	Spehr: Beamfoming Benchmark (371)	Angster: Klärende Orgelmessun- gen (377)	Fleischer: Münchner Psychoakus- tik (385)	Karg: Kriterien CI- Ratentonhöhe (394)
09:00	Schrecken- berg: Max.-pegel Schienen- lärm (354)	Myck: Quali- tätsanford. CNOSSOS (363)	Herold: Rotor im Strö- mungskanal (372)	Ziegenhals: Ansprache Zupfinstru- mente (377)	Hellbrück: Lärmwir- kungsfor- schung (385)	Epp: ASSR und synaptopathy (395)
09:20	Müller: Auf- wachkriterium Bahnlärm (355)	Thierbach: Lärmbewer- tung Flugverfah- ren (364)	Lehmann: Beamforming Ventilatoren (372)	Mores: Torsion on bowed strings (378)	Kohlrausch: Irrelevant sound effect (386)	Weißgerber: Störge- räuschmodu- lation CI (395)
09:40	Möhler: Max.-pegel Schienenver- kehr (355)	Isermann: Prozedurale Flugprofile (364)	Evans: Green's function beamform. (373)	Pause	Rennies: Lautheits- wahrnehmung (386)	Rost: Irrelevant sound effect (396)
10:00	Pause	Johannsen: Einzelabrech- nung Entgelte (365)	Krömer: Akustik Axial- ventilatoren (374)	Rucz: Eval. of novel flute head (378)	Hemmert: Hörimplantat- forschung (387)	Pause
10:20	Kunz: Erschütte- rungen Eisenbahn (356)	Hock: Lärmschutz auf Loggien (366)	Hintzen: Leading edge serrations (374)	Mühlhans: Instrumente Tieftonbereich (379)	Seeber: Räumliches Hören mit CI (388)	Nogueira: Speech in noise bilateral CIs (397)
10:40	Altinsoy: Verkehrsge- räusch vs. Kinderlärm (356)	Trimpop: Schalldämp- fung Wald (366)	Witte: Vibro-Akustik Radialpumpe (375)	Lee: Körperschall über Stachel (379)	Scheuren: Psychoakus- tik für Praxis (388)	Hollomey: Speech Perception and Noise (397)
11:00	Guski: Projekt Leq plus X (357)	Bartolo- maeus: Schallstreu- ung Zylinder (367)	Geyer: 3D wandgebun- dene Tragflügel (376)	Schierling: Instrumente- nerkennung (380)	Verhey: Psy- choacoustics Buch (389)	Werner: Fitted model for CI Users (398)

Donnerstag, 22. März 2018 (Nachmittag)– **Vorträge** (seitenübergreifende Tabellen)

	MW 2001	MW 0001	MW 1050	MW 2050	MW 0250	MW 1250
	Bauakustik II		Sprache/ Audio in Kfz	Deep Learn. for Audio	Körperschall	Akust. Mess- technik II
14:20	Stange- Kölling: Typprüfung Hammerwer- ke (317)		Schäfer: Parallel task audio testing (326)	Ebbers: Modulation- MFCCs for AED (334)	Albrecht: Körperschall Antriebswelle (342)	Wittstock: Tiefreq. Schallleistung (350)
14:40	Hoßfeld: Modifizierte Empfangs- platten (318)		Böhm: Audio-Upmix (327)	Amiriparian: Neural network for detection (334)	Kiefer: Abstrahlung Lamb-Wellen (342)	Brezas: Sound power substitution (350)
15:00	Wolff: Installa- tionsgeräusch (318)		Serafimov: Acoustic Quick-Check in vehicles (328)	Zalkow: PCA und Autoencoder (335)	Scholz: Hand- arm-vibration review (343)	Kühnicke: Dämpfungs- messung (351)
15:20			Pause	Pause	Adams: Ähnlichkeit skallierter Plattenstruk- turen (344)	Pause
15:40			Sautter: DNN-BWE feature selection (328)	Balke: Transkription von Jazzsoli (336)	Pause	Schmelzer: Ström.- widerstands- messung (352)
16:00			Banashanka- rappa: Robust speaker identification (329)	Menne: Learning features for ASR (336)	Münch: Körperschall Auralisation (344)	Klemm: Befestigung Temperatur (352)
16:20				Schmitt: RNN for emotion recognition (337)	Wittek: Schiffsstruk- tur- Abstrahlung (345)	Urban: Uncertainty stiffness meas. (353)
16:40					Harmstorf: Körperschall- klassifi- kation (346)	

17:00 MW 2001: **Abschlussveranstaltung
mit Spezialitäten der DAGA 2019 aus Rostock**

	MW 0350	MW 1450	MW 1550	MW 1801	Interim 1	Interim 2
	Raumakustik III	Lärmschutz II		Musikalische Akustik	Augmented Reality	Audiolog./mediz. Ak.
14:20	Huber: Tieffreq. Herausforderungen (358)	Bunk: Messverfahren Klein-WEA (367)		Horvath: Bowing hand and sound (380)	Brandenburg: Personal. auditory reality (390)	Baumann: 30 Jahre Cochlea-Implantat (399)
14:40	Schira: Bassabsorption von Textilien (359)	Pies: AM WEA Einflussgrößen (368)		Siddiq: Instrumental-klangfarben (381)	Sloma: Source directivity perception (390)	Rader: Elektr. Hörschwelle bei CI (399)
15:00	Knöfel: Variable Raumakustik (359)	Martinez: Amplitudenmod. Windparks (368)		Altmann: Klangverhalten Gehörschutz (382)	Wühle: Projizierte Schallquellen (391)	Gassenmeyer: FE model for REM (400)
15:20	Schärer Kalkandjiev: Stage acoustic qualities (163)	Piörr: LAI-Hinweise für WKA (369)		Steffens: Bridging the semantic gap (382)	Denk: Hearing device HRTFs (391)	Pause
15:40	Hengst: Klassen - raumakustik 1 (360)	Pause		Pause	Pause	Raufer: Basilar membrane impedance (400)
16:00	Späh: Klassen-raumakustik 2 (361)	Langfeldt: Doppelwand-konzept (369)		Kob: Formant changes grammoph. (383)	Batke: Datenstrukturen zur Simul. (392)	Böhnke: Verstärkung Wanderwellen (401)
16:20	Dunkel: Einfluss des Streugrades (361)	Nojavan: Bandgap broadening (370)		Weege: FRF Measurements on gramophone (383)	Hupke: Augm. audience services (393)	Pöppel: 10 Jahre Tinnitusprojekt (402)
16:40	Luckinger: Absorption Schallintensität (362)	Hoppen: Strukturierte Glaswolle (371)		Reuter: Formanten und Ähnlichkeit (384)	Nophut: Propagation delay estim. (393)	Knauer: Sonifikation in der Reha (402)

Programm und weitere Termine rund um die DAGA

Die App zur DAGA

Das finale und aktualisierte DAGA-Programm gibt es auch wieder im Smartphone-Format. Mithilfe der DAGA-App können Sie sich Ihre persönliche Agenda zusammenstellen, Abstracts lesen, nach Themen und Autoren suchen, das Rahmenprogramm verfolgen und auch den Lage- und Raumplan abrufen. Die App ist direkt im Browser Ihres Smartphones bzw. PC's sichtbar, unabhängig vom Betriebssystem. Ein Download ist nicht notwendig. Den Link finden Sie demnächst unter

→ <http://2018.daga-tagung.de/programm/>

Tagungsband

Die Manuskripte der Beiträge zur Tagung (Vorträge und Poster) werden nach der Tagung online veröffentlicht. Jeder registrierte Tagungsteilnehmer erhält Zugang zu diesem Repositorium ab Frühjahr 2018.

Vorkolloquien

Am Montag, den 19. März 2018, finden drei Vorkolloquien statt:

- *Binaural hearing: Physiology, Psychoacoustics, Models*
(Marko Takanen, Werner Hemmert, Lutz Wiegrebe und Bernhard Seeber), siehe S. 50
- *Frequency Dependent Modeling in Vibroacoustics*
(Gerhard Müller, Christoph Winter und Ulrich Schanda), siehe S. 55
- *Akustische Metamaterialien und periodische Strukturen*
(Steffen Marburg, Alexander Peiffer und Wolfgang Polifke), S. 59

Plenarvorträge

Im Rahmen der DAGA 2018 finden fünf Übersichtsvorträge statt:

- Wolfgang Ahnert (Empfänger der Helmholtz-Medaille):
„Beschallungstechnik – Entwicklungen und Anwendungen“ (S. 46)
- Anna Warzybok (Empfängerin des Lothar-Cremer-Preises):
„Speech Recognition Performance and Predictions: Bridging Acoustics and Audiology“ (S. 46)
- Benedikt Grothe: „Binaurales Hören – Paradigmenwechsel und neue Konzepte“ (S. 47)
- Ralf Schlüter: „Neuronale Netze in der automatischen Spracherkennung – ein Paradigmenwechsel?“ (S. 48)
- Klaus Pfaffelhuber: „Schallabsorber im Automobilbau“ (S. 48)

Eröffnung

Die Eröffnung der DAGA 2018 beginnt am Dienstag, den 20. März 2018, um 9:00 Uhr im Rudolf-Diesel-Hörsaal (MW 2001) und umfasst Grußworte und Musik. Es folgen die Preisverleihungen; hierzu finden Sie auf den Seiten 42-43 und auf Seite 12 ausführliche Informationen.

Strukturierte Sitzungen

- *Aktive akustische Systeme in Fahrzeugen*, S. 319
- Rolf Schirmacher, Müller-BBM -
- *Aktuelle Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung zum Umgebungs-lärm*, S. 353
- Regina Heinecke-Schmitt, Sächsische Staatskanzlei; Dirk Schreckenberger, ZEUS GmbH; Michael Jäcker-Cüppers, ALD -
- *Augmented Acoustic Reality*, S. 390
- Stefan Weinzierl, TU Berlin; Jürgen Peissig, Leibniz Univers. Hannover) -
- *Beiträge der Münchner Schule der Psychoakustik*, S. 385
- Florian Völk, TU München; Jesko Verhey, Otto-v.-Guericke-Univers. Magdeburg; Bernhard Seeber, TU München -
- *Betrachtung von Unsicherheiten in der Vibro- und Aeoroakustik*, S. 100
- Kheirollah Sepahvand und Patrick Langer, TU München -
- *Charakterisierung des Hörvermögens oberhalb der Hörschwelle: Cocktailparty und "hidden-hearing loss"*, S. 394
- Bastian Epp, TU of Denmark; Janina Fels, RWTH Aachen -
- *Deep Learning for Audio*, S. 334
- Björn Schuller, Univers. Augsburg; Gerhard Rigoll, TU München -
- *DEGA-Audiodatenbank zur Evaluierung von virtuellen auditiven Umgebungen*, S. 142
- Dieter Leckschat, Hochschule Düsseldorf; Franz Zotter, Kunstunivers. Graz -
- *Die Elektrogitarre und ihre Signalbearbeitung*, S. 234
- Tilmann Zwicker und Manfred Zollner, GITEC -
- *DIN 4109: Anforderungen und neues Rechenverfahren im Wohnungsbau*, S. 65 und 154
- Martin Schneider und Heinz-Martin Fischer, HFT Stuttgart -
- *Experimentelle Strömungsakustik*, S. 371
- Carsten Spehr, DLR; Thomas Geyer, BTU Cottbus - Senftenberg -

- *Lärm am Arbeitsplatz*, S. 125
- Sandra Dantscher, Institut f. Arbeitsschutz, St. Augustin -
- *Meeresakustik*, S. 224
- Jan Abshagen und Dietmar Stiller, WTD 71 -
- *MEMS-Lautsprecher*, S. 194
- Daniel Beer, Fraunhofer IDMT; Alexander Lindau, Max-Planck-Inst. für emp. Ästhetik -
- *Multi-modal interaction in virtual reality*, S. 299
- Marko Takanen und Samuel Clapp, TU München -
- *Neue Trends beim VAE-Rendering mit Kopfhörern*, S. 137 und 296
- Franz Zotter, Kunstunivers. Graz; Stephan Werner, TU Ilmenau -
- *Non-destructive materials testing using acoustic waves*, S. 256
- Christian Große und Bernhard Seeber, TU München -
- *Philosophy in Acoustics*, S. 232
- Monika Gatt und Marcus Mäder, TU München -
- *Raumakustische Modellierung und Validierung von Büroräumen*, S. 121
- Ulrich Schanda, Hochschule Rosenheim; Sebastian Goossens, Inst. f. Rundfunktechnik -
- *Reifen-Fahrbahn-Geräusche*, S. 204
- Manuel Männel, Müller BBM -
- *Schalldämpfer*, S. 132
- Jörn Hübelt, Gesellschaft f. Akustikforschung Dresden -
- *Simulationsverfahren in der Strömungsakustik*, S. 106
- Stefan Becker, Friedrich-Alexander-Univers. Erlangen-Nürnberg; Manfred Kaltenbacher, TU Wien -
- *Sprache und Audio im Kfz*, S. 323
- Hans Wilhelm Gierlich, HEAD acoustics; Gerhard Schmidt, Christian-Albrechts-Univers. Kiel -
- *Strukturintensität - Berechnung, Messung, Nutzen*, S. 217
- Joachim Bös, TU Darmstadt -

Abfotografieren oder Abfilmen der Vortragsfolien
ist nicht gestattet.

DEGA-Mitgliederversammlung

Am Montag, den 19. März 2018, findet um 17:00 Uhr die DEGA-Mitgliederversammlung im Ernst-Schmidt-Hörsaal (MW 1801, siehe S. 424) statt. Die offizielle Einladung und die Tagesordnung werden den Mitgliedern der DEGA mit dem nächsten Akustik Journal (Nachfolge-Publikation des Sprachrohres) zugeschickt und auch auf der DEGA-Webseite bekannt gegeben.

Fachausschuss- und Gremiensitzungen

Während der DAGA finden verschiedene Gremiensitzungen statt. Für die Fachausschuss-Sitzungen der DEGA finden Sie Angaben zu Zeiten und Räumen auf Seite 31. Die zugehörigen Einladungen werden in der Februar-Ausgabe des „Akustik Journal“ (Nachfolge-Publikation des Sprachrohres) bekannt gegeben.

Mitgliederversammlung des ALD

Am Mittwoch, den 21. März 2018, findet von 12:40 bis 14:40 Uhr die Mitgliederversammlung des Arbeitsrings Lärm der DEGA (ALD) im Raum MW 1450 (siehe S. 424) statt. Die Einladung mit Tagesordnung wird im Akustik Journal veröffentlicht.

Stammtisch des Referates Akustik des VDT

Mittwoch, den 21. März 2018, 18:20 Uhr, MW 0337 (siehe S. 424)

Das Referat Akustik des VDT lädt ein zum lockeren Stammtisch. Wir freuen uns auf einen regen Gedankenaustausch und darauf, alle interessierten Mitglieder des VDT, die sich mit dem Fachbereich Akustik beschäftigen (Bau- und Raumakustik als auch Psychoakustik und musikalische Akustik), in entspannter Atmosphäre kennen zu lernen.

GAMM-Jahrestagung - freier Eintritt für DAGA-Teilnehmer

DAGA-Teilnehmer haben außerdem die Möglichkeit, das wissenschaftliche Programm der GAMM*-Jahrestagung zu besuchen. Diese findet zeitgleich vom 19.-23. März 2018 am Innenstadt-Campus der TUM statt. Gegen Vorlage Ihres DAGA-Tagungsausweises erhalten Sie dort kostenfreien Zutritt zu den Vorträgen und Postersitzungen. Ausgeschlossen davon ist jedoch die Teilnahme am Rahmenprogramm der GAMM. Webseite der GAMM 2018: www.gamm2018.de

*Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V.

DEGA-Studierenden- und Promovierenden-Treffen

- *Treffen der jungen DEGA:*

Mittwoch, den 21. März 2018, ab 18:20 Uhr
(Raum MW 1450, siehe S. 424)

Das Treffen der jungen DEGA findet dieses Jahr zusammen mit der Fachgruppensitzung der jungen DEGA statt. Neben den fachgruppenspezifischen Themen, wie beispielsweise der Wahl der Fachgruppenleiter, wird es einen Rückblick auf die Aktivitäten des vergangenen Jahres und einen Überblick über die geplanten Themen des kommenden Jahres geben. Alle Fachgruppenmitglieder und -interessenten sowie Studierende, Promovierende und Berufseinsteiger sind herzlich eingeladen. Weiterhin sind die Teilnehmer des Mentoringprogramms zu einem ersten Kennenlernen und gegenseitigen Austausch im Anschluss an die Fachgruppensitzung eingeladen.

- *Icebreaker der jungen DEGA:*

Montag, den 19. März 2018, 15:30 - 17:00 Uhr
(Raum MW 1450, siehe S. 424)

Beim „Icebreaker“ der jungen DEGA bietet sich schon vor Beginn der eigentlichen Tagung die Möglichkeit eines gegenseitigen Kennenlernens. Alle jungen Akustiker und Akustikerinnen sind auch hierzu recht herzlich eingeladen.

Vortrag: Einstieg in die DFG-Förderung

Am Mittwoch, den 21. März 2018, referiert Herr Dr. Wieland Biedermann, der für das Fach Akustik zuständige Programmdirektor der Gruppe Ingenieurwissenschaften der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), in der Sitzung „Lehre der Akustik / Geschichte der Akustik“ (14:00 Uhr in Raum MW 0350, siehe Plan S. 424). Der Vortrag bietet einen Überblick zum Antrags- und Begutachtungsverfahren, zu Förderformaten und zu Beratungsmöglichkeiten. Er richtet sich insbesondere an Nachwuchswissenschaftler*innen. (Siehe Abstract S. 240)

Sitzungen während der Tagung

Vorläufige Terminübersicht; die Angaben können sich ggf. noch ändern. Die endgültigen Anfangszeiten und Räume der Sitzungen werden im nächsten Akustik Journal (Nachfolge-Publikation des Sprachrohres) veröffentlicht.

Montag, 19. März 2018

15:30 - 17:00	„junge DEGA - Icebreaker“	MW 1450
17:00	DEGA-Mitgliederversammlung	MW 1801

Dienstag, 20. März 2018

12:40 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Elektroakustik	MW 1450
13:20 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz	MW 2050
13:20 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Physikalische Akustik	MW 0250
12:40 - 13:20	DEGA-Fachausschuss Sprachakustik	MW 1050

Mittwoch, 21. März 2018

12:40 - 14:40	Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD)	MW 1450
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Fahrzeugakustik	MW 0001
13:20 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Lehre der Akustik	MW 0350
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Strömungsakustik	MW 1050
12:40 - 13:40	DEGA-Fachausschuss Ultraschall	MW 2050
12:40 - 13:20	DEGA-Fachausschuss Virtuelle Akustik	Interims-HS 1
ab 18:20	DEGA-Fachgruppe „junge DEGA“	MW 1450

Donnerstag, 22. März 2018

13:00 - 14:20	DEGA-Fachausschuss Bau- und Raumakustik	MW 2001
13:20 - 14:20	DEGA-Fachausschuss Hörakustik	Interims-HS 2
13:00 - 13:40	DEGA-Fachausschuss Musikalische Akustik	MW 1801

Rahmenprogramm

- **Geselliger Abend** im Kesselhaus und Kohlebunker des „Zenith“
Dienstag, 20. März 2018, Einlass ab 19:00 Uhr
(Informationen siehe S. 35, Wegbeschreibung siehe S. 420).
- **Begrüßungsempfang im Ausstellungsbereich**
zur Eröffnung der Firmenausstellung (siehe S. 38).
Montag, 19. März 2018, 19:00 - 20:00 Uhr
- **Fachexkursionen**
Auch zur DAGA 2018 haben Sie die Möglichkeit, an Fachexkursionen teilzunehmen. Die folgenden Aktivitäten sind bisher geplant:

- **Akustikzentrum Lenting (Akustikrollenprüfstände)**
- **Neuer reflexionsarmer Raum der Audio-Signalverarbeitung an der TUM mit audio-visueller virtueller Forschungsumgebung**

Bereits während der DAGA können Sie den neuen reflexionsarmen Raum der Professur für Audio-Signalverarbeitung an der TUM besuchen, der im Anschluss an die DAGA offiziell eröffnet werden wird. In Demonstrationen erfahren Sie über unsere neuesten Möglichkeiten zur Forschung in interaktiven audio-visuellen virtuellen Umgebungen mit interaktiver Raumakustiksimulation und Auralisation über 60 Lautsprecher im reflexionsarmen Raum - die neue real-time Simulated Open Field Environment. Die Anreise erfolgt eigenständig mit der U-Bahn, eine Wegbeschreibung ist im Tagungsbüro erhältlich.

Termin: 20. und 21.3. (Di/Mi) zwischen 16 und 18 Uhr

Dauer: 20 Minuten (16:00 Uhr, 16:20 Uhr usw.)

Treffpunkt: Raum 0109 (N9), Theresienstr. 90, 80333 München

Anmeldung: bis Dienstag Mittag im Tagungsbüro

Weitere Informationen zu Inhalt, Zeit und Ort der Fachexkursionen finden Sie demnächst auf der Tagungswebseite unter
<http://2018.daga-tagung.de/programm/fachexkursionen>

- **Ausflugsvorschläge für Begleitpersonen**
finden Sie auf Seite 421

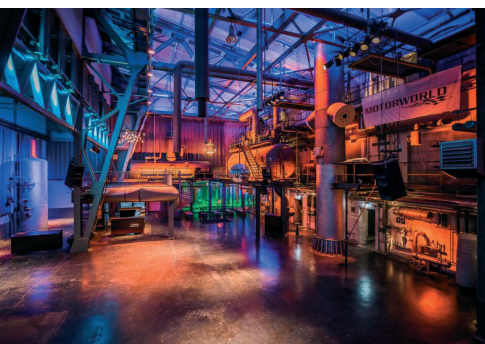
GESELLIGER ABEND IM KESSELHAUS & KOHLEBUNKER

Anfahrt siehe Seite 420

Dienstag, 20. März 2018

Einlass: 19:00 Uhr, Beginn 19:30 Uhr

Für Begleitpersonen: 50 €
(Tickets am Tagungsbüro)



... mit „Akustiner“ Craft-Bier
gebraut für die DAGA



mit Live-Musik von Snow Owl

Top Latin Jazz Band, dreifach
Goldmedaillengewinner des Global Music
Awards 2016, dreifach Grammy nominiert,
das Bass Musician Magazine zählt ihn
zu den TOP 10 E-Bassisten der Welt
– normalerweise auf den großen
Bühnen der Welt zuhause
und jetzt in München
auf der DAGA!



Mit besonderer
Unterstützung durch
den Platin-Sponsor

MBBM
MÜLLER-BBM GROUP

Aussteller und Sponsoren

Unterstützer und Sponsoren

Die Organisatoren möchten sich ganz herzlich bei folgenden Unternehmen für die großzügige Unterstützung in Form von Sach- und Geldspenden bedanken:

- **Platin-Sponsor:**

- Müller-BBM GmbH und Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH

MEMBERS OF

MBBM

MÜLLER-BBM GROUP

- **Gold-Sponsor:**

- BSW Berleburger Schaumstoffwerk GmbH, Bad Berleburg



- **Silber-Sponsor:**

- HEAD acoustics GmbH, Herzogenrath



- **weitere Sponsoren:**

- Norsonic-Tippkemper GmbH, Oelde
- Fuchs - Raumingenieure GmbH, Wallersdorf
- Sivantos GmbH, Erlangen

Tagungsbegleitende Ausstellung

Die Firmenausstellung bietet ein Forum für Kontakte und den Informationsaustausch zwischen Theorie und Praxis. Sie findet vom 20. bis zum 22. März 2018 in der Magistrale des Tagungsgebäudes entlang der sieben Innenhöfe statt (Erdgeschoss, siehe S. 424). Die Magistrale führt als zentraler Hauptweg durch das Gebäude. Hier finden Sie neben der Firmenausstellung unter anderem auch Stationen mit Erfrischungsgetränken, Kaffee und Tee sowie die Posterausstellung.

Bis zum 15. Januar 2018 haben sich folgende Firmen zur Ausstellung angemeldet:

- ACOEM GmbH
- ADAM Sp. z o. o.
- ADMESS Vertriebs GmbH
- Akustikbüro Rahe-Kraft GmbH
- AMC Schwingungstechnik
- BASF SE
- BASWA acoustic Deutschland GmbH
- Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement
- BSW Berleburger Schaustoffwerk GmbH
- CAE Software und Systems GmbH
- Comsol Multiphysics GmbH
- DataKustik GmbH
- DEWESoft GmbH
- Fraunhofer IDMT
- Free Field Technologies
- G.R.A.S. - Sound & Vibration A/S
- G+H Schallschutz GmbH
- Gerriets GmbH
- Getzner Werkstoffe GmbH
- gfai tech GmbH
- HBT-ISOL AG
- HEAD acoustics GmbH
- IAC Acoustics Deutschland
- Kistler Instrumente GmbH
- Kraiburg Purasys GmbH & Co. KG
- Kraiburg Relastec GmbH & Co. KG
- M Plan GmbH
- Microflown Technologies BV
- Microtech Gefell GmbH
- Müller-BBM GmbH
- Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH
- Norsonic - Tippkemper GmbH
- Norsonic AS
- Novicos GmbH

- NTi Audio GmbH
- Odeon A/S
- PCB Synotech GmbH
- POLYTEC GmbH
- RadoKian UG
- Siemens Industry Software GmbH
- SINUS Messtechnik GmbH
- SONATECH GmbH + Co. KG
- SoundPLAN GmbH
- Soundtec GmbH
- Spektra Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden
- Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH
- SVANTEK Deutschland GmbH
- Wölfel Engineering
- XARION Laser Acoustics GmbH

Eröffnung der Ausstellung mit Begrüßungsempfang

Die Firmenausstellung wird am Montag, den 19.03.2018, mit einem Begrüßungsempfang um 19 Uhr im Ausstellungsbereich eröffnet. Alle Teilnehmer und Aussteller sind herzlich eingeladen.

Stellenanzeigen und Auslage von Werbung

Am Tagungsort dürfen Stellenanzeigen (A4-Format) nur am zentralen schwarzen Brett in der Nähe des Tagungsbüros ausgehängt werden, und zwar zu einer Nutzungsgebühr von

0,- € für Hochschulen,

100,- € für DEGA-Fördermitglieder bzw.

150,- € für Firmen und sonstige Institutionen, jeweils zzgl. MwSt.

Werbeauslagen auf den Cateringflächen und Stehtischen sind nicht erwünscht und werden unverzüglich entsorgt.

Hinweise für Autoren

Mündliche Vorträge

Der Stundenplan des Hauptteils der Tagung richtet sich streng nach folgendem 20-Minuten-Raster:

- **15 min** Vortrag,
- **3 min** Diskussion und
- **2 min** Pause (Gelegenheit zum Wechsel des Vortragssaals).

Nur wenn dieses Zeitraster ausnahmslos eingehalten wird, ist bei der großen Zahl von Parallelsitzungen ein geordneter Tagungsablauf gesichert. Der zeitliche Ablauf wird durch signalgebende Uhren in den Vortragsräumen gesteuert; Zeitüberschreitungen sind nicht möglich. Die Sitzungsleiter werden Vorträge, die zu lange dauern, abbrechen.

Medien

Für die mündliche Präsentation stehen in jedem Konferenzraum ein Laptop (mit aktuellen Versionen von Microsoft Windows, Microsoft PowerPoint und Adobe Reader), ein Beamer (Seitenverhältnis der Präsentation im Format 4:3 oder 16:9) und eine tontechnische Anlage zur Verfügung. Das Abspielen von Audio-Beispielen im Rahmen eines Vortrags ist in jedem Hörsaal mit guter Monoqualität möglich.

Es sollen keine eigenen Laptops zur Präsentation verwendet werden.

Zentrale Medienannahme

Vortragende werden gebeten, ihre Präsentation auf USB-Stick spätestens 30 Minuten vor Beginn der Vortragssitzung in der zentralen Medienannahme (Raum MW 0234, Erdgeschoss im 2. Innenhof, S. 424) aufzuspielen. Fachpersonal steht zur Unterstützung bereit.

In der Medienannahme können die Präsentationen auf korrekte Darstellung und Kompatibilität mit der installierten PowerPoint-Version geprüft werden.

Es ist darauf zu achten, dass die verwendeten Speichermedien virusfrei sind.

Bei PowerPoint-Präsentationen empfehlen wir, neben der PowerPoint-Datei sicherheitshalber auch eine rechnerunabhängige Variante mit der Methode „Pack & Go“ (über das Menü „Datei“ zu erreichen) zu erstellen und auf dem USB-Stick zu speichern.

Weiterhin wird es die Möglichkeit geben, die Präsentation vorab hochzuladen, um zeitliche Engpässe vor Ort und den möglichen Verlust von Speichermedien zu vermeiden. Nähere Informationen dazu haben alle Autoren im Januar in ihrer Acceptance-E-Mail erhalten.

Poster

Die Poster werden zentral in einer Posterausstellung im Erdgeschoss des Tagungsgebäudes (siehe S. 424) über die gesamte Dauer der Konferenz präsentiert. Die Posterausstellung hat als Diskussionsforum während der Tagung einen hohen Stellenwert. Daher gibt es auch zur DAGA 2018 für alle Posterautor(inn)en zusätzlich die Möglichkeit, auf das Poster in Form einer **Kurzvorstellung** (1 Minute) innerhalb einer thematisch passenden Sitzung hinzuweisen.

Als neues Format wird zur DAGA 2018 die strukturierte Postersitzung eingeführt. Neben der Vorstellung der Poster werden vor allem Austausch und Diskussion darüber angeregt. Die zwei diesjährigen strukturierten Postersitzungen finden am Dienstag statt:

- DEGA-Audiodatenbank zur Evaluierung von virtuellen auditiven Umgebungen (siehe dazu S. 142)
- Lärm am Arbeitsplatz (siehe dazu S. 125)

Die Posterkurzvorträge sind in den tabellarischen Übersichten ab Seite 14 integriert. Im Anschluss an die Kurzvorträge wird die Möglichkeit zur intensiven Diskussion an den Postern geboten.

Darüber hinaus werden die Autoren gebeten, für Fragen und Diskussionen am jeweiligen Tag des Kurzvortrags bei ihren Postern zur Verfügung zu stehen, und zwar an folgenden Terminen:

Dienstag (20.03.2018),	16:00 - 16:40 Uhr	(S. 14-15)
Mittwoch (21.03.2018),	16:00 - 16:40 Uhr	(S. 18-21)

Alle Teilnehmer der Tagung sind eingeladen, dieses Forum zu nutzen und mit den Autoren über ihre Arbeiten zu diskutieren.

Die Poster werden durchgängig von Dienstag bis Donnerstag präsentiert. Wir bitten die Autoren, ihre Poster am Dienstag bis 10:30 Uhr aufzuhängen und am Donnerstag spätestens um 17:00 Uhr abzuhängen. Poster, die nach dieser Zeit noch hängen, werden entsorgt. Sollten Sie Ihr Poster im Copy-Shop im Tagungsgebäude drucken lassen, beachten Sie bitte die Öffnungszeiten von 10 bis 15 Uhr (S. 41).

Das Format der Poster ist DIN-A0 hochkant ($B \times H = 84,1 \text{ cm} \times 118,9 \text{ cm}$). In der weiteren Gestaltung sind die Autoren frei. Stellwände und Befestigungsmaterial zum Anbringen der Poster werden gestellt. Im Tagungsband wird einer Poster-Präsentation der gleiche Umfang eingeräumt wie einem mündlichen Beitrag.

Posterpreis

Die besten Poster werden mit einem Posterpreis ausgezeichnet. Die Bewertung erfolgt durch eine Jury, und die Bekanntgabe der Preisträger(innen) ist für Donnerstag vor dem Plenarvortrag vorgesehen.

Zur Bewerbung um den Posterpreis werden alle interessierten Poster-Autor(inn)en gebeten, ihr Poster in Form einer PDF-Datei bis spätestens **Montag, den 12.03.2018 per E-Mail an die DEGA-Geschäftsstelle** zu senden (dega@dega-akustik.de).

Voraussetzung für die Preisvergabe ist, dass das Poster während der DAGA-Tagung tatsächlich präsentiert wird.

Late Poster

Die Frist zur Anmeldung eines mündlichen Vortrags ist bereits am 1. November 2017 abgelaufen. Es besteht aber die Möglichkeit, bis zum 15. Februar 2018 ein „Late Poster“ anzumelden. Dies beinhaltet – wie für Vorträge und Poster auch – einen vierseitigen Beitrag im Tagungsband. Die Anmeldung erfolgt online unter 2018.daga-tagung.de → „Autoren“

Copyshop

Einen Copyshop für den Posterdruck finden Sie im MW-Gebäude:

PRINTY – www.printy.de/de

Öffnungszeiten: 10:00 bis 15:00 Uhr

Boltzmannstraße 15, im Erdgeschoss (S. 424)

Innenhof 6 (neben dem StuCafé nahe des Hintereinganges)

Abgabe der Manuskripte

Die Manuskripte für den Tagungsband sind grundsätzlich in elektronischer Form über die Webseite 2018.daga-tagung.de/de/autoren/ bis **spätestens zum 31. März 2018** abzugeben. Verspätet abgegebene Beiträge können nicht für den Tagungsband berücksichtigt werden.

Die Länge des Tagungsbeitrages ist auf vier DIN-A4-Seiten begrenzt. Das Layout der Manuskripte im Tagungsband soll einheitlich sein und ist somit vorgegeben. Vorlagen für Word und \LaTeX sowie weitere Hinweise dazu stehen auf der Webseite 2018.daga-tagung.de unter „Autoren → Hinweise Manuskript“ zur Verfügung.

Auszeichnungen der DEGA

Helmholtz-Medaille für Prof. Wolfgang Ahnert

Die Helmholtz-Medaille der Deutschen Gesellschaft für Akustik wird im Jahr 2018 an Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Ahnert verliehen. Er erhält die Medaille als Anerkennung für sein Lebenswerk zur raumakustischen Simulation und zur Beschallungstechnik.

Wolfgang Ahnert hat sein Studium, seine Promotion und seine spätere Habilitation an der Technischen Universität Dresden absolviert. Nach der Promotion (1975) war er zunächst für 15 Jahre am Institut für Kulturbauten in Berlin tätig. Zu seinen wichtigsten Aufgaben zählten die raumakustische Ausgestaltung zahlreicher Konzertsäle und Theater im In- und Ausland sowie die zugehörige Beschallungstechnik. Sein besonderes Interesse galt hierbei der raumakustischen Prognose, und er erkannte früh den Bedarf für ein zeitgemäßes benutzerfreundliches Simulationswerkzeug, um die damals relativ neuen Techniken (Raytracing, CAD-Modelle, Auralisation) zur professionellen Anwendung zu bringen.

So gründete er kurz nach der Wende mit dem Berliner Büro „ADA Acoustic Design Ahnert“ eine eigene Firma, die seitdem mehrere Expansionschritte und Ausgliederungen durchlaufen hat (u. a. in die heutigen Firmen ADA Acoustics & Media Consultants GmbH, SDA Software Design Ahnert GmbH, ADA Foundation gGmbH). Vor allem mit Simulationsprogrammen für Raumakustik und Beschallungsanlagen hat er bis heute einen international erfolgreichen Standard gesetzt. Weitere Produkte wurden in den Bereichen Messtechnik für Stadien und PA-Systeme entwickelt. Wolfgang Ahnert ist Autor mehrerer Fachbücher. Das Standardwerk „Beschallungstechnik - Grundlagen und Praxis“ (Ahnert und Steffen, 1993/2000) erschien in den Folgejahren auch in englischer, chinesischer und russischer Sprache.

An die Hochschule für Film und Fernsehen in Potsdam-Babelsberg wurde er 1993 als Honorarprofessor berufen. Bereits 1995 wurde Wolfgang Ahnert von der Audio Engineering Society und 2005 von der Acoustical Society of America als „Fellow“ geehrt. Im Jahr 2010 erhielt er den „AES Publications Award“.

Der Deutschen Gesellschaft für Akustik ist es eine große Freude, ihn für seine herausragenden Leistungen auszuzeichnen und ihn in den Kreis der Helmholtz-Preisträger aufzunehmen.

Der Vorstand der DEGA

Lothar-Cremer-Preis für Dr. Anna Warzybok

Der Lothar-Cremer-Preis der Deutschen Gesellschaft für Akustik wird im Jahr 2018 an Frau Dr. rer. nat. Anna Warzybok verliehen. Frau Warzybok erhält diesen Preis für junge Nachwuchswissenschaftler(innen) als Anerkennung für ihre innovativen und wegweisenden Arbeiten zur audiologischen Akustik und zur internationalen Sprachtestentwicklung.

Anna Warzybok hat an der Universität Poznan (PL) Akustik und Audiologie studiert und war dort Forschungsassistentin beim EU-Projekt „Hearcom“. Im Jahr 2009 wechselte sie als Lichtenberg-Stipendiatin an die Universität Oldenburg, wo sie Ende 2012 ihre Promotion abschloss. Innerhalb des Oldenburger Exzellenzclusters „Hearing4All“ war sie seitdem als Post-Doc tätig und leitet seit 2017 eine eigene Juniorgruppe.

Sie hat mit ihren Arbeiten für mehrere Forschungszweige der audiologischen Akustik entscheidende Impulse geliefert, vor allem für die multilinguale Sprachtestentwicklung in Kooperation mit verschiedenen internationalen Partnern und den Einfluss des Vertrautheitsgrads einer Sprache auf die Sprachverständlichkeit. Weiterhin hat sie zum modellbasierten Verständnis des Sprachverstehens in komplexen akustischen Situationen unter Einfluss von Reflexionen und Nachhall beigetragen, und sie wirkt derzeit am neuen Ansatz der „Aided Patient Performance Prediction“ engagiert mit.

Vor allem in ihrer Post-Doc-Zeit kann sie mit einer Vielzahl von Zeitschriftenartikeln und Konferenzbeiträgen eine hohe Publikationstätigkeit vorweisen. Durch ihre internationale und teamorientierte Arbeitsweise unterhält sie Kontakte und Kooperationen mit vielen führenden Audiologinnen und Audiologen in Europa.

Die DEGA freut sich, mit Anna Warzybok eine produktive und international anerkannte junge Wissenschaftlerin auszuzeichnen, von der auch in Zukunft noch viele Beiträge zur Weiterentwicklung der audiologischen Akustik zu erwarten sind.

Der Vorstand der DEGA

DEGA-Studienpreise

- **B.Sc. Hans-Fleming Kohlenberg** für seine Bachelor-Arbeit
„Bewertung der Lästigkeit von Geräuschen während des stationären Ladens batterieelektrischer Fahrzeuge“ an der Technischen Universität Berlin
(siehe Poster S. 78)
- **M.Sc. Norbert Kolotzek** für seine Masterarbeit
„Effect of head turning on localization in the horizontal plane with hearing aid satellites“
an der Technischen Universität München (siehe Vortrag S. 303)

DEGA Student Grants

Die DEGA vergibt wieder Zuschüsse zum Besuch der DAGA-Tagung, um jungen Akustikerinnen und Akustikern die Teilnahme zu erleichtern. Zur DAGA 2018 werden einen „DEGA Student Grant“ erhalten:

- Felicitas Fiedler, Berlin (Vortrag S. 137)
- Marius Gipperich, Saarbrücken/Nancy (Vortrag S. 170)
- Tanja Graef, Aachen/Bochum (Vortrag S. 278)
- Geza Horvath, Wien/Hamburg (Vortrag S. 380)
- Valentin Huber, Graz (Vortrag S. 358)
- Lukas Klähn, Berlin (Vortrag S. 183)
- Friedrich Mangelsdorf, Berlin (Vortrag S. 329)
- Shreyas Mysore Guruprasad, Braunschweig (Poster S. 202)
- Josef Poppitz, Oldenburg (Vortrag S. 301)
- Katharina Rost, Darmstadt/Mainz (Vortrag S. 396)
- Marvin Rust, Braunschweig (Vortrag S. 347)
- Maximilian Schaab, Ilmenau (Vortrag S. 263)

Plenarvorträge

Di. 11:00 MW 2001

Plenarvorträge Dienstag

Beschallungstechnik - Entwicklungen und Anwendungen

Wolfgang Ahnert

(Empfänger der Helmholtz-Medaille)

ADA Acoustics & Media Consultants

Der Beitrag will die Beschallungstechnik in ihrer Entwicklung über die letzten 100 Jahre darstellen. In den 1920er Jahren begann der Bau von Lautsprechern und Mikrofonen, was die theoretische Auseinandersetzung von Abstrahl- und Bündelungsverhältnissen forcierte. Spezielle Beschallungslösungen (mit Hornstrahlern, Blatthallern, Tonpilzen etc.) entstanden jedoch erst in den 1930er Jahren mit dem aufkommenden Tonfilm und den Großbeschallungen insbesondere von Stadien.

Nach dem Krieg fanden Schallzeilen als neuartige Lautsprecher-Entwicklungen breite Anwendung, die auch zu einer Reihe praktischer Vorschläge für den Aufbau von Beschallungsanlagen führte. Erst in den 1970er Jahren gelang es, Zusammenhänge zwischen Mikrofonen, Verstärkern und Lautsprechern im Raum und im Freifeld systematisch zu untersuchen und quantitativ zu erfassen. Mit zunehmender Nutzung von Rechentechnik wurden auf dieser Basis Computerprogramme erarbeitet, die sogleich auch erste Simulationen noch auf Großrechnern möglich machten.

In den 1990er Jahren entstanden schließlich Datenbanken über die akustischen Eigenschaften von Lautsprechern, wodurch Schallpegelverteilungen und Verständlichkeitswerte auf Hörerflächen berechnet werden konnten. Ab 2000 wurden jedoch Lautsprecherdatenformate bedeutsam, die nun neben der Amplitude auch die aktuelle Phasenlage berücksichtigen und die somit das Abstrahlverhalten von Line Arrays oder digital gesteuerten Schallzeilen korrekt berechnen lassen. Eine ähnliche Entwicklung ist nun schrittweise bei den Mikrofondaten zu beobachten. Anwendungsbeispiele erläutern die einzelnen Perioden der dargestellten Entwicklung.

Di. 11:45 MW 2001

Plenarvorträge Dienstag

Speech recognition performance and predictions: bridging acoustics and audiology

Anna Warzybok

(Empfängerin des Lothar-Cremer-Preises)

CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'

The auditory system has a remarkable ability to perform well in acoustically challenging conditions. This ability worsens with increasing age and hearing deficits. Studies related to better understanding and improvement of speech recognition in diverse acoustic conditions for listeners with different hearing status will be a leitmotiv of this talk.

First, the matrix sentence test as a reliable, internationally compatible tool for speech recognition assessment will be introduced. Examples of application of the matrix type tests in basic research studies as well as in hearing diagnostics will be presented.

Furthermore, the outcomes of the listening experiments will be compared to the predictions of "effective" speech intelligibility models like a binaural speech intelligibility index-based model (BSIM) or an automatic speech recognition-based model (FADE). They enable assessing speech recognition in a quick, inexpensive, and reproducible manner.

Finally, applications of this kind of models for assessing the acoustic treatment of rooms or speech enhancement techniques in terms of speech recognition will be shown. These examples demonstrate a bridge between individual hearing capabilities (measured with audiological test methods) and room acoustics with the aim to improve the acoustic environments particularly for vulnerable persons, i.e. school children and handicapped persons.

Mi. 11:40 MW 2001

Plenarvortrag Mittwoch

Binaurales Hören - Paradigmenwechsel und neue Konzepte

Benedikt Grothe

Ludwig-Maximilians-Universität München

Seitdem Knudsen und Konishi ihre bahnbrechenden Arbeiten zur neuronalen Repräsentation von interauralen Disparitäten im Mittelhirn der Schleiereule in den Siebzigerjahren veröffentlicht hatten, schien es wie in Stein gemeißelt: in unserem Hirnstamm werden aus interauralen Zeit- und Intensitätsunterschieden (ITD, IID) stabile rezeptive Felder des akustischen Raumes errechnet und in einer neuronalen Karte als auditorischer Raum abgebildet. Um 1990 galt zudem die ITD-Verrechnung mithilfe von systematisch angelegten axonalen Delay-Lines als gesichert, basierend auf Arbeiten an Eule (Carr und Konishi) und Hühnchen (Rubel und Kollegen). Auch dies wurde generalisiert. Seit den Mitsiebzigern bekannte Befunde zur unabhängigen Evolution von tympanalen Ohren bei Sauropsiden (inkl. Vögel) und Säugern wurden dagegen ignoriert. In den letzten 15 Jahren hat sich das Bild für Säuger jedoch drastisch verändert. Delay-Lines ließen sich nicht nachweisen, neuronale Hemmung scheint sowohl bei IID- als auch bei ITD Abstimmung im Hirnstamm der dominierende Mechanismus zu sein. Zudem wird auditorischer Raum bei Säugern nicht durch stabile rezeptive Felder einzelner Neurone kodiert, sondern in einem komplexen, noch nicht völlig verstandenen Populations-Code. Unsere jüngsten Ergebnisse zeigen, dass dieser Code überraschend dynamisch ist, was auf effektiven Mechanismen kurzzeitiger Adaptation in den binauralen Kernen des Hirnstamms basiert. Dies resultiert in einer unerwartet instabilen absoluten Lokalisationsleistung, dafür aber wird die relative räumliche Auflösung (Schallquellentrennung, Detektion von Bewegung) lokal signifikant verbessert. Wir (Säuger) lokalisieren relativ, nicht absolut.

Do. 11:20 MW 2001

Plenarvorträge Donnerstag

Neuronale Netze in der automatischen Spracherkennung - ein Paradigmenwechsel?Ralf Schlüter*RWTH Aachen, Human Language Technology and Pattern Recognition*

In der automatischen Spracherkennung, wie dem maschinellen Lernen allgemein, werden die Strukturen der zugehörigen stochastischen Modellierung heute mehr und mehr auf unterschiedliche Formen künstlicher neuronaler Netze umgestellt. Dieser Erneuerungsprozess, der schon vor nahezu 30 Jahren begann, führte in den vergangenen 10 Jahren zu erheblichen Verbesserungen in der Erkennungsgenauigkeit. Sowohl in der akustischen Modellierung von Sprache, als auch der a-priori Modellierung von Sprache auf der Textebene markieren künstliche neuronale Netze heute den Stand der Technik in der Spracherkennung für großes Vokabular, und weitere Verbesserungen werden erwartet. Dieser Vortrag gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung im Bereich der auf künstlichen neuronalen Netzen basierenden Modellierung von Systemen zur automatischen Spracherkennung. Dies beinhaltet Diskussionen zu den folgenden Themen: neuronale Netzwerktopologien und Zelltypen, Training und Optimierung, Auswahl der Eingabemerkmale, Adaption und Normalisierung, Multifunktionstraining, sowie neuronale Netzmodellierung statistischer Sprachmodelle. Ungeachtet der deutlichen Fortschritte in der Spracherkennung mittels neuronaler Netze, bleiben jedoch weiterhin viele offene Fragen zu klären, bevor eine vollständig konsistente und eigenständige Modellierung durch neuronale Netze in der Spracherkennung erreicht wird. Der Vortrag wird mit einer Diskussion offener Probleme sowie potentieller zukünftiger Forschungsrichtungen, insbesondere bzgl. der Integration neuronaler Netze in den Entscheidungsprozess der automatischen Spracherkennung, abschließen.

Do. 12:10 MW 2001

Plenarvorträge Donnerstag

Schallabsorber im AutomobilbauKlaus Pfaffelhuber*Röchling Automotive SE & Co. KG*

Die Bedeutung des akustischen Komforts von Kraftfahrzeugen hat sich in den letzten Jahren deutlich gesteigert. Der Zwang zum Leichtbau erfordert dabei, den Einsatz gewichtsintensiver, schalldämmender Masse-Feder-Systeme auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Ein Ansatz hierzu ist die Verwendung großflächiger und quellennaher Schallabsorptionslösungen um möglichst viel Schallenergie schon an der Quelle und bei der Ausbreitung zu bedämpfen.

Vermehrt spielen dabei Lösungen eine Rolle, welche neben der rein akustischen Wirksamkeit weitere Funktionalitäten, wie etwa Wärmeisolation, Wärmeabschirmung, Luftführung, Aerodynamik, Mechanik oder

Crashfestigkeit in einem Bauteil kombinieren lassen. Die quellennahe Platzierung derartiger Bauteilsysteme bspw. im Motorraum bzw. Unterbodenbereich ziehen dabei besondere Anforderungen an Temperaturbeständigkeit, Entflammbarkeit, Klimabeständigkeit oder etwa Steinschlagbeständigkeit nach sich.

Es werden aktuelle Lösungen auf der Grundlage von porösen Absorbentien, von Membranabsorbentien und mikroperforierten Absorbentien sowie von Kombinationen daraus vorgestellt. Die Grundlagen der verschiedenen Schallabsorptionsprinzipien und ihrer Werkstofflösungen werden erläutert. Insbesondere neuartige Ansätze auf Basis von porösen, selbsttragenden Faserverbundstrukturen werden vorgestellt. An aktuellen Anwendungsbeispielen wird die Wirkungsweise in der Fahrzeugakustik gezeigt.

Vorkolloquien am Montag, den 19.03.2018**Vorkolloquium „Binaural Hearing: Physiology, Psychoacoustics, Models”**

Mo. 12:30 MW 1801

Vorkolloquium „Binaural Hearing“

Introduction

Mo. 12:40 MW 1801

Vorkolloquium „Binaural Hearing“

How we process and perceive sound source locations in complex environments

Michael Pecka^a, Andrea Lingner^a, Jörg Encke^b, Helge Gleiss^a, Christian Leibold^a und Benedikt Grothe^a

^aLudwig-Maximilians-Universität München; ^bTU München, Bioanaloge Informationsverarbeitung

Until recently, it had canonically been assumed that the brain's representation of the location of sound sources is hard-wired and thus encodes for absolute positions in space. However, recent experimental findings strongly contradict this assumption and instead suggest a relative representation of auditory space. Specifically, psychophysical data revealed that the perceived location of a stationary sound source can shift substantially depending on the prior acoustic experience. Neurophysiological findings demonstrated that these perceptual shifts could be explained by response adaptation of binaural neurons. I will review how this context-dependency of spatial processing transformed our ideas about the brain's coding of auditory space. Furthermore, I will highlight how plasticity of spatial coding carries large potential for improving spatial hearing with cochlear implants.

Mo. 13:10 MW 1801

Vorkolloquium „Binaural Hearing“

Adaptation to altered spatial input statistics across different time-scales and stages of development

Johannes C. Dahmen
University of Oxford

In natural environments, sensory systems continuously update their coding strategies to reflect changes in sensory input. This applies in particular to the neural systems involved in spatial hearing. We and many others have demonstrated that these circuits can adapt to changes in the statistics of the acoustic input over several different timescales and throughout life. I will describe a series of behavioural and physiological experiments that we carried out in humans and ferrets to demonstrate the perceptual and neural implications of adaptation to spatial input.

Specifically, I will show how neural interaural level difference (ILD) sensitivity and the perception of auditory space can change rapidly and temporarily as a function of the statistics of a preceding input distribution. Furthermore, I will demonstrate how the developing brain adapts to the temporary loss of input from one ear by either down-weighting the altered binaural cues in favour of the intact spectral localisation cues or adaptively shifting its ILD sensitivity when the spectral cues are no longer available. Finally, I will show that the adult brain is also capable of exploiting both of these adaptive processes provided that appropriate behavioural training is provided.

Mo. 13:40 MW 1801

Vorkolloquium „Binaural Hearing“

The spatial benefit in speech intelligibility and the role of source segregation mediated by binaural cues

Steven van de Par, Sarinah Sutojo und Esther Schoenmaker

CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

Listening with two ears provides a benefit in understanding speech in the presence of competing sources all placed at different locations. Having two ears provides a benefit in terms of signal-to-noise ratio (SNR) at one of the ears. This better-ear effect can even occur for a frontal target speaker and two interfering speakers at the left and right side of the listener. Due to the spectro-temporal sparseness of speech, better-ear glimpses of the target speaker (spectro-temporal intervals with beneficial SNR) can occur alternately in both ears. Furthermore, binaural cues may provide cues for segregation, allowing the auditory system to determine whether particular speech components belong to the target speaker. Experiments will be discussed that show that a glimpse-based metric of better-ear listening accounts well for the variability that is seen in speech intelligibility across different target speech tokens, presented at the same overall SNR, but that the amount of glimpses needed depends strongly on the nature of the interfering sources. It will also be shown that binaural cues indeed support improved stream segregation and speech intelligibility but that only binaural cues within the most salient glimpses are important, which may be helpful in complex acoustic settings with unreliable binaural cues.

Mo. 14:10 MW 1801

Vorkolloquium „Binaural Hearing“

The unusually active auditory system: Psychophysics and imaging of human echolocation

Lutz Wiegrebe und Ludwig Wallmeier

Ludwig-Maximilians-Universität München, Department Biology II

For blind humans there is one perceptual strategy to assess far space, beyond the region of touch, namely to produce sounds and listen to how the environment alters the sounds on their way from the source to the receiver: Echolocation or biosonar is the hallmark of bats and toothed

whales, but quite some time ago, it became clear that also humans can orient and navigate surprisingly well based on the auditory analysis of the echoes of self-generated sounds. Our work focuses on using virtual-space techniques to formally explore what humans can do with echolocation and what are the underlying perceptual and vocal-motor strategies that facilitate effective human echolocation. We will report on how human echolocation counteracts the precedence effect, i.e., our default auditory processes that explicitly suppress echoes, how humans assess the size of a room through echolocation, and what parts of the brain are involved in echolocation. Moreover, we report on how subject motion facilitates echo-acoustic orientation in virtual rooms and outline ways towards an echo-acoustic VR that would allow blind humans to train their orientation and navigation through echolocation in a safe and controllable environment.

Mo. 14:55 MW 1801

Vorkolloquium „Binaural Hearing“

Ein Modell der neuronalen Verarbeitung zeitlicher Lokalisationsmerkmale

Jörg Encke, Florian Völk und Werner Hemmert

TU München, Bioanaloge Informationsverarbeitung

Das auditorische System des Menschen und anderer Säugetiere nutzt zeitliche und spektrale Merkmale der akustischen Signale an den beiden Ohren, um Schallquellen zu lokalisieren. Ein wichtiges Merkmal zur Lokalisation niederfrequenter Schalle in der Horizontalebene sind interaurale Zeitdifferenzen (ITDs, interaural time differences). Neuronal werden diese bereits im medialen oberen Olivenkern (MSO, medial superior olive) des Hirnstamms detektiert. Neuere Ergebnisse elektrophysiologischer und psychoakustischer Messungen deuten darauf hin, dass ITDs auf dieser Ebene anhand der relativen Aktivität zweier Neuronenpopulationen kodiert werden (eine pro Gehirnhälfte). In diesem Beitrag wird die neuronale Verarbeitung von ITDs anhand eines physiologienahen Modells des MSO sowie der vorgeschalteten Verarbeitungspfade untersucht. Es wird gezeigt, dass ITDs bereits in dieser untersten Verarbeitungsstufe robust kodiert werden. Basierend auf den simulierten Daten wird ein einfaches, empirisches Modell vorgeschlagen, das die neuronalen Antworten in den beiden Hemisphären am Beispiel der Lateralisation mit der Wahrnehmung verknüpft. Anhand von psychoakustischen Versuchen zur Lateralisation von Tonimpulsen bei Kopfhörerdarbietung werden erste Vorhersagen dieses Modells evaluiert.

Mo. 15:25 MW 1801

Vorkolloquium „Binaural Hearing“

A Lateral Superior Olive Model with Bilateral Cochlear Implant StimulationMathias Dietz^a und Sebastian Ausili^b^a *Western University, London (Canada)*; ^b *Radboud University Nijmegen*

Both human and animal studies with cochlear electric stimulation indicate a sensitivity to interaural level differences (ILD) similar to normal hearing. In contrast, sensitivity to interaural time differences (ITD) is worse and rate limited to about 200 to 500 pps (pulses per second), much below the 1400 Hz limit in normal hearing listeners. Remarkably, both the rate limitation and the best thresholds are very similar to normal hearing sensitivity to ITDs applied to the envelopes of high-frequency sounds, which are generally thought to be processed primarily in the lateral superior olive (LSO) together with ILDs. We thus hypothesize that LSO-type binaural processing is predominant under electric stimulation. We investigate how an "off the shelf" LSO model (Wang and Colburn, *J Neurophysiol* 111:164-181, 2014) behaves to electric pulse trains as a function of pulse rate, pulse amplitude, ITD, ILD, and neural parameters. Results show that ITD sensitivity drops from good at 200 pps to absent at 500 pps. Furthermore, tuning depends on the overall stimulation level and on the ILD. Model results will be related to the modelled auditory nerve input response rates but also to published physiologic data from the inferior colliculus, and to published behavioral data.

Mo. 15:55 MW 1801

Vorkolloquium „Binaural Hearing“

Modeling Binaural Hearing Percepts of Bilateral Cochlear Implant UsersMarko Takanen und Bernhard Seeber*TU München, Audio-Signalverarbeitung*

Cochlear implants (CIs) restore hearing for profoundly deaf people by stimulating the auditory nerve fibers (ANFs) directly with electrical pulses. Several stimulus- and ANF-related aspects affect the responsiveness of the ANF to a particular stimulation. Here, we present a functional model for the ANF response to pulse-train sequences and show how it can be applied, in conjunction with functional models for binaural-cue decoding (Takanen et al., *Hear. Res.* 2014), to predict bilateral CI users' sensitivity to localization cues. The ANF model builds on the biphasic leaky integrate-and-fire model by Horne et al. (*Front. Comput. Neurosci.*, 2016) which we have extended to include elements that simulate refractoriness and facilitation/accommodation by affecting the model's threshold value momentarily after supra- and subthreshold stimulation. We show that our revised model can reproduce neurophysiological data from single-neuron recordings considering refractoriness, facilitation, accommodation and spike-rate adaptation phenomena that affect the responsiveness of the ANF to ongoing pulsatile stimulation. Outputs from

the binaural CI model are shown to demonstrate pulse-rate dependency of just-noticeable differences for localization cues in electrical hearing. Consequently, the model offers a versatile instrumental tool for optimization of CI coding strategies, being able to predict both peripheral and perceptual responses that different stimulations evoke.

Vorkolloquium „Frequency Dependent Modeling in Vibro-acoustics“

Mo. 12:45 MW 0350

Vorkolloquium „Frequency Dep. Modeling“

Introduction

Mo. 13:00 MW 0350

Vorkolloquium „Frequency Dep. Modeling“

Which simulation method use for a specific application and frequency range in automotive?Arnaud Caillet^a, Chadwyck Musser^b und Willem Van Hal^a^aESI GmbH; ^bESI R&D USA

During the last decades multiple simulation methods have been developed and are now available for the industry to support the design process. From the very detailed deterministic FEM or BEM methods to retrieve results to the SEA method to recover component level results at high frequency, Each method has its strengths and weaknesses depending of the application, excitation type and frequency range. This presentation will review some of the main methods used by the automotive industry (SEA, FEM, BEM, PEM), and propose, for typical application cases (full vehicle trim package optimization, component level investigation...), solutions to perform efficiently the design of a vehicle.

Mo. 13:25 MW 0350

Vorkolloquium „Frequency Dep. Modeling“

Energy FEM and BEM for High Frequency AcousticsSören Keuche^a, Henning Lohmann^a, Olgierd Zaleski^a, Matthias Ram^b und Otto von Estorff^b^aNovicos GmbH; ^bTU Hamburg-Harburg

Energy based methods are an efficient way to simulate acoustics in the high frequency regime. The conventional methods, as the FEM or the BEM, require a high number of elements due to the very short wavelength. Even the high performance computing is not able to achieve results in a reasonable time for these problem, but the high frequency regime allows some assumptions that lead to possible reductions in the computational effort. The acoustical pressure and velocity are condensed to the energy density. This assumption allows for an almost frequency independent discretization of the domain. The underlying approximations enable new fields that were previously not computable. For instance, the investigation of a car interior or even a whole ship in the complete acoustical frequency range up to 20 kHz. Numerical methods that allow for these applications are the energy based counterparts EFEM and EBEM. These two methods are an alternative for the established Statistical Energy Analysis (SEA) or the Ray Tracing. The governing relations for an energy based formulation as well as the derivation of the EFEM and EBEM are presented. Especially, the differences and the range of

validity are discussed, while representative examples show the efficiency of the methods.

Mo. 13:50 MW 0350

Vorkolloquium „Frequency Dep. Modeling“

Modeling Aspects of Energy Flow Analysis applied to Timber Structures

Christoph Winter, Felix Schneider und Gerhard Müller

TU München, Lehrstuhl für Baumechanik

This contribution presents a numerical approach for the prediction of the vibrational energy that flows through structures e.g. made of cross laminated timber. The applicability of the classical FEM is limited since the sensitivity of the results increases with frequency. For higher frequencies, the plates adjacent to a junction can be considered as semi-infinite if the reflections occur with a clearly smaller amplitude or incoherently to the excitation. This enables the use of statistical methods like the Statistical Energy Analysis (SEA). SEA delivers averaged results and thus copes with the sensitivity. The classical SEA is restricted to the wave transmission between plate-like structures. For wood, the elastic modulus perpendicular to the fiber direction is about one thirtieth of the one in fiber direction. Therefore, the thickness modes occur at comparatively low frequencies. Solid elements are able to represent these effects. As both techniques have a restricted validity regarding the frequency range, SEA averaging techniques are applied in the post-processing of the FEM to obtain the Energy Flow Analysis. The necessary resolution in frequency and space as well as comparisons to the SEA suggest dividing the frequency domain into three ranges which offer distinct modeling techniques and evaluation quantities.

Mo. 14:15 MW 0350

Vorkolloquium „Frequency Dep. Modeling“

Efficient simulation of sound propagation from electric motors - frequency-dependent modeling for development of "mid-frequency gap"

Marold Moosrainer und Mohamed Jegham

CADFEM GmbH

Electric drives have become indispensable in many areas of our everyday lives. Electric cars and e-bikes are just some of the many products which come to mind. Increased torsional loads and mechanical performance also bring rising dynamic excitation forces which add to noise emission. Many companies today focus their strategy also on developing quieter products. From a numerical aspect, acoustic simulations become more complex at increasing frequencies. For this reason, we focus this article on suitable analysis techniques which allow us to simulate the relevant acoustic frequency range of sound propagation in an efficient and practical manner. Based on the example of an electromagnetic simulation of an electric motor, dynamic forces in the air-gap are

calculated and transmitted on to the stator in line with mechanical oscillation simulation. Sophisticated mechanical frequency analysis not only allows an efficient simulation of many rotation speed points. By analysing structure-borne noise spectrums over a complete rotational speed range we finally create the well-known waterfall diagram for the machine. With the above approach, it is possible to analyse correlations between excitation forces, rotational speed, structural resonances and airborne noise already during the development phase of a motor. Thus different design variants can be assessed acoustically.

Mo. 15:00 MW 0350 Vorkolloquium „Frequency Dep. Modeling“

Application of the Integral Transform Method for the Computation and Assessment of the Sound Radiation of Plate-Like Structures

Mathias Kohrmann

Labor für Schallmesstechnik, Hochschule Rosenheim

In this contribution the assessment of the radiated power of plate-like structures as a postprocessing of numerical computations or measurements is carried out on the basis of Integral Transformation Methods. Starting from the velocity field at the vibrating surface the radiated sound power is computed for free-field conditions by Fourier transformation into the wavenumber and frequency domain. This wavenumber domain method is derived from Heckl's approach and proved to be more efficient than classical methods using the Rayleigh Integral or Boundary Element Method. Compared to original domain approaches, like Hashimoto's Direct Calculation Method, it provides a valuable insight into the vibro-acoustic characteristics of the investigated system. In order to achieve results of high accuracy and robustness especially at low frequencies, the implementation of the method is explained focusing on the minimization of numerical errors. The method is validated via measurements carried out at an aluminum plate and a timber floor with suspended ceiling.

Mo. 15:25 MW 0350 Vorkolloquium „Frequency Dep. Modeling“

Hybrid modelling of transmission loss with acoustic treatment

Alexander Peiffer

Airbus (München)

Hybrid methods are an excellent approach to determine the sound transmission loss of complex structures. In order to simulate the effect of acoustic treatment lay-up consisting of fibre material, foams and heavy layers the hybrid theory needs some modification to stay efficient. This presentation deals with the modal implementation of hybrid theory and the adaptations that are required to implement the modal approach for acoustic treatments. The treatment will be modelled as infinite layer using the transfer matrix method under consideration of possible simplifications to reduce the calculation time tremendously. This requires the

mode shape mapping to regular grids. The method is implemented as locally and non-locally reacting trim showing that the non local approach is too strict for valid results.

Mo. 15:50 MW 0350

Vorkolloquium „Frequency Dep. Modeling“

Structural Power-Flow Methods for the Conceptional Design Phase

Stefan Sicklinger

BMW Group

The vibroacoustic assessment and optimization of vehicle components at the early stage of complete vehicle development is an essential. This is because only at the early phase it is possible to change concepts. Therefore it is necessary to focus on analysis methods which can work with a limited set of information in contrast to the high fidelity methods. A deterministic power-based approach for structure-borne sound will be presented. Moreover, a holistic workflow and design methodology will be discussed and benchmarked against classical methods based on transfer functions.

Vorkolloquium „Akustische Metamaterialien und periodische Strukturen“

Mo. 12:00 MW 1550 Vorkolloquium „Akustische Metamaterialien“

Einführung

Mo. 12:10 MW 1550 Vorkolloquium „Akustische Metamaterialien“

Integration einstellbarer, akustischer Materialien im Flugzeugbau

Henning Scheel und Christian Thomas

Airbus

Ein wichtiger Faktor des Passagierkomforts in Flugzeugen ist der Kabinenlärm - hervorgerufen durch Triebwerks-, Umströmungs- und Systemlärm. Der Großteil heutiger Flugzeuge verfügt über Turbofan-Triebwerken, welche ein tieffrequentes, breitbandiges Geräusch erzeugen. Zukünftige Flugzeugkonfigurationen hingegen ermöglichen ein breites Spektrum verschiedener Antriebsquellen von Turbofan-Triebwerken größerer Nebenstromverhältnissen über eingebettete Turbofans bis hin zu verteilten, kleinen Antriebseinheiten. Alle Konzepte haben jedoch eine Gemeinsamkeit; eine zu tiefen Frequenzen verschobene, schmalbandige oder tonale Lärmsignatur. Die heutigen, zur Lärminderung eingesetzten, passiven Maßnahmen sind mehrheitlich durch Mehrgewicht geprägt. Oft geht damit auch eine Verbesserung der Lärmreduktion im höheren Frequenzbereich einher, welches nicht immer erforderlich ist. Von industrieller Seite besteht daher der Wunsch, die Maßnahmen gezielt nur für bestimmte Frequenzbereiche einstellen zu können, um Gewicht einzusparen. Weiterhin besteht der Bedarf die akustische Wirksamkeit hinsichtlich verschiedener Lärmsignaturen oder Kabinenkonfigurationen in begrenztem Rahmen zu adaptieren. So würde ein für 250Hz ausgelegtes Designkonzept mit ggf. geringfügigen Änderungen der geometrischen Parameter auch für 500Hz eingesetzt werden können, ohne die Maßnahme neu zertifizieren zu müssen. Erste Untersuchungen zu einstellbaren Materialien wurden bei Airbus in verschiedenen Prüfständen durchgeführt und gegenüber konventionellen Maßnahmen verglichen.

Mo. 12:35 MW 1550 Vorkolloquium „Akustische Metamaterialien“

Numerische Berechnung der Dispersion von flächig verteilten Schwingungstilgern und akustischen Schwarzen Löchern mithilfe von Wave-Finite-Elements

Matthias Miksch^a, Uwe Müller^b, Alexander Peiffer^b und Gerhard Müller^a

^aTU München, Lehrstuhl für Baumechanik; ^bAirbus

Um die Schwingungseigenschaften von Leichtbaustrukturen im Bereich der Luftfahrt zu verbessern, bieten flächig verteilte Schwingungstilger und akustische schwarze Löcher in manchen Bereichen Vorteile gegenüber bisherigen Maßnahmen zur Reduktion des Körperschalls. Für die Auslegung von verteilten Schwingungstilgern und akustischen schwarzen Löchern, welche im Rahmen des Forschungsvorhabens ALMA (Additive Layer Manufacturing for Acoustic Metamaterials) untersucht werden, liefern Dispersionsdiagramme einen wichtigen Beitrag. Mithilfe von Wave-Finiten-Elementen (WFE) kann die Dispersion von Körperschall in periodischen Strukturen numerisch berechnet werden. Der Beitrag soll einen kurzen Überblick über die Berechnungsmethodik der WFE geben sowie Erkenntnisse erläutern, die aus den Dispersionsdiagrammen von Schwingungstilgern und akustischen schwarzen Löchern gewonnen werden können.

Mo. 13:00 MW 1550 Vorkolloquium „Akustische Metamaterialien“

Tieffrequente Luftschalldämmung mit akustischen Membran-Metamaterialien

Felix Langfeldt und Wolfgang Gleine

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Akustische Membran-Metamaterialien sind dünne, leichtgewichtige Strukturen, die ein hohes Potenzial zur effizienten Dämmung von tieffrequentem Schall aufweisen. Sie bestehen aus einer vorgespannten Membran, auf der kleine, vergleichsweise starre Massen befestigt sind. Dieser Aufbau besitzt bei tiefen Frequenzen aufgrund von akustischen Anti-Resonanzen schmalbandige Frequenzbereiche mit sehr hoher Schalldämmung, die das zugehörige Massegesetz um ein Vielfaches übersteigt. Trotz dieser guten akustischen Eigenschaften weisen akustische Membran-Metamaterialien noch technologische Herausforderungen auf (z.B. die Schmalbandigkeit), die ihren Einsatz für praxisnahe Lärmschutzaufgaben erschweren. Im vorliegenden Beitrag werden aktuelle Forschungsergebnisse präsentiert, die darauf abzielen, akustische Membran-Metamaterialien zur effizienten Dämmung von tieffrequentem Luftschall in praxisrelevanten Umgebungen einzusetzen. Die hierfür wichtigsten technologischen Herausforderungen werden diskutiert und mögliche Lösungsansätze vorgestellt. So kann zum Beispiel die schmalbandige Wirkung der Metamaterialien über eine aktive Bedruckung der Membran oder das Einfügen von Perforationen beeinflusst

werden. Als Anwendungsbeispiel wird die Entwicklung eines Schallschutzschields mit integrierten Membran-Metamaterialien für Flugzeuge mit gegenläufigen Propellertriebwerken herangezogen. Dieses Konzept wurde zunächst unter vereinfachten Bedingungen theoretisch und experimentell untersucht. Anschließend wurde ein großskaliges Funktionsmuster des Konzepts realisiert und am Acoustic Flight-LAB Demonstrator experimentell charakterisiert. Dieser Demonstrator repräsentiert einen vereinfachten Rumpfabschnitt eines Kurzstreckenflugzeuges in 1:1-Skalierung und kann mit einem Lautsprechersystem mit realistischen Schallfeldern angeregt werden.

Mo. 13:25 MW 1550 Vorkolloquium „Akustische Metamaterialien“

Metallische Tilgerarrays als akustisches Metamaterial hergestellt durch 'Additive Layer Manufacturing': Entwurfsprozess und erste Ergebnisse

Uwe Müller und Peter Faulhaber

Airbus

Das Projekt ALMA - "Additive Layer Manufacturing (ALM) für Akustische Metamaterialien" am Ludwig-Boelkow-Campus in Ottobrunn befasst sich mit der Untersuchung von akustischen Metamaterialien, welche durch ALM-Methoden (Lasersinterverfahren) aufgebaut werden. Es sollen vorwiegend ALM-Verfahren für Metalle untersucht werden, um ein größeres Einsatzspektrum der Materialien für Luftfahrtanwendungen zu untersuchen. Ein wichtiges Konzept hierbei ist die Fertigung von 1D oder 2D Arrays aus Mikrotilgern, welche genau definierte Frequenzen aufweisen sollen und mit geringem Aufwand durch ALM-Verfahren hergestellt werden können. In diesem Beitrag wird gezeigt, wie eine parametrische Generierung von Mikrotilgergeometrien auf Basis einer MATLAB-Optimierung erfolgen kann. Für die Optimierung von Designs ist es hierbei wichtig, auch auf die Fertigungsanforderungen der ALM-Methoden zu achten und sonstige Randbedingungen, wie z.B. den zulässigen Bau-raum für den Mikrotilger. Die Ergebnisse der Optimierung gehen dann in eine automatische Geometrieerzeugung durch eine CAD Software ein. Anschließend wird aus der CAD-Geometrie eine STEP-Datei zum Import in die ALM Fertigungsanlage erzeugt. Nach der ALM-Fertigung werden die Tilgerarrays mechanisch charakterisiert, um die Abweichung zwischen theoretischer Entwurfsfrequenz und der experimentell charakterisierten Frequenz zu untersuchen. Im nächsten Schritt findet dann eine akustische Charakterisierung statt.

Mo. 13:50 MW 1550 Vorkolloquium „Akustische Metamaterialien“

Band Structure and Sound Transmission Loss of Infinite Periodic Partitions: Numerical Studies with COMSOL

Yohko Aoki, Seiji Adachi und Waldemar Maysenhölder

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Since the implementation of Bloch boundary conditions the COMSOL software can be used for studying the dynamics of infinite periodic media, in particular Bloch waves and their dispersion (band structure). COMSOL can be applied also for the calculation of the transmission loss of infinite partitions which are periodic in one or two dimensions. It is shown how this can be accomplished in principle. Two partition examples illustrate the approach: (i) a sinusoidally corrugated plate ("Wellblech") and (ii) a metamaterial-like double-leaf partition. Understanding the transmission loss curves is - at least for light adjacent fluids - facilitated by entering the trace wave ("Spurwelle") of an incident plane wave in the band structure of the Bloch waves of the partition in vacuum. Like with homogeneous partitions, coincidence effects may occur. Which Bloch waves are excited most by an incident wave at a particular frequency can be inferred from a comparison of the shape of the "transmission wave" with the shapes of Bloch waves with appropriate wave vector.

Mo. 14:45 MW 1550 Vorkolloquium „Akustische Metamaterialien“

Reduktion des Übersprechens in Phased-Array-Wandlern durch akustisches Metamaterial als Trägerstruktur

Johannes Henneberg^a, André Gerlach^a, Holger Cebulla^b und Steffen Marburg^c

^aRobert Bosch GmbH; ^bTU Chemnitz, Professur Textile Technologien; ^cTU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Phased-Array-Wandler werden häufig in der akustischen Bildgebung und zur Umfeldsensierung eingesetzt. Ein Designaspekt eines solchen Wandlers ist das Erreichen eines geringen mechanischen Übersprechens zwischen den einzelnen Wandlerelementen, da die Abbildungsauflösung durch das Übersprechen gemindert wird. In dieser Arbeit wird das Übersprechverhalten zwischen einzelnen Wandlerelementen in einem generischen Modell untersucht. Das Modell besteht aus einer gemeinsamen Trägerstruktur, auf das zwei einzelne Wandlerelemente aufgebracht sind. Die Arbeitsfrequenz befindet sich im tiefen kHz-Bereich. Tiefe Arbeitsfrequenzen sind typisch für Anwendungen in der Umfeldsensierung. Zur Reduktion des Übersprechens wird ein akustisches Metamaterial als gemeinsame Trägerstruktur eingesetzt. In numerischen Untersuchungen wird gezeigt, dass das mechanische Übersprechen durch den Einsatz eines akustischen Metamaterials reduziert werden kann. Der Effekt wird in experimentellen Untersuchungen validiert.

Mo. 15:10 MW 1550 Vorkolloquium „Akustische Metamaterialien“

BEM Simulation von Schallschutzwänden mit periodischen Strukturen

Wolfgang Kreuzer und Christian Kasess

Österr. Akademie d. Wissenschaften, Inst. f. Schallforschung

Die numerische Simulation der Dämmwirkung von Schallschutzwänden hat eine lange Tradition in der Akustik. Während es bei einfachen Geometrien noch ausreicht, Ray-Tracing Methoden zu verwenden, ist es für moderne komplexere Geometrien notwendig, numerische Methoden wie die Randelementemethode (BEM) zu verwenden. Einfache 2D-Simulationen über den (konstanten) Querschnitt einer Wand haben den Nachteil, dass sie eine kohärente Linienquelle als Lärmquelle, was zu unrealistischen Interferenzeffekten führen kann. Unter der realistischen Annahme einer Punktquelle ist eine effizienten Simulation ebenfalls noch möglich, dazu muss eine Vielzahl von 2D Problemen mit verschiedenen Wellenzahlen gelöst werden (2.5 BEM). Kann aber ein konstanter Querschnitt der Wand nicht mehr vorausgesetzt werden, sind aufwändige Simulationen in 3D unabdingbar. Unter der Annahme einer periodische Geometrie, z.B. durch wechselnde Aufsätze in unterschiedlichen Größen, ist es dennoch möglich anstelle eines großen 3D Problems eine Vielzahl von kleineren 3D Problemen zu lösen, aus denen dann ähnlich wie beim 2.5D Ansatz das Wellenfeld für beliebige (Punkt-)Quellen berechnet werden kann. Im Vortrag wollen wir auf die theoretischen Hintergründe (z.B. die Herleitung einer periodisierte Randintegralgleichung) eingehen, aber auch mögliche Schwierigkeiten und numerischen Probleme beleuchten.

Mo. 15:35 MW 1550 Vorkolloquium „Akustische Metamaterialien“

Sound Transmission Loss of One-Dimensional Systems Containing Fictitious Metamaterials

Waldemar Maysenhölder

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Metamaterials are distinguished from "normal" materials by unusual properties. Some behave as if the mass density or some elastic modulus were negative. However, in "real metamaterials" such unusual properties appear in limited frequency ranges only. Moreover, these properties are as a rule complex-valued, i.e. implicate damping, and depend on frequency. By contrast, the properties of "fictitious metamaterials" may be defined arbitrarily, regardless of physical realizations. Analytical studies of simple cases with frequency-independent negative mass densities and elastic moduli lead - via the transfer-matrix method - to instructive findings. The sound transmission loss of a mass-spring-mass system is optimal, if the spring constant is positive and both masses are equal and negative, or if the spring constant is negative and both masses are equal and positive. The transmission loss of a homogeneous one-dimensional

elastic layer, which may be regarded as a generalization of a rigid mass or a massless spring, shows similar symmetries. With respect to the signs of the elastic modulus and the mass density the transmission loss depends only on the product of the two signs, i.e. on whether the signs are equal or different. Corresponding results are obtained for an elastic layer sandwiched between two rigid masses.

Mo. 16:00 MW 1550 Vorkolloquium „Akustische Metamaterialien“

Numerische Berechnung der Schallbeugung und Schallreflexion an periodischen Strukturen

Harald Ziegelwanger und Paul Reiter

AIT Austrian Institute of Technology

Computer-Aided Engineering ermöglicht eine kostengünstige Berechnung und Optimierung von Produkteigenschaften und findet auch im Bereich der Akustik eine weite Verbreitung, z.B. durch Einsatz der Finite-Elemente-Methode oder der Randintegralmethode in Kombination mit der schnellen Multipolmethode im Entwicklungsprozess von Lärmschutzwänden. Die Randintegralmethode eignet sich vor allem zur Berechnung der Reflexion und Beugung an Streukörpern. Um Prüfnormen, wie z.B. die ÖNORM EN 1793:4-5 im Fall der Lärmschutzwände, in der Simulation abzubilden, müssen Simulationen bis ca. 6 kHz durchgeführt werden, woraus sich bei großen Streukörpern ein hoher Rechenaufwand und Speicherbedarf ergibt. Allerdings können periodische Strukturen des Streukörpers und des Schallfeldes ausgenutzt werden, um den Rechenaufwand zu reduzieren. Während in der Finite-Elemente-Methode periodische Randbedingungen einfach implementiert werden können, erweist sich das Ausnutzen von periodischen Strukturen in der Randintegralmethode als deutlich komplizierter. Abstract In diesem Vortrag zeigen wir die Implementierung und Anwendung von periodischen Simulationsmethoden. Die Simulation periodischer Strukturen in Kombination mit der Multipolentwicklung wird zuerst anhand von einfachen zwei-dimensionalen Beispielen erklärt. Dabei wird auf die Implementierungsunterschiede bei Anregung durch einfache und periodische Schallquellen eingegangen. Darauf aufbauend wird eine Implementierung der drei-dimensionalen quasi-periodischen BEM gekoppelt mit der schnellen Multipolmethode vorgestellt. Zum Schluss werden Simulationsergebnisse der Schallbeugung an periodischen Lärmschutzwandelementen und der Schallreflexion an periodischen Strukturen präsentiert.

Fachvorträge und Poster am Dienstag, den 20.03.2018**Sitzung „DIN 4109: Anforderungen und neues Rechenverfahren im Wohnungsbau I“**

Di. 14:00 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren I

20 Monate neue DIN 4109 - Ein Rückblick und AusblickHeinz-Martin Fischer*Hochschule für Technik Stuttgart*

Was hat sich durch die neue DIN 4109 geändert? Wie sind die ersten Erfahrungen mit der neuen Norm? Ein kurzer kritischer Rückblick beleuchtet die Entstehung dieser Norm. Eine Bestandsaufnahme geht auf die aktuelle Situation im bauaufsichtlichen Bereich und die Bedeutung für die bauakustische Planung ein. Dabei werden nicht nur die Anforderungen dieser Norm betrachtet, sondern vor allem auch die rechnerischen Nachweise und der Bauteilkatalog. Aufgezeigt werden die aktuellen Lücken und Defizite der Norm und der sich daraus ergebende Handlungsbedarf für deren Weiterentwicklung. Für bestimmte Bereiche kann bereits konkret aufgezeigt werden, wie der bestehende Handlungsbedarf umgesetzt wird. So stellt sich die neue DIN 4109 - zumindest in den Berechnungsverfahren und im Bauteilkatalog - als eine lebendige Norm dar, die weiterentwickelt und kontinuierlich an die aktuellen Bedürfnisse angepasst werden soll.

Di. 14:20 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren I

Schallschutz nach DIN 4109 im Massivbau- Berechnung und Messung im Vergleich, Luftschallschutz einer WohnungstrennwandReinhard O. Neubauer*IBN Bauphysik GmbH & Co. KG*

Mit der Veröffentlichung von DIN 4109, Schallschutz im Hochbau - Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen, Ausgabe 07/2017, hat sich der Bearbeitungsumfang zur Berechnung des baulichen Schallschutzes deutlich erhöht. Insbesondere die Auswahl der Stoßstellen kann in der Berechnung der Luftschalldämmung deutlich unterschiedliche Berechnungsergebnisse liefern. Aufgrund der kompletten Neuarbeitung von DIN 4109 in Hinblick auf die Anpassung an die Europäische Norm (DIN EN 12354) fehlt es noch an messtechnischen Vergleichen in der Praxis. In diesem Beitrag wird der Luftschallschutz einer Wohnungstrennwand beschrieben wie sich Berechnungsergebnisse und Messergebnisse im Vergleich darstellen. Dabei wird insbesondere die Stoßstellensituation diskutiert wie sie sich in der Praxis zeigt und rechnerisch berücksichtigt werden muss.

Di. 14:40 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren I

Neue Rechenverfahren zur Trittschalldämmung nach DIN 4109 - Stimmen die Ergebnisse?Frank Schnelle und Roland Kurz*Kurz und Fischer GmbH*

In der neuen DIN 4109: 2016 wurden bei den Verfahren für die Berechnung der Trittschalldämmung von Decken in Massivbauten und Holzbauten Änderungen gegenüber Beiblatt 1 zu DIN 4109: 1989 vorgenommen. In Massivbauten wird neben den Eigenschaften der Rohdecke und der Deckenauflage nun auch der Einfluss von flankierenden Bauteilen berücksichtigt. Das Konzept der KT-Werte für unterschiedliche Raumanordnungen wurde unverändert übernommen. Bei Holzbauten wird hingegen die Gesamtkonstruktion der Decke einschließlich Deckenauflage und Unterdecke aus dem Bauteilkatalog oder aus Prüfberichten angesetzt und die Trittschalldämmung mit Tabellenwerten zur Berücksichtigung der Flankenübertragungen auf den Wegen D_f und D_{ff} ermittelt. Eine wesentliche Änderung in den neueren Berechnungen der Trittschalldämmung sind die Ansätze der Sicherheitsbeiwerte. Im Vortrag werden die Ergebnisse von Berechnungen der Trittschalldämmung nach altem und neuem Rechenverfahren mit Messungen in Gebäuden verglichen und Ursachen für die Abweichungen angegeben. Des Weiteren werden Lösungen für den Umgang mit baulichen Situationen (z. B. Altbauten mit Holzbalkendecken und Massivwänden) vorgeschlagen, für die keine Angaben in der neuen DIN 4109 enthalten sind.

Di. 15:00 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren I

Rechenverfahren und Nachweise für BauelementeBernd Saß*ift Rosenheim GmbH*

Im Rahmen der Arbeiten zur aktuellen Fassung der DIN 4109 - Schallschutz im Hochbau - wurden für den Nachweis der Schalldämmung von Bauteilen eine Vielzahl von Rechenverfahren ermittelt und validiert. Für den Bereich der Bauelemente wurden dazu unter anderem auch Verfahren zur Berücksichtigung von Undichtigkeiten über Fugen und von Bauanschlüssen formuliert und eingearbeitet.

Bei der Erstellung dieser Verfahren hat das Labor Bauakustik am ift Rosenheim an federführender Stelle mitgewirkt. Entwickelt wurden Verfahren zur Bestimmung und Bewertung der Fugenschalldämmung, der Einbausituation, der Wirkung von Falzdichtungen und aktuell von Profilen. Dieser Beitrag fasst die Verfahren zur Bestimmung der Fugen- und Profilschalldämmung zusammen und stellt die Rechenverfahren vor, die in diesem Zusammengang in die DIN 4109 mit aufgenommen worden sind bzw. für die normative Verwendung vorgesehen sind.

Di. 15:20 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren I

Vergleich von Softwarelösungen zur Berechnung nach DIN 4109-2:2016-07Michael Gierga^a, Christian Voit^a und Martin Schneider^b^aKurz und Fischer GmbH; ^bHochschule für Technik Stuttgart

In den vergangenen Jahren haben sich auf dem Markt mehrere Software-Lösungen, im Sinne von Berechnungshilfen, zum Schallschutz im Hochbau etabliert. Programme wie beispielsweise Dämmwerk von KERN, der Kalksandstein-Rechner des Bundesverbandes der Kalksandstein Industrie e.V. oder die Schallschutzsoftwares einzelner Ingenieurbüros, wie zum Beispiel IB Hanneforth aus Essen, dienen zur schallschutztechnischen Auslegung von Gebäuden und bieten dem Anwender Hilfestellung bei der Anfertigung von Schallschutznachweisen. Der Großteil der angebotenen Software ist dabei auf dem aktuellen Stand der Technik und greift bei der Berechnung der Schalldämmung auf das Berechnungsverfahren der DIN 4109-2:2016-07 und den Bauteilkatalog der Teile 31 bis 36 zurück. Grundsätzlich sind die berechneten Prognosewerte der unterschiedlichen Softwares gut miteinander vergleichbar. Es existieren jedoch Unterschiede zwischen den Programmen, wie beispielsweise in Bezug auf Anwendungsgrenzen, etwa bei zweischaligen Wohnungstrennwänden, bei Mauerwerk aus Hochlochsteinen mit Steindicken größer 24 cm oder beim Umgang mit Bauteilen mit einer sehr hohen flächenbezogenen Masse. Zum Teil beruhen diese Unterschiede auf einer fehlenden Funktionalität der Berechnungsprogramme oder es werden auch Lücken beispielsweise im Bauteilkatalog festgestellt, welche in den Programmen unterschiedlich gehandhabt werden.

Di. 15:40 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren I

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 70)

Di. 16:40 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren I

Diskussion zur Zweckmäßigkeit komplementärer Rechenverfahren in der DIN 4109-2Thomas Hils*hils consult gmbh, ing.-büro bauphysik*

In der DIN 4109-2:2016-07 "Schallschutz im Hochbau - Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen" werden die allgemein anzuwendenden Rechenverfahren für bauakustische Prognosen und insbesondere den öffentlich-rechtlichen Nachweis ("Schallschutznachweis") festgelegt. Diese beruhen auf einen verbindlich anzuwendenden Bauteilkatalog in Verbindung mit langjährig bekannten Verfahren wie z.B. der DIN EN ISO 12354-ff und werden nichtspektral als bewertete Kenngrößen geführt.

Möglicherweise sind jedoch für besondere Fälle, Geometrien und/oder Bauweisen bisweilen andere, nicht in DIN 4109-2 geregelte Bauteileigenschaften und Berechnungsansätze besser geeignet oder bilden eine spezielle Problematik besser ab. Dies könnten zum Beispiel detailliertere, frequenzabhängige Bauteileigenschaften oder Verfahren sein, die auf ein spezielles Problem konkret angepasst sind.

In diesem Zusammenhang soll anhand von Beispielen erörtert werden, ob eine "Öffnungsklausel" in der Norm zielführend ist, die bei komplexen Fällen die Möglichkeit zulässt auch auf andere ingenieurtechnische Verfahren zurückgreifen zu können. Vorbild hierbei ist die ebenfalls bauaufsichtsrechtlich eingeführte DIN 4108-3:2014-11 "Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz" wo explizit darauf hingewiesen wird, dass unter bestimmten Randbedingungen "mit Hilfe weiterführender Berechnungsmethoden die Funktionsfähigkeit nachgewiesen werden darf".

Di. 17:00 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren I

Schalldämmung von Massivwänden mit Vormauerschale - Labormessungen und DIN 4109-32

Martin Schneider^a, Andreas Ruff^a, Berndt Zeitler^a und Martin Schäfers^b

^aHochschule für Technik Stuttgart; ^bBundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.

Im Juli 2016 ist die neue DIN 4109 erschienen. In den Teilen 31 bis 36 der DIN 4109, dem sogenannten Bauteilkatalog, sind die schalltechnischen Daten von Baukonstruktionen hinterlegt. Diese Daten stammen zum einen direkt aus Messungen in Prüfständen, zum anderen wurden die Daten aus anderen Dokumenten (z.B. EN 12354 Reihe, Beiblatt 1 zu DIN 4109-89) übernommen. Das bewertete Schalldämm-Maß von massiven Außenwänden aus Mauerwerk mit einer Vormauerschale wird in DIN 4109-32 entsprechend den Angaben in Beiblatt 1 zu DIN 4109 aus der flächenbezogenen Masse der Gesamtwand unter Berücksichtigung eines Zuschlages von 5 bzw. 8 dB ermittelt. Eine Übernahme dieser Werte erfolgte, da zum Zeitpunkt der Normerstellung keine neueren Messdaten bekannt waren. Allerdings haben sich gegenüber den 1980er Jahren die Konstruktionen aufgrund gestiegener Anforderungen an den Wärmeschutz deutlich verändert. Die Dämmstoffdicke und damit der Abstand zwischen Hintermauerwand und Vormauerung stiegen von ca. 50 mm auf heute übliche 200 mm an. An der HFT-Stuttgart wurde eine solche Konstruktion im Wandprüfstand eingebaut und schalltechnisch untersucht. Neben den klassischen Messungen zur Bauakustik (Schalldämm-Maß, Körperschall-Nachhallzeit) wurden auch weitergehende Untersuchungen zum Schwingungsverhalten dieser Konstruktion durchgeführt. In dem Vortrag werden erste Ergebnisse eines laufenden Forschungsvorhabens vorgestellt und es wird ein Ausblick auf geplante Untersuchungen gegeben.

Di. 17:20 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren I

Nachweis von Holzdecken nach DIN 4109 - Möglichkeiten und Grenzen

Andreas Rabold^a, Camille Châteauvieux-Hellwig^b und Simon Mecking^a
^a*Hochschule Rosenheim*; ^b*ift Rosenheim GmbH*

Mit der Überarbeitung der DIN 4109 wurden sowohl die Rechenverfahren als auch die Bauteilkataloge als Eingangsdaten für die Berechnung grundlegend aktualisiert. Besonders deutlich stellt sich dies für den Holzbau dar. Mit der neuen DIN 4109 stehen nun wesentlich umfangreichere Bauteilsammlungen sowie neue Berechnungsmodelle für den bauakustischen Nachweis im Holzbau zur Verfügung.

Im Beitrag sollen diese Möglichkeiten, aber auch ihre Anwendungsgrenzen sowie die noch zu schließenden Lücken am Beispiel der Holzdecke aufgezeigt werden. Ausgehend von den neuen Anforderungen und Berechnungsmodellen werden Planungs- und Nachweismöglichkeiten vorgestellt und durch weiterführende Prognosemodelle ergänzt.

Die Prognose erfolgt für die Luft- und Trittschalldämmung der Trenndecken in verschiedenen Bauvorhaben und Ausführungsbeispielen. Besonderer Wert wird hierbei auf Massivholzkonstruktionen gelegt, da diese in der neuen DIN 4109 noch nicht ausreichend behandelt werden. Die Anwendbarkeit der Modelle wird anhand der Validierung gegenüber den Messergebnissen in der Bausituation geprüft.

Di. 17:40 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren I

Perspektive für den Schallschutz im Holzbau in DIN 4109

Andreas Meier
Müller-BBM GmbH

Die Planung und Beratung von Neubauten in mehrgeschossiger Holzbauweise erfordert belastbare Grundlagen und griffige Konstruktionsregeln. Aufgrund der außerordentlichen Produkt- und Konstruktionsvielfalt ist in Teil 33 der DIN 4109 ein Bauteilkatalog mit schalltechnischen Angaben aufgenommen und mit einem auf die spezielle Bauweise abgestimmten Prognoseverfahren einschließlich Sicherheitsbetrachtung verknüpft worden. Neben dem Bauteilkatalog in DIN 4109 entstanden und entstehen neue Datenbanken, die herstellerneutral oder herstellergebunden, länderspezifisch oder überregional bauphysikalische Angaben zu Holzkonstruktionen zusammenstellen. Solche Bauteildatenbanken sind in der Regel sehr umfassend und aktuell. Die Wertigkeit der schalltechnischen Angaben im Hinblick auf eine abgesicherte Prognose ist aber schwer zu erkennen. Aus Sicht des Planers fasst der Beitrag die Regelungen und Herangehensweise zum Schallschutz im Holzbau insbesondere in Bezug auf DIN 4109 zusammen und diskutiert Perspektiven für die Fortschreibung.

Di. 18:00 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren I

Übertragungsfunktionen im Holzbau

Andreas R. Mayr, Fabian Schöpfer und Ulrich Schanda

Labor für Schallmesstechnik, Hochschule Rosenheim

Zum Nachweis des gesetzlich geforderten Schallschutzes bei gebäudetechnischen Anlagen ist die Kenntnis der von diesen Anlagen ausgehenden Schallemissionen und deren Übertragung im Gebäude erforderlich. Hierfür steht mit der DIN EN 12354-5 ein validiertes Berechnungsverfahren zur Verfügung, welches derzeit aber nur im Massivbau anwendbar ist. Für den Holzbau fehlen entsprechende Planungshilfen bislang. Aufbauend auf bereits bestehenden Ansätzen wurde das Konzept der Übertragungsfunktionen aufgegriffen, um ein praxistaugliches Ingenieurverfahren für den Holzbau zu entwickeln. Hierfür wird seit Ende letzten Jahres an der Hochschule Rosenheim im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau das Projekt "Übertragungsfunktionen im Holzbau" bearbeitet. Der Schwerpunkt dieses Vorhabens liegt in der messtechnischen Erfassung von Übertragungsfunktionen in Holzbaugebäuden. Durch die Beteiligung von Firmen aus der Holzbaubranche mit verschiedenen Unternehmensschwerpunkten besteht die Möglichkeit, unterschiedliche Holzbaukonstruktionen und Gebäudetypen zu untersuchen. Die dazu vorgeschlagenen Messverfahren wurden kürzlich in die ISO 10848:2017-09 aufgenommen und dienen als Grundlage zur Erfassung der Messdaten. In diesem Beitrag wird das Forschungsprojekt vorgestellt und Zwischenergebnisse werden präsentiert.

Sitzung „DIN 4109: Anforderungen und neues Rechenverfahren im Wohnungsbau (Poster)“

Kurzvorträge: Di. 15:40 (MW 2001)

Poster-Forum: Di. 16:00, Posterinsel D

Di.-Do.

DIN 4109 (Poster)

Messtoleranzen bei der Prüfung von Armaturen der Wasserinstallationen nach EN ISO 3822Oliver Wolff^a, Friederike Nordheim^b und Paul Bürgi^a^aGeberit International AG; ^bFachhochschule Erfurt, Gebäude- und Energietechnik

Die Norm EN ISO 3822 dient im Wesentlichen der Einstufung der akustischen Qualität von Armaturen im Trinkwasserbereich. Anhand der Einstufung in Klasse 1 und Klasse 2 wird die Verwendung von Armaturen in Gebäuden geregelt.

Messtoleranzen, die bei der Prüfung auftreten, sind bei Anwendern dieser Norm bereits seit längerem bekannt. Umfassende Studien zur quantitative Analyse der Toleranzbereiche fehlen. Man ist bislang von unспеzifischen Unzulänglichkeiten bei der Vorbereitung des Prüfstandes und

Durchführung der Messungen ausgegangen. Offenkundige Toleranzen wurden weitestgehend in Kauf genommen.

Es werden die Ergebnisse einer Bachelorarbeit vorgestellt, die sich mit der quantitativen Analyse der Messtoleranzen auseinandersetzt. Dazu wurden nicht nur die Messtoleranzen bestimmt, sondern auch die Abhängigkeiten von den Prüfkörpern frequenzselektiv in Langzeitversuchen untersucht.

Es hat sich gezeigt, dass die Standardabweichungen der Prüfergebnisse von der Frequenz abhängen. Darüber hinaus konnte das Einschwingverhalten des Prüfstandes in Langzeitversuchen frequenzabhängig analysiert werden. Weiter konnte beobachtet werden, dass die frequenzabhängigen Toleranzen der Prüfergebnisse mit der Komplexität des Aufbaus des Prüfkörpers korrelieren. Das Standard Referenz Ventil, auch IGN genannt (Installations Geräusch Normal), ist vom Aufbau sehr einfach und zeigt im Vergleich zu den komplexer aufgebauten Prüfobjekten das stabilste Verhalten.

Sitzung „Fahrzeugakustik I“

Di. 14:00 MW 0001

Fahrzeugakustik I

Transferpfadanalyse auf Basis der Vierpolmethode bei Mehrquellenanregung in der Fahrzeugakustik

Maximilian Herrnberger^a, Lennart Moheit^b, Philipp Wagner^a und Timo Lohmann^a

^a *Bertrandt Ing.-Büro GmbH*; ^b *TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme*

In der Fahrzeugakustik erfordert die zunehmende Elektrifizierung des Antriebes eine Reduktion von störenden Geräuschen. Durch die Limitierung von Budget und Zeit sind im Produktentstehungsprozess Methoden zur Analyse akustischer Schwachstellen erforderlich. Wichtige Erkenntnisse können hierbei durch die Transferpfadanalyse (TPA) gewonnen werden, welche den Einfluss verschiedener akustischer Übertragungswege quantifiziert und somit die Priorisierung von Maßnahmen ermöglicht. Die aus der Elektrotechnik stammende Vierpoltheorie stellt dabei einen möglichen TPA-Ansatz dar und basiert auf der Substrukturierung von mechanischen Systemen. Das Zusammenwirken der dadurch entstehenden Subsysteme kann anschließend mit Hilfe von Übertragungsfunktionen modelliert werden. In dieser Arbeit wird eine Methodik vorgestellt, die eine Berechnung des Schalldrucks im Fahrzeuginnenraum mit Hilfe eines Vierpol-Modells ermöglicht. Diese sollen das Übertragungsverhalten ausgehend von der teilkohärenten Anregung der Räder über Fahrwerks- und Karosseriekoppelstellen beschreiben. Anschließend ist es möglich, einzelne Lagerstellen virtuell zu ändern, indem Vierpolelemente variiert werden und somit beispielsweise andere

Komponenten repräsentieren. Die Prognosegüte soll im Vergleich zu bestehenden Vierpolmodellen durch Berücksichtigung der Beeinflussung der Parallelpfade untereinander, Übersprechen genannt, erhöht werden. Zudem wird untersucht, ob und in welchen Frequenzbereichen das Modell valide ist. Ein Vergleich der erzielten Ergebnisse mit denen anderer TPA-Analysen rundet diese Arbeit ab.

Di. 14:20 MW 0001

Fahrzeugakustik I

Beitragsanalyse von Fahrzeuggeräuschen mittels operationeller Transferpfadanalyse

Jakob Putner^a und Dejan Arsic^b

^aMAHLE Powertrain GmbH; ^bMüller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH

Bei der Beitragsanalyse wird ein Gesamtgeräusch einer komplexen Struktur untersucht und auf die Beiträge einzelner Schallquellen aufgeteilt. Hierzu ist die Identifikation aller dominanten, zum Gesamtgeräusch beitragenden Quellen Voraussetzung. Ebenso ist die Charakterisierung der Übertragungspfade zum Empfänger essentiell. Die Kenntnisse über Geräuschenstehung und -übertragung sind ein wichtiges Werkzeug für eine effiziente Entwicklung des Gesamtgeräuschs und die Optimierung der Klangqualität. Die Analyse der Übertragungspfade wurde mittels operationeller Transferpfadanalyse (OTPA) durchgeführt. Hierzu werden Quellen und Empfänger in verschiedenen Betriebszuständen des Versuchsobjekts zeitsynchron erfasst. Dadurch ist keine separate Messung von Schallquellen und Übertragungswegen notwendig. Jedoch ist eine detaillierte Planung, sowie eine genaue Kenntnis der dominanten Schallquellen, für ein aussagekräftiges Ergebnis unabdingbar. Veranschaulicht wird die Beitragsanalyse anhand einer Untersuchung eines PKW. Vor der Messung zur Transferpfadanalyse (TPA) wurden die dominanten Schallquellen, zum Beispiel durch Schallortung, identifiziert und deren gezielte Erfassung durch Mikrofone und Beschleunigungsaufnehmer getestet. Zur Bestimmung der Beiträge der dominanten Schallquellen wurde eine Messung an einem Fahrzeugrollenprüfstand durchgeführt. Die so ermittelten vielkanaligen Messergebnisse konnten mittels operationeller Transferpfadanalyse verarbeitet und die Beiträge synthetisiert werden. Diese Erkenntnisse können einer effizienten Problembehebung und der gezielten Klanggestaltung dienen.

Di. 14:40 MW 0001

Fahrzeugakustik I

Alternative Darstellung in der Transferpfad-Analyse (TPA)Thomas Wolf*TWT GmbH Science & Innovation*

Eine in der Fahrzeugakustik weit verbreitete Methode ist die sogenannte Transferpfad-Analyse (TPA). Sie stellt die verschiedenen Übertragungspfade in einem dynamischen System zu einem Auswertepunkt (z.B. einem Schalldruck oder Struktur-Vibrationen) grafisch dar. Ein wesentlicher Nutzen der TPA ist die Identifikation von kritischen Übertragungspfaden welche besonders stark zum resultierenden Gesamt-Schalldruck beitragen. In manchen Fällen jedoch kann die Identifikation der kritischen Übertragungspfade schwierig sein, z.B. aufgrund einer hohen Anzahl an Transferpfaden, oder weil einzelne Pfade miteinander stark korreliert sind. In diesem Beitrag wird daher eine alternative Darstellung der Transferpfade vorgeschlagen, welche sich durch Linearkombination der physikalischen Transferpfade ergibt. Dadurch werden im System vorhandene Grundformen offenkundig, was eine bessere Identifikation der kritischen Pfade erlaubt und damit die Lösungsfindung erleichtert.

Di. 15:00 MW 0001

Fahrzeugakustik I

Verbesserte Drehzahlschätzung durch adaptive Auswahl dominanter OrdnungenJulian Becker und Roland Sottek*HEAD acoustics GmbH*

Sollen die vibroakustischen Eigenschaften von Maschinen mit rotierenden Elementen mit Hilfe von Messungen analysiert werden, so ist es häufig notwendig, den zeitlichen Verlauf der Drehzahl während der Messung zu kennen. Die direkte Messung dieses Drehzahlverlaufs steht allerdings nicht immer zur Verfügung. Aus diesem Grund kann es notwendig sein, diese Größe durch eine Analyse vibroakustischer Messungen zu schätzen. Bestehende Algorithmen zur Drehzahlschätzung analysieren dabei die Grundfrequenz der Rotation sowie zusätzliche Ordnungen. Dabei kann es zu fehlerhaften Schätzungen kommen, wenn entweder die betrachteten Ordnungen nicht ausreichend ausgeprägt sind, oder wenn sie von Störungen überlagert werden. Hierbei ist insbesondere zu beachten, dass sich die Ausprägung der Ordnungen mit der Drehzahl verändern kann und in diesem Fall die Fokussierung auf feste Ordnungen für verschiedene Drehzahlbereiche problematisch ist.

In diesem Beitrag wird ein Verfahren zur automatischen Analyse der Ausprägung verschiedener Ordnungen vorgestellt. Auf diese Weise kann auf zeitliche Veränderungen der Ausprägung der Ordnungen oder auf Störungen reagiert werden, indem der Algorithmus geeignete Ordnungen für die Drehzahlschätzung auswählt. So wird eine robustere und weniger fehleranfällige Schätzung erreicht. Die Verbesserung der Drehzahlschätzung wird an einigen Beispielen demonstriert.

Di. 15:20 MW 0001

Fahrzeugakustik I

Einfluss von Fahrereignissen auf die KlimatisierungsakustikAndreas Logdesser^a, Thomas Biermeier^b und Stefan Becker^a^aUniv. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentechn.;^bAudi AG

Maßnahmen zur Geräuschreduktion im Fahrzeuginnenraum und die verbesserte Dämmung der Fahrerkabine sorgen für eine Verringerung des Geräuschpegels und eine Verbesserung der Geräuschqualität. Diese Maßnahmen haben zur Folge, dass Nebenaggregate wie das Klimagerät demaskiert werden und das Schallfeld im Innenraum dominieren. Ein Faktor für die Qualität von Klimatisierungsgeräuschen ist ein modulationsarmes und gleichmäßiges Betriebsverhalten. Eine zeitliche Veränderung im Klimatisierungsgeräusch wird vom Fahrer als besonders unangenehm wahrgenommen. Sie kann durch eine gestörte Zuströmung im Frischluftbetrieb entstehen. In diesem Beitrag wird untersucht, wie sich Fahrereignisse und Umgebungseinflüsse auf das akustische Verhalten des Klimageräts auswirken. Es werden Überholvorgänge mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bei Autobahn- und Landstraßenfahrten betrachtet. In einem ersten Schritt werden die hydrodynamischen Auswirkungen von Fahrereignissen auf die Druckverläufe im Luftpfad durch das Klimasystem betrachtet. Anschließend wird ein Zusammenhang zwischen den hydrodynamischen Größen im Klimatisierungsgerät und dem Luftschall, der vom Klimagerät in den Innenraum abgestrahlt wird, hergestellt. Es kann festgestellt werden, dass sich Überholvorgänge durch Druckfluktuationen im Klimasystem bemerkbar machen, die zur Folge haben, dass das Klimatisierungsgeräusch im Innenraum eine Modulation erfährt.

Di. 15:40 MW 0001

Fahrzeugakustik I

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 78)

Di. 16:40 MW 0001

Fahrzeugakustik I

Klopfen, Streichen, Kratzen -**Messmethoden zur Bestimmung der akustischen Berührungsempfindlichkeit von Bauteilen für den Fahrzeug-Innenraum**

Michael Haverkamp

Ford Werke GmbH Köln

Die multisensorische Qualitätsanmutung von Bauteilen im Fahrzeuginnenraum ist von großem Einfluss auf die Attraktivität und die wahrgenommene Zuverlässigkeit des Produktes. Geräusche, die beim Berühren von Oberfläche entstehen, beeinflussen dabei auch die visuelle und taktile Wahrnehmung. Aus diesem Grund prüfen Kaufinteressierte die Materialqualität nicht selten durch Geräusche, die sie beim Streichen mit den Fingern oder durch Klopfen anregen.

Obwohl die erzeugten Geräusche in der Regel eine geringe Intensität aufweisen, vermitteln sie Merkmale guter oder schlechter Qualität von Material, Textur, Masse und Dämpfung. Hinzu kommen Aspekte der Befestigung und die Interaktion mit benachbarten Strukturen, die zu sekundärem Störschall und zur Schallabstrahlung über weitere Bauteile führen können.

Standardisierte Messverfahren für Berührungsgeräusche sind bislang nicht verfügbar. Schwierigkeiten bereitet insbesondere die individuelle Variabilität beim manuellen Überstreichen von Oberflächen. Zur mechanischen Anregung solcher Geräusche sind verschiedene Verfahren denkbar. Die geringe Intensität des zu messenden Schalls erschwert allerdings den Einsatz elektromechanischer Antriebe. Darüber hinaus ist eine standardisierte Normalkraft aufzubringen. Besondere Schwierigkeiten ergeben sich für Messungen an gekrümmten Flächen und im Komplettfahrzeug.

Etwas einfacher gestaltet sich die Beurteilung der Klopfempfindlichkeit über die Bestimmung von Noise Transfer Functions (NTFs).

Anhand verschiedener Projekte bietet der Beitrag einen Überblick über messtechnische Möglichkeiten und Grenzen zur Bestimmung der akustischen Sensitivität von Oberflächen.

Di. 17:00 MW 0001

Fahrzeugakustik I

Lokalisation von Teilschallquellen eines Nutzfahrzeugantriebs mittels einhüllender Mikrofon-Anordnung

Matthias Pohl^a, Dejan Arsic^a, Verena Dobmeier^a und Steffen Tröbst^b

^aMüller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH; ^bMAN SE

Die Lokalisation von Störgeräuschen ist immer noch ein herausforderndes Thema bei der Entwicklung von Nutzfahrzeugmotoren. In vielen Fällen liefert die traditionelle Schallquellenortung mit einem Mikrofonarray aussagekräftige Ergebnisse, ist allerdings praktisch nicht immer einsetzbar. Ein Nutzfahrzeugmotor strahlt Geräusche recht breitbandig aus, wobei oft tieffrequente Geräusche von hohem Interesse sind. Da die Orts- und Frequenzauflösung von Beamformingverfahren abhängig von Arraydurchmesser, Objektabstand und Mikrofonanordnung ist, wird dazu ein großes Array mit vielen Mikrofonen benötigt. Dieses lässt sich oftmals aus wirtschaftlichen Gründen nicht in einen Motorenprüfstand integrieren. Allerdings verfügen diese meist über Mikrofonanordnungen, welche in einer Hüllfläche um den Prüfling positioniert sind, um etablierte Standardmessverfahren der Hersteller in der Motorakustik abzubilden. Das Ziel ist es nun, die vorhandenen Mikrofone in geschickter räumlicher Anordnung zu nutzen, um in den einzelnen Ebenen die Punkte der höchsten Abstrahlung im zu untersuchenden Frequenzbereich zu lokalisieren. Ein speziell für diese Methode entwickelter Algorithmus liefert letztendlich das Ergebnis einer frequenz- und pegelbezogenen dreidimensionalen Campbell Darstellung des Hüllflächenquaders. Mit dieser

visuell starken Darstellung lässt sich nun sehr einfach auf den Ort der Schallabstrahlung an der Aggregatsoberfläche rückschließen.

Di. 17:20 MW 0001

Fahrzeugakustik I

Sound Source Localization Analysis in the Combustion Cycle of ICE Powertrains

Claudio Colangeli^a, Jeroen Lanslots^a, Sebastien Paillasseur^b, Karl Janssens^a und Lucille Lamotte^b

^aSiemens Industry Software NV; ^bMicrodB (F)

Noise optimization of powertrains usually occurs in the late stages of their development cycle. This exposes the manufacturer to the risk of detecting non-optimized noise contributors, causing sound problems which are difficult to be solved when the design process is already too advanced. Sound source localization techniques, supported by advanced processing tools, enable to front-load the powertrain noise assessment, speeding up the development cycle. The application of a cyclic Wiener filter relying on reference cylinder pressure sensors, effectively breakdown the microphone array data into a combustion component, related to the thermal activity occurring in the Internal Combustion Engine cylinders, and a mechanical component originating mainly from auxiliary systems in the powertrain such as water pumps, air conditioning units, alternators, etc. Sound source localization on these separated components allows to identify the main sources related to combustion and mechanical noise contributors. The powertrain - mechanical and/or combustion - noise can also be analyzed in segments of the combustion cycle itself. This requires a pre-processing in the angle domain, first, after which sound source localization is applied on angular ranges. This paper describes these methodologies, their synergies and their application on engine test bench experimental data to prove their industrial exploitability.

Di. 17:40 MW 0001

Fahrzeugakustik I

Characterization of airborne sound sources using matrix inversion

Serafima Velizhanina und Roland Sottek

HEAD acoustics GmbH

The matrix inversion method is an approach used in transfer path analysis for determining source characteristics (e.g., volume velocity Q in the case of airborne sound sources). The method allows for representing a complex airborne sound source by a superposition of monopoles. The calculation of Q -values is based on measured sound pressure signals in the near field of the radiating structure, and measured transfer functions (TFs) from the locations of assumed monopoles to the measurement points, using a calibrated Q -source.

Ideally, for TF measurements the Q -source is placed exactly at the positions of the assumed radiating components of the structure, e.g., inside

the housing. This is often not realizable: only for case studies, but not without changing the object of interest. Therefore, the measurements are typically performed by placing the Q-source close to the supposed radiating component. This approach causes uncertainties in the determination of the TFs between sources and receiver. Consequently, this leads to errors of the predicted Q-values. Alternatively, the matrix of TFs can be measured reciprocally, reducing errors caused by the external Q-source at the cost of using additional microphones at the housing. In this paper, the different approaches are compared using an application example.

Di. 18:00 MW 0001

Fahrzeugakustik I

Akustische Bewertung des Anregungsverhaltens von Verzahnungsstufen

Matthias Wegerhoff und Roland Sottek

HEAD acoustics GmbH

Die maschinenakustische Grundgleichung setzt sich zusammen aus der Anregung, dem Körperschallpfad und der Abstrahlung als Luftschall. Liegen bei einer Maschine akustische Auffälligkeiten vor, stellt sich die Frage, welche Anteile der maschinenakustischen Grundgleichung dominierend für das Problem sind. Oftmals sind Verzahnungsstufen eine relevante Anregungsquelle in Maschinen (z.B. im elektrifizierten Antriebsstrang). Die über der Eingriffstrecke veränderliche Eingriffssteifigkeit einer Verzahnungsstufe führt als Parameteranregung zur dynamischen Kraftanregung des Antriebsstrangs bzw. des Getriebes als Schwingungssystem. Aus diesem Grund ist der Verzahnungssteifigkeitsverlauf ausschlaggebend für das Anregungsverhalten der kämmenden Verzahnung. Die messtechnische Bestimmung des Amplitudenspektrums auf Basis der Messung von Drehwegfehlern an einem Prüfstand bildet eine mögliche, aber sehr aufwändige Methode der Charakterisierung der Verzahnungsstufe. Zudem ist die Abbildung der realen Einbausituation grundsätzlich an einem Prüfstand schwierig.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Verfahren vorgestellt, das auf Basis von Körperschallmessungen im regulären Betrieb des Prüfobjekts auf das Verhältnis der Amplituden der höheren Harmonischen zur ersten Harmonischen der Eingriffssteifigkeit schließen lässt. So können auffällige höhere Harmonische detektiert werden. Durch dieses Ergebnis lässt sich beurteilen, ob zur Lösung eines akustischen Problems eher das Anregungsverhalten der Verzahnung oder der Körperschallpfad betrachtet werden sollte. Die Aussagekraft des Verfahrens wird durch eine statistische Betrachtung bewertet.

Sitzung „Fahrzeugakustik (Poster)“

Kurzvorträge: Di. 15:40 (MW 0001)

Poster-Forum: Di. 16:00, Posterinsel H

Di.-Do.

Fahrzeugakustik (Poster)

Bewertung der Lästigkeit von Geräuschen während des stationären Ladens batterieelektrischer FahrzeugeHans-Fleming Kohlenberg (DEGA-Studienpreisträger 2018) und Uwe Letens*Berlin*

Im Zuge der Elektrifizierung des Straßenverkehrs treten neben reinen Fahrgeräuschen zusätzlich unerwünschte Geräusche im Fahrzeug an der Ladestation auf. Um eine begründete Aussage zu treffen, ob dieser Lärm eine relevante akustische Störquelle darstellt, wurde dieser gemessen und analysiert. Als Geräuschquellen ließen sich einerseits Komponenten des Kühlkreislaufes, welche am Innenwiderstand der Batterie entstehende Wärme abführen, sowie der Leistungselektronik während der Gleichrichtung und der Umspannung identifizieren. Es wurden akustische Messungen des Ladevorgangs unter realen Bedingungen an Ladestationen durchgeführt. Hierbei wurden verschiedene Fahrzeuge sowohl mit Wechselstrom als auch mit Gleichstrom mit unterschiedlicher Ladeleistung geladen. Aufbauend auf den gewonnenen Messdaten wurde untersucht, wie auftretende Geräusche hinsichtlich spektraler Auffälligkeiten, Dauer sowie Stärke der Lärmbelastung bewertet werden können. Zusätzlich wurde in einem Hörversuch die Toleranzschwelle als Indikator für die Lästigkeit dieser Störgeräusche ermittelt. Es zeigte sich, dass von elektrischen Ladegeräuschen ein hohes Störpotential mit entsprechend hohem Handlungsbedarf ausgeht. Ausgehend von den Ergebnissen kann zukünftig im Entwicklungsprozess für elektrifizierte Fahrzeuge, mit erwartbar höheren Ladeleistungen, durch konstruktive Maßnahmen der Lärmentwicklung entgegengewirkt werden.

Di.-Do.

Fahrzeugakustik (Poster)

Akustische FormteilauslegungMichael Gieß*FH Südwestfalen*

Module und Komponenten des Fahrzeuginterieurs für den automobilen Leichtbau wie z. B. Instrumententafeln, Mittelkonsolen oder Handschuhkastenfächer werden als thermoplastische Formteile im Kunststoffspritzgießverfahren hergestellt. Derartige Formteile können in ihren akustischen Eigenschaften bezüglich ihrer Körperschallübertragung beeinflusst werden, indem ihr Werkstoff und die Orientierung ihrer Mikrostruktur geändert werden. Um die Kosten und den Aufwand an Abmusterungen und an Laborprüfungen der Werkstoffe mit unterschiedlichen

Füllstoffen, Faserverstärkungen, Anspritzpunkten und Prozessparameter zu reduzieren, wird in diesem Promotionsvorhaben eine integrierte Simulationsmethode mit handelsüblicher Simulationssoftware entwickelt und verifiziert, mit der ein Konstrukteur bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung das akustische Verhalten von Formteilen simulieren und verbessern kann.

Di.-Do.

Fahrzeugakustik (Poster)

Extraction of High Contributing Vibration Mode to Vehicle Interior Road Noise Using Operational TPA and CAE Combination Analysis

Junji Yoshida, Daiki Hayashi, Ryo Majima und Junki Isemura

Osaka Institute of Technology

In this study, we developed a method which enables us to extract important CAE vibration modes from a lot of modes which gives large influence to the vehicle interior road noise at the actual running condition. Firstly, we carried out operational test using a simple body panel vehicle model and four exciters for imitating the vehicle running on a rough surface road. We measured vibration acceleration signals at multiple points of the body panel for carrying out operational TPA (OTPA). Subsequently, high contributing principal component mode of the target vehicle panel to the interior noise at the operational condition was analyzed by applying modified OTPA method. After then, a few high contributing and very important CAE vibration modes were extracted from a lot of simulated CAE vibration modes by evaluating the mode shape similarity between the high contributing principal component mode and the CAE vibration mode. In addition, the interior noise level could be decreased very well by applying an intensive countermeasure to the high contributing vibration mode using CAE response analysis.

Di.-Do.

Fahrzeugakustik (Poster)

Lärmbelastung im offenen Cabriolet

Jürgen Maue

www.arbeitsplatz-laerm.de - Beratung

Nach verschiedenen Studien können sich im offenen Cabriolet verhältnismäßig hohe Lärmbelastungen mit Schalldruckpegeln im Bereich von 90 dB(A) und mehr ergeben. Deshalb warnen Ärzte, Krankenkassen und Hörgeräteakustiker vor einer Gehörgefährdung bei längeren Fahrten mit hohen Geschwindigkeiten. Die angegebenen hohen Pegelwerte waren Anlass, die vorliegenden Studien zur Lärmbelastung im Cabrio einmal etwas genauer zu betrachten. Zudem wurden eigene Messungen für 5 unterschiedliche Cabriolets durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die tatsächlichen Gehörlastungen im Cabriolet deutlich niedriger ausfallen als vielfach angegeben. Der in der Regel als Grenze für die Gehörgefährdung angenommene Schalldruckpegel von 85 dB(A) wird in den untersuchten Cabriolets bei versenkten Seitenscheiben erst bei Geschwindigkeiten von ca. 120 km/h erreicht. Bei hochgefahrenen Seitenscheiben

fällt die Geräuschbelastung um ca. 3 bis 8 dB(A) niedriger aus. Nach den eigenen Ergebnissen besteht für Fahrer der betrachteten Cabriolets bei üblichen Geschwindigkeiten keine Gefahr einer Gehörschädigung.

Di.-Do.

Fahrzeugakustik (Poster)

Messung von Schienenschall zur Bewertung von Gleisoberbauten

Christian Czolbe

PROSE AG (CH)

Die Messung von Schienenlärm hat sich in den letzten Dekaden überwiegend auf das Fahrzeug konzentriert. So gibt es seit 2001 eine Messvorschrift prEN ISO 3095 für den Außenschall von Fahrzeugen und seit 2005 ein europäisches Regelwerk TSI Noise mit entsprechenden Grenzwerten. Typentests sollen auf sogenannten Referenzgleisen stattfinden, also Gleisen mit niedriger Schienenrauheit und hoher Dämpfung, so dass möglichst nur der Schallanteil des Fahrzeugs erfasst wird. Es wurden mittlerweile jedoch Fahrzeuge akustisch verbessert oder saniert, z.B. durch den Tausch der GG-Klotzbremsen bei Güterwagen. Bei der Reduzierung des Eisenbahnlärms richtet sich der Fokus heute daher wieder mehr auf Maßnahmen am Gleis. Leider gibt es keine Messstandards für die Bewertung von Gleisschallanteilen. Eine Messung im regulären Abstand von 7.5m führt zu einer Vermischung von Rad- und Schienenschall. Daher müsste man näher ans Gleis, um diese Anteile sauber zu trennen. Es werden Ergebnisse von Messungen des Schienenschalls präsentiert. Dabei wurde der Schienenschall einmal über Intensitätsmessungen P-P und einmal über die kombinierte Methode mittels Körperschallschnelle und Schalldruck im Nahfeld ermittelt. Darüber hinaus werden noch andere Verfahren wie Schallschnelle-Messung beschrieben und diskutiert.

Di.-Do.

Fahrzeugakustik (Poster)

Auswirkungen der AVAS-Gesetzgebung auf elektrifizierte Fahrzeuge

Florian Bock^a, Stephan Gsell^a, Stefan Becker^b, Matthias Pohl^c und Dejan Arsic^c

^aAudi AG; ^bUniv. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentechn.; ^cMüller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH

Der Wandel der Automobilbranche bewirkt auch, dass Elektro- und Hybridfahrzeuge von reinen Randerscheinungen zu Massenprodukten werden. Akustisch gesehen hat dies vielschichtige Auswirkungen auf den urbanen Verkehr. Da der Geräuschpegel solcher Fahrzeuge insb. bei niedrigen Geschwindigkeiten im Allgemeinen sehr gering ist, können diese Fahrzeugkategorien ein erhöhtes Unfallrisiko mit Passanten darstellen. Daher wird in mehreren Ländern ein akustisches Warnsignal gefordert, das im Stillstand und bei langsamer Fahrt andere Verkehrsteilnehmer warnt. An das "Acoustic Vehicle Alerting System", kurz AVAS,

wird ein breites Spektrum an Anforderungen bzgl. des Geräuschs und dessen Adaption an verschiedene Betriebszustände gestellt. Neben einem attraktiven Markenklang, muss das akustische Warnsystem auch bestimmte Pegel und Frequenzanforderungen erfüllen. Angelehnt an die europäische Norm (UN ECE R138) werden in dieser Arbeit die geforderten Betriebszustände überprüft und verglichen. Als Basis hierfür dienen Untersuchungen an einem Hybridfahrzeug, welches mit einem AVAS-System ausgestattet ist. Das emittierte Fahrzeuggeräusch wird dabei im Verbrenner-Betrieb, E-Modus und E-Modus mit aktiviertem AVAS gemessen. Abschließend werden die drei Modi verglichen.

Sitzung „Sprachverarbeitung“

Di. 14:00 MW 1050

Sprachverarbeitung

Automatische Segmentierung binauraler Raumimpulsantworten für die Modellierung von Sprachverständlichkeit

Omid Kokabi, Fabian Brinkmann und Stefan Weinzierl

TU Berlin, FG Audiokommunikation

Aktuelle raumimpulsantwortbasierte Sprachverständlichkeitsmodelle sind in der Lage, die beiden wichtigsten binauralen Wahrnehmungsspekte - Better-ear-listening und Spatial-release-from-masking - mit hoher Genauigkeit nachzubilden. Um den Einfluss von Nachhall in diesen Modellen zu berücksichtigen, wurde zuletzt eine Modellerweiterung vorgeschlagen, welche die binaurale Raumimpulsantwort zunächst in einen frühen, nützlichen und einen späten, nachteiligen Anteil aufteilt, bevor sie in das Prädiktionsmodell eingeht. Auf der Grundlage von Hinweisen, dass sich eine solche Zeitgrenze und Raumeigenschaften auf den resultierenden Prädiktionsfehler auswirken (Leclère et al. 2015) wurde in der vorliegenden Arbeit der systematische Einfluss dieser Variablen untersucht. Hierzu wurden Sprachrezeptionsschwellen in Ruhe in vier simulierten Räumen gemessen. Die Räume wurden systematisch hinsichtlich ihrer mittleren Nachhallzeit variiert, während die Raumgeometrie konstant gehalten wurde. Durch eine Erweiterung des binauralen Sprachverständlichkeitsmodells nach Jelfs (2011) um raumabhängige Zeitgrenzen konnte im Ergebnis der mittlere Prädiktionsfehler um ca. 1 dB verringert werden.

Di. 14:20 MW 1050

Sprachverarbeitung

Joint standard German and Bavarian subdialect identification of broadcast speechMichael Stadtschnitzer und Christoph Schmidt*Fraunhofer IAIS*

Automatic speech recognition is a very important technique for numerous applications like automatic subtitling, dialogue systems and information retrieval systems. Speech recognition systems usually perform very well in clean and controlled environments. However they still often fail, when mismatches between the trained models and the testing data are present, e.g. due to noise, reverberation, or dialects. A method to cope with dialects is to identify the dialect in advance, and then use specialized dialectal speech recognition models for the decoding. Also, dialect identification systems have been recently used for targeted advertising, service customization, forensics tasks and for text-to-speech synthesis of regional speech. In this work, we annotate a large quantity of dialectal and standard German speech from a German broadcaster, and exploit the data to train and evaluate a joint standard German and Bavarian subdialect identification system, that is able to distinguish between standard German and three Bavarian subdialects, namely Bavarian, Swabian and Franconian, with promising performance.

Di. 14:40 MW 1050

Sprachverarbeitung

Evaluation methods for dialect speech synthesis of similar dialect pairsMichael Pucher, Carina Lozo und Sylvia Moosmüller*Österr. Akademie der Wissenschaften*

Dialect synthesis is a challenging area of research and contrasts the synthesis of standard varieties not only as to the non standard nature of dialects but also in collecting proper corpus data. Previously we evaluated a method for synthesizing new dialects with existing dialect models of a similar dialect by using a simple phone mapping. Then we used a small amount of training data to transfer the original duration and fundamental frequency (F0) of a speaker in order to evaluate how the basic mapping model can be improved. In this contribution we focus on the evaluation methods of synthesized dialects. To improve dialect synthesis we should not only adapt the existing acoustic models but also the evaluation methods. It is expected that the presentation of synthesised dialect to the listener is crucial to the rating of these systems. Due to the versatile connotations of dialects we assume that a sterile evaluation setting seems inappropriate to the listener and needs to meet the situative demands. In the evaluation process we ask the listener to envision scenarios where they e.g. need to make a telephone call to a local district information line or order a taxi.

Di. 15:00 MW 1050

Sprachverarbeitung

A directivity based reference for the multichannel Wiener filterSimon Grimm und Jürgen Freudenberger*HTWG Konstanz*

The multichannel Wiener filter (MWF) is a well-established multichannel noise reduction technique which takes the spatial sound field into account. The decomposition of the MWF shows, that the overall transfer function from the mouth reference point of a speech source to the output of the algorithm equals an acoustic transfer function which depends on the selection of a dedicated microphone reference channel. It was shown in more recent publications, that the reference can be designed by combining the individual channels in an appropriate manner. For spatially distributed microphones, suitable reference selections were already presented which show an improvement in the signal-to-noise ratio (SNR) as well as the log spectral distance (LSD). In our work, a class of directivity based references for the MWF is introduced which is suitable for closely spaced microphone arrangements. The proposed references are based on differential microphone processing approaches to form spatial filtering in terms of dipole, cardioid and hyper cardioid beam patterns. Simulations are performed for hearing aids with closely spaced microphones in a cylindrical isotropic noise field and a cafeteria environment. The results show a superior performance regarding the SNR improvement as well as a reduced LSD compared with other MWF references.

Di. 15:20 MW 1050

Sprachverarbeitung

Echtzeit-Rahmenwerk zur Unterstützung der Evaluierung von SprachkommunikationssystemenTobias Hübschen^a, Marco Gimm^a, Bastian Kaulen^a, Gabriel Mittag^b, Sebastian Möller^b und Gerhard Schmidt^a^a*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel;* ^b*TU Berlin, Quality and Usability Lab*

Zur Unterstützung der Evaluierung von Sprachübertragungssystemen wurde von den Autoren ein serverbasiertes Aufnahme- und Wiedergabetool entwickelt, welches auf Nutzerseite durch DTMF-Töne gesteuert werden kann. Allgemein lassen sich für das Rahmenwerk zwei Anwendungsfälle definieren: Zum einen kann das entwickelte Tool zur Datenbankerstellung für eine spätere Offline-Verarbeitung genutzt werden. Zum anderen können aber auch Feldtests bestimmter Systemkomponenten oder Systemkombinationen durch das Tool unterstützt werden. Die notwendige Signalverarbeitung ist dabei in ein Echtzeit-Rahmenwerk eingebettet, sodass die Voraussetzung für Untersuchungen bezüglich Echtzeit-Monitoring erfüllt ist. Durch die Einbettung in das Echtzeit-Rahmenwerk ist es ebenfalls möglich, zusätzliche Systemkomponenten zu simulieren, indem zusätzliche Signalverarbeitungsstufen

hinter bzw. vor die Übertragungsstrecke geschaltet werden. In diesem Beitrag soll ein Überblick über die Funktionsweise des Tools und, anhand von Beispielen, über die resultierenden Anwendungsmöglichkeiten gegeben werden.

Di. 15:40 MW 1050

Sprachverarbeitung

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 87)

Di. 16:40 MW 1050

Sprachverarbeitung

Investigation of human interaction acoustics using typology methods

Kiana Saati Khosroshahi

University of Tabriz (IR)

Socionics is a theory of information processing and personality type distinguished by its information model of the psyche, called Model A, and a model of interpersonal relations. It incorporates Carl Jung's work on Psychological Types with Antoni Kępiński's theory of information metabolism. The purpose of this study is to identify the relation between cognitive information processing and patterns of speech as well as to investigate the potential of Acoustic methods in typology, using parameters such as the structure of speech, the level of melodicty and patterns of using emphasis and intonations.

Di. 17:00 MW 1050

Sprachverarbeitung

Simulating Human-to-Human Conversations for Prediction of Conversational Quality

Thilo Michael und Sebastian Möller

TU Berlin, Quality and Usability Lab

Degradations in current telephone transmissions like packet-loss or delay have a multitude of repercussions on a conversation. In real world scenarios instrumental estimations of transmission with delay and packet-loss do not take into account the type of conversation that is being measured.

In this paper, we propose a new approach to predict the perceived quality of transmissions affected by delay and packet-loss by simulating the impacts these degradations have on a conversation. For this, we use user-simulation techniques from the spoken dialogue community to model human conversational and turn-taking behaviour in two types of scenarios, namely Short Conversation Tests and Random Number Verification Tests. We show how the impact of packet-loss may be modelled by simulating the misunderstanding of information, and the respective restructuring of the conversation to resolve that misunderstanding. We also propose a way intended and unintended interruptions can be simulated with turn-taking rules, and how the simulated agents might resolve the conflicts that arise from these interruptions.

We then outline possible quality measures that may be derived from such a system, including a mean opinion score for degraded conversations.

Di. 17:20 MW 1050

Sprachverarbeitung

On the Impact of Combinations of Terminal and Network Degradations on the Conversational Quality of Wideband Telephony

Janto Skowronek^a, Eckhardt Schön^a, Alexander Raake^a, Michal Soloducha^a, Peter Voigt^b, Stefan Bleiholder^c und Frank Kettler^c

^a*TU Ilmenau, Institut für Medientechnik*; ^b*AVM GmbH*; ^c*HEAD acoustics GmbH*

In the field of perceptual quality assessment of telephony systems, one recent trend is to gain more knowledge about the impact of terminal equipment, especially in combination with network degradations. While such combinations are quite well understood by experts, the quality impact of such combinations on the naive end user, especially in conversational situations, has hardly been studied yet. Therefore this conference contribution reports on a comprehensive conversation test investigating combinations of terminal and network degradations. Concerning the experimental method, one challenge of conversation tests is a good balance between a large number of test conditions and a feasible number of participant groups. Another challenge is that the experimental context can influence results, which can for instance become an issue when different types of test conditions are distributed across individual tests. To address both challenges, we chose a balanced incomplete block design (BIBD) which allows to test 34 test conditions with the same number of participant groups while limiting the number of calls per group to twelve. Since BIBDs are known in the literature but rarely used in telephony quality tests, this conference contribution will not only discuss the test results but also the lessons learned when applying this methodology.

Di. 17:40 MW 1050

Sprachverarbeitung

Auditory and instrumental evaluation of conference phones

Jan Reimes und Christoph Nelke

HEAD acoustics GmbH

The usage of conference phones is getting more important in today's business life. As an alternative to face-to-face meetings, conference calls can save traveling time and cost. However, for good user experience, conference devices have to provide good quality regarding speech communication.

The standard recommendation ITU-T P.340 defines speech quality performance requirements of conference phones, but so far in a provisional state. For example, the current version only addresses one-to-one communication. Obviously, conference phones are generally used in

multiple-talker scenarios at the near-end. Moreover, the influence of typical ambient noises (e.g., fan noises or keyboard typing) is also not yet part of any quality measurement.

In order to investigate these two influences on speech quality of conference devices, a large measurement series in sending direction was conducted, including multi-talker scenarios and typical noise conditions. Different positions and angles between the talkers as well as multiple terminals were taken into account. Subsequent to the collection of these recordings, a substantial auditory evaluation according to ITU-T P.835 was carried out. The outcome of this evaluation allows pointing out individual shortcomings of the terminals.

Finally, the results of the listening tests are compared to common instrumental speech quality metrics.

Di. 18:00 MW 1050

Sprachverarbeitung

Erweiterung der Netzwerkplanung auf super-breitbandige Sprachübertragung

Sebastian Möller^a, Gabriel Mittag^a, Friedemann Köster^a, Vincent Barriac^b und Nicolas Côté^c

^aTU Berlin, Quality and Usability Lab; ^bOrange Labs Services, CCMB/CITY/MOV; ^cWavely

Zur Planung von Sprachübertragungsnetzen werden üblicherweise Rechenmodelle eingesetzt, welche den Einfluss unterschiedlicher Störungen auf die Gesamt- Sprachqualität abschätzen. Das bekannteste Modell ist das E-Modell, welches aus Parametern, die einzelne Störungsursachen beschreiben (z.B. Abschwächungen, Verzögerungen, Rauschpegel), perzeptive Beeinträchtigungs-Faktoren berechnet, die auf einer Gesamtqualitätsskala als additiv angenommen werden. Diese Beeinträchtigungs-Faktoren werden von einem Maximalwert R_{max} abgezogen, um die angenommene Gesamtqualität in einer Konversationssituation zu berechnen. Bislang ist das E-Modell für schmalbandige (300-3400 Hz) und eingeschränkt auch für breitbandige (50- 7000 Hz) Sprachübertragung definiert. Im Zuge der Erweiterung auf Super-Breitband (20-14000 Hz) oder Vollband (20-20000 Hz) stellt sich die Frage, welcher Maximalwert dort Verwendung finden sollte, und wie sich die wichtigsten Störungen daraus ableiten. Hierzu wurden Hörtestergebnisse analysiert und mittels zweier unterschiedlicher Verfahren auf die Gesamtqualitätsskala transformiert. Es zeigt sich, dass je nach Testergebnissen ein Qualitätsgewinn von 36 bis 77% gegenüber dem Schmalband erzielbar ist. Unter Abwägung der Eigenheiten der einzelnen Tests und Umrechnungsverfahren hat sich daher die International Telecommunication Union (ITU-T) entschieden, einen Maximalwert von $R_{max} = 148$ zu empfehlen. Mit Hilfe dieses Maximalwertes lassen sich nun Beeinträchtigungs-Faktoren für Codecs ableiten, welche im Super-Breitband arbeiten. Hierzu werden erste Ideen vorgestellt, und

es werden notwendige Schritte mit dem Ziel eines super-breitbandigen E-Modells diskutiert.

Sitzung „Sprachverarbeitung (Poster)“

Kurzvorträge: Di. 15:40 (MW 1050)

Poster-Forum: Di. 16:00, Posterinsel G

Di.-Do.

Sprachverarbeitung (Poster)

Adaptation and training of a Swiss German speech recognition system using data-driven pronunciation modeling

Michael Stadtschnitzer und Christoph Schmidt

Fraunhofer IAIS

Automatic speech recognition is a very important technique for numerous applications like automatic subtitling, dialogue systems and information retrieval systems. Given an annotated speech corpus, a phonetic lexicon and a text corpus, the training of speech recognition systems is straight forward. However, sometimes some of these resources are not available, and strategies must be explored to fill this gap. In this work we train a Swiss German speech recognition system. The only resources that are available is a small Swiss German speech corpus, which is annotated with standard German text. Standard German is the desired output of the speech recognition system, since there is no standardized way to write Swiss German. We use a data-driven approach to estimate the Swiss German pronunciations from a standard German speech recognition model, to improve the Swiss German speech recognition system. Evaluations of the Swiss German speech recognition system show promising results.

Di.-Do.

Sprachverarbeitung (Poster)

Höranstrengung als Messverfahren zur Evaluation von Near-end listening enhancement Algorithmen

Arne Pusch^a, Jan Rennies^a, Henning Schepker^b und Simon Doclo^b

^a*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie*, ^b*CvO Universität Oldenburg, Signal Processing Group*

Wird Sprache über Lautsprecher im Beisein von Umgebungsgeräuschen wiedergegeben, ist sie häufig schwer zu verstehen (z.B. Telefonieren in lauter Umgebung oder Bahnhofsdurchsagen). Wird das Sprachsignal vor der Lautsprecherwiedergabe mithilfe eines sogenannten Near-end listening enhancement Algorithmus bearbeitet, kann die Sprachverständlichkeit erheblich verbessert werden. Zur Evaluation solcher Vorverarbeitungsalgorithmen wurde bisher nahezu ausschließlich die Messung der Sprachverständlichkeit oder Sprachqualität verwendet. In dieser Studie wurde untersucht, ob sich die Messung der Höranstrengung als Alternative eignet. Diese hat den Vorteil, dass sie sensibel für SNR

ist, welche oft in Anwendungsszenarien auftreten. Z.B. liegen beim Telefonieren im Auto häufig SNR vor, bei denen bereits die unverarbeitete Sprache vollständig verstanden wird. Für dieses Szenario kann keine Verbesserung der Sprachverständlichkeit gemessen werden. Dennoch können Vorverarbeitungsalgorithmen hier nützlich sein, wenn eine Reduzierung der Höranstrengung erzielt wird. In dieser Studie wurde ein zuvor entwickelter Algorithmus mit einer kategorialen Höranstrengungsmessung untersucht. Hierfür bewerteten die Probanden die Anstrengung des Verstehens von unverarbeiteter und verarbeiteter Sprache auf einer Skala von "müheless" bis "nur Störgeräusch". Für einen breiten SNR-Bereich zeigt sich eine geringere Höranstrengung für die verarbeitete im Vergleich zur unverarbeiteten Sprache. Besteht Interesse an der Evaluation von Vorverarbeitungsalgorithmen in realitätsnahen Anwendungsszenarien, stellt die Messung der Höranstrengung somit eine gute Alternative dar.

Sitzung „Lärmentstehung und -ausbreitung“

Di. 14:00 MW 2050

Lärmentstehung und -ausbreitung

Amplitudenmodulierte Geräusche von Windenergieanlagen

Till Kühner

Dr. Kühner GmbH

Die Geräusche von Windenergieanlagen sind oft mit einem rhythmischen Auf- und Absteigen des Pegels verbunden, das zu Höreindrücken führt, die mit Begriffen wie "Wuschen" oder "Stampfen" beschrieben werden. Für den Immissionsschutz relevant sind diese Phänomene, weil sie zum Teil auch in größeren Entfernungen wahrgenommen werden können.

In der internationalen Literatur hat sich der Begriff Amplitudenmodulationen für das periodische Auf- und Absteigen des Pegels bei Windenergieanlagen durchgesetzt. Gegenstand des Vortrags ist die Definition, die Entstehung und Charakterisierung von Amplitudenmodulationen, sowie die Frage, wie sich Amplitudenmodulationen auf die am Immissionsort gemessenen Signale auswirken.

Di. 14:20 MW 2050

Lärmentstehung und -ausbreitung

Ein numerisches Modell zur Vorhersage der Schallausbreitung von Windenergieanlagen unter Berücksichtigung atmosphärischer Einflüsse

Jasmin Hörmeyer, Tobias Bohne und Raimund Rolfes

Leibniz Universität Hannover - Institut für Statik und Dynamik

Der Ausbau der Windenergie an Land im Zuge der Energiewende führt zu einer erhöhten Lärmbelastung für angrenzende Bewohner. Um die Akzeptanz von Windenergieanlagen bei der betroffenen Bevölkerung zu steigern, wird im Verbundforschungsprojekt "WEA-Akzeptanz" ein akustisches Gesamtmodell entwickelt. Dieses Gesamtmodell soll die vollständige Übertragungskette von der Schallentstehung an der Anlage über die Schallausbreitung in der Atmosphäre bis hin zur Schallimmission und psychoakustischen Bewertung des Schallereignisses darstellen. Die Notwendigkeit eines akustischen Ausbreitungsmodells basiert auf dem atmosphärischen Einfluss in der Schallausbreitung. Neben meteorologischen und topografischen Einflussgrößen sind hierbei geometrische Effekte von hoher Relevanz, welche sich besonders bei großer Entfernung von Quelle zu Empfänger auswirken. Aufgrund der komplexen Gegebenheiten werden in diesem Beitrag relevante Einflussgrößen und Effekte sowie die Implementierung in numerische Berechnungsverfahren diskutiert. Es wird ein vereinfachtes numerisches Modell für die Schallausbreitung in der Atmosphäre vorgestellt, welches anhand von Feldmessungen validiert wird (siehe Martens, Bohne, Rolfes DAGA 2018). Anhand des Modells kann anschließend die Übertragbarkeit von einer niedrigen zu einer hohen Schallquelle, sowie der atmosphärische Einfluss bei großen Entfernungen untersucht werden um in Zukunft eine Ausweitung des Modells auf Windenergieanlagen realisieren zu können.

Di. 14:40 MW 2050

Lärmentstehung und -ausbreitung

Einfluss der Meteorologie und des Bodens auf die Schallausbreitung bodennaher Quellen

Susanne Martens, Tobias Bohne und Raimund Rolfes

Leibniz Universität Hannover - Institut für Statik und Dynamik

Aus einschlägiger Literatur ist bekannt, dass die derzeitigen Normen zur Prognose der Schallausbreitung nur bedingt für hohe Quellen wie Windenergieanlagen anwendbar sind. Insbesondere die Einflüsse der Meteorologie und Topographie gewinnen mit zunehmender Quellenhöhe an Bedeutung und werden in den aktuellen Normen unzureichend berücksichtigt.

Um genannte Einflüsse auf die Schallausbreitung von Windenergieanlagen zu beurteilen, werden im Verbundforschungsprojektes "WEA-Akzeptanz" umfangreiche Messungen durchgeführt. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf der Untersuchung der Schallausbreitung in Abhängigkeit der Anlagenparameter, der Atmosphäre, der Topographie und

der Vegetation. Um jedoch zusätzlich die Thematik der Quellenhöhe betrachten zu können, werden neben den Untersuchungen an Windenergieanlagen umfassende meteorologische und akustische Messungen mit einer bodennahen Quelle durchgeführt.

Hierbei werden über einen Dodekaeder bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen windanagentypische Geräusche und Tonalitäten abgespielt. Akustische Messsysteme zeichnen in unterschiedlicher Entfernung zur Quelle Schalldruckpegel, Terz-Spektren und Audiosignale auf. Um die meteorologischen Effekte zu betrachten, werden Wind- und Temperaturprofile sowie Turbulenzen detektiert. Die Messungen werden auf einem Gelände mit vielfältigen Bodeneigenschaften durchgeführt, sodass der Einfluss verschiedener Bodentypen und Vegetationen auf die Schallausbreitung bodennaher Quellen ebenfalls untersucht wird.

In dem Beitrag wird der Messaufbau der Untersuchungen dargestellt, die Ergebnisse werden in Bezug auf die Effekte der Meteorologie und der Bodeneigenschaften vorgestellt und mit gängigen Modellen der Schallausbreitung verglichen.

Di. 15:00 MW 2050

Lärmentstehung und -ausbreitung

Überreichweiten bei der Schallausbreitung im Freien

Karl-Wilhelm Hirsch, Christian Kleinhenrich und Manuel Sunkel

Cervus Consult GmbH

Die Beschreibung der Schallausbreitung im Freien ist eine zentrale Herausforderung bei vielen Aufgaben der Lärmakustik. Ihre theoretische Grundlage ist die Ausbreitung longitudinaler Wellen in einem bewegten Medium, eine Differentialgleichung, die sich dank der zur Verfügung stehenden Rechenleistung mit numerischen Modellen näherungsweise lösen lässt. In einem Beitrag zu dieser DAGA werden die Lösungen anhand von drei strahlenbasierten Ansätzen vorgestellt. Der Vergleich erfolgt nicht anhand von trivialen Annahmen über den Zustand der Atmosphäre (glatte Wind- und Temperaturprofile mit logarithmischen und linearen Ansätzen) sondern anhand von prognostizierten oder gemessenen Profilen. Solche Profile beschreiben die Atmosphäre signifikant realistischer. Die Analyse einer Vielzahl solcher realistischer Profil-Beispiele mit einem fortgeschrittenen Modell zeigt, dass es nicht nur die klassischen Ausbreitungssituationen gibt: Mitwind, Gegenwind, Querwind, Inversion und deren Mischformen. Es gibt auch die Situation "Überreichweite", die den Schall in Bodennähe in Kanälen über große Entfernung tragen kann. Überreichweiten können ungewöhnliche Höreindrücke, wie z.B. die Wahrnehmung einer Zugvorbeifahrt, die direkt vor dem Fenster stattzufinden scheint, obwohl die Strecke einige Kilometer entfernt ist, oder das Hören von Artilleriefeuer über mehrere 10 Kilometer erklären. Der Beitrag analysiert die Eigenschaften einer Überreichweiten-Atmosphäre, macht Angaben zur Auftrittshäufigkeit und stellt die Definition eines "Überreichweitenindex" vor, der die Tendenz einer Atmosphäre kennzeichnet, Überreichweiten auszubilden.

Di. 15:20 MW 2050

Lärmentstehung und -ausbreitung

Wetterkorrigierter Immissionspegel - Vergleich von Schallausbreitungsmodellen

Fabio Strigari, Michael Chudalla und Wolfram Bartolomaeus

Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Die Berechnungsmethoden für verkehrsbedingte Lärmimmissionen basieren üblicherweise auf vereinfachten Modellen und komplexe physikalische Zusammenhänge werden oft in Korrekturfaktoren zusammengefasst. Hinsichtlich des meteorologischen Einflusses auf die Schallausbreitung ist bekannt, dass schallgünstige Wetterbedingungen zu erhöhten Lärmpegeln führen können, die sich in Langzeitmittlungspegeln nicht wiederfinden. Insbesondere in größerer Entfernung von der Quelle machen sich diese Effekte bemerkbar. Korrekturfaktoren sind in solchen Fällen nicht immer ausreichend, um den Einfluss der vorherrschenden atmosphärischen Bedingungen adäquat abzubilden. In komplexen Lärmsituationen kann ein akkurates meteorologisches Modell wichtige Zusammenhänge für das Verständnis der Schallausbreitung liefern und bei der Bestimmung der wetterkorrigierten Immissionsbelastung helfen, auf dessen Basis eine effizientere Planung von Lärmschutzmaßnahmen ermöglicht würde. Im Rahmen dieser Studie werden die meteorologischen Schallausbreitungsmodelle NMPB-Routes-2008, Harmonoise und Nord2000 einander gegenübergestellt und mit den deutschen Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90), die keine explizite Behandlung des Wetters vorsehen, verglichen. Wir diskutieren Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Ansätze und wenden die Modelle auf einfache wetterbeeinflusste Testszenarien an, um herauszuarbeiten ob die Nutzung wetterkorrigierter Lärmimmissionspegel praktikabel und relevant für die Planung von Schutzmaßnahmen ist.

Di. 16:40 MW 2050

Lärmentstehung und -ausbreitung

Vergleich von Strahlenmodellen mit lokal variierenden Krümmungen

Christian Kleinhenrich und Karl-Wilhelm Hirsch

Cervus Consult GmbH

Die Einführung des so genannten Kreisstrahlenmodells bei der Prognose von Schießgeräuschen und von vergleichbaren, als Punktschallquellen modellierbarer, kohärenter Geräuschquellen hat zu einem signifikant besseren Verständnis von Schallimmissionen im Freien geführt. Diese Immissionen lassen sich durch die zeitverzögerte Überlagerung von Schalldruckzeitsignale verstehen, die auf verschiedenen Wegen (Strahlen) den Immissionsort erreichen. Im Kreisstrahlenmodell haben all diese Strahlen den gleichen Krümmungsradius. Mit dieser Annahme lässt

sich das Bündel der beitragenden Strahlen mit kurzer Antwortzeit numerisch berechnen. Solche „Viel-Strahl-Modelle“ ermöglichen die Prognose von Schalldruckzeitverläufen und damit die Prognose aller Spektren und Einzahlwerte und liefern deshalb eine Fülle von Prüfkriterien beim Vergleich mit Messung und der Analyse der Immission. Die Annahme konstanter Strahlkrümmung ist für einfache Modelle der Atmosphäre (monotone logarithmisch-lineare Profile, z.B. TA-Luft-Profilen) abstandsabhängig eine sachgerechte Näherung; für größere Abstände und eine Vielzahl realer Atmosphären aber ein ungenügender Ansatz. Die Einführung von Modellen mit variabler Strahlkrümmung unter Berücksichtigung lokaler Profilgradienten überwindet diese Einschränkung. Im vorliegenden Beitrag werden unterschiedliche theoretische und numerische Ansätze variabler Strahlkrümmung verfolgt und verglichen. Als Kriterium gilt die Zuverlässigkeit der jeweiligen Ansätze und die Antwortzeit. Über die Anwendung solcher Modelle in Verbindung mit realen Profilprognosen wird in dem Beitrag „Überreichweiten bei der Schallausbreitung im Freien“ auf dieser DAGA berichtet.

Di. 17:00 MW 2050

Lärmentstehung und -ausbreitung

Stadtlärm - A distributed system for noise level measurement and noise source identification in a smart city environment

Tobias Clauß, Jakob Abeßer, Hanna Lukashevich, Robert Gräfe, Franz Häuser und Christian Kühn

Fraunhofer IDMT

Various types of acoustic scenes such as construction sites, open air concerts, sport events, and road traffic contribute to the overall rising noise pollution in cities. As part of the "Stadtlärm" research project, we propose an intelligent audio analysis system that is implemented on distributed sensors in a smart city network. The system allows for measuring noise levels according to the general administrative regulation "TA Lärm" as well as classifying and localizing sources of active acoustic events. Results of this measurement can be visualized online or collected for the further analysis. The local city administration is supported in processing incoming resident noise complains by continuously monitoring the noise distribution across the city. Furthermore, local noise appearance can be predicted for planned events in the future by correlating previous measurements with metadata and geo-locations obtained from event calendars. On each sensor, Deep Convolutional Neural Networks are used for automatic feature learning from spectrogram data and the joint classification of 12 possibly concurrent acoustic event classes and 5 mutually exclusive acoustic scene classes. We perform a systematic analysis of the influence of various model hyperparameters as well as the presence of additional environmental background noise to the classifier performance.

Di. 17:20 MW 2050

Lärmentstehung und -ausbreitung

Auswirkungen des Schwellentyps auf die Schallemissionen von SchienenfahrzeugenThomas Tietze^a, Bernhard Weiß^a, Günther Achs^a, Michael Mach^b und Roman Schmid^b

^aFCP Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH, Wien; ^bÖBB Infrastruktur AG

In Zusammenarbeit mit den Österreichischen Bundesbahnen wurden an sowohl geraden Streckenabschnitten, als auch an Bögen, Schallemissionsmessungen der im Regelbetrieb üblichen Triebfahrzeugtypen für den Personenverkehr durchgeführt. Ziel der Untersuchung ist die Erfassung und Darstellung der Differenz der emittierten Schallleistungspegel von Gleisen mit Betonschwellen zu Gleisen mit Holzschwellen. Die Untersuchungsgebiete wurden so gewählt, dass Schienenfahrzeuge sowohl auf Schienen mit Betonschwellen als auch mit Holzschwellen erfasst werden und die Abschnitte ausreichend Länge aufweisen um signifikante Messergebnisse zu liefern. Die Schwellen sind hierbei auf einem, wie auf den meisten Schienenstrecken üblichen, Schotteroberbau gelegen. Als Triebfahrzeuge wurde der Regelverkehr aus einer Mischung aus ÖBB 4020, Bombardier Talent, Siemens Cityjet und Siemens Doppelstockwagen schalltechnisch erfasst. In einem ersten Schritt werden an den ausgewählten Messquerschnitten herkömmliche normgemäße Schallleistungsmessungen nach aktueller Messnorm durchgeführt und die Ergebnisse zwischen Holz- und Betonschwellen verglichen. Anschließend findet eine Emissionsbetrachtung und Analyse mittels akustischer Kamera statt, um zusätzlich zwischen einzelnen Geräuschquellen zu differenzieren. Hierbei ist die Höhe der Emissionen von besonderem Interesse, da CNOSSOS-EU die wesentlichen Emissionen in 2 unterschiedlichen Quellhöhen angibt. Ziel der Messung mittels akustischer Kamera ist die Auswertung der Schallleistungspegel und die Modellierung der Schienenemissionen im Vergleich zur normgemäßen Messung welche parallel durchgeführt wurde.

Di. 17:40 MW 2050

Lärmentstehung und -ausbreitung

Experimentelle Schallfeldrekonstruktion in einem A400M-Rumpf basierend auf der Finite-Elemente-MethodeSteffen Ungnad und Delf SachauHelmut-Schmidt-Universität Hamburg

Ein Schwerpunkt im Luftfahrtforschungsprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie ist das passagierfreundliche und ökoefiziente Fliegen. Hörschall mit beeinträchtigender Wirkung auf den Menschen (Lärm) stört das Komfortempfinden und senkt die Akzeptanz sowie die Attraktivität des Fliegens. Maßgeblich für die Entwicklung von Methoden zur Minderung des Lärms in Flugzeugkabinen ist die Kenntnis über die Entstehung von Luftschall im Inneren durch von außen erregte

Strukturschwingungen. Flugzeugrümpfe besitzen keine einfachen Geometrien und schwer zu bestimmende Dämpfungseigenschaften. Aus diesem Grund sind Berechnungsverfahren zur Vorhersage des Schallfeldes in realen Flugzeugen aufwendig und mit Einschränkungen verbunden. Im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms (LuFo V-2) wird ein automatisches Messsystem zur Erfassung des Schalldrucks im inneren einer Flugzeugkabine entwickelt. Den gewonnenen Messdaten lassen sich Informationen über Orte der Schallenergieübertragung entnehmen. Dazu werden die gemessenen Schalldrücke mit einer Methode zur inversen Schallfeldrekonstruktion ausgewertet. Diese Methode basiert auf der Finite-Elemente-Methode. Es wird ein neuer Versuchsstand mit einem Airbus A400M-Rumpf vorgestellt. Die akustische Anregung von außen durch Propellerlärm wird im Experiment durch ein Lautsprecher-System näherungsweise nachgebildet. Erste Ergebnisse werden anhand von Strukturschnellemessungen mit einem Vibrometer überprüft.

Di. 18:00 MW 2050

Lärmentstehung und -ausbreitung

Silohupen - ein nicht alltägliches, dafür aber sehr interessantes akustisches Phänomen

Korbinian Grüner und Helmut Venghaus

ACCON GmbH

Dünnwandige Silos mit metallischer Außenhaut fallen bei der Materialentnahme mit bestimmten Schüttgütern dadurch auf, dass sie durch einen kurzzeitigen, jedoch sehr intensiven Hupen - ähnlich dem eines Lkw - die Nachbarschaft belästigen. Dieser Hupen entsteht durch Anregung der Außenhaut des Silos, welcher durch einen reibungsbedingten Stick-Slip-Effekt bei Abwärtsbewegung des Schüttgutes entlang der Außenwand des Silos hervorgerufen wird. Es werden aus messtechnischen Untersuchungen zur Geräuschenstehung an einem Silo berichtet und die daraus erarbeiteten Lösungsvorschläge zur Geräuschvermeidung vorgestellt.

Sitzung „Physikalische Akustik“

Di. 14:00 MW 0250

Physikalische Akustik

Comparison of three inversion models for characterisation of rigid frame porous materialsFerina Saati Khosroshahi^a, Kirill Horoshenkov^b und Steffen Marburg^a^a*TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme;* ^b*The University of Sheffield*

This study evaluates the performance of a number of inversion methods on porous samples. A comparative investigation is performed using deterministic characterisation models for macroscopically homogeneous rigid frame porous media from sound impedance tube measurement data, including Johnson-Champoux-Allard model. Several porous samples with different thicknesses and pore properties are tested. Acoustic impedance and complex wavenumber of the samples are retrieved using the inversion methods. Input parameters to the models include porosity, tortuosity, flow resistivity, viscous and thermal characteristic lengths, and mean pore size which are extracted using literature. The compared errors are shown and discussed to demonstrate the performance of each model corresponding to the type of material porosity.

Di. 14:20 Vortrag entfällt

Physikalische Akustik

Experimentelle Charakterisierung der Steifigkeit und Dämpfung von Schaumstoffen für numerische AkustiksimulationenLars Spannan^a, Fabian Duvigneau^a, Maria Gavila Lloret^b und Elmar Woschke^a^a*Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Inst. für Mechanik;* ^b*BMW Group*

Die Minderung des Geräuschpegels ist eine häufig anzutreffende Problemstellung im Designprozess von Maschinen. Zur Geräuschreduktion von schwingenden Komponenten in automobilen Systemen werden unter anderem Schaumstoffe eingesetzt, die auf schallabstrahlende Oberflächen appliziert werden. Die resultierende Schalldämmung hängt hierbei maßgeblich von den physikalischen Eigenschaften des Schaumstoffes ab.

Die durchgeführten Studien umfassen die Charakterisierung des Schaumstoffmaterials sowie die experimentelle Bestimmung von frequenzabhängigen Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften im Frequenzbereich bis 2 kHz mittels eines Shakers. Die für den akustisch relevanten Frequenzbereich extrapolierten Materialeigenschaften werden herangezogen und numerische Simulationen des Schalldämm-Maßes mit experimentellen Daten eines Fensterprüfstandes abgeglichen, um die vorgestellte Methodik zu bewerten.

Di. 14:20 MW 0250

Physikalische Akustik

Erzeugung und Validierung strukturierter 3D UltraschallfelderKai Melde und Peer Fischer*Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme*

Ultraschallfelder werden üblicherweise mit kombinierten Sendern und Linsen/Hörnern oder Phased-Array-Wandlern erzeugt und geformt. Außerdem gibt es noch Time-Reversal Methoden, um komplexere Schallfelder zu erzeugen. In diesem Vortrag stelle ich das akustische Hologramm als neue Methode der Schallfeldformung vor. Das Hologramm ist eine strukturierte Phasenplatte, die -analog zu Beugungselementen in der Optik- die Wellenfront der durchlaufenden oder reflektierten Schallwelle modifiziert. Dazu existieren Konzepte zur einfachen Phasenmanipulation und auch kombinierten Phasen- und Amplitudenmodulation. Durch diese einfachen Elemente können hochkomplexe 2- und 3-dimensionale Felder auf einfache Art und Weise erzeugt werden. Die Validierung dieser Felder stellt jedoch wieder eine Herausforderung dar, da serielle Messungen eines 3-dimensionalen Schallfeldes mittels Hydrophon sehr zeitaufwendig sind. Im Vortrag stelle ich deswegen auch eine Methode vor, mit der Ultraschallfelder weitaus schneller qualitativ überprüft werden können. Diese basiert auf der lokalen Erwärmung einer schall-absorbierenden Membran, welche durch das Schallfeld bewegt wird. Die lokale Erwärmung des Films durch fokussierten Ultraschall gibt ein Bild der Ultraschallintensität und beschleunigt die Messung hundertfach im Vergleich zur Hydrophonmessung.

Di. 14:40 MW 0250

Physikalische Akustik

Partikelmanipulation in strukturierten UltraschallfeldernPeer Fischer und Kai Melde*Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme*

Kontaktfreie Partikelmanipulation mittels Schallwellen ist ein aktives Forschungsfeld, welches potentielle Anwendungen in der Biomedizintechnik oder additiven Fertigung aufzeigt. Etablierte Ansätze nutzen zum Beispiel stehende Wellen, um in Flüssigkeiten suspendierte Partikel oder Zellen entlang der Druckknoten zu sammeln und zu separieren. Durch die stehenden Wellen sind die resultierenden Anordnungen hochsymmetrisch und oft nur ein-dimensional. Ein völlig anderer Ansatz sind akustische Pinzetten, welche Partikel in einem Punkt fangen können. Diese basieren auf stark fokussierten fortlaufenden Wellen oder Besselstrahlen. Mit akustischen Hologrammen, also strukturierten Phasenplatten, erzeugen wir weitaus beliebigere und komplexere Schallfelder, welche sich ebenfalls für die Partikelmanipulation eignen. In diesem Vortrag zeige ich, wie wir mit Hilfe akustischer Hologramme Mikropartikel zu komplexen, asymmetrischen Formen anordnen können. Eine chemische Funktionalisierung ermöglicht es dann auch, diese Partikel fest aneinander zu binden und somit mechanisch stabile, selbst-tragende Objekte zu

erschaffen, welche anschließend der Lösung entnommen werden können. Dies ist ein erster Schritt hin zur Fabrikation von komplexen Objekten mittels Ultraschall.

Di. 15:00 MW 0250

Physikalische Akustik

Giant wall shear stress from cavitation bubble collapse

Claus-Dieter Ohl^a und Qingyun Zeng^b

^a*Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg*; ^b*Nanyang Technolog. University*

The collapse of a cavitation bubble near a rigid boundary induces a high-speed transient jet accelerating liquid onto the boundary. The shear flow produced by this event has many applications, examples are surface cleaning, cell membrane poration, and enhanced cooling. Yet the magnitude and spatio-temporal distribution of the wall shear stress are not well understood, neither experimentally nor by simulations. Here we solve the flow in the boundary layer using an axisymmetric compressible Volume of Fluid (VOF) solver from the OpenFOAM framework and discuss the resulting wall shear stress generated for two cases of the non-dimensional distance, $\gamma=1$ and $\gamma=0.85$ ($\gamma=h/R_{\max}$, where h is the distance of the initial bubble centre to the boundary, R_{\max} the maximum spherical equivalent radius of the bubble). Very high wall shear stresses of 10kPa and more are found during the early spreading of the jet followed by complex flows composed of annular stagnation rings. Although the simulated bubble dynamics is agreeing very well with experiments we obtain only qualitative agreement with experiments due to inherent experimental challenges.

Sitzung „Lärmwirkungen“

Di. 16:40 MW 0250

Lärmwirkungen

Speech quality assessment in crowdsourcing: Influence of environmental noise

Babak Naderi, Sebastian Möller und Gabriel Mittag

TU Berlin, Quality and Usability Lab

Micro-task crowdsourcing offers new possibilities for QoE research including investigation of realistic environmental influence factors due to the real-life environment of the subjects. This paper reports the influence of environmental noise on speech quality assessment ratings. In a two-phase experiment, subjects assessed the quality of speech stimuli using either their smartphone (and ear-plug) or a provided one, in different environments. The SwissQual 501 speech database from the ITU-T Rec. P.863 competition (kindly provided by SwissQual AG) was used. Phase A was conducted in the laboratory, in either silent or background noise simulation environments. In phase B, the same participants completed the same task in one of crowdsourcing environments. MOS values were

calculated for each condition and compared to the scores reported from the standard laboratory test. The silent-laboratory condition achieved the highest correlation ($r=.95$). The correlation was improved when subjects were wearing in-ear headphones in the simulated noisy environments and also when they were listening in the living-room or unspecified locations ($r=.89$) in the crowdsourcing conditions. It was found that the loudness of the stimuli has the highest influence on the difference between MOS values obtained in different conditions and the standard laboratory scores.

Di. 17:00 MW 0250

Lärmwirkungen

Environmental Noise Recording as a Quality Control for Crowdsourcing Speech Quality Assessments

Rafael Zequeira Jiménez, Laura Fernández Gallardo und Sebastian Möller

TU Berlin, Quality and Usability Lab

The Crowdsourcing (CS) paradigm offers small tasks to anonymous users on the Internet. Human-centered speech quality assessment studies have been traditionally conducted under controlled laboratory conditions. Nowadays, CS provides an exceptional opportunity to transfer such experiments to the internet and reach a wider and diverse audience. However, data from CS can be corrupted due to users' neglect and hence quality control mechanisms are required to ensure reliable outcomes. While previous works have presented trapping questions or majority voting to ensure good results, this work introduces user-environmental noise recording to discard unreliable users located in noisy places. To this end, a speech quality assessment study is conducted with 400 users in the clickworker CS platform. The speech stimuli are taken from the database 501 from the ITU-T Rec. P.863 and the results are to be contrasted to the existing lab ratings. This work analyzes the effect of background noise on the correlation between the CS and the lab results. Furthermore, the effects of discarding users deemed untrustworthy on inter-rater reliability is studied. Our outcomes highlight the importance of controlling for users' background noises to ensure reliable results in speech quality assessments conducted via CS.

Di. 17:20 MW 0250

Lärmwirkungen

Der Einfluss von kognitiver Belastung auf die Bewertung von komplexen Geräuschszenarien

Samuel Gibson, Jochen Steffens, Franz Müller und Melanie Schulz

TU Berlin, FG Audiokommunikation

Gegenstand der vorliegenden Studie ist der Zusammenhang zwischen kognitiver Belastung einer Person und Geräuschbewertungsprozessen. Genauer wurden die Einflüsse der zeitlichen Dynamik eines Geräusches, der Durchführung eines kognitiven Leistungstests, Personenmerkmalen (z.B. Lärmempfindlichkeit, Extraversion) sowie deren

Wechselwirkungen auf die retrospektive Gesamtbewertung von komplexen Geräuscheszenarios untersucht. Im Rahmen eines Laborexperiments wurden Versuchsteilnehmern acht zweiminütige Geräusche präsentiert, wobei die Position und die Valenz des auftretenden Höhepunktes (Peaks) variiert wurde. Die Experimentalgruppe hatte die Aufgabe, während der Geräuscharbietung den sog. Stroop-Test zur Farb-Wort-Interferenz durchzuführen und die Geräusche im Anschluss hinsichtlich ihrer Lautheit und Angenehmheit zu bewerten. Im Gegensatz dazu führte eine Kontrollgruppe keinen derartigen Test durch, sondern bewertete lediglich die Geräusche während und nach ihrer Darbietung. Es wurde erwartet, dass negative Peaks aufgrund ihrer potentiell leistungsmindernden Wirkung in der Experimentalgruppe einen höheren Einfluss auf die Gesamtbewertung haben als in der Kontrollgruppe. Ferner wurde vermutet, dass der Einfluss von negativen Peaks auf die Geräuschbewertung bei lärmempfindlichen und introvertierten Personen stärker ist als bei Personen mit hohen Werten bei Extraversion und niedrigen Werten bei Lärmempfindlichkeit. Im Rahmen des Vortrags werden die Ergebnisse der Studie präsentiert und deren Implikationen diskutiert.

Di. 17:40 MW 0250

Lärmwirkungen

Entschärfung von Baulärmkonflikten mittels einer Untersuchung der Lärmvorbelastung

Sascha Hermann

DB Systemtechnik GmbH

Zur Beurteilung von baubedingten Schallimmissionen und zur Abwägung der Zumutbarkeit der Belästigung für Anwohner legt die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm (AVV Baulärm) Immissionsrichtwerte fest. Betrachtet man ausschließlich die Immissionen, welche der Baubetrieb verursacht, so werden diese im innerstädtischen Bereich in der Regel überschritten. Besonders für Baustellen der Eisenbahn, bei denen nächtliche Arbeiten häufig unabdingbar sind, verschärft sich die Thematik zunehmend. Eine Möglichkeit zur Relativierung des Konfliktes kann durch eine separate Betrachtung der vorhandenen Lärmvorbelastung erreicht werden. So werden an Bahnstrecken die Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm durch den Zugverkehr oftmals deutlich überschritten. Aber auch Immissionen aus Straßenverkehr, Gewerbe und Fluglärm übersteigen in vielen Fällen die Immissionsrichtwerte an den nächstgelegenen Nutzungen. Es liegt daher nahe, einen höheren Immissionsrichtwert für die vorbelasteten Gebiete anzusetzen. In dieser Ausarbeitung wird dargelegt wie bei der Durchführung einer Untersuchung zu baubedingten Schallimmissionen die Betrachtung der vorhandenen Lärmvorbelastung in die Auswertung einfließt. Es wird gezeigt, auf welche Datensätze dabei zurückgegriffen werden kann, welche Ansätze zu treffen sind und wo Probleme bei der Ermittlung der Vorbelastung auftreten. Abschließend wird anhand einer grafischen Auswertung

erläutert inwiefern sich aufgrund der Lärmvorbelastung die Anzahl der Betroffenen durch baubedingte Schallimmissionen reduziert

Di. 18:00 MW 0250

Lärmwirkungen

Welches Lärmschutzwanddesign ist das Beste?

Gilles Pigasse^a, Hans-Georg Raumer^b, Mads J. Herring Jensen^c, Phillip Oberdorfer^a und Jens Oddershede^d

^aComsol Multiphysics GmbH; ^bInstitute for Numerical and Applied Mathematics, Univ. Göttingen; ^cCOMSOL A/S; ^dDanish Road Directorate

Straßenlärm ist eine wesentliche Quelle von gesundheitsschädlichem Lärm im urbanen Umfeld. Die übliche Gegenmaßnahme besteht in der Installation von Lärmschutzwänden, deren Höhe und damit verbundene Effektivität allerdings begrenzt ist. Es besteht ein hoher Bedarf an der Erhöhung des Insertion Loss unter der Bedingung der Einhaltung restriktiver Vorgaben, insbesondere der Maximalhöhe der Wände. In dieser Studie wurde die Schalldämpfung von vier unterschiedlichen Lärmschutz-Topps (L-, T-(in 2 Größen), Watts) an Wänden gleicher Höhe numerisch berechnet und mit in-situ Messungen derselben Typen verglichen. Simulation und Experiment weisen eine hohe Übereinstimmung auf und ergeben den größten Insertion Loss von ca. 3 dB gegenüber einer flachen Wand beim Watts-Typen. Die Studie offenbart das große Potential numerischer Simulation für die Optimierung von Lärmschutzelementen, da ein Modell die Anzahl an zu testenden Prototypen und durchzuführenden Messungen signifikant reduzieren kann.

Sitzung „Betrachtung von Unsicherheiten in der Vibro- und Aeroakustik“

Di. 14:00 MW 1250 Unsicherheiten in der Vibro- und Aeroakustik

Lokal strukturierte Faserverstärkungen: Ein Ansatz zur Realisierung anisotroper Richtcharakteristiken in Ultraschallsensoren

Johannes Henneberg^a, André Gerlach^a, Holger Cebulla^b und Steffen Marburg^c

^aRobert Bosch GmbH; ^bTU Chemnitz, Professur Textile Technologien;

^cTU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Ultraschallsensoren kommen in automobilen und industriellen Anwendungen in großen Stückzahlen zum Einsatz. Insbesondere bei der Anwendung im Automobilbereich sind anisotrope Richtcharakteristiken notwendig. Diese erfordern einen schmalen Öffnungswinkel in der Vertikalen und einen breiten Öffnungswinkel in der Horizontalen aufweisen. Im Automobilbereich werden heutige Ultraschallsensoren überwiegend als metallbasierte Topfwandler ausgeführt. In diesen wird eine anisotrope

Richtcharakteristik durch die lokale Materialanhäufung auf der Innenseite der schwingenden Membran erreicht. Verbundwerkstoffe mit lokal strukturierten Faserverstärkungen ermöglichen die Gestaltung des schwingungsmechanischen Verhaltens von Komponenten ohne deren Kontur zu verändern. Diese Arbeit untersucht die Möglichkeit durch lokal strukturierte Faserverbundwerkstoffe anisotrope Richtcharakteristiken in Ultraschallsensoren einzustellen. Die Strukturierung wird durch Bereiche mit kohlefaserverstärkten Epoxidharzen und Bereiche unverstärkter Epoxidharze realisiert. Der Einfluss von Materialunsicherheiten und geometrischen Unsicherheiten wird in Hinblick auf die sich einstellende Richtcharakteristik untersucht. Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass lokal strukturierte Faserverbundwerkstoffe eine Möglichkeit bieten, Ultraschallsensoren mit anisotropen Richtcharakteristiken herzustellen.

Di. 14:20 MW 1250 Unsicherheiten in der Vibro- und Aeroakustik

Prognose von reibungsbasierten Störgeräuschen mittels eines 3D Finite Elemente Modells

Konrad Weisheit und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Transiente Geräusche im Fahrzeuginnenraum, deren Ursache zunächst nicht eindeutig zugeordnet werden kann, werden als Störgeräusche bezeichnet. Sie stellen einen erheblichen Qualitätsverlust hinsichtlich des Fahrkomforts dar. Ihre Entstehung ist im Allgemeinen auf Relativbewegungen benachbarter Bauteile die aneinander schlagen oder gleiten zurückzuführen, was in Stick-Slip Bewegungen resultieren kann. Diese äußern sich als Knarzen, Knacken oder ähnliche Störgeräusche. In der Fahrzeugentwicklung werden Simulationsmethoden eingesetzt, um kritische Kontaktstellen zu identifizieren und alternative Konzepte zu bewerten. Um auf Basis von Berechnungen Entscheidungen zu treffen, müssen die verwendeten Methoden eine hohe Prognosegüte aufweisen, also auch Nichtlinearitäten aufgrund von Kontakt und Reibung berücksichtigen. Ziel dieser Arbeit ist, reibungsgedämpfte Schwingungen, die als Ursache für Störgeräusche wie Knarzen und Knacken gelten, mit der nötigen Genauigkeit zu berechnen. Dazu wird die Harmonic Balance Methode auf ein dreidimensionales Finite Elemente Modell angewandt. Der Einfluss verschiedener Reibgesetze wird untersucht und diskutiert. Zur Validierung der Simulationsmodelle dient ein speziell entwickelter Prüfstand. Auf Basis der Berechnungen wird die Equivalent Radiated Power (ERP) als Maß für die abgestrahlte Schallleistung berechnet und der Beitrag der höheren Harmonischen zur ERP bestimmt. Es zeigt sich, dass die höheren Harmonischen aufgrund von Nichtlinearitäten entscheidend für die Entstehung von Störgeräuschen sind.

Di. 14:40 MW 1250 Unsicherheiten in der Vibro- und Aeroakustik

Unsicherheiten in der Abbildung von Dichtungsmedien in verschraubten Strukturen für die numerische und experimentelle Modalanalyse

Patrick Langer^a, Jonas Schmid^a, Christian Guist^b und Steffen Marburg^a

^a *TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme*; ^b *BMW Group*

Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss von Dichtungen auf das vibroakustische Verhalten von verschraubten Strukturen zu untersuchen und in einem schlanken dreidimensionalen Finite-Element-Modell exakt abzubilden. Wie sich in der Praxis zeigt, besitzen die aus der eingeleiteten Schraubenvorspannkraft resultierenden Steifigkeiten von Fügepartner und der Schraube, sowie deren Unsicherheiten, einen hohen Einfluss auf das Modellergebnis. Der hier vorgestellte numerische Modellbildungsprozess beinhaltet neben der Abbildung dieser Schraubverbindungen vor allem die Implementierung eines Elastomers als Dichtung bzw. Zwischenmedium. Zur Validierung der Simulationsmodelle werden von zwei verschiedenen Baugruppen experimentell Eigenfrequenzen ermittelt und mit den numerischen Ergebnissen verglichen. Die Abweichungen in den Eigenfrequenzen zur Verschraubung ohne Dichtungen werden diskutiert. Darüber hinaus wird in dieser Arbeit die Sensitivität variierender Materialstärke des Elastomers auf die Eigenfrequenzen untersucht. Für den Dichtungswerkstoff werden ein nichtlineares hyperelastisches Materialmodell sowie ein vereinfachtes lineares Modell kreiert. Die Implementierung der Schraubverbindung in das numerische Modell wird auf der Basis einer umfangreichen Literaturrecherche zur Druckverteilung, Steifigkeitsverteilung und experimentellen Druckmessungen in der Kontaktzone mit ABAQUS/CAE durchgeführt. Es wird deutlich, dass die Lage der Dichtung einen entscheidenden Einfluss auf das vibroakustische Gesamtverhalten von verschraubten Baugruppen besitzt. Nichtsdestotrotz gelingt über das entwickelte numerische Modell eine zufriedenstellende und effiziente Abbildung der Eigenfrequenzen und deren Eigenschwingformen.

Di. 15:00 MW 1250 Unsicherheiten in der Vibro- und Aeroakustik

Erfassung und Bewertung von bauteilspezifischen Einflussfaktoren bei einer experimentellen Modalanalyse an Composite-Druckbehältern

Sebastian John, Georg Mair, André Schoppa und Mariusz Szczepaniak
BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Auf Grund ihres Gewichtsvorteils sind Faserverbundwerkstoffe beim Bau von Hochdruckbehältern die dominierenden Werkstoffe. Mit dem zunehmenden Optimierungsdruck, Materialkosten und Gewicht einzusparen, nimmt das Lastniveau zu, weshalb auch die Bedeutung der Degradationsprozesse steigt. An der Bundesanstalt für Materialforschung

und -prüfung (BAM) wird das Alterungsverhalten von Composite-Atemluftflaschen untersucht, um künftig genauere Aussagen zur Abschätzung der Lebensdauer und der damit einhergehenden Festlegung von Prüffristen geben zu können. Gegenstand der vorgestellten Untersuchungen sind Typ-III Druckbehälter, bestehend aus einem Aluminium-Liner und einer kohlefaserverstärkten Armierung. Dabei werden insbesondere Untersuchungen bezüglich der im Metall vorherrschenden Druckeigenspannungen betrachtet, welche zur Steigerung der Lastwechselfestigkeit fertigungsseitig induziert werden. Ziel ist es, mittels einer experimentellen Modalanalyse die inneren Spannungsverhältnisse zerstörungsfrei identifizieren und bewerten zu können. Auf Grund einer Vielzahl von Einflussfaktoren, wie beispielsweise alterungsbedingter Strukturveränderungen im Faserverbundmaterial oder Fertigungsabweichungen, ist jedoch die Einzelbewertung eines Prüfmusters sowie ein qualitativer Vergleich zwischen Behältern desselben Baumusters bisweilen nur schwer möglich. Durch die Vermessung einer Vielzahl von Testbehältern werden zunächst Maß und Umfang der auftretenden Abweichungen modaler Parameter erfasst. Mittels gezielter Modifikation einiger Messobjekte werden anschließend Abhängigkeiten identifiziert. Unterstützt werden die experimentellen Messungen durch die simultane Anwendung eines FE-Modells, wobei simulative und experimentelle Ergebnisse verglichen sowie Einflüsse weiterer Parametervariationen numerisch erfasst und abgebildet werden können.

Di. 15:20 MW 1250 Unsicherheiten in der Vibro- und Aeroakustik

Identifizierung und Analyse potenzieller Fehlerquellen bei der Dämpfungsbestimmung

Christian A. Geweth^a, Rodrigo Moscoso Cires^a, Christian Guist^b und Steffen Marburg^a

^aTU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme; ^bBMW Group

Ein Vergleich von Dämpfungswerten zwischen Simulation und Experiment ist nicht selten mit größerem Aufwand verbunden. Zum einen können experimentell bestimmte Dämpfungswerte durch diverse Ursachen fehlerhaft sein. Dabei sind nicht nur die Lagerung der Probe und die gewählte Messtechnik als mögliche Fehlerquelle anzuführen, sondern auch eine Reihe an Einstellungsmöglichkeiten in den Messsystemen selbst. Hierzu zählen unter anderem Parameter wie die gewählte Festerung und Blocklänge. Zum anderen kann das strukturdynamische Verhalten durch die Wahl eines nicht geeigneten Dämpfungsmodells stark beeinflusst werden. Um die Sensitivität einzelner Parameter zu ermitteln wird vornehmlich anhand von virtuellen Modellen das dynamische Antwortverhalten auf eine gegebene Anregung analysiert. Dabei soll auch der Einfluss auf unterschiedliche Dämpfungsmodelle in der Simulation mit betrachtet werden. Die numerisch generierten Zeitdaten werden mithilfe unterschiedlicher Verfahren zur Dämpfungsbestimmung analysiert.

Dadurch können die Einflüsse verschiedener Fehlerquellen in der Messkette bestimmt werden. Unter anderem sollen dabei Einflüsse wie Messdauer, Anregungssignal, Störsignale und verwendete Fensterung näher betrachtet werden.

Di. 15:40 MW 1250 Unsicherheiten in der Vibro- und Aeroakustik

Präsentation der Poster der Sitzung „Schwingungstechnik (Poster)“ (Seite 105)

Di. 16:40 MW 1250 Unsicherheiten in der Vibro- und Aeroakustik

Bewertung des Schwingungsdosiswertes und Fahrkomfort im PKW unter Unsicherheiten

Karl Zerle, Kheirollah Sepahvand und Steffen Marburg
TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Der Mensch ist täglich Schwingungen ausgesetzt. Beispielsweise findet die Exposition beim Reisen auf der Straße statt. Zur Beurteilung der Schwingungseinwirkungen auf den Körper des Menschen kann der Schwingungsdosiswert (Vibration Dose Value - VDV) betrachtet werden. Die Ganzkörper-Schwingungen sind oft stochastisch, und die Übertragung von Schwingungen auf den menschlichen Körper sowie deren Wirkung sind von der Körperhaltung und individuellen Merkmalen wie Körperbau, Alter, Geschlecht oder Gesundheitszustand abhängig. Dieser Artikel befasst sich mit der Bewertung der Vibrationsbelastung unter Berücksichtigung von Unsicherheiten, der ein Insasse in einem Auto während der Fahrt ausgesetzt ist. Zur Analyse wird ein Mehrkörpersimulationsmodell eines Personenkraftwagens entwickelt. Unter Anwendung der Methode zur stochastischen Simulation wird die Schwingungsanregung an den Rädern als zufällig angenommen. Da die konventionelle, stichprobenbasierte Monte Carlo Methode nicht akzeptabel hohe Rechenzeiten verursacht, wird die nicht-sampling basierte Kollokationsmethode angewandt. Aufgrund der wesentlich geringeren benötigten Rechenzeit kann der Kollokationsmethode ein großer Vorteil gegenüber der Monte Carlo Methode attestiert werden. Es werden Simulationsergebnisse unter Betrachtung der Anregungsunsicherheiten generiert, mit denen der Schwingungsdosiswert sehr effizient bewertet werden kann. Sowohl Hintergrundinformationen und Zusammenhänge zum Thema Schwingungskomfort und Auswirkungen von Vibrationen auf den menschlichen Körper, als auch die Grundlagen stochastischer Simulation, werden ausführlich erläutert.

Di. 17:00 MW 1250 Unsicherheiten in der Vibro- und Aeroakustik

Modellierung kombinierter Unschärfe in akustischen Systemen

Thomas Kohlsche^a, Sören Keuchel^b und Otto von Estorff^a

^a*TU Hamburg-Harburg*; ^b*Novicos GmbH*

Die kontinuierliche Verbesserung der Rechenleistung moderner Computer und die Weiterentwicklung numerischer Methoden ermöglichen die Berechnung zunehmend komplexer, physikalischer Probleme mit wachsender Präzision. Die dafür verwendeten Berechnungsmodelle sind in der Regel rein deterministischer Natur. In der Realität fehlt jedoch das absolute Wissen um die modellierten Zusammenhänge. So stellen z.B. unscharfe Parameter und Modellunsicherheiten das Ergebnis einer Simulation in Frage. Besonders akustische Systeme zeigen oft eine ausgeprägte Sensitivität gegenüber sehr kleinen Veränderungen. Oftmals liegen mehrere relevante Quellen für Unschärfen in einem Modell vor. Diese lassen sich prinzipiell in probabilistische und nicht-probabilistische Unschärfen unterteilen. Probabilistisch unscharfe Einflussgrößen können mit stochastischen Mitteln ausgedrückt werden. Ist dies nicht möglich oder fehlen für eine solche Beschreibung die statistischen Daten, so kann die Unschärfe nicht-probabilistisch durch Intervall- oder Fuzzyarithmetik beschrieben werden. Eine besondere Herausforderung der Unschärfemodellierung liegt in der Behandlung einer Kombination der beiden Unschärfetypen. In einem solchen Fall wird auch von polymorpher Unschärfemodellierung gesprochen. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit den Möglichkeiten zur Modellierung solcher Unschärfeszenarien in akustischen Systemen anhand eines Anwendungsfalls. Verschiedene Techniken werden in einer Boundary-Elemente-Akustiksimulation implementiert und ihre Eignung für den Einsatz in akustischen Systemen verglichen.

Sitzung „Schwingungstechnik (Poster)“

Kurzvorträge: Di. 15:40 (MW 1250)

Poster-Forum: Di. 16:00, Posterinsel K

Di.-Do.

Schwingungstechnik (Poster)

Detecting and Controlling Tank Resonance of Oil Immersed Power Transformers

Ali Al-Abadi, Ahmed Gamil und Franz Schatzl

SGB Power Transformers

In oil immersed power transformers, tank resonance can add a significant contribution to the generated noise. In the current study, a systematic procedure to first detect the resonance in the tank and then controlling its effect on noise is presented. This is done by either shifting resonance frequencies or damping the resulting vibrations via optimizing additional outer stiffeners. The procedure consists of measurement, simulation and

modelling. The study shows the ability to predict the natural frequencies of the tank with a high accuracy, which is validated by applying hammer-test in specific places on the tank walls. Noise measurements are conducted before and after applying the outer stiffeners on the transformer walls with and without radiators. Results show that by following the presented procedure for a case study transformer it is possible to reduce the noise by about 5 dB.

Di.-Do.

Schwingungstechnik (Poster)

Simulation-Based Investigation for Local Resonance Frequencies in Power Transformer Core

Ahmed Gamil, Franz Schatzl und Ali Al-Abadi

SGB Power Transformers

Core resonance is one of the main phenomena that has always a negative effect on transformer noise level. Because of limitation of measuring the natural frequencies of a core, only few varieties of changing core dimensions are possible. However, using simulation tools is more effective and can help initially to build a suitable model for daily use. Investigating the core in simulation environment as bulk mass simplifies the duty to build a mathematical model to calculate the resonance frequencies based on core dimensions. However, this way is not presenting the reality, that each step of the core has its own shape modes and effective resonances frequencies as well. Considering each step geometry separately will lead to determine the local resonance frequencies and to find a solution for the steps, which have the undesirable resonance frequencies. The target is to find out the effective geometry factors of the step on the resulting resonance frequencies and shape modes. Moreover, the measured frequency spectrums for some tested core are studied and a correlation between the simulation results and measurements is studied. The focus covers core designs for 50 and 60 Hz, and the investigated frequency range lies between 100 and 1400 Hz.

Sitzung „Simulationsverfahren in der Strömungsakustik“

Di. 14:00 MW 0350 Simulationsverfahren in der Strömungsakustik

Hybrid Formulations for Computational Aeroacoustics

Manfred Kaltenbacher und Stefan Schoder

TU Wien, Inst. f. Mechanik u. Mechatronik

Since the beginning of computational aeroacoustics (CAA) several numerical methodologies have been proposed, each of these trying to overcome the challenges that the specific problems under investigation pose for an effective and accurate computation of the radiated sound. Thereby, hybrid methodologies have been established as the most practical methods, due to the independent treatment of the fluid and the

acoustic computations. These approaches are based on three steps: (1) perform unsteady flow computations based on an appropriate turbulence model on a restricted sub-domain (also named source domain); (2) compute with an appropriate model the acoustic sources; (3) perform the acoustic field computation. In these simulations it is generally assumed that insignificant physical effects occur from the acoustic to the fluid field. Within our talk, we will discuss three different approaches: (1) inhomogeneous wave equation of Lighthill based on acoustic sources using the Lighthill tensor as well as the Laplacian of the incompressible flow pressure; (2) aeroacoustic wave equation (AWE) using the second time derivative of the incompressible flow pressure as a source term; (3) perturbed convective wave equation (PCWE) using the acoustic scalar potential and the substantial derivative of the incompressible flow pressure as a source term.

Di. 14:20 MW 0350 Simulationsverfahren in der Strömungsakustik

Erweiterung einer immersed-boundary-Methode auf die Simulation der Schallabstrahlung umströmter bewegter Körper

Johannes Kreuzinger und Florian Schwertfirm

Kreuzinger & Manhart Turbulenz GmbH

Ausgangspunkt ist das im Programm MGLET implementierte hybride Verfahren. Es verwendet eine immersed-boundary-Methode auf kartesischen Gittern. Die Strömung wird durch eine wall modeled LES abgebildet. Das performante Verfahren liefert zuverlässige Ergebnisse auch bei grober räumlicher Auflösung und ist validiert insbesondere für aeroakustische Simulationen in komplexen Geometrien (Schwertfirm AIAA 2012, Kreuzinger DAGA 2015).

Mit einer cut cell immersed boundary wurde dieser Ansatz auf bewegte Körper übertragen. Dabei bewegt sich die immersed boundary durch das stehende Gitter. Aus Stabilitätsgründen werden kleine cut cells mit Nachbarn verbunden. Da das Verbinden von Zellen und auch das Auflösen der Verbindungen nicht gleichzeitig massen- und impulserhaltend sein kann, entstehen numerische Störungen.

Betrachteter Testfall ist die Schallerzeugung eines Rotors aus zwei Scheiben, zwischen denen Kreiszyylinder befestigt sind. Kennzahlen am Zylinder sind $Re=25000$ und $M=0.22$. Damit liegt die Reynoldszahl im Bereich relevanter technischer Anwendungen.

Diskutiert werden der Anteil der Störungen am Schallpegel, die Art der Störungen und die Gitterabhängigkeit der Ergebnisse. Die Ergebnisse werden mit Messwerten verglichen. Hier ist von besonderem Interesse, inwieweit die beiden Charakteristika des Schallspektrums, Drehklang und Hiebton, getroffen werden.

Di. 14:40 MW 0350 Simulationsverfahren in der Strömungsakustik

Weiterentwicklung und Untersuchung eines Strömungsakustik-Lösers für rotierende Gitter in OpenFOAM®

Joscha Piepiorka, Thorben Schröder, Patrick Silkeit und Otto von Estorff
TU Hamburg-Harburg

Strömungslärm, z.B. ausgehend von Turbomaschinen, spielt eine immer wichtigere Rolle bei der Bewertung von neuen Produkten, deren Spektrum von einer Flugzeugturbine bis zum Lüfter einer Klimaanlage reicht. Eine Möglichkeit zur Vorhersage des entstehenden Schallfeldes bieten die hybriden Verfahren der Strömungsakustik. Die zugehörigen Störungsansätze führen dazu eine Trennung der Zustandsgrößen ein, die eine losgelöste Simulation der Strömung und der darauf aufbauenden Akustik ermöglicht. Eine besondere Herausforderung bei der numerischen Simulation stellt die Berücksichtigung von rotierenden Geometrien dar. Um bei voller örtlicher Diskretisierung die resultierende Schallausbreitung korrekt abzubilden, sind vor allem die Gitterübergänge zwischen stehenden und rotierenden Abschnitten entscheidend. Im gegenwärtigen Beitrag wird ein vorhandener Finite-Volumen Strömungsakustik-Löser für die Berechnung mit rotierenden Gittern weiterentwickelt. Dazu werden zunächst die bereits bestehenden dynamischen Gitter-Routinen der Open-Source Simulationsumgebung OpenFOAM® bezüglich ihrer Anwendbarkeit in Verbindung mit den Störungsverfahren der Strömungsakustik untersucht. Anschließend werden Terme zur Berücksichtigung eines rotierenden Bezugssystems in die akustischen Gleichungen integriert, um schließlich eine nahezu unbeeinflusste Schallentstehung sowie Ausbreitung berechnen zu können. Abschließend werden die Auswirkungen der Berücksichtigung von rotierenden Gittern anhand eines geeigneten Testfalls beleuchtet und in Hinblick auf ihre Anwendbarkeit und Genauigkeit diskutiert.

Di. 15:00 MW 0350 Simulationsverfahren in der Strömungsakustik

Untersuchung ausgewählter Terme in den Gleichungssystemen hybrider "hydrodynamic/acoustic splitting"-Formulierungen

Thorben Schröder, Patrick Silkeit, Joscha Piepiorka und Otto von Estorff
TU Hamburg-Harburg

Die sogenannten "hydrodynamic/acoustic splitting"-Ansätze sind eine Klasse von hybriden Verfahren in der numerischen Strömungsakustik (CAA). Sie basieren jeweils auf einer inkompressiblen Strömungssimulation, wobei zeitliche Ableitungen des Druckes als primäre Quellterme fungieren. Die akustischen Modellierungsgrößen sind in allen Fällen kompressible Störungen. Damit unterscheiden sich die Methoden schon in der zugrundeliegenden Variablenauftrennung von anderen üblichen Verfahren, die zumeist zeitliche Fluktuationen modellieren. Beispiele für "hydrodynamic/acoustic splitting"-Methoden bzw. stark verwandte Verfahren sind der "Expansion about Incompressible Flow"-Ansatz (Hardin

und Pope, 1994 bzw. Shen und Sørensen, 1999), die zweite Variante der "Acoustic Perturbation Equations" (Ewert und Schröder, 2003) und die "Linearized Perturbed Compressible Equations" (Seo und Moon, 2006). Im Rahmen des vorliegenden Beitrags wird eine detaillierte Betrachtung ausgesuchter Terme in den Gleichungssystemen der "hydrodynamic/acoustic splitting"-Methoden durchgeführt. Insbesondere wird der Einfluss sekundärer (Quell-)Terme dargestellt, welche mit Wirbelmoden in der Strömung und im Feld der Schallschnelle in Verbindung gebracht werden. Bei der Analyse werden sowohl Stabilitäts- als auch Genauigkeitsaspekte berücksichtigt. Interessant ist speziell die Betrachtung bei moderat erhöhten Machzahlen im oberen Bereich der Anwendbarkeit inkompressibler Strömungssimulationen. Die Untersuchungen sollen einen Beitrag zur Verbesserung des Verständnisses relevanter Zusammenhänge leisten. Ergebnisse werden anhand von Beispielsimulationen dargestellt.

Di. 15:20 MW 0350 Simulationsverfahren in der Strömungsakustik

Interpolation Technique for Computational Aeroacoustics and Vibroacoustics

Stefan Schoder und Manfred Kaltenbacher

TU Wien, Inst. f. Mechanik u. Mechatronik

Since the beginning of computational aeroacoustics, hybrid methodologies have been established as the most practical methods for aeroacoustic computations. These approaches are based on three steps: (1) perform unsteady flow computations on a restricted sub-domain; (2) compute with a conservative algorithm the acoustic sources; (3) compute the acoustic field. It should be noted that analog to aeroacoustics, decoupled vibro-acoustic simulations follow a similar three step approach, aiming to compute the acoustic field due to structural deformations. Both computational schemes require a robust transformation of the discrete fluid field (or in case of vibro-acoustics the discrete mechanical deformations) to the acoustic simulation grid. Based on the framework of radial basis functions, we propose a general method for the computation of the source terms. Compared to different interpolation algorithms, radial basis functions have promising capabilities: (1) local behavior and the computational efficiency, known from nearest neighbor algorithms, is possible; (2) C_∞ interpolation functions result in smooth derivatives of the interpolated field; (3) patch search techniques indicate typical flow structures. This method allows us to use primary flow variables velocity, pressure, density as input to compute aeroacoustic sources and mechanical displacement for vibro-acoustic sources. We verify our approach by the "co-rotating vortex pair".

Di. 16:40 MW 0350 Simulationsverfahren in der Strömungsakustik

A hybrid CFD/BEM method for the calculation of aeroacoustic noise from a radial fan

Hakan Dogan und Martin Ochmann

Beuth Hochschule für Technik Berlin

In this work, a hybrid numerical simulation for the aeroacoustic noise of a radial fan will be presented. The geometry of the problem is in compliance with the "In-Duct" experimental technique according to the industrial norm DIN EN ISO 5136, where the far-field noise levels are monitored inside a circular duct using three probe-type microphones. A radial fan with a diameter of 140 mm and eight backward-curved blades is used. Since direct fluid dynamics simulations for the whole system are computationally expensive, a hybrid approach is employed where the near field pressure and velocity values are computed with CFD (using ANSYS software), and the far field acoustic pressure is evaluated using the direct boundary element (BEM) formulation. In particular, the Detached Eddy Simulation (DES) and the Scale Adaptive Simulation (SAS) are employed in CFD computations. A virtual interface near the beginning section of the duct is used for the data exchange. The acoustic pressure is then computed at the locations of probe microphones in the far-field using BEM. Upon timely completion of experimental measurements, comparison of the numerical results with the experimental values will be shown.

Di. 17:00 MW 0350 Simulationsverfahren in der Strömungsakustik

How to Predict the Sound Spectrum of a Helmholtz Resonator under Grazing Turbulent Flow

Lewin Stein und Jörn Sesterhenn

TU Berlin, Inst. f. Strömungsmechanik u. Technische Akustik

Perforated linings backed by arrays of Helmholtz resonators are well-established as silencers of tonal noise in turbulent flow. Areas of application are automotive engines or jet engines. Typically, these devices operate at subsonic and low-frequency conditions. I.e. the Strouhal number is smaller than the cutoff-frequency of the cavity.

We exploit the confined range of operation to tune a spectral impedance model for a single Helmholtz resonator. The model consists of three parts: First, a characterization of the turbulent boundary layer using the Chase model of wall pressure fluctuations; second, a filter function of the rectangular opening; third, a cavity's impedance function describing the resonances of the shear layer and the depth/base modes of the cavity. The model will be contrasted with a Direct-Numerical-Simulation and with an experiment.

Based on the model predictions are made: Without flow, the resistance is always positive. With flow the Helmholtz resonator can act both as a silencer or as an amplifier: At low frequency, the shear layer absorbs

acoustic energy; on the contrary at higher frequencies tones occur. The resistance of an opening is increased with the flow velocity. However, this is counteracted by an increase of acoustic source terms of the turbulent boundary layer.

Di. 17:20 MW 0350 Simulationsverfahren in der Strömungsakustik

Anwendung der "Moving-Least-Squares"-Methode auf die räumliche Interpolation innerhalb eines OpenFOAM®-EIF-basierten Strömungsakustik-Lösers

Hoshang Sultani, Thorben Schröder und Otto von Estorff

TU Hamburg-Harburg

Hybride Methoden bieten die Möglichkeit, die Strömung und die daraus resultierende Akustik separat zu simulieren. Die Ergebnisse einer inkompressiblen Strömungssimulation bilden dabei die Quellen für die sich anschließende Akustiksimulation. Die Berechnung der Akustik erfolgt in diesem Beitrag mit dem sogenannten "Expansion about Incompressible Flow" (EIF) - Ansatz nach Hardin und Pope beziehungsweise Shen und Sørensen. Für die Ausbreitung der Schallwellen sind möglichst akkurate numerische Verfahren erforderlich. Eine vielversprechende Methode stellt die "Moving-Least-Squares" (MLS) - Approximation nach Lancaster und Salkauskas dar. Eine Besonderheit des Verfahrens besteht darin, dass auch bei unstrukturierten Netzen die Genauigkeit beibehalten werden kann. Bei der Untersuchung der MLS-Methode zur räumlichen Interpolation wird die Finite-Volumen Simulationssoftware OpenFOAM® eingesetzt, welche die Anwendung von unstrukturierten Netzen erlaubt. Die Genauigkeit der MLS-Methode wird zunächst anhand eines einfachen Wellenausbreitungsbeispiels mit den in OpenFOAM® vorhandenen Standardmethoden verglichen. Dabei werden die Ergebnisse sowohl für regelmäßige, äquidistante und orthogonale Netze als auch für unregelmäßige, nichtäquidistante und nichtorthogonale Netze, bei denen die Standardmethoden an Genauigkeit verlieren, untersucht. Um das Verhalten der MLS-Methode auch im Quellenbereich zu erforschen, wird im nächsten Schritt eine zweidimensionale Zylinderumströmung, für deren Schallfeld semi-analytische Lösungen vorliegen, herangezogen. Hierbei wird, neben der Genauigkeit, insbesondere auf die Stabilität der Methode eingegangen.

Di. 17:40 MW 0350 Simulationsverfahren in der Strömungsakustik

A Hybrid Level-Set LES / CAA Method for Thermoacoustic Analyses

Konrad Pausch, Sohel Herff und Wolfgang Schröder

Aerodynamisches Institut, RWTH Aachen

Combustion instabilities limit the operating conditions of low-emission lean premixed combustion systems. To predict their onset a description of the unsteady heat release, which drives the thermoacoustic instability, and the acoustic flame response is necessary. Due to the scale disparity

a hybrid approach is used for the investigation. The combustion process is computed by an unstructured cartesian LES solver. A conservative cut-cell technique is used to capture arbitrary embedded boundaries. The computational grid is refined in the flame region to ensure a sufficient resolution of the turbulent scales. For the combustion process a combined G-equation progress variable modeling approach by Moureau et al. is applied. The G-equation approach is used to describe the motion of the inner-layer temperature contour of the flame, where the contour represents the zero-level set, i.e., the $G = 0$ contour. To lower the computational time an efficient parallel coupling method of the flow solver and the level-set solver based on a dual-mesh concept is used. In the second step of the hybrid approach the acoustic perturbation equations by Ewert and Schröder are solved to determine the acoustic field based on the sources computed from the LES data.

Sitzung „Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung“

Di. 14:00 MW 1450

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Aufbau und Betrieb einer Infraschallquelle

Detlef Krahé^a, Alexander Alaimo Di Loro^b, Ulrich Möhler^b, Christian Eulitz^b, Uwe Müller^c und Dirk Schreckenberger^d

^aBergische Universität Wuppertal; ^bMöhler + Partner Ingenieure AG;

^cDLR Köln; ^dZEUS GmbH

Für eine Untersuchung zur Wahrnehmung und Wirkung von Infraschall (< 20 Hz) auf den Menschen nahe der Hörgrenze wurde eine Infraschallquelle eingesetzt, die u.a. sinusförmige Schalle möglichst frei von nichtlinearen Verzerrungen produzieren kann. Kern des Systems ist der Infraschallgenerator TRW 17 der Firma Eminent Technology, der Schalldruckpegel > 115 dB im Bereich 1 Hz bis 20 Hz erzeugen kann. Prinzip bedingt ist die Erzeugung nicht frei von nichtlinearen Verzerrungen. Zur aktiven Kompensation von Obertönen wird ein hochqualitativer Subwoofer (Neumann KH 870) eingesetzt. Dieser kann bei Frequenzen nahe 20 Hz auch als primäre Quelle eingesetzt werden. Die nichtlinearen Verzerrungen, die dieser dann bei hohen Pegeln erzeugt, werden von einem weiteren Lautsprecher ebenfalls aktiv kompensiert. Die Kompensation wird mittels eines DSP-Systems generiert und kontrolliert. Die Untersuchung wird vom Umweltbundesamt finanziert.

Di. 14:20 MW 1450

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Combined Measurement of Cone Vibration and 3D Sound Pressure output of TransducersChuan Qin^a, Christian Bellmann^b und Wolfgang Klippel^b^a*TU Dresden*; ^b*KLIPPEL GmbH*

Measuring the cone of an electroacoustic transducers using a triangulation laser, the vibration behavior as well as the geometry of the membrane can be exploited. These mechanical information can be used to predict the acoustical output of the loudspeaker using Bounded Element Modeling (BEM). A fast alternative to these time-consuming calculation is Rayleigh's integral equation, which considers the vibration but neglects the curvature of the cone. Consequently, the accuracy of the extrapolated sound field data is limited. Measuring with a microphone in the near field of the transducer and using a holographic approach to extrapolate the far field gives a much more accurate description of the 3D sound pressure output. The paper will present how the measurements can be combined using the same hardware to measure automatically accurate both mechanical and acoustical data of an electroacoustic transducer.

Di. 14:40 MW 1450

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Messtechnische Bestimmung der Treiberparameter von Elektrodynamischen Excitern durch Vector-FittingBenjamin Becker und Kay Kochan*ZAL - Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung GmbH*

Elektrodynamische Exciter werden in Kombination mit einer schallabstrahlenden Oberfläche zunehmend als Alternative zu konventionellen Lautsprechern zur Beschallung von Fahrzeuginnenräumen (in Flugzeugen, Automobilen, Zügen) verwendet. Zur Anpassung des Exciters an die abstrahlende Oberfläche und den benötigten Frequenzbereich müssen die physikalischen Parameter des Exciters gezielt beeinflusst werden. Dies erfordert während der Entwicklung und nach der Fertigung eine Methode zur messtechnischen Bestimmung der Parameter. In diesem Beitrag wird ein mögliches Ersatzschaltbild für elektrodynamische Exciter analysiert, und es wird gezeigt, wie die Parameter der Ersatzschaltbildkomponenten über Messungen bestimmt werden können. Die hier vorgestellte Methode besteht darin, die Polstellen und Residuen von am Exciter messbaren Übertragungsfunktionen zum einen theoretisch abzuleiten und sie zum anderen über die Methode des Vector Fitting aus gemessenen Daten zu gewinnen. Aus den Polstellen und Residuen lassen sich anschließend die Parameter des Ersatzschaltbilds für den vermessenen Exciter berechnen.

Di. 15:00 MW 1450

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Messung der Signalverzerrungen bei der Wiedergabe komplexer AudiosignaleLukas Creutzburg^a, Wolfgang Klippel^b und Marian Liebig^b^a*TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik*; ^b*KLIPPEL GmbH*

Dieser Beitrag beschreibt die Messung der Signalverzerrungen unter Nutzung komplexer Audiosignale, wie beispielsweise Musik, als Messsignal. Diese Messmethode ist eine praxisnahe Möglichkeit zur Prüfung von Lautsprechern. Eine Initialmessung ist nicht erforderlich. So kann auch ein beliebiger Mitschnitt einer Veranstaltung als Messsignal verwendet werden. In der Analyse wird der Übertragungspfad linear, zeitvariant modelliert. Dabei muss bei der Modellierung mit in Betracht gezogen werden, dass nur diejenigen Frequenzlinien mit in das Modell aufgenommen werden, welche sowohl ausreichend angeregt werden und ausreichend kohärent zum Eingangssignal sind. Außerdem werden Änderungen der Übertragungsfunktion durch viskoelastische Effekte oder Erhitzung der Schwingspule in einer getrennten zeitvarianten Modellierung mit berücksichtigt. Es verbleibt nach der Subtraktion des Modells von der Aufzeichnung das Residuum, welches nur noch nichtlineare Verzerrungen, externe Störsignale und Rauschen enthält.

Di. 15:20 MW 1450

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Using object-based audio reproduction in live applicationsChristoph Sladeczek^a und Bjorn Van Munster^b^a*Fraunhofer IDMT*; ^b*Astro Spatial Audio - Vanmunster BV*

Object-based audio is an approach for spatial sound reproduction which overcomes fundamental problems of traditional channel based applications. A spatial audio production consists out of audio objects. The audio objects are defined by an input signal and its associated metadata. The input signal represents the sound which should be perceived e.g a violin or a female voice, while the metadata describes the unique characteristics of that input signal such as its spatial position, movement or gain. Based on the audio-object information the loudspeaker signals will be generated by means of real- time audio rendering. For this the audio renderer need to know the loudspeaker setup. Especially in live applications, this new approach has major advantages for creative professionals. This paper describes the application and experiences of object-based audio installations in famous venues throughout Europe.

Di. 15:40 MW 1450

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Präsentation der Poster der Sitzung „Lautsprecher und Kopfhörer (Poster)“ (S. 118)

Di. 16:40 MW 1450

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Modern Mathematical Methods for Signal Processing in Audio and AcousticsGeorg Tauböck*Österr. Akademie der Wissenschaften*

Signal processing is a key technology that forms the backbone of important developments like MP3, digital television, mobile communications, and wireless networking and is thus of exceptional relevance to economy and society in general. The main goal of this contribution is to give an overview over modern mathematical methods for signal processing in audio and acoustics. In particular, we will address frame theory, time-frequency analysis, as well as compressive sensing and sparsity.

The mathematical concept of frames establishes a theoretical background for signal processing. They can give more freedom for the analysis and modification of information and are thus of utmost importance for accurate models of real-world phenomena.

Compressive sensing has been one of the major developments in applied mathematics in the past 15 years. The key to its success is that it allows one to exploit signal structure, such as sparsity, to circumvent the traditional barriers of sampling theory. In addition, efficient algorithms allow the practical realization of this theory. Since many real-world signals can be well approximated by an expansion that has only a small number of non-vanishing terms (sparse representation) it has proven a strong potential for many applications including audio and acoustics.

Di. 17:00 MW 1450

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Frame Multipliers - a mathematical background for time-variant filters and auditory scene analysisPeter Balazs*Österr. Akademie d. Wissenschaften, Inst. f. Schallforschung*

The concept of frame multipliers are the mathematical description of very natural operators. Given an audio signal, a transform is applied on it, for example a time-frequency transform. The coefficients are then multiplied by a so-called symbol, and then by re-synthesis an audio signal. Multipliers have been used implicitly for quite some time in audio applications, as time-variant filters. Also in computational auditory scene analysis (CASA) the masks used to separate target and background also naturally correspond to such operators.

In this talk we are going to present the mathematical theory for frame multipliers, and show how they can be applied in acoustics.

Di. 17:20 MW 1450

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Reale Ambisonics MikrophoneMartin Schneider*Georg Neumann GmbH*

Die Ambisonics Technologie wurde in den 1970ern entwickelt. In ihrer Grundform (First order Ambisonics, FOA) wird das Schallfeld idealerweise an einem Punkt durch ein omnidirektionales und drei orthogonal angeordnete, bidirektionale Mikrophone erfasst ("B-Format"). Da perfekte Koinzidenz hierbei nicht möglich ist, besteht eine typische Realisierung aus vier Druckgradientenempfängern, die quasi-koinzident auf den Flächen eines virtuellen Tetraeders angeordnet sind ("A-Format"). Deren Signale werden mittels Matrizierung und Filterung in eine virtuelle B-Format-Anordnung umgerechnet. 40 Jahre lang war Ambisonics, auch mit der Erweiterung zu Higher Order Ambisonics (HOA) ab ca. 2000, ein Thema für Forscher und eine kleine Zahl von Enthusiasten. Erst durch die Integration von 360°-Video und Ambisonics als bevorzugtem Audioformat in weitverbreitete Plattformen wie Youtube und Facebook erfuhr diese Technologie seit 2016 ein größeres Interesse. Mittlerweile steht eine Auswahl von Mikrofonen in A-Format zur Verfügung, die aber in ihren Realisierungen teils stärker vom theoretischen Ideal abweichen. Vergleichende akustische Messungen zeigen die Differenzen auf. Insbesondere entstehen Laufzeitdifferenzen durch die Quasi-Koinzidenz, die auch durch Matrizierung und Filterung nur partiell kompensiert werden können, so dass man sich im Filterentwurf für ein Optimierungsideal entscheiden muss. Die Auswirkungen verschiedener Filter werden anhand realer Implementierungen dargestellt.

Di. 17:40 MW 1450

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Akustische Peilung und Ortung mit Mikrofon-GruppenMacarena Varela, Wu Wirth und Miriam Häge*Fraunhofer FKIE*

Die akustische Ortung von Schusswaffen und Drohnen wird mit einem Array von Mikrofonen untersucht. Als Arrays wurden nach einer linearen Anordnung auch räumliche Verteilungen der Mikrofone untersucht. Ziel war dabei eine zweidimensionale Peilung (Azimut und Elevation). In einer Doppelring-Anordnung wurden 8 Mikrofone in einer Ebene und darüber 4 Mikrofone in einer zweiten Ebene angeordnet. Als zweite Alternative wurden die Mikrofone innerhalb eines Kugelvolumens zufällig verteilt (Krähennest).

Die Ausgangssignale der Mikrofone werden mit einem Abtasttakt bis 192 KHz digitalisiert und gespeichert. Die offline-Auswertung erfolgt mit MATLAB.

Zur Peilung der breitbandigen Signale wird eine Keulenbildung mit Ermittlung des richtungsabhängigen Maximums eingesetzt. Da die Signale sehr breitbandig sind werden sie zunächst für alle Kanäle in den Frequenzbereich transformiert (FFT). Durch Anwendung eines passenden Keulenbildungsvektors gemeinsam für alle Frequenzen wird eine kohärente Keulenbildung erreicht. Sie erwies sich als vorteilhaft gegenüber bekannten inkohärenten Verfahren.

Es wurden erfolgreiche Versuche mit Drohnen und Schusswaffen durchgeführt.

Bei Schusswaffen erhält man zwei Peilungen: eine für den Mündungsknall und eine für den Überschallknall vom Geschoss. Aus beiden Peilungen und der gemessenen Zeitdifferenz kann dann auch die Entfernung ermittelt werden. Dabei ist die Abbremsung des Geschosses in der Luft zu berücksichtigen.

Di. 18:00 MW 1450

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Lautsprecher-Beamforming unter Berücksichtigung von Raumreflexionen

Georg Fischer, Andreas Männchen, Johannes Nowak und Daniel Beer
Fraunhofer IDMT

Dieser Artikel untersucht den Einfluss von Raumreflexionen auf die Qualität der Kanaltrennung beim Beamforming mit Lautsprecher-Arrays. In den Experimenten wird ein Beamforming-Algorithmus evaluiert, der die Richtcharakteristik aller Einzelelemente des Lautsprecher-Arrays in die Filtergenerierung miteinbezieht und somit eine optimale, Array-spezifische Richtwirkung erreicht. Während dieser Ansatz unter reflexionsarmen Bedingungen eine hohe Richtwirkung und somit eine gute Trennung zwischen zwei Schallzonen erzielt, führen Raumreflexionen in realen Anwendungen zu einer deutlichen Verschlechterung der Kanaltrennung. Um auch unter reflektierenden Bedingungen eine hohe Kanaltrennung zu erreichen, wird im präsentierten Beamforming-Ansatz der Einfluss der Raumreflexionen in die Berechnung der Lautsprecherfilter miteinbezogen. Dabei wird die Richtcharakteristik der Einzelelemente nicht in reflexionsarmer Umgebung, sondern direkt im realen Raum ermittelt und somit das Richtverhalten des Einzelwandlers gemeinsam mit den entsprechenden Raumreflexionen bei der Filtergenerierung berücksichtigt. Basierend auf einfachen Raumsimulationen wird der Einfluss verschiedener Raumreflexionen und -eigenschaften untersucht, und die Qualität der Kanaltrennung vergleichend gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass das Beamforming und die Kanaltrennung optimiert werden können, wenn Raumreflexionen bei der Filtergenerierung berücksichtigt werden.

Sitzung „Lautsprecher und Kopfhörer (Poster)“

Kurzvorträge: Di. 15:40 (MW 1450)

Poster-Forum: Di. 16:00, Posterinsel A

Di.-Do.

Lautsprecher und Kopfhörer (Poster)

Kopfhörer - 30 Jahre Forschung und Entwicklung über die 2D-/3D-Hörerlebensquelle hinaus mit 2018 gezielten Gesundheitsaspekten

Florian M. König

Florian König Enterprises GmbH, Germering

Zur DAGA 1991 startend wurden vier unterschiedliche Beiträge um objektive Mess-/Kopfhörer-Klangwiedergabe/-Lautheit sowie Kinderschreigeräusche-Analysen eingebracht. Dies ging einher mit den Hauptbetätigungsfeldern des i.R. Autors & Gründers der ULTRASONE el. GmbH (heute AG) seitens der Erzeugung frontal externalisierter Hörereignisse und deren Psychoakustik: Subjektive, binaurale Pegelreduktion, Tonmix-Aspekte, Klangfarben-Veränderung mit/ohne Im-Kopf-Lokalisation vornehmlich via Kopfhörer (jeden Alters). Ferner ergaben sich Ausläufer die KFZ-Akustik, der akustisch-digitalen Sprachsignalnutzung (1992) oder die Blinden-Hörereignis-Wahrnehmung, was u.a. 1996 zu ersten Gehversuchen um ton-4-kanalige 3D-Virtual-Reality führte. Zahlreiche nicht immer vollwissenschaftliche, oftmals praxisbezogene Veröffentlichungen zu diversen AES, DAGA, Forum Acusticum; Internoise sowie Dgl. nehmen darauf Bezug. Außerdem entstanden zahlreiche von der reinen Kopfhörerakustik sich entfernende, interdisziplinäre Forschungsprojekte: "Der sensorische Mensch in unterschiedlichster Wellenform-Umgebung"; so in diesem Jahrzehnt mit einer Stress-/Hörreizerfassungen mittels TCM-Related Body-Reactions (2013). Zum 30-sten Entwicklerjubiläum entstand jetzt ein Beitrag um einen SFERICS-HEADPHONE (wellcans.com; fk-e.de), welcher dem Menschen als akustische & natur-konform strahlende Raumklangquelle dient. Dabei gelangen jene bereits 1997 vorgestellten Erkenntnisse um elektromagnetische Strahlungseigenschaften von Kopfhörern und Headsetes in den Fokus, denn ein Schönwetterfeld (1:1 kopiert aus der Natur) wird als Add-On emittiert; warum: Kopfhörer-Nutzer sollen seitens der laufend in Pegel- und Frequenzbreite zunehmenden, technischen Wechselfeldbelastung sowie Wetterfühligkeitseffekten "verdeckend" geschützt werden (Literatur: Strahlenbelastung / HARDELL 2017, Wetterfühligkeit / HÖPPE 2002).

Di.-Do.

Lautsprecher und Kopfhörer (Poster)

Accurate Loudspeaker Measurements by Compensating the Room Influence

Wolfgang Klippel und Christian Bellmann

KLIPPEL GmbH

Measurements of linear and nonlinear characteristics of Loudspeakers are usually performed in an anechoic environment. Measuring in a non-anechoic room, simulated free field conditions can be generated by windowing at higher frequencies. At lower frequencies a holographic measurement provides the required resolution by scanning the nearfield. Those accurate results are used as a reference for generating a correction curve for the fundamental component. Measuring harmonic distortion with transient stimuli, e.g. farina sweep or tone burst (CEA2010) a magnitude correction is not sufficient. In this paper, a new measurement technique is proposed that compensates room effects in the time signal of the microphone input by inverse filtering. Benefits and particularities are demonstrated by practical measurements using sweep and burst stimuli.

Di.-Do.

Lautsprecher und Kopfhörer (Poster)

Modellbasiertes Verfahren zum Schutz der Schwingspule elektrodynamischer Lautsprecher vor thermischer Überlastung

Tobias Brocks, Johannes Nowak, Andreas Männchen und Daniel Beer

Fraunhofer IDMT

Dieser Beitrag präsentiert ein Verfahren zum thermischen Schutz elektrodynamischer Lautsprecher in Echtzeit. Das vorgestellte Verfahren realisiert eine Leistungsbegrenzung auf Basis der Kombination eines nichtlinearen Lautsprechermodells mit einem statistischen Modell zur Prädiktion der Schwingspulentemperatur. Die Temperaturprädiktion erlaubt es, die akustische Ausgangsleistung zu maximieren, ohne dabei die maximal zulässige Betriebstemperatur zu überschreiten. Das entwickelte Prädiktionsmodell basiert auf einem maschinellen Lernverfahren, das mit mehreren Stunden Temperaturmessdaten eines realen Lautsprechers trainiert wird. Hierbei kommt eine Vielzahl an repräsentativen Audiosignalen zum Einsatz, darunter Musik und Sprache. Das System wird anhand elektrischer, akustischer und thermischer Messungen evaluiert. Die Ergebnisse zeigen, dass eine genaue Temperaturprädiktion ohne zusätzlichen Hardware-Aufwand möglich ist und somit eine praktikable Lautsprechersteuerung realisiert werden kann.

Di.-Do.

Lautsprecher und Kopfhörer (Poster)

Real-time FPGA-based Platform for Psychoacoustic Evaluation of ANC Headphones Control Algorithms and their ParametersPiero Rivera Benois^a, Patrick Nowak^b und Udo Zölzer^a^a*Helmut-Schmidt-Universität Hamburg;* ^b*Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis*

Active noise control headphones provide the user with the passive and active attenuation of the noise pollution present in his or her environment. Different control algorithms can be used for active noise control, although all of them have different advantages, disadvantages, and control parameters. To choose one control algorithm and generate an adequate parameter constellation that satisfies the majority of the end users, engineers have to go through several iterations of design, prototyping, and evaluation. To alleviate and accelerate these tasks, a digital signal processing platform is proposed, which enables to switch between control algorithms and to tune in real-time their parameters. This is achieved through the implementation of the control algorithms on a low-latency FPGA-based platform. The control logic variables and algorithms' parameters are made available to a processor by means of shared registers. The processor works as mediator between the FPGA and an external computer, which renders a graphical user interface. This interface is used to choose between the different control algorithms and to change their parameters. Together with this, the platform is equipped with a dummy-head, which is used to provide the engineer with on-line psychoacoustic metrics for objective evaluation and documentation purposes.

Di.-Do.

Lautsprecher und Kopfhörer (Poster)

Just Noticeable Differences of deviation in Biquad IIR filter ParametersSamira Mohamady*IAV GmbH*

In this paper, just noticeable differences (JNV) of deviation in Biquad IIR filter is investigated. Biquad filter is a core element of digital signal processing units which determines the quality of the product. Through design of the biquad filter coefficients, the type of biquad filter is determined, however the sensitivity of the designed filter to a slight deviation of frequency and amplitude is not studied yet. In this work, first the biquad filters are introduced to a defined audio signal, then the filter parameters are slightly deviated and applied to the same audio sample to determine the noticeable perception deviation of the designed filters. This research leads to a useful documentary for the purpose of DSP unit design.

Sitzung „Raumakustische Modellierung und Validierung von Büroräumen“

Di. 14:00 MW 1550 Raumakustische Modellierung von Büroräumen

Simulationen zu den aktuellen Kenngrößen der Büroakustik

Sebastian Goossens^a, Roman Stumpner^a und Georg Brockt^b

^a*Institut für Rundfunktechnik GmbH*; ^b*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin*

In Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) hat das IRT vor einigen Jahren Auralisationen zur Planung von Büroräumen entwickelt, die über einen Internet-Browser wiedergegeben werden können. Architekten, Bauingenieure und Bauherren sowie Planer und Betreiber von Büroräumen und -arbeitsplätzen werden so bei der Planung der passenden Schallschutzmaßnahmen aktiv unterstützt. Mit einem extra entwickelten Player können die Nutzer lückenlos zwischen den Beispielen hin und her schalten und die Hörbeispiele direkt miteinander vergleichen. Der Player sorgt auch dafür, dass das gezeigte Bild immer mit dem gehörten Audiosignal übereinstimmt. In einem Folgeprojekt wurden die Demonstrationen aktualisiert und in der Weise erweitert, dass die im aktuellen Regelwerk verankerten akustischen Größen ermittelt und in die interaktiven Präsentationen integriert wurden. In den verschiedenen Raumsituationen wurden die akustischen Messungen als Computersimulationen durchgeführt. Um die Notwendigkeit und das Potenzial, aber auch die Grenzen akustischer Gestaltungsoptionen zu demonstrieren, wird somit die subjektiv, hörbare Wahrnehmungsebene mit technischen Größen aus Beurteilungsnormen und Gestaltungsrichtlinien verknüpft. Dafür werden bei den verschiedenen Bürotypen (Einzel-, 3-Personen- und Großraumbüro) raumakustische Parameter und Kenngrößen nach DIN 45645-2, DIN EN ISO 3382-3 und nach VDI 2569 angegeben. Zusätzlich wird der Einfluss von Schallmaskierungsgeräuschen auf die akustischen Messgrößen und die subjektive Wahrnehmung dargestellt.

Di. 14:20 MW 1550 Raumakustische Modellierung von Büroräumen

Vergleich von Ergebnissen aus Messung und Simulation in Mehrpersonenbüros

Elmar Schröder und Eva Wassermann
Müller-BBM GmbH

In der ISO 3382-3 wird ein Prüfverfahren zur Messung der Schallausbreitung in Mehrpersonenbüros beschrieben. Seit Erscheinen des Entwurfs der VDI 2569 stehen auch praxistaugliche Empfehlungen für die Kenngrößen dieses Prüfverfahrens zur Verfügung. Bereits jetzt erfolgt für viele Bauvorhaben die Planung nach den Raumakustik-Klassen der VDI 2569. Damit besteht für die raumakustischen Planer der Bedarf,

die relevanten Kenngrößen zuverlässig zu prognostizieren. Vor einigen Jahren wurden Untersuchungen zur Prognosegenauigkeit von Software zur Berechnung der Schallausbreitung im Vergleich zu Messergebnissen durchgeführt. Diese Untersuchungen wurden mit den zwischenzeitlich weiterentwickelten Softwareversionen wiederholt. Dabei wurden sowohl einfach beschreibbare Situationen wie einzelne Schirme im reflexionsarmen Halbraum als auch komplexe Situationen wie in Nutzung befindliche Mehrpersonenbüros betrachtet.

Di. 14:40 MW 1550 Raumakustische Modellierung von Büroräumen

Open plan office acoustics - a multidimensional optimization problem

Jens Holger Rindel

Odeon A/S

The international standard ISO 3382-3:2012 defines a number of measurable room acoustic parameters for the objective evaluation of the acoustics of open plan offices. The main acoustical problem is distraction by speech and conversation between other people. However, this is not a simple one-dimensional noise problem that can be solved by a sufficiently high damping of the room. If the reverberation time is very short, the remote voices are heard with high clarity and thus the amount of distraction is high. But a long reverberation time leads to a very noisy environment, which is also disturbing. Similarly with the background noise: It should be neither too low nor too high. The most interesting acoustic parameters are the distraction distance and the privacy distance, both derived from the Speech Transmission Index (STI). These parameters depend on the important acoustic parameters, namely the amount of absorption, the effect of screens, the spatial attenuation and the masking from background noise. For the acoustical design, it is suggested to take the background noise from human activity into account, assuming a vocal activity that depends on the type of office. A sufficient volume per person seems to be an important design parameter.

Di. 15:00 MW 1550 Raumakustische Modellierung von Büroräumen

Berücksichtigung von Möbeln in der 3D-Akustik-Simulation von Büros

Christian Nocke

Schall & Raum GmbH / Akustikbüro Oldenburg

In DIN EN ISO 354 "Messung der Schallabsorption in Hallräumen" wird ein Verfahren zur Messung der Schallabsorption von nicht-flächigen Einzelobjekten wie Möbeln, Leuchten, Stellwänden und anderen Objekten mit dem Ergebnis einer äquivalenten Schallabsorptionsfläche A_{Obj} beschrieben. Zur Verwendung in akustischen 3D-Simulationsprogrammen wird jedoch der Schallabsorptionsgrad von Flächen benötigt, da sämtliche Objekte in der Regel durch ebene Flächen zusammengesetzt bzw.

modelliert werden. Ein einheitliches Verfahren zur Umrechnung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche A_{Obj} zu Schallabsorptionsgraden für die Modelle von Einzelobjekten existiert bislang nicht. Die neue Kenngröße für α_{Obj} wird als α_{Obj} bezeichnet.

Die Definition benötigt neben der Kenntnis der Schallabsorptionsfläche des jeweiligen Objekts auch die Definition einer vereinfachten Geometrie für das Objekt, die als Akustik-Repräsentation bezeichnet wird. Hersteller und Händler von Büro-Ausstattungen haben inzwischen begonnen, akustisch wirksame Produkte mit Hilfe der neuen Kenngröße zu beschreiben, um so eine effiziente Übernahme aus entsprechenden Computerprogrammen zur Raumplanung (wie pcon-planner) in 3D-Raumakustiksimulationsprogramme effizient zu ermöglichen. In diesem Beitrag wird das Verfahren demonstriert und anhand von beispielhaften Büroplanung demonstriert.

Di. 15:20 MW 1550 Raumakustische Modellierung von Büroräumen

Präsentation der Poster der Sitzung

„Lärm am Arbeitsplatz (strukturierte Postersitzung)“ (S. 125)

Di. 16:40 MW 1550 Raumakustische Modellierung von Büroräumen

Ringversuch zur raumakustischen Messung von Großraumbüros gemäß DIN EN ISO 3382-3

Philipp Kelz

TAUBERT und RUHE GmbH

Seit Mai 2012 ist DIN EN ISO 3382-3 veröffentlicht. Diese Norm ist die Grundlage für die messtechnische Ermittlung der raumakustischen Bedingungen in Großraumbüros. Die normative Messung von Großraumbüros ist an einige Bedingungen geknüpft, die die Messung sehr aufwändig gestalten und in der Anwendung einen gewissen Interpretationsspielraum zu lassen, vor allem bei Räumen, die eine normative Untersuchung nur erschwert oder nicht ermöglichen.

Aus diesem Grund wurde ein Ringversuch mit verschiedenen Akustikbüros durchgeführt. Hierzu wurden in einem exemplarischen Großraumbüro die unterschiedliche Vorgehensweise und der mögliche Interpretationsspielraum der Norm untersucht. In diesem Beitrag werden Teile aus diesem Ringversuch vorgestellt und diskutiert.

Di. 17:00 MW 1550 Raumakustische Modellierung von Büroräumen

Die STI-Matrix - ein Verfahren zur schalltechnischen Bewertung und Beurteilung von Büros und anderen Aufenthaltsräumen

Wolfgang Probst

DataKustik GmbH

In Büros, Restaurants und anderen Aufenthaltsräumen handelt es sich bei beklagten Lärmproblemen meist um die Störung durch das unerwünschte Verstehen der Sprache aus anderen Bereichen oder aber auch um eine als zu schlecht empfundene Sprachverständlichkeit innerhalb des eigenen Kommunikationsbereichs. Mit computergestützten Simulationstechniken können derartige Probleme für jede zu untersuchende Planungsvariante schon im Vorfeld erkannt und minimiert werden. In diesem Beitrag wird eine neu entwickelte Technik vorgestellt, mit der die Anforderungen an die Sprachverständlichkeit für alle möglichen oder relevanten Paarungen von Arbeitsplätzen oder Aufenthaltsorten durch eine im Ablauf automatisierte Berechnung des Speech Transmission Index STI geprüft werden. Die Ergebnisse zeigen wesentlich besser als die Darstellung des STI-Verlaufs für festgelegte Pfade nach VDI 2569 auf, wo Defizite bestehen und in welchen Bereichen diese durch geeignete Maßnahmen behoben werden können. Ein Vorschlag zur Bereichskennzeichnung mit den drei Ampelfarben wird vorgestellt.

Di. 17:20 MW 1550 Raumakustische Modellierung von Büroräumen

Die Anwendung der STI-Matrix bei der Planung und Beurteilung von Büros und anderen Aufenthaltsräumen

Michael Böhm

DataKustik GmbH

Das Konzept der STI-Matrix wird an praktischen Beispielen demonstriert. Am Beispiel der Planung von Büros, Restaurants und anderen Aufenthaltsräumen wird gezeigt, welche Schritte von der Festlegung der bereichsbezogenen Anforderungen über die Simulationsberechnung bis zur hochverdichteten Ergebnisdarstellung zu durchlaufen sind. Die wichtigsten Schritte von der Bestimmung des für die Sprachverständlichkeit sehr wichtigen Hintergrund-Geräuschpegels über die Ermittlung des STI für alle möglichen Paarungen Sprecher - Hörer bis zur Erstellung einer auf die Sprachverständlichkeit bezogenen "Beurteilungsmatrix" mit Ampelfarben werden anhand der Beispiele demonstriert. Dieser automatisierbare Ablauf kann wesentlich zu einer zielgerichteten schalltechnischen Planung derartiger Räume beitragen.

Di. 17:40 MW 1550 Raumakustische Modellierung von Büroräumen

Berücksichtigung binauraler Effekte bei der Vorhersage der Leistungsfähigkeit in Büroumgebungen bei Hintergrundsprache

Tobias Renz^a, Philip Leistner^b und Andreas Liebl^b

^a *Universität Stuttgart, IABP*; ^b *Fraunhofer-Institut für Bauphysik*

Hintergrundsprache in Mehrpersonenbüros führt häufig zu hoher Ablenkung und Unzufriedenheit. Zahlreiche Studien haben belegt, dass besonders das Kurzzeitgedächtnis durch irrelevante Sprachschalle beeinträchtigt wird. Ein Modell zur Vorhersage der Leistungseinbußen wurde vorgestellt (Hongisto, 2005), das auf der Annahme beruht, dass die durch den Sprachübertragungsindex (STI) abgeschätzte Sprachverständlichkeit mit dem störenden Einfluss auf das Kurzzeitgedächtnis korreliert. Demzufolge fällt die Leistung ab einem STI von 0,2 und flacht bei STI-Werten oberhalb von 0,6 mit maximalen Leistungseinbußen zwischen 4 und 45 % ab. Die Modellanpassung erfolgte mit 15 monaural bestimmten STI-Werten. Es kann davon ausgegangen werden, dass binaurale Effekte einen Einfluss auf die Arbeitsgedächtnisleistung haben. In zwei von dem Autor durchgeführten Laborversuchen zeigte sich, dass Hongisto's Modell eine hohe Anpassungsgüte bei stationärem Breitbandrauschen als Hintergrundgeräusch aufweist, jedoch zu Diskrepanzen bei schwankenden Hintergrundgeräuschen sowie binauralen Hörsituationen mit räumlicher Verteilung der Sprach- und Maskierschalle führt. Bei binauralen Hörsituationen konnten die Abweichungen reduziert werden, indem der maximale STI-Wert an beiden Ohren berücksichtigt wurde. Die Ergebnisse deuten zudem darauf hin, dass Hongisto's Modell den Einfluss der Sprachverständlichkeit auf die Arbeitsgedächtnisleistung vorhersagen kann, nicht aber die Störwirkung durch temporal-spektrale Variabilität von Hintergrundschallen.

Sitzung „Lärm am Arbeitsplatz (strukturierte Postersitzung)“

Kurzvorträge: Di. 15:20 (MW 1550)

Poster-Forum: Di. 16:00, Posterinsel M

Di.-Do.

Lärm am Arbeitsplatz (strukt. Postersitzung)

Lärm und Schwerhörigkeit in der Unfallstatistik - Daten aus Österreich

Eva Ruppert-Pils

AUVA, Wien

Die allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA) ist Österreichs größter Versicherer für Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten, hier sind etwa 78 % der Beschäftigten in Österreich versichert. Jedes Jahr werden alle der AUVA gemeldeten Arbeits- und Wegunfälle gesammelt, und publiziert. Dabei wurden bisher vor allem Unfallraten nach Wirtschaftsklassen der Unternehmen, sowie Ursachen, Auswirkungen und Kosten von

Unfällen untersucht. Erstmals soll in dieser Arbeit ein Überblick über den Zusammenhang von Lärm und Unfällen gegeben werden. Es gibt hierfür zwei große Gruppen, die näher betrachtet wurden: Die lärmexponierten Versicherten in Österreich und jene Menschen, die durch jahrelange Lärmexposition eine Lärmschwerhörigkeit (als Berufskrankheit) erlitten haben. Diese beiden Gruppen wurden in der vorliegenden Arbeit genauer untersucht. Neben allgemeinen Angaben wie zugehörige Wirtschaftsklassen, Alter, Beruf und Geschlecht wurden deren Unfallraten mit jenen der restlichen Beschäftigten verglichen. Anhand der Ergebnisse wird versucht, Rückschlüsse über Erfolge und Misserfolge von präventiven Maßnahmen zu ziehen beziehungsweise zu diskutieren.

Di.-Do.

Lärm am Arbeitsplatz (strukt. Postersitzung)

Lärm am Büro-Arbeitsplatz - Vorschriften, Regeln und Normen zur akustischen Bürogestaltung

Christian Nocke

Schall & Raum GmbH / Akustikbüro Oldenburg

Mit der DIN 18041 "Hörsamkeit in Räumen - Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise zur Planung" sowie der VDI 2569 "Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro" sind neue Regelwerke zur raumakustischen Gestaltung von Büros erschienen. Für die raumakustischen Kenngrößen in Großraumbüros (nach ISO 3382-3) stehen damit erstmals Empfehlungen und Vorgaben bereit. Die beiden Regelwerke werden im Rahmen des Vortrags vorgestellt und anhand von Beispielen diskutiert.

Die Bedeutung für die Ergonomie des Arbeitsplatzes im Büro ergibt sich weiterhin aus den Vorgaben im Bereich Arbeitsschutz. Im Rahmen von Gefährdungsbeurteilungen, siehe z.B. ASR V3 vom Juli 2017, sind Gefährdungen zunächst an der Quelle und dann durch technischen Maßnahmen zu beseitigen und zu reduzieren. Persönliche Schutzausrüstungen (Headsets im Büro) oder die Qualifizierung der Beschäftigten (Sprechtraining, Sprechverhalten) stehen am Ende der Maßnahmenhierarchie. Weiterhin ist (gegebenenfalls) die ASR 3.7 Lärm zu diskutieren. Die raumakustischen Vorgaben aus verschiedenen Regelwerken werden vorgestellt, verglichen und im Hinblick auf ihre Praxistauglichkeit kommentiert.

Di.-Do.

Lärm am Arbeitsplatz (strukt. Postersitzung)

Erfassung und Beurteilung der Raumakustik in Mehrpersonenbüros

Florian Schelle und Jan Selzer

Institut für Arbeitsschutz der DGUV, St. Augustin

In Mehrpersonenbüros häufen sich die Beschwerden von Beschäftigten über schlechte akustische Bedingungen. Oft genannte Probleme sind eine zu hohe Lautstärke sowie eine hohe Störwirkung durch Gespräche

und Geräusche der Kollegen. Typische Folgen sind ein überhöhtes Maß an Stress, ein Mangel an Privatheit sowie eine Beeinträchtigung der kognitiven Leistungsfähigkeit. Für die Messung und Beurteilung der Lärm-situation in Mehrpersonenbüros existieren mit der DIN EN ISO 3382-3:2012 und der VDI 2569:2016 (Entwurf) zwei Regelwerke, welche speziell auf die besonderen Bedingungen in Mehrpersonenbüros abzielen. Im Rahmen betrieblicher Messungen sollen die genannten Regelwerke hinsichtlich ihrer Praktikabilität im Arbeitsschutz überprüft und allgemeine Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Di.-Do.

Lärm am Arbeitsplatz (strukt. Postersitzung)

Ermittlung raumakustischer Parameter bei Einfluss verschiedener Störschallarten

Jan Selzer und Florian Schelle

Institut für Arbeitsschutz der DGUV, St. Augustin

Zur Ermittlung raumakustischer Parameter müssen nach verschiedenen Richtlinien Signal-Rauschabstände von über 30 dB und mehr erreicht werden. In der Praxis können dadurch unterschiedliche Räume hinsichtlich ihrer raumakustischen Parameter nicht untersucht werden. Dies sind unter anderem Callcenter und Mehrpersonenbüros mit 24/7-Betrieb oder Werkstätten in denen der Raumruhepegel zu hoch ist. Die Ermittlung der raumakustischen Parameter, wie beispielsweise der Nachhallzeit und der räumlichen Abklingrate sind jedoch wichtig, um Simulationen der räumlichen Gegebenheiten durchführen zu können und eventuelle Optimierungen in einer korrekten Umgebung richtig zu quantifizieren. Um den Einfluss verschiedener Störschallarten auf die aus einer Raumimpulsantwort gewonnenen Ergebnisse zu betrachten, wurden Messungen in demselben Raum unter einer Vergleichsbedingung (Ruhe) und den Störschallen rosa Rauschen, STIPA-Prüfsignal, Musik, Testsprache (männlich) und Sprachrauschen (nach DIN EN ISO 3382-3) durchgeführt. Die Ermittlung der Raumimpulsantwort erfolgte mittels Maximallängenfolgen (MLS) mit einem kommerziell vertriebenen Messsystem.

Di.-Do.

Lärm am Arbeitsplatz (strukt. Postersitzung)

Vergleich verschiedener Beurteilungsverfahren für Schießlärm

Andrea Wolff und Sandra Dantscher

Institut für Arbeitsschutz der DGUV, St. Augustin

In Deutschland finden derzeit verschiedene Kriterien zur Beurteilung der Gehörgefährdung durch Schießlärmexposition Anwendung. Während im militärischen Bereich traditionell das Verfahren nach Pfander angewendet wird, muss im zivilen Bereich die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung eingehalten werden. Je nach Bereich wird auch der eingesetzte Gehörschutz unterschiedlich in die Berechnung

der Lärmexposition am Ohr des Schützen einbezogen. Beim Verfahren nach Pfander wird die Energie eines Schusses anhand des unbewerteten Spitzenschalldruckpegels und der sogenannten Wirkzeit angenähert. Hieraus kann dann unter Berücksichtigung des eingesetzten Gehörschutzes eine maximale Schusszahl ermittelt werden, die an einem Tag abgegeben werden darf. Die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung hingegen bezieht sich einerseits auf den C-bewerteten Spitzenschalldruckpegel sowie andererseits auf den (A-bewerteten) Lärmexpositionspegel am Ohr des Schützen unter dem Gehörschutz. Wir vergleichen die Ergebnisse beider Beurteilungsverfahren. Hierzu wurden Messungen durchgeführt, bei denen alle relevanten Parameter parallel aufgezeichnet wurden. Zusätzlich wird auch ein Vergleich mit dem in der Schweiz angewendeten LAE-Verfahren zur Beurteilung von Einzelereignissen durchgeführt.

Di.-Do.

Lärm am Arbeitsplatz (strukt. Postersitzung)

Vom Gehörschutz-Check zum Gehörschutz-Instruktor

Beat W. Hohmann

Suva Luzern - Bereich Physik

Der an der DAGA 2017 vorgestellte Gehörschutzcheck wurde im Sommer 2017 realisiert und ist seit Herbst einsatzbereit. Allerdings war zuvor noch eine wesentliche Modifikation am Kopfhörer erforderlich, um ihn für alle Arten von Gehörschutzpfropfen verwendbar zu machen. Die Betriebe können den Gehörschutzcheck aus eigener Initiative bei der Suva anfordern und bei ihren Mitarbeitenden einsetzen, oder sie werden bei schlechten Hörtest-Resultaten auf dem Audiomobil der Suva dazu verpflichtet. Von ersten Erkenntnissen und Erfahrungen aus diesen Einsätzen wird berichtet, insbesondere was die Verständlichkeit der Resultate für Laien anbelangt. Über die Dämmungsmessung hinaus wurde der Gehörschutzcheck zu einem einfachen Gehörschutz-Instruktor erweitert: Bei schlechtem Resultat der Dämmungsmessung, also ungenügender Schutzwirkung (spektral risikoentsprechend gewichtet) in der ersten Messung werden vor der Wiederholung je nach Art der verwendeten Gehörschutzpfropfen (Schaumstoffpfropfen, vorgeformte Plastikpfropfen, otoplastische Gehörschützer) in Bildern - also sprachunabhängig - die drei wichtigsten Merkmale zu deren korrekter Anwendung gezeigt, die vom Probanden einzeln quittiert werden müssen. Am Schluss werden zwei verschiedene Berichte als PDF auf dem Speicherstick des Betriebs gespeichert: der eine für den Arbeitnehmer selbst, der andere für die Sicherheitsfachkraft. Auf dem Gerät bleibt aus Datenschutzgründen nur ein anonymes Protokoll über den Zeitpunkt, den Typ des Gehörschutzes und die gemessene Dämmwirkung.

Di.-Do.

Lärm am Arbeitsplatz (strukt. Postersitzung)

Individuelle Wirksamkeit von Gehörschutz zur Inklusion von Personen mit Hörminderung am LärmarbeitsplatzPeter SickertLGC-PS

In einem von der DGUV geförderten Forschungsvorhaben werden die aktuellen Auswahlverfahren und die Nutzbarkeit von Gehörschutz durch Personen mit Hörminderung untersucht. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der individuellen sicheren Schutzwirkung und der Kommunikationsfähigkeit mit dem verwendeten Gehörschutz. Außerdem werden Maßnahmen der Unfallversicherungsträger zur Individualprävention (IP) Lärm und zur Versorgung mit für Lärmarbeitsplätze zugelassenen Hörgeräten evaluiert.

Das Forschungsprojekt besteht aus folgenden Teilprojekten: Befragungen zur Zufriedenheit (insbesondere hinsichtlich Kommunikation mit Gehörschutz) bei der Berücksichtigung der Praxisabschläge bei der Schalldämmung von Gehörschutz für Personen mit bestehender Hörminderung, Nutzbarkeit von pegelabhängig dämmenden Gehörschützern und Gehörschutz mit Kommunikationseinrichtung für Personen mit Hörminderung im Lärmbereich, Bestimmung der persönlichen Schutzwirkung des Gehörschutzes durch Messung der individuellen Schalldämmung mittels Audiometer, Möglichkeiten der Nutzbarkeit unterschiedlicher Hörgeräte an Lärmarbeitsplätzen zur Versorgung durch die Unfallversicherungsträger und Evaluierung der "Individualversorgung Lärm" durch die Unfallversicherungsträger.

Das Projekt wird seit Juni 2017 über einen Zeitraum von drei Jahren durchgeführt und soll helfen, die Weiterbeschäftigung von Personen mit Hörminderung an Lärmarbeitsplätzen auch bei komplizierten Kommunikationsaufgaben zu sichern.

Der vorliegende Beitrag stellt Zwischenergebnisse aus den ersten drei Teilprojekten vor.

Di.-Do.

Lärm am Arbeitsplatz (strukt. Postersitzung)

Ears II: Entwicklung eines metrologischen Konzepts zur Messung und Beurteilung der Luftultraschallexposition am ArbeitsplatzRobert Schöneweiß^a, Christian Ullisch-Nelken^b, Andrea Wolff^b und Christoph Kling^a

^aPhysikalisch-Technische Bundesanstalt; ^bInstitut für Arbeitsschutz der DGUV, St. Augustin

Eine Vielzahl von ultraschallmittlernden Technologien hat in den letzten Jahren an Arbeitsplätzen Einzug gehalten. Oftmals entsteht an diesen Arbeitsplätzen als Nebeneffekt auch luftgeleiteter Ultraschall. Aus dieser Lärmbelastung durch Schall außerhalb des Hörfrequenzbereiches ergibt sich eine potenzielle Gesundheitsschädlichkeit.

Für eine valide Bestimmung der Ultraschallexposition im Rahmen des Arbeitsschutzes bedarf es einer Messmethode, die auf die Erfordernisse des Ultraschalls angepasst ist. Aktuell existiert keine standardisierte, wissenschaftlich fundierte und zugleich praxistaugliche Messstrategie zur Messung und Beurteilung von luftgeleiteten Ultraschallfeldern. Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen des EU-Projektes Ears II (www.ears-project.eu) ein metrologisches Konzept entwickelt, welches unter Berücksichtigung der Kalibrier- und Rückführbarkeit, Aufschluss über Schallfeldparameter an Ultraschallarbeitsplätzen liefert und so die Beurteilung des Gesundheitsrisikos ermöglicht.

Hierfür wurde das Schallfeld eines für industrielle Anwendungen repräsentativen Referenzarbeitsplatzes in hoher räumlicher Auflösung vermessen und der Einfluss von reflektierenden Objekten auf das Schallfeld untersucht. Gemeinsam mit praxisorientierten Labormessungen bilden diese Untersuchungen die Grundlage ein Messkonzept zur Charakterisierung von luftgeleiteten Ultraschallfeldern an Arbeitsplätzen abzuleiten. Im Beitrag werden die Ergebnisse der Schallfeldmessungen sowie die daraus gewonnenen Erkenntnisse für die Messmethode präsentiert.

Di.-Do.

Lärm am Arbeitsplatz (strukt. Postersitzung)

Eine praxistaugliche Messstrategie für luftgeleiteten Ultraschall

Christian Ullisch-Nelken^a, Robert Schöneweiß^b, Christoph Kling^b und Andrea Wolff^a

^a*Institut für Arbeitsschutz der DGUV, St. Augustin;* ^b*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Sowohl die Wirkmechanismen von luftgeleitetem Ultraschall als auch dessen Schädigungspotential sind nach heutigen wissenschaftlichen Standards weitgehend unerforscht. Aufgrund der weiten Verbreitung von Ultraschall-Anwendungen in der Industrie, stellt luftgeleiteter Ultraschall ein potentiell Gesundheitsrisiko dar. Während es für Belastungen durch Schall im Hörfrequenzbereich (16 Hz bis 16 kHz) zur Festlegung von Grenzwerten und zur Aufnahme in nationale Arbeitsschutzkonzepte kam, war dies für luftgeleiteten Ultraschall aufgrund der unzureichenden Datenlage nicht, oder nur eingeschränkt, möglich. Zudem existiert bisher keine standardisierte, praxistaugliche Messvorschrift. Infolgedessen kann die Exposition von ArbeitnehmerInnen gegenüber luftgeleitetem Ultraschall nicht bestimmt und somit die Belastung nicht beurteilt werden.

Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes "Ears II" werden diverse Fragestellungen zu Schall außerhalb des Hörfrequenzbereichs untersucht. In diesem Zusammenhang wurde vom Institut für Arbeitsschutz und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt eine praxistaugliche Messmethode für luftgeleiteten Ultraschall an industriellen Arbeitsplätzen entwickelt.

Hierzu wurden zunächst bestehende Regelwerke auf Ihre Anwendbarkeit im Ultraschallbereich geprüft. Bereits vorliegende Messdaten wurden ausgewertet und mithilfe der Ergebnisse ein Referenzarbeitsplatz definiert. An diesem wurden anschließend umfangreiche Laboruntersuchungen durchgeführt. Diese setzten sich aus praxisorientierten Messungen im Labor und räumlich hochauflösenden Scans des Schallfeldes zusammen. Zusätzlich wurde der Einfluss von Umgebungsparametern durch vergleichende qualitative und quantitative Messungen untersucht. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden zu einer praxistauglichen Messmethode kombiniert.

Di.-Do.

Lärm am Arbeitsplatz (strukt. Postersitzung)

Ultraschall-Pegelmesssystem für den praktischen Einsatz im Arbeitsschutz

Moritz Wächtler^a, Christoph Kling^a und Andrea Wolff^b

^aPhysikalisch-Technische Bundesanstalt; ^bInstitut für Arbeitsschutz der DGUV, St. Augustin

Die Verwendung von Ultraschalltechnologien (Schweißen, Schneiden usw.) an deutschen Arbeitsplätzen nimmt stetig zu. Das deutsche Gesetz fordert mit der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) eine Bewertung von allen existierenden und potentiellen Risiken am Arbeitsplatz, womit auch die Messung der Ultraschallexposition eingeschlossen wird. Der Mangel an verfügbaren Schallpegelmessern, die in der Lage sind, Schall in diesem Frequenzbereich verlässlich und mit bekannter Unsicherheit zu messen, motivierte ein PTB-Projekt zur Entwicklung eines Ultraschall- Pegelmesssystems für den praktischen Einsatz im Arbeitsschutz. Auf der DAGA 2017 wurde bereits ein erster Prototyp dieses Messsystems vorgestellt. Der vorliegende Beitrag zeigt weiterführend die Resultate einer umfassenden Prüfung des Systems in Anlehnung an die Schallpegelmesser-Norm DIN EN 61672 mit entsprechenden Ergänzungen für den Ultraschallbereich. Die Prüfung umfasst Eigenschaften wie etwa den Frequenzgang, die Pegellinearität sowie die Richtcharakteristik und lässt somit Aussagen über die Eignung des Systems für den vorgesehenen Einsatzbereich zu. Darüber hinaus werden beispielhaft bisherige praktische Anwendungen des Prototypen-Messsystems vorgestellt.

Sitzung „Schalldämpfer“

Di. 14:00 MW 1801

Schalldämpfer

Exhaust Gas Silencers for Power PlantsJoaquín López CortésMAN Diesel & Turbo SE

MAN power plants from 10 to over 200 MW are equipped with gas/Diesel medium-speed engines with mechanical powers of 10-20 MW each.

Through the acoustical design of the plant, several silencer types are specified considering environmental and customers' requirements. In this presentation the attention is focused on exhaust gas silencers.

Nowadays a direct or indirect control of the net sound emissions is to be expected in practically any application. An important challenge is the engineering of the silencer(s) in the context of the exhaust gas system, requiring besides an adequate interpretation of the boundary conditions and legal requirements a proper design. Mistakes in such design can have a serious technical (as too high emissions) and economical impact on the project, as the need for replacement or installing additional silencers under strong feasibility and penalty constraints. Preventive measures, as simulation of the silencers and of the exhaust gas system as well as realization of factory acceptance tests help to reduce such risks. For this, strategic partnerships with specialized consultants and manufacturers, confident with the technics of their products, are of advantage.

Di. 14:20 MW 1801

Schalldämpfer

Entwicklung und Erprobung von Schalldämpfern für eine neue Generation Abgasturbolader zur Reduktion des Verdichterlärms an Großdiesel-Motoren im maritimen UmfeldRicardo Hermann und Jochen NeherMAN Diesel & Turbo SE

MAN Diesel&Turbo SE ist ein weltweit agierender Anbieter moderner Großdiesel-Motoren für maritime und stationäre Anwendungen. Steigende Performance neuentwickelter Motorkomponenten steht dabei u.a. strenger werdenden Regularien aus den Bereichen Schiffssicherheit, Arbeits- und Emissionsschutz gegenüber. Die führt auch dazu, dass das Thema Lärmschutz zunehmend an Bedeutung gewinnt. Im maritimen Umfeld wird dies maßgeblich durch den, zuletzt im Jahre 2014 hinsichtlich Luftschall- Grenzwerten überarbeiteten, IMO "Code on Noise Level on Board Ships" bestimmt.

Der Beitrag soll zunächst einen kurzen generellen Einblick in das Thema Großmotorenakustik bei MAN Diesel & Turbo geben. Speziell wird im Folgenden auf das Thema Turboladerlärm und aktuelle Entwicklungen in Bezug auf schallreduzierende Maßnahmen dieses Bereichs eingegangen. Für eine neue Generation Axial-Turbolader, die

zum Einsatz an Low-Speed 2-Takt- sowie als Niederdruckstufe zweistufig aufgeladener 4-Takt Medium-Speed-Motoren vorgesehen ist, konnte durch den Einsatz numerischer Simulationen und Durchführung gezielte Verifizierungsmessungen neben deutlichen Verbesserungen an den klassischerweise eingesetzten Ansaug-Schalldämpfern auch neue Schalldämpfer- Konzepte für den Verdichter-Austritt entwickelt werden. Dies bietet die Möglichkeit, die an Low-Speed 2-Takt-Motoren zumeist dominierenden Turbolader- Schallemissionen beträchtlich zu mindern bzw. aufwändige und teure Schalldämm-Maßnahmen an der entsprechenden Motorperipherie zu reduzieren.

Neben Einblicken in die Auslegung und Simulation verschiedener Varianten werden auch Ergebnisse experimenteller Untersuchungen an Komponente, Turbolader und Motor gezeigt.

Di. 14:40 MW 1801

Schalldämpfer

Messtechnische Untersuchung ausgekleideter Kanalelemente

Wolfgang Herget, Maike Klingler, Karlheinz Bay und Peter Brandstät

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Im Rahmen eines vom BMWI geförderten Projektes wurden am Fraunhofer-IBP Kanalbauteile von Lüftungsanlagen auf ihre akustischen Eigenschaften und deren Energieverluste untersucht. Als Schallschutzelemente werden üblicherweise Schalldämpferkulissen konzentriert im Kanal eingebracht, um so hohe Dämpfungen über einen breiten Frequenzbereich zu erzielen. Diese Bauweise führt jedoch zu großen Druckverlusten und damit gesteigertem Energieeinsatz und -kosten. Durch die Verteilung der Schalldämpferkulissen als Randkulissen kann der Druckverlust reduziert werden. Einbußen bei der Einfügungsdämpfung werden unter anderem durch ausgekleidete Kanalumlenkungen vermieden, welche vor allem im mittleren und hohen Frequenzbereich hohe Einfügungsdämpfungen erzielen. Im Beitrag werden geeignete Messmethoden zur Bestimmung der Einfügungsdämpfung und des Druckverlusts von Umlenkungen vorgestellt und verglichen. Mit der an die Laborbedingungen am besten angepassten Methode wurden unterschiedliche Varianten von bedämpften Kanalumlenkungen untersucht. Im Fokus stand dabei der Einfluss der Kanalabmessungen, der Position und Dimension von Absorbern, sowie die Wirkung verschiedener Leitbleche auf den entstehenden Druckverlust und die Einfügungsdämpfung, mit dem Ziel einer gesamtheitlichen Optimierung. Die Ergebnisse dieser messtechnischen Untersuchungen werden mit dem Tabellenverfahren nach VDI 2081 zur Abschätzung der Schalleistungsminderung durch ausgekleidete Umlenkungen verglichen. Über diese Arbeit hinaus wurde vom IBP ein Simulationsverfahren zur Berechnung der Dämpfung von ausgekleideten Umlenkungen erstellt und validiert. Das Simulationsverfahren wird in einem weiteren Beitrag vorgestellt.

Di. 15:00 MW 1801

Schalldämpfer

Energetische und akustische Effizienz prozesslufttechnischer Anlagen

Karlheinz Bay und Peter Brandstät

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Ventilatoren werden zwar leiser und auch (Energie-) effizienter, nach wie vor erzeugen sie jedoch Lärmpegel, die mit Schalldämpfern reduziert werden müssen um entsprechende Regeln und Normen einzuhalten. Diese schalldämpfenden Einbauten verursachen aber auch laufende Kosten, da der damit verbundene Druckverlust mittels erhöhter Ventilatorleistung überwunden werden muss. Im Rahmen des vom BMWI geförderten Projektes "Energetische Effizienz akustischer Systeme" wurde ein Konzept zur möglichst energieeffizienten akustischen Gestaltung prozesslufttechnischer Anlagen entwickelt, das im Beitrag vorgestellt wird. Ausgangssituation und Vorgehensweise werden an Beispielen schrittweise erläutert und daraus Anforderungen an ein Anlagenlayout abgeleitet. Basierend auf analytischen Berechnungsmodellen für die Dämpfung und den Druckverlust wird die Verknüpfung von Anlagenkomponenten zu einem Netzwerkmodell dargestellt. Mit dem Ziel die akustischen Vorgaben bei geringem Druckverlust einzuhalten, wird ein Ansatz zur iterativen Optimierung des Netzwerkmodells diskutiert.

Di. 15:20 MW 1801

Schalldämpfer

Absorptionsschalldämpfer mit Kulissen

Sebastian Kluth, Mirko Ruhnau, Christian Schulze und Jörn Hübelt

Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH

Absorptionsschalldämpfer stellen für mittlere und hohe Frequenzen eine gute Möglichkeit zur Reduzierung des Lärms in Raumluftechnischen Anlagen und Abgasanlagen dar. Ihre Wirksamkeit wird zu hohen Frequenzen durch die Abmessungen des freien Querschnitts begrenzt. Um den wirksamen Frequenzbereich zu erweitern, besteht die Möglichkeit absorbierende Einbauten (sogenannte Kulissen) in den freien Querschnitt einzubringen. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der analytischen Beschreibung verschiedener Kulissengeometrien. Die Berechnungsergebnisse des Durchgangsdämpfungsmaßes aus den gezeigten analytischen Beschreibung werden numerischen Berechnungen und Messergebnissen gegenübergestellt.

Di. 15:40 MW 1801

Schalldämpfer

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 136)

Di. 16:40 MW 1801

Schalldämpfer

Körperschallübertragung an SchalldämpfersystemenChristian Schulze^a, Paul Lindner^a, Jörn Hübelt^a, Mirko Ruhnau^a, Dominik Hennig^a, Jan Troge^b und Tom Georgi^b^a*Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH*; ^b*Fraunhofer IWU*

Schalldämpfer von modernen Schiffen müssen den ständig steigenden Anforderungen im Hinblick auf Gewicht, Bauraum, Gegendruck sowie Abgas- und Geräuschemissionen gerecht werden. Zur Reduzierung des Entwicklungsrisikos werden möglichst genaue Auslegungs- und Berechnungswerkzeuge benötigt. Einen wichtigen begrenzenden Faktor stellt hierbei die Übertragung von Körperschall über die Schalldämpferbauteile dar, die aktuell in der Auslegung durch Sicherheitsbeurteilungen berücksichtigt wird. Ziel eines Vorhabens ist es, ein Berechnungsverfahren zu schaffen, das den Körperschalleinfluss auf die Luftschalldämpfung eines Schalldämpfers in Abhängigkeit von den Eigenschaften der einzelnen Schalldämpferkomponenten beschreiben kann. Im Fokus steht die Entwicklung skalierbarer SEA-Modelle (statistische Energieanalyse), um die Kopplung zwischen Luft- und Körperschall sowie die Ausbreitung von Luftschall in Schiffsschalldämpfern zu beschreiben. Die dafür notwendigen Modellparameter werden aus den für den Körperschall bedeutsamen Eigenschaften der Schalldämpferbauteile abgeleitet. Im Beitrag werden Ergebnisse zur Analyse der Körperschallanregung und der Luftschallabstrahlung von Schalldämpferkomponenten, der Untersuchung der Luftschallausbreitung in Schalldämpferelementen sowie der Überführung der Erkenntnisse in eine systematische Berechnungsmethodik durch umfangreiche Messreihen an Schalldämpfern in Modell- und Originalgröße präsentiert.

Di. 17:00 MW 1801

Schalldämpfer

Modularer Versuchsstand zur Charakterisierung von PlattenschalldämpfernRoman Kisler^a, Daniel Materne^b, Thomas Geyer^b und Ennes Sarradj^a^a*TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik*; ^b*BTU Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Technische Akustik*

Plattenresonatoren erweisen sich als äußerst breitbandige Schalldämpfer, vor allem für tiefe bis mittlere Frequenzen. Dank ihrer glatten, undurchlässigen Oberfläche ergeben sich Vorteile gegenüber herkömmlichen, mit offen-porösen Materialien ausgekleideten Absorptionsschalldämpfern bezüglich des Druckverlustes, der Kontamination und extremen Umgebungsbedingungen, wie beispielsweise hoher Feuchtigkeit, Vereisung und starker Hitze. Trotz ihrer bereits breiten Verbreitung in industriellen und automobilen Abgasanlagen sowie als Schallabsorber in der Raumakustik stützt sich deren Auslegung und Berechnung bislang nur auf empirische und weniger genaue Berechnungsverfahren. Erst kürzlich erschienen Methoden zur effizienten und präziseren

Berechnung der Schalldämpfung von Plattenresonatoren durch semi-analytische Verfahren. Es fehlen jedoch weitgehend experimentelle Daten zur Validierung der damit vorhergesagten Durchgangsdämpfung. Aus diesem Grund wird mit dieser Arbeit ein neuer Versuchsstand explizit zur Untersuchung von Plattenschalldämpfern vorgestellt. Neben dem Aufbau und der Sensorik zur Signalverarbeitung werden erste Messergebnisse gezeigt. Dabei werden sie den theoretischen Berechnungen, die sowohl mittels eines empirischen als auch eines komplexeren, semi-analytischen Verfahrens durchgeführt werden, gegenübergestellt. Im Zuge dessen werden Ergebnisse einer darüber hinausgehenden Parameterstudie vorgestellt, die das große Potenzial derartiger Schalldämpfer durch Parameteroptimierung aufzeigt. Auf Basis dieser Resultate können Designrichtlinien abgeleitet werden, die eine effiziente Vor- und Detailauslegung von Plattenschalldämpfern in der Praxis erlauben.

Sitzung „Schalldämpfer (Poster)“

Kurzvorträge: Di. 15:40 (MW 1801)

Poster-Forum: Di. 16:00, Posterinsel K

NEU: Di. 17:20 MW 1801

Schalldämpfer (Vortrag)

Faserfreie anwendungsspezifische Schalldämpfung durch konfigurierbare Tiefenstruktur von metallischem Absorbermaterial

Nicolas Komorek und Sabine Dettmar

filtertechnik.Europe

Metallisches Gewebe ist die Grundlage der faserfreien Materialstruktur MASH (Material Absorbing Sound and Heat). In seinen Einsatzmöglichkeiten ist MASH vergleichbar mit Micro Perforated Plates (MPP) und blechähnlichen Absorbermaterialien. In Versuchen wurde gezeigt, dass die definierte dreidimensionale Tiefenstruktur von MASH Absorber- und Resonatoreigenschaften verknüpft und effektive Schalldämpfung erzielt. Der numerische Einfluss der Spezifikationsvariablen von MASH auf die Absorptionsleistung konnte bisher nicht beschrieben werden. Bekannte Ansätze berücksichtigen den Einfluss einer definierten Tiefenstruktur nicht. Die anwendungsoptimierte Auslegung, Herstellung und Nutzung des Materials war somit bisher nicht möglich. Mit an der TU Delft sowie TU Wien gemessenen Akustikdaten von MASH konnten nun die Einflussgrößen einer definierten Tiefenstruktur auf die Absorptionseigenschaften eines Materials ermittelt und quantifiziert werden. Die Validierung der Ergebnisse wurde durch die anwendungsspezifische Auslegung von Schalldämpfern und die Messung ihrer tatsächlichen Absorptionseigenschaften durchgeführt. In der Veröffentlichung wird die numerische Beschreibung der akustischen Eigenschaften von definierten

Tiefenstrukturen entwickelt und vorgestellt. Es wird gezeigt, wie faserfreie Schalldämpfung damit für definierte Anwendungen optimiert werden kann und im Serienmaßstab umsetzbar ist. Für faserfreie Schallabsorption insgesamt und das Feld der MPP wird so ein neuer Ansatz aufgezeigt, der Grundlage für die Leistungssteigerung von faserfreier Schalldämpfung, serientaugliche Nutzung von MPP-ähnlichen Absorbern und Weiterentwicklung von faserfreien Absorptionsstrukturen sein kann.

Sitzung „Neue Trends beim VAE-Rendering mit Kopfhörern I“

Di. 14:00 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern I

Überblick und Status von binauralem Rendern im Browser

Michael Weitnauer

Institut für Rundfunktechnik GmbH

Mit der Einführung von HTML5 wurde es von einigen Jahren erstmals möglich, Audiodateien nativ im Internet-Browser zu steuern. Dies war eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung der sog. "Web Audio API" des W3C, welche die notwendigen technischen Grundlagen bereitstellt um binaurales Rendern von Audiosignalen im Browser zu ermöglichen. Die Web Audio API ist mittlerweile in so gut wie allen Browsern implementiert, was völlig neue Möglichkeiten für die Verbreitung und den Konsum von räumlichen bzw. binauralen Inhalten über das Internet eröffnet. Diese Präsentation stellt die grundlegenden Funktionsweisen, Möglichkeiten und Einschränkungen der Web Audio API vor und liefert einen Überblick über aktuelle Frameworks und Anwendungen im binauralen Kontext. Des Weiteren wird ein Ausblick über die geplante Weiterentwicklung der Web Audio API präsentiert.

Di. 14:20 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern I

Entwicklung und Evaluation eines Motion-Track-Binaural-Mikrofonarrays für die Aufnahme und Wiedergabe von räumlichen Schallfeldern

Felicitas Fiedler^a, David Ackermann^a, Fabian Brinkmann^a, Martin Schneider^b und Stefan Weinzierl^a

^aTU Berlin, FG Audiokommunikation; ^bGeorg Neumann GmbH

Das Motion-Track-Binaural (MTB) Verfahren ermöglicht die Aufnahme pseudo-binauraler Signale durch ein zirkulares Mikrofonarray, das in die Oberfläche einer Kugel integriert ist, deren Durchmesser den Maßen eines durchschnittlichen Kopfes entspricht. Durch den Einsatz von Head Tracking kann das Signal bei der Wiedergabe auf die aktuelle Kopforientierung des Hörers nachgeführt werden. Für den Übergang zwischen den Mikrofonsignalen bei Kopfdrehungen werden die Signale im tieffrequenten Bereich im Zeitbereich und im hochfrequenten Bereich spektral

interpoliert. Das mit dem Array aufgenommene Mehrkanalsignal kann somit, auch in Echtzeit, für die Aufnahme realer Schallfelder in der dynamischen Binauralsynthese verwendet werden. Nach einer Voruntersuchung auf der Grundlage simulierter Impulsantworten wurde an der TU Berlin ein 16-kanaliges MTB-Array mit omnidirektionalen, diffusfeldentzerrten Elektret- Kondensatormikrofonkapseln gebaut. Die Qualität der damit produzierten, pseudo-binauralen Signale wurde im Hinblick auf ihre akustische Plausibilität sowie im Hinblick auf spezielle Attribute aus dem Spatial Audio Quality Inventory (SAQI) perzeptiv evaluiert.

Di. 14:40 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern I

The audible influence of different rotation speeds during continuous HRTF measurements

Jan-Gerrit Richter und Janina Fels

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

One factor for the quality of binaural synthesis is the head-related transfer function (HRTF). Several studies showed that individual HRTFs will lead to overall better performance than generic HRTFs from artificial heads. To make individual measurements feasible, fast measurement techniques have been developed which are often some kind of loudspeaker array. The time reduction is typically achieved by parallelization of measurement signals. One such fast system was developed at the Institute of Technical Acoustics, RWTH Aachen University and is used in this paper.

When measuring HRTFs, the subject is usually rotated by some angle, stops and waits for the measurement signal to complete before moving to the next measurement angle. It was shown that with this approach comparable results to a traditional measurement could be achieved.

Continuous rotation of subjects during measurements can be used to reduce overall measurement time even more. It has been shown that the measurement error caused by the continuous rotation is anti proportional to the speed with which the subject is rotated. The audibility of these additional measurement errors is studied in this paper. To this end, several different measurements, obtained with different speeds are compared in a ABX listening experiment to a reference measurement.

Di. 15:00 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern I

Head-Related-Transfer-Functions aus Fotos

Piotr Majdak, Wolfgang Kreuzer und Robert Baumgartner

Österr. Akademie d. Wissenschaften, Inst. f. Schallforschung

Head-Related-Transfer-Functions (HRTFs) beschreiben die individuelle räumliche Filterung akustischer Signale durch den Körper des Hörers. Als Alternative zu aufwändigen akustischen Messungen können HRTFs

numerisch berechnet werden, wenn die drei-dimensionalen (3D) Geometrien von Kopf und Ohren hinreichend bekannt sind. 3D Geometrien können unter Einhaltung gewisser Bedingungen auf Grundlage von zwei-dimensionalen (2D) Fotos berechnet werden. In diesem Vortrag wird die Verarbeitungskette von 2D Fotos über 3D Geometrien bis hin zu HRTFs vorgestellt. Es werden Details der Fotoerstellung, effizienter Berechnung, und psychoakustischer Evaluierung diskutiert.

Di. 15:20 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern I

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 141)

Di. 15:25 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern I

Präsentation der Poster der Sitzung

„DEGA-Audiodatenbank zur Evaluierung von virtuellen auditiven Umgebungen (strukturierte Postersitzung)“ (S. 142)

Di. 16:40 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern I

Simple Reduction of Front-Back Confusion in Static Binaural Rendering

Matthias Frank und Franz Zotter

Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik u. Akustik

The confusion of front and back directions is a typical problem in static binaural rendering due to ambiguous interaural cues and thus solely monaural spectral differences. The ambiguities can be resolved by dynamic rendering that incorporates head movements. Moreover, spectral differences are more distinct when using individual head-related impulse responses (HRIRs). However, in many applications, binaural rendering is static and cannot use individual HRIRs. This contribution proposes a simple approach to reduce front-back confusion and investigates its effectiveness in a listening experiment, using static binaural rendering.

Di. 17:00 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern I

Untersuchungen zur Wahrnehmbarkeitsschwelle bei Änderung der Mittenfrequenz von Einbrüchen im Frequenzgang von Außenohrübertragungsfunktionen

Hark Braren und Janina Fels

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

In der individualisierten Binauraltechnik werden kopfbezogene Außenohrübertragungsfunktionen (eng. HRTFs) unter anderem mit statistischen Verfahren anhand von biometrischen Abmessungen geschätzt. Die kann dazu führen, dass sowohl die Tiefe als auch die Mittenfrequenz der charakteristischen Einbrüche (notches) im Vergleich zu einem real gemessenen Frequenzgang derselben Person nicht exakt getroffen werden. Bezüglich der Tiefe der Einbrüche konnte in vorherigen Studien bereits gezeigt werden, dass das Glätten des Frequenzgangs einer

HRTF mit einem 1/5 Oktavfilter möglich ist, ohne die subjektive Wahrnehmung der akustischen Darbietung zu verändern. In der vorliegenden Studie wurde nun die Wahrnehmbarkeitsschwelle bezüglich der Mittenfrequenz von schmalbandigen Einbrüchen im Frequenzgang der HRTF genauer untersucht. Die Ergebnisse aus einem Hörexperiment mit einem 2-AFC Verfahren und adaptiven QUEST-Verfahren mit manipulierten HRTFs werden präsentiert und diskutiert.

Di. 17:20 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern I

Just noticeable notch smoothing of head-related transfer functions

Michael Kohnen, Ramona Bomhardt und Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Head-related transfer functions (HRTFs) are essential for binaural reproduction over headphones and modern 3-D audio systems such as Crosstalk-Cancellation (CTC). Distinct peaks and notches are a main factor of coloration in perceived sound when it comes to mismatched HRTFs, e.g. when using artificial head HRTFs. As a countermeasure, smoothing algorithms are used to reduce this effect. Strong smoothing however results in poor localization performance as crucial cues vanish. To find the best trade-off the just noticeable difference of smoothed HRTFs are determined direction-dependent in an expert listening test using individual HRTFs and headphone transfer function compensation.

Di. 17:40 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern I

Externalization in Binaural Ambisonic Auralisation of Directional Sources

Bartłomiej Mroz^a, Franz Zotter^b, Matthias Frank^b, Florian Wendt^b und Markus Zaunschirm^b

^a*Gdansk University of Technology*; ^b*Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik u. Akustik*

Our paper deals with important perceptual qualities in a head-tracked rendering system based on: a simulated source-and-receiver-directional room impulse response (SRDRIR), head-related impulse responses (HRIRs), and a source of artificial directivity; all represented in Ambisonics. The aim of this paper is to check on a paramount ingredient of successful headphone rendering. For this purpose, we explore the extent of a comprehensive set of influence factors on externalization: head tracking, individual HRIRs, room model (and room divergence effect), and individual headphone equalisation. The results obtained show that head tracking as well as individual HRIRs are crucial for faithful reproduction. Moreover, the room divergence effect and headphone equalisation prove to be considerable aspects in the overall auralisation process.

Di. 18:00 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern I

Perceptual Evaluation of HRTFs with Reduced Spatial ComplexityMarkus Zaunschirm, Christian Schörkhuber und Robert Höldrich*Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik u. Akustik*

Binaural rendering of Ambisonic signals is of great interest in the fields of virtual reality, immersive media, and virtual acoustics. Typically, the spatial order of head related transfer functions (HRTFs) is considerably higher than the order of the Ambisonic signals. However, rendering of binaural signals in the Ambisonics domain requires matching orders which are usually achieved by removing higher order components of the HRTF representation. This order reduction has a detrimental effect on the binaurally rendered signals, and perceptual evaluations indicate limited externalization, localization accuracy, and altered timbre. In this contribution HRTF preprocessing methods which allow for effective reduction of spatial complexity and near-transparent binaural rendering of Ambisonic signals are investigated.

Sitzung „Neue Trends beim VAE-Rendering mit Kopfhörern (Poster)“

Kurzvorträge: Di. 15:20 (Interim 1)

Poster-Forum: Di. 16:00, Posterinsel A

Di.-Do.

VAE-Rendering mit Kopfhörern (Poster)

A real-time implementation for sound source localization inside a spherical microphone arrayTim Lübeck, Johannes M. Arend and Christoph Pörschmann*Technische Hochschule Köln*

In the ongoing research project NarDasS, we developed a system for binaural reproduction of self-generated sound in virtual acoustic environments (VAEs). A 32-channel surrounding spherical microphone array captures the direction-dependent sound of an acting user. Based on these captured signals and specific BRIRs (BRIR - Binaural Room Impulse Response), a room response is then calculated by dynamic binaural synthesis in real time, and auralized via headphones. The system is designed for a sound source located in the center of the array. However, in real life, the user and in particular the sound source might be slightly off-center. To compensate for this offset, the microphone signals need to be adjusted in level according to the $1/r$ distance law. This requires information on the exact position of the sound source inside the array. This work presents a C++ implementation for sound source localization in real time. The time differences of arrival (TDOAs) between the microphones are calculated by a cross-correlation with phase-transform

weighting, and a linear equation system is set up. This equation system is then solved by the least-square method. In a technical evaluation, we analyze the localization accuracy for several test cases and real-life scenarios.

Sitzung „DEGA-Audiodatenbank zur Evaluierung von virtuellen auditiven Umgebungen (strukturierte Postersitzung)“

Kurzvorträge: Di. 15:25 (Interim 1)

Poster-Forum: Di. 16:00, Posterinsel B

Di.-Do. DEGA-Audiodatenbank (strukt. Postersitzung)

Erstellung und Dokumentation von Kirchenorgelaufnahmen zur Verwendung als Stimuli in virtuellen Umgebungen

Christian Epe, Dieter Leckschat, Oliver Kreuer und Riccardo Reinhard
Hochschule Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering

Thema des Posters ist eine aufwändige Orgelproduktion zur Anfertigung einer Stimulus-Sammlung für eine Audiodatenbank der DEGA. Die Vielzahl an Klangregistern und die damit verbundene räumliche Ausdehnung des Instrumentes bietet ein beeindruckendes Potential an Wiedergabeszenarien, ist aber auch eine große Herausforderung bzgl. der Mikrofonierung. Zudem ist es erforderlich, die gewonnenen Signale der aus klangästhetischen Gründen eingesetzten Mikrofone später "pegelrichtig" in einer virtuellen Umgebung wiedergeben zu können. Um dies zu gewährleisten, wurde eine doppelte Mikrofonierung mit zusätzlichen kalibrierbaren Messmikrofonen vorgenommen, welche eine Pegelanpassung der künstlerisch eingesetzten Mikrofone erlaubt. Erfolgreiches Ergebnis der Produktion ist eine Sammlung von über 300 Stimuli verschiedener Orgelwerke und -Register, und unterschiedlichem musikalischem Inhalt. Das angefertigte Audiomaterial ist gemeinfrei und daher für wissenschaftliche Untersuchungen in virtuellen Umgebungen einsetzbar.

Di.-Do. DEGA-Audiodatenbank (strukt. Postersitzung)

Komposition und Studioproduktion von Musikstücken des Jazz/Funk-Genre zur Verwendung als Stimuli in virtuellen Umgebungen

Dieter Leckschat, Christian Epe und Niklas Dahlheimer

Hochschule Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering

In diesem Posterbeitrag wird die Tonproduktion von zwei Musiktiteln aus dem Bereich Jazz/Funk vorgestellt, die eigens für das DEGA-Projekt "Erstellung einer DEGA-Audiodatenbank zur Evaluierung von virtuellen auditiven Umgebungen" eingespielt wurden. Eines der Stücke wurde auftragsgemäß speziell für dieses Vorhaben komponiert. Eine professionelle Klärung von medien- und urheberrechtlichen Fragen, ein wichtiges

Thema innerhalb des DEGA-Projekts, wurde hier exemplarisch umgesetzt. Die Tonaufnahmen fanden im großen Aufnahme-raum der Hochschule Düsseldorf mit anspruchsvoll gestalteter Studioakustik statt, die Einspielung erfolgte durch die zehnköpfige Düsseldorfer Band "Rhythmus-sportgruppe". In der Nachbearbeitung wurden für künftige Nutzer des Tonmaterials verschiedene Fassungen hergestellt. Dabei werden Rohspuren mit den Mikrofonsignalen signifikant unterschieden von Einzelsignalspuren, die bereits tonstudioüblich bearbeitet sind. Weiterhin zur Verfügung gestellt werden "stems", bspw. fertig gemischtes Schlagzeug als Stereospur. Komplettiert wird das Material durch Referenz-Stereomischungen.

Di.-Do.

DEGA-Audiodatenbank (strukt. Postersitzung)

Datensatz nachhallfreier Orchester-Aufnahmen

Christoph Böhm, David Ackermann und Stefan Weinzierl

TU Berlin, FG Audiokommunikation

Der vorliegende Datensatz enthält die reflexionsfreie und weitgehend übersprechfreie Aufnahme der 8. Sinfonie von Ludwig van Beethoven, eingespielt durch das Orchester Wiener Akademie unter Martin Haselböck. Die Daten erfüllen sowohl die technischen Voraussetzungen als auch den künstlerischen Anspruch an das Quellmaterial für eine Auralisation von sinfonischen Aufführungsräumen durch modellbasierte virtuelle akustische Umgebungen. Um die Aufnahmesituation in der ungewohnten Umgebung des reflexionsarmen Raumes für die Musiker ohne Blickkontakt untereinander zu optimieren, wurde die Aufnahme gruppenweise und halb-sequentiell mit individuellem Monitormix über Kopfhörer und mit Hilfe einer Videoübertragung von Dirigent und Konzertmeister für alle Musiker durchgeführt. Die Aufnahme der Instrumente fand im Fernfeld statt. Durch Abschirmung der Instrumente zueinander und eine optimierte Signalkette konnte ein hoher Signal-Rauschabstand und ein geringes Übersprechen zwischen den einzelnen Quellen realisiert werden. Der Datensatz beinhaltet zum einen die Audioaufnahmen des Orchesters in Einzelspuren und zum anderen eine Dokumentation der Mikrofonpositionen und der verwendeten Aufnahmetechnik und Nachbearbeitungsschritte. Die Möglichkeit einer korrekten Referenzierung wird durch die Verwendung eines Forschungsdaten-Repositoriums gewährleistet.

Di.-Do.

DEGA-Audiodatenbank (strukt. Postersitzung)

Gemeinfreie Gitarren-Aufnahmen in StudioqualitätDaniel Rudrich und Franz Zotter*Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik u. Akustik*

In diesem Beitrag werden Gitarrenaufnahmen beschrieben, die im DEGA-Projekt "Aufbau einer Datenbank mit Testsignalen für Anwendungen in der Virtuellen Akustik" erstellt und verfügbar gemacht wurden. Unser Beitrag beschreibt die akustischen Bedingungen der Aufnahmen, die eingesetzten Studiogeräte und den Inhalt der aufgezeichneten Stücke. Die Aufnahmen sind gemeinfrei verfügbar, und die musikalischen Miniaturen sind auch gezielt für diesen Zweck herausgegeben. Als gleichzeitig aufgenommene Tonspuren stehen Mikrofonsignale an Hals- und Steg-Position zur Verfügung, die zusätzlich mit eingepegelten Referenzmikrofonen mitaufgenommen wurden. Des weiteren beinhaltet der Datensatz ein Raummikrofonsignal, bei der Western-Gitarre das Tonabnehmer-Signal, sowie bei der Elektrogitarre ein am Verstärker aufgenommenes Paar an Signalen (Aufnahme- und Referenzmikrofon).

Di.-Do.

DEGA-Audiodatenbank (strukt. Postersitzung)

The AIP set of recorded indoor and outdoor audio scenesSamuel Clapp, Andreas Rückerl und Bernhard Seeber*TU München, Audio-Signalverarbeitung*

A 36-channel circular microphone array in a cylindrical baffle was constructed to make multi-channel recordings of different acoustic environments. The array has a radius of 15.75 cm and employs 36 low-noise measurement microphones. Recording is accomplished with the PAK measurement system, which can run on battery power. Thus, the entire measurement set-up is mobile, and can be used to record outdoor environments and other locations where electrical connections are difficult to come by. The array is designed to use circular harmonic decomposition for higher-order ambisonic playback of the recorded scenes over a horizontal loudspeaker array, up to 17th order of circular harmonics. Recordings have been made in several locations throughout Munich, including musicians in a seminar room, an outdoor terrace, and a large, reverberant stairwell; an underground train station; a restaurant; several street locations; and several locations within a large, urban park. These recordings and the accompanying calibration files and documentation are available online at www.aip.ei.tum.de, both in the original 36-channel format recorded directly by the microphones in the array, and decomposed into circular harmonic components up to 17th order, using the Tikhonov regularization process.

Sitzung „Psychoakustik I“

Di. 14:00 Interim 2

Psychoakustik I

Localization cues of a spherical head modelSilke Bögelein, Fabian Brinkmann, David Ackermann und Stefan Weinzierl*TU Berlin, FG Audiokommunikation*

It is widely accepted that the accurate localization of sound source elevation re-lies on spectral cues originating from the fine structure of the human outer ear. However, weaker elevation dependent spectral cues can also be observed on a spherical head model with offset ears. They stem from sound travelling around the sphere in different ways, and thus reaching the ears at different times. This phenomenon causes elevation and azimuth dependent notch patterns, that are strongest for lateral source positions. Besides spectral cues, motion induced dynamic cues are also known to improve the localization accuracy. This includes elevation dependent changes in the interaural time and level differences caused by a motion of the listener, or sound source. Again, these cues already exist on a spherical head model. In order to evaluate the relative influence of pinnae, head, and motion induced localization cues, we have analyzed numerically simulated transfer functions for ears only, for a head with and without ears, and for a spherical head model with and without offset ears.

Di. 14:20 Interim 2

Psychoakustik I

Threshold Interaural Time Differences under Optimal ConditionsMathias Dietz und Sinthiya Thavam*Western University*

In the 1950s several studies have investigated human threshold ITDs with various stimuli and reported lowest thresholds to be near 10 μ s. Despite the fact that these studies were partly preliminary reports and that they did not attempt to systematically find the smallest threshold ITD, they still serve as best available references. The goal of this study is to systematically determine the stimulus and the experimental paradigm that results in the smallest threshold ITD and to provide an accurate reference value. We varied seven stimulus and procedure parameters: stimulus waveform, stimulation level, stimulus duration, adaptive versus constant stimulus procedure, alternative-forced-choice (AFC) procedure, inter-stimulus pause duration, and complete waveform versus ongoing ITD. The condition yielding the lowest threshold ITD was Gaussian noise band-pass filtered from 20-1400 Hz, presented at 70 dB SPL, with a short inter-stimulus pause of 50 ms, and an interval duration of 0.5 s. The average threshold ITD for this condition at the 79% correct level

was 8 μ s. Compared to Klumpp and Eady (JASA 1956) the shorter inter-stimulus pause, shorter stimulus duration and extensive training are the most apparent factors that result in slightly lower thresholds in our study.

Di. 14:40 Interim 2

Psychoakustik I

Perceptual Effects of Adaptation to Binaural Cues

Marko Takanen^a, Nelli H. Salminen^b und Bernhard Seeber^a

^a*TU München, Audio-Signalverarbeitung;* ^b*Aalto University, Department of Signal Processing and Acoustics*

Neuronal adaptation affects our sound localization ability. Here, we investigated how the auditory system adapts to binaural cues using broadband stimuli containing the natural ITD- and/or ILD (interaural time and level difference) cues that exist in free-field conditions. The cues were extracted from non-individual head-related transfer functions and imposed independently on white-noise sequences. We used a spatial-discrimination experiment to investigate effects of lateral adaptors (directional cues corresponding to $\pm 60^\circ$) and a lateralization experiment to study effects of a central adaptor. We found that the criterion for left/right discrimination becomes biased after repeated exposure to an alternating sequence consisting of an ILD adaptor on one side and an ITD adaptor on the other, potentially because the ILD adaptor affects the ILD channel tuned to that side. When similar (ITD or ILD) adaptors are used on both sides, discriminability around mid-line worsens: lateral ITD adaptors reduced sensitivity to ITD cues in the target and this effect was pronounced with ILD. On the other hand, preliminary lateralization results show that a central adaptor increases the sensitivity to binaural cues around midline. Overall, the results imply that both ITD- and ILD processing are prone to adaptation, the latter perhaps more than the former.

Di. 15:00 Interim 2

Psychoakustik I

Reflection Properties Influencing the Precedence Effect

Florian Wendt und Robert Höldrich

Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik u. Akustik

The precedence effect refers to a perceptual phenomenon whereby the direct sound dominates the perception. This allows us to localize sound sources in challenging reverberant environments in which the direct sound is followed by multiple reflections. Measurements on the precedence effect have traditionally been made by presenting two similar sound instances, one representing the direct sound and the other simulating a specular reflection. If sound is reflected from a spatially structured surface, energy is scattered away from the specular reflection direction yielding a spatial and temporal widening of the reflection. This spatio-temporal smearing is characterized by the scattering coefficient, defined as the ratio of the non-specularly reflected energy to the total energy reflected by the surface. Our contribution presents a listening experiment which studies the influence of reflection properties on

the precedence effect. Different levels of the scattering coefficient are simulated with the scattered energy assumed to be distributed according to Lambert's cosine law. The auralization of direct sound and reflection employs a loudspeaker ring and the experiment evaluates the impact of spatial and temporal spread on measures of the precedence effect.

Di. 15:20 Interim 2

Psychoakustik I

How Masking Affects Auditory Objects of Beamformed Sounds

Julian Linke, Florian Wendt, Franz Zotter und Matthias Frank

Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik u. Akustik

Sound beams steered into a room modify the balance between wall reflections and direct sound. To some extent, this not only enables lateral auditory object positioning between direct sound and wall reflections, but also in distance, as the level of diffuse reverberation is influenced by directivity. These features made the icosahedral loudspeaker array (IKO), a spherical beamformer, an interesting instrument in electroacoustic music. In agreement with studies on the precedence effect, previous experiments with the IKO indicated a dependency of the perceived location on how transient the sound is: Precedence is stronger for transient sounds, therefore these sounds are more strongly determined by the direct sound, hence appear closer to the IKO than continuous sounds. This contribution investigates how maskers reduce this impact of the precedence effect on transient sounds. For compositions, the experiment of our contribution discusses how far maskers are useful to regain a larger positioning range for transient auditory objects if (a) an audible masker is presented accompanying the transient sound, (b) the direct sound of the transient sound is as quiet to fall below the threshold of hearing, in contrast to the beamforming-emphasized wall reflections.

Di. 15:40 Interim 2

Psychoakustik I

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (s.u.)

Sitzung „Psychoakustik I (Poster)“

Kurzvorträge: Di. 15:40 (Interim 2)

Poster-Forum: Di. 16:00, Posterinsel F

Di.-Do.

Psychoakustik I (Poster)

Evaluierung eines Verfahrens für psychoakustische Lateralisationsexperimente

Jörg Encke, Jasmin Kreh, Werner Hemmert und Florian Völk

TU München, Bioanaloge Informationsverarbeitung

Unter gewissen Bedingungen, insbesondere bei diotischer Kopfhörerwiedergabe, können Hörempfindungen im Kopf auftreten. Durch dichotische Wiedergabe kann dabei Lateralisation ausgelöst werden: Verzögerung eines der Kopfhörereingangssignale oder Reduzierung seiner Amplitude führt meist zu Verschiebung der Hörempfindung zur kontralateralen Seite innerhalb des Kopfes. Systematische Zusammenhänge zwischen Stimulusparametern und den Positionen der Hörempfindungen können Aufschluss über auditive Lokalisationsmechanismen geben und bei deren Modellierung unterstützen. Da typische Verfahren für psychoakustische Lateralisationsstudien, z.B. Größenschätzung oder Zeigerverfahren, von systematischen Antwortverschiebungen betroffen sein können, wird in dieser Studie die Eignung eines 2AFC-Verfahrens adressiert: 15 normalhörende Probanden erhielten die Aufgabe, durch Drücken einer von zwei Tasten anzugeben, ob die zu einer reinen interauralen Phasen- oder Amplitudendifferenz korrespondierende Hörempfindung "links oder rechts" auftrat, ohne Referenz oder weitere Anweisungen. Insbesondere durch die relativ einfache Aufgabe, die keine interne Abbildung erfordert, erscheint dieses Verfahren vorteilhaft hinsichtlich systematischer Antwortverschiebungen. Die Ergebnisse deuten auf eine hohe intraindividuelle Reproduzierbarkeit und plausible interindividuelle Übereinstimmung hin. Keiner der Teilnehmer zeigte oder berichtete Schwierigkeiten, die inhärent angenommene "interne Mitte" im Entscheidungsprozess zu verwenden. Die Daten lassen die Existenz eines interindividuell ähnlichen Entscheidungskriteriums vermuten. Anschaulich gesprochen deuten die Ergebnisse auf die Existenz eines für alle Probanden ähnlichen Lateralisationsmittelpunkts hin.

Di.-Do.

Psychoakustik I (Poster)

Lateralisation bei symmetrisch und asymmetrisch definierten interauralen PegeldifferenzenDiana Reimann, Jörg Encke, Werner Hemmert und Florian VölkTU München, Bioanaloge Informationsverarbeitung

In dieser Studie wurden psychoakustische Experimente zur Lateralisation, also zur seitlichen Auslenkung von Hörempfindungen im Kopf, durchgeführt. Gegenstand der Untersuchung war der Einfluss der Definition der interauralen Pegeldifferenz (ILD) auf die Lateralisation. Es wurden Hörversuche mit dichotisch präsentierten 700ms-Tonimpulsen im Frequenzbereich zwischen 125Hz und 4kHz mit zwei unterschiedlichen ILD-Konfigurationen durchgeführt. Für die asymmetrische Konfiguration wurde eine unilaterale Dämpfung eingesetzt, was eher dem natürlichen Auftreten einer ILD durch Kopfschatten oder Quellabstandsdifferenz entsprechen sollte. Für die symmetrische Konfiguration wurde die ILD in unilaterale Verstärkung auf der einen und unilaterale Dämpfung auf der anderen Seite aufgeteilt, wodurch die Lautheit mit der ILD weniger als bei alleiniger unilateraler Dämpfung variiert. Für ILDs zwischen 1dB und 15dB wurden 13 erfahrene und für die Aufgabe trainierte Probanden im Alter zwischen 22 und 52 Jahren mittels einer 2AFC-Methode gebeten, per Tastendruck die Hemisphäre der Hörempfindung und dadurch Hinweise auf die Lateralisation anzugeben. Hierbei führten beide Konfigurationen zu beinahe übereinstimmenden Ergebnissen. Dies lässt für die betrachteten Konfigurationen eine Unabhängigkeit der Lateralisation von der ILD-Definition und auch von der Lautheit vermuten.

Di.-Do.

Psychoakustik I (Poster)

IPD, nicht ITD: Psychoakustische Hinweise auf phasennormierte Feinstrukturverarbeitung bei der LateralisationJasmin Kreh, Jörg Encke, Werner Hemmert und Florian VölkTU München, Bioanaloge Informationsverarbeitung

Dichotisch präsentierte Tonimpulse werden typischerweise mittig im Kopf wahrgenommen. Ändert man die Phase eines der Töne unter Beibehaltung der Original-Hüllkurve, kann es zu seitlicher Auslenkung der Hörempfindung kommen (Lateralisation). Ein wesentlicher Einflussfaktor auf die seitliche Auslenkung ist, neben der Phasenverschiebung, die Frequenz der Tonimpulse. So ist z.B. bekannt, dass eine Phasenverschiebung bei Frequenzen oberhalb von etwa 2kHz zu keiner seitlichen Auslenkung mehr führt. In diesem Beitrag soll die Frage beantwortet werden, ob die Größenordnung der seitlichen Auslenkung frequenzunabhängig durch die interaurale Phasendifferenz (IPD) bestimmt ist, oder ob die interaurale Zeitdifferenz (ITD) die ausschlaggebende Größe ist. Dazu wurden geeignete 700ms-Tonimpulse bei sechs Frequenzen im Bereich von 125Hz bis 4kHz 15 freiwilligen, normalhörenden Probanden im Alter zwischen 25 und 38 Jahren über interaural entzerrte Kopfhörer

präsentiert. Die Versuchsteilnehmer hatten die Aufgabe, mittels eines 2AFC-Verfahrens durch Tastendruck anzugeben, ob sich die jeweilige Hörempfindung in der linken oder rechten Hemisphäre befand. Die Ergebnisse zeigen im relevanten Bereich eine klare, bei allen untersuchten Frequenzen ähnliche Abhängigkeit von der IPD, nicht von der ITD. Anders ausgedrückt: In vorliegender Studie wurden keine Hinweise darauf gefunden, dass eine frequenzunabhängige Feinstruktur-ITD die laterale Auslenkung der Hörempfindung festlegt. Die Feinstruktur-IPD dagegen scheint ausschlaggebend zu sein.

Di.-Do.

Psychoakustik I (Poster)

Ein Zweikanalmodell der neuronalen Verarbeitung interauraler Phasendifferenzen

Jörg Encke, Diana Reimann, Werner Hemmert und Florian Völk

TU München, Bioanaloge Informationsverarbeitung

Die neuronale Verarbeitung interauraler Zeitdifferenzen (ITDs) bei Säugetieren wurde traditionell mithilfe der von Jeffress vorgeschlagenen, systematischen Anordnung von Laufzeitgliedern erklärt. Neuere Ergebnisse elektrophysiologischer und psychoakustischer Messungen sprechen allerdings für ein alternatives Modell, in dem statt der ITDs interaurale Phasendifferenzen (IPDs) durch die relative Aktivität zweier Neuronenpopulationen kodiert werden (ein sogenannter Kanal pro Gehirnhälfte). Die genaue Vorschrift zur Abbildung der neuronalen Aktivität dieser Kanäle auf die Wahrnehmung ist bisher nicht abschließend geklärt. Diese Studie stellt ein auf zwei Parameter reduziertes, empirisches Modell der neuronalen Verrechnung der beiden Kanäle vor. Anhand eines an dreizehn Personen durchgeführten psychoakustischen Versuchs zur Lateralisation von Tonimpulsen bei Kopfhörerdarbietung werden erste Vorhersagen dieses Modells bestätigt. Durch Parametrisierung des Modells anhand der Versuchsergebnisse können darüber hinaus IPD-abhängige Aktivitäten in den beiden Kanälen rekonstruiert werden. Die rekonstruierten Kanalaktivitäten zeigen gute Übereinstimmung mit Ergebnissen elektrophysiologischer Messungen der neuronalen Aktivität in für IPDs empfindlichen Neuronen im Stamm- und Mittelhirn.

Sitzung „Psychoakustik II“

Di. 16:40 Interim 2

Psychoakustik II

A Bayesian active-learning approach for obtaining notched-noise data

Josef Schlittenlacher, Tom Baer, Richard E. Turner und Brian C.J. Moore
University of Cambridge

A popular method for characterising frequency selectivity is the notched-noise method, but this is time consuming, requiring measurement of masked thresholds in a two-dimensional space with the lower and upper spectral edges of the notch (F_L and F_U) as parameters. We used a Gaussian Process (GP) for classification, with the masker level as a third dimension, to determine the probability of a fixed pure-tone signal being detected. The GP used the assumptions that: the detection probability is correlated for similar notch parameters; wider notches increase the detection probability; decreasing the noise level increases the detection probability according to a cumulative Gaussian psychometric function. The masker parameters chosen for the next trial were chosen to yield the highest mutual information about the parameter space. The thresholds predicted by the GP after 100 trials using normal-hearing listeners changed more rapidly with changes in F_U than with changes in F_L , as expected from the Zwicker-Fastl excitation-pattern model. The predictions of the GP were used to fit rounded-exponential auditory filters. The slope parameters determined in this way agreed with published values. The method may provide a quick test for determining asymmetries in the auditory filter shapes of hearing-impaired listeners.

Di. 17:00 Interim 2

Psychoakustik II

Modellierung der Zwei-Ton-Suppression in einem Filtermodell der Cochlea

Martin Gottschalk und Jesko Verhey

Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Abt. f. Experim. Audiologie

Die Nichtlinearität der Basilarmembran-Bewegung äußert sich in einer kompressiven Wachstumsfunktion für Sinustöne. Für komplexere Stimuli gibt es neben dieser Kompression auch andere nichtlineare Effekte der Cochlea. Hierzu gehört die Zwei-Ton-Suppression, d.h. die Reduktion der Membranantwort auf einen Ton durch das Hinzufügen eines zweiten Tons. Suppression könnte eine wichtige Rolle bei der frequenzübergreifenden Verarbeitung von kohärenten Pegelschwankungen spielen. Zur Modellierung der nichtlinearen cochleären Verarbeitung hat der "Dual resonance non-linear" (DRNL) Filter (Meddis et al. 2001) weite Verbreitung in der Hörmodellierung gefunden. Dieses effektive Modell besteht aus zwei parallelen Signalpfaden. Im nichtlinearen Pfad ist eine nichtlineare Kennlinie zwischen zwei Gammatonfiltern angeordnet, der lineare

Pfad besteht im Wesentlichen aus einem Gammatonfilter. Zur Simulation des menschlichen Gehörs sind verschiedene Implementierungen des DRNL-Modells vorgeschlagen worden, jeweils mit verschiedenen Parametersätzen. In dieser Studie werden die Suppressionsvorhersagen dieser unterschiedlichen DRNL-Modelle untersucht und mit psychoakustischen Daten zur Suppression (Ernst et al. 2010) verglichen. Eine realistische Vorhersage von Suppression ist von grundlegender Bedeutung, um modellbasiert die Relevanz von Suppression bei der frequenzübergreifenden Verarbeitung von kohärenten Pegelschwankungen beurteilen zu können.

Di. 17:20 Interim 2

Psychoakustik II

Funktionsschema des Zwicker-Tones bei Hörschädigung

Gerhard Krump

Technische Hochschule Deggendorf

Nach dem Abschalten eines etwa 10 Sekunden andauernden Schallreizes mit spektraler Lücke kann von 94 Prozent der normalhörenden Versuchspersonen ein leiser, abklingender Nachton (Zwicker-Ton) wahrgenommen werden, dessen Vergleichsfrequenz sich stets innerhalb dieser Lücke befindet. Ebenso erzeugen Schallreize mit spektraler Überhöhung einen Nachton, jedoch mit einer Vergleichsfrequenz tieffrequent zur spektralen Anhebung. Ein auf Angaben normalhörender Versuchspersonen beruhendes Funktionsschema erklärt die Tonhöhe bzw. die Vergleichsfrequenz des Nachtones ausgehend von tiefen zu hohen Frequenzen beim ersten Schnittpunkt der Mithörschwelle mit der Ruhehörschwelle bzw. beim Minimum der Mithörschwelle, wenn infolge höherer Anregungspegel kein Schnittpunkt mit der Ruhehörschwelle erfolgt. Versuchspersonen mit stark angehobener Ruhehörschwelle stellen andere Vergleichsfrequenzen ein als Normalhörende, mitunter sogar außerhalb der spektralen Lücke der Anregung bzw. höherfrequent zur spektralen Anhebung. Das Funktionsschema wird daher in diesen Fällen mit Hilfe individuell gemessener Mithörschwellen von Hörgeschädigten untersucht.

Di. 17:40 Interim 2

Psychoakustik II

Der Einfluss von Signalpausen auf die zeitliche Gewichtung bei der Lautheitswahrnehmung

Jan Hots^a, Jesko Verhey^a und Daniel Oberfeld-Twistel^b

^a*Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Abt. f. Experim. Audiologie;*

^b*Johannes Gutenberg-Univ. Mainz*

Die Lautheit eines Geräusches wird von dessen zeitlicher Struktur beeinflusst. Mehrere Studien zeigen, dass Stimulusanteile am Anfang eine größere Bedeutung bei der Gesamtbewertung des Schalls bezüglich seiner Lautheit spielen als spätere Stimulusanteile. Dieses als Primacy-Effekt bezeichnete Phänomen widerspricht der üblichen Annahme bei

der Lautheitsmodellierung, dass alle zeitlichen Signalanteile ungewichtet in die Lautheitsbestimmung einfließen. Eine offene Frage ist, wie sich die Gewichtung einzelner zeitlicher Signalanteile bei der Lautheitsbewertung ändert, wenn eine Pause in das Signal eingefügt wird. Um dies zu untersuchen wurden im vorliegenden Beitrag breitbandige Stimuli präsentiert, die aus 10 zeitlichen Segmenten à 100ms bestanden. Die Segmente 1-5 wurden von den Segmenten 6-10 durch eine Pause getrennt. Die Dauer der Pause lag zwischen 0 und 1400ms. Die Pegel der Segmente fluktuieren zufällig. Aus den kategorialen Lautheitsurteilen der Versuchspersonen wurden mittels eines behavioral-reverse-correlation Ansatzes die zeitlichen Gewichte bei der Lautheitsbewertung geschätzt. Die Ergebnisse zeigen einen mit der Pausendauer zunehmenden zweiten Primacy-Effekt für den Stimulusanteil nach der Pause. Die Bedeutung der Ergebnisse für die Lautheitsmodellierung wird diskutiert.

Di. 18:00 Interim 2

Psychoakustik II

Evaluation of similarity measures for spectro-temporal grouping with receiver operating characteristics

Sarinah Sutojo, Steven van de Par und Joachim Thiemann

CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

In order to segregate different sources from a mixture of sounds, it is useful to decompose the mixture into smaller time-frequency units and estimate which source is dominating within the regarded segment. To determine the dominant source, acoustic features such as periodicity or binaural cues are extracted for each of the small units. By comparing the features of neighboring time-frequency units, it can be estimated whether the two should be considered as being dominated by the same source ("joint"), or whether they should be treated as "disjoint" since they show rather different attributes. Thus, the estimation can be regarded as classification problem in which each transition between adjacent segments is classified as either joint or disjoint transition. As a classification criterion, the similarity between specific acoustic features (which reflect the characteristics of the dominant source) can be used. Such a similarity measure can e.g. be the correlation coefficient. This study is concerned with the suitability of different similarity measures for the classification of next-neighbor transitions based on periodicity and binaural features. By means of receiver operating characteristics, several measures are evaluated to determine how useful they are for source segregation.

Fachvorträge und Poster am Mittwoch, den 21.03.2018**Sitzung „DIN 4109: Anforderungen und neues Rechenverfahren im Wohnungsbau II“**

Mi. 9:00 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren II

Spektrale Unterschiede zwischen Straßen- und SchienenverkehrsgeräuschenUwe Ritterstaedt*Ing. Büro f. Schallschutz, Neuss*

Im Zuge der Diskussion über einen spektral begründeten Pegelabschlag bei Schienenverkehrsgeräuschen zur Berechnung des passiven Schallschutzes gemäß DIN 4109 wurden Straßen- und Schienenverkehrsgeräusche aufgenommen und die Frequenzspektren verglichen. Ziel war der Nachweis, ob Unterschiede existieren, wie sie beschaffen sind und welchen Einfluss sie auf die Fensterdämmung haben. Da diese Untersuchung privat finanziert wurde, kann sie kein statistisch gesichertes Ergebnis bieten. Es wird jedoch aufgezeigt, dass Zweifel an der im Beiblatt A1 zur DIN 4109-2 geäußerten Aussage angebracht sind, dass bei Schienenverkehrsgeräuschen pauschal der maßgebliche Außenlärmpegel um 5 dB gesenkt werden könne. Hier ist daraufhin weiterer Forschungsbedarf festzustellen.

Mi. 9:20 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren II

Schutz vor Verkehrslärm unter Berücksichtigung von Maximalpegeln? Vergleich der Regelwerke und rechtlicher Kategorien bei Straßen-, Schienen- und FluglärmEckhard Bock*planungsbüro shelter*

Der Schutz vor Verkehrslärm ist in unterschiedlichen Regelwerken definiert. Beim Neu- und Ausbau von Verkehrsinfrastruktur, der Lärmsanierung oder dem Neubau von Wohngebieten sind rechtliche Kategorien zu beachten. Das Vorsorgeprinzip ist für alle Beteiligten beim Neubau von Wohnungen und Siedlungen (DIN 18005) aber auch von Verkehrsinfrastruktur verbindlich. Werte für den Tag- und Nachtschutz sind in einer Reihe von Regelwerken festgelegt worden - die DIN 4109 legt Nachtwerte erstmalig 2016 fest. Korrekturummanden werden aufgrund der Besonderheit des Außenlärms in der VDI 2719, der DIN EN ISO 717-1 und der 24.BImSchV definiert. Aktuelle Arbeiten nehmen Bezug auf die Differenz des Außenlärmspektrums und der Schalldämmwerte von

Fenstertypen. Ungeregt ist insbesondere bei Schienenlärm die Berücksichtigung von Maximalpegeln bei der Bestimmung des maßgeblichen Außenlärmpegels. Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat bereits 2007 darauf verwiesen, dass bei Schienenlärm anders als bei Straßenlärm (aktuell DIN 4109-2 kombiniert mit DIN 4109-4) die DIN 4109 Lücken aufweist. Im Rahmen von höchstrichterlich bestätigten Ausbauentscheidungen zu Verkehrsflughäfen (insbesondere München und Berlin) sind Häufigkeitsmaximalpegelkriterien festgelegt worden, die zu zufriedenstellendem baulichem Schallschutz geführt haben, während das Kriterium zu Aufwachreaktionen am Leipziger Flughafen zu evaluieren ist. Anforderungswerte sind zu vergleichen. Sie sollten Korrektursummanden und Maximalpegelkriterien berücksichtigen und somit den baulichen Schallschutz aller Außenbauteile umfassen.

Mi. 9:40 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren II

Balkone in der DIN 4109

Steffen Blessing

Bauphysik 5

Balkone waren bisher weder in der DIN 4109, Ausgabe 1989 noch in der Ausgabe 2016 ausdrücklich mit Anforderungen an den Trittschallschutz belegt. Im Vortrag soll aufgezeigt werden, weshalb es sinnvoll ist eine Anforderung an den Trittschallschutz für Balkonkonstruktionen festzulegen. Wie eine solche Anforderung zahlenmäßig hergeleitet und festgelegt werden kann bzw. wurde, soll ebenfalls dargestellt werden. Außerdem soll eine Berechnungsmöglichkeit, mögliche Ausführungen sowie mögliche oder erforderliche Maßnahmen vorgestellt werden.

Mi. 10:20 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren II

Die neue DIN 4109 (2016) in der öffentlich-rechtlichen Anwendung

Steffen Hettler

Breyer Rechtsanwälte

Die DIN 4109 aus dem Jahre 2016 ist zwischenzeitlich im Rahmen der Umsetzung der Musterbauverordnung und diesbezüglich der Veröffentlichung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen auf dem Weg zwingendes Recht zu werden. Gegenstand des Vortrags soll dabei nicht die zwischenzeitlich den meisten bekannte Bedeutung der DIN 4109 auf den privatrechtlich geschuldeten Schallschutz sein. Vielmehr soll der Beitrag die öffentlich-rechtliche Anwendung der DIN 4109 aus dem Jahr 2016 zum Gegenstand haben. Dazu soll die Normenkette in der rechtlichen Prüfung aufgezeigt werden. Auf Grundlage der geänderten Musterbauverordnung mit dazugehöriger Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmung wird aufgezeigt, welchen Platz darin die DIN 4109 (2016) einnimmt. Dazu gehören Fragestellungen, wie die Anwendung der eigentlich nach der DIN 4109 aus dem Jahr 2016 vorgesehenen Rechenverfahren nach der DIN-EN

12354. Welche Folgen haben Verstöße gegen den Mindestschallschutz nach der DIN 4109 aus dem Jahr 2016 in der Planung und der Berechnung. Beim Außenlärm hat die DIN 4109 aus dem Jahr 2016 eine Anhebung des Schallschutzes hervorgebracht, die zum Teil nun wieder relativiert wurde. Gerade hieraus stellt sich in mehrfacher Hinsicht die Frage, welche Fassung der DIN 4109 nun im Zusammenhang mit Vorgaben in Planfeststellungsbeschlüssen einzuhalten sind. Antworten darauf werden Gegenstand des Vortrags auf der DAGA sein.

Mi. 10:40 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren II

DIN 4109-5: Erhöhter baulicher Schallschutz - Möglichkeiten und Risiken

Steffen Körper

Umweltbundesamt

Die 2016 im Weißdruck erschienene DIN 4109 beinhaltet Mindestanforderungen an den baulichen Schallschutz. In der Praxis wird aber häufig nach einem besseren Schallschutz gefragt. Ein erhöhter baulicher Schallschutz wird derzeit in mehreren Dokumenten, wie z. B. der VDI 4100, der DEGA-Empfehlung 103, der DIN SPEC 91314:2017 und dem Beiblatt 2 der DIN 4109:1989, behandelt. Diese Unterlagen enthalten unterschiedliche Kenngrößen, Anforderungen und Empfehlungen. Die bauakustischen Planungsbüros und die Gerichte sind daher mitunter verunsichert, welches Dokument nun tatsächlich einen im Vergleich zum Mindestschallschutz wahrnehmbar besseren Schallschutz ermöglicht und so Komfortansprüchen im Wohnungsbau gerecht wird. Eine DIN-Arbeitsgruppe erarbeitet deshalb derzeit einen Teil 5 der DIN 4109, der Anforderungen an den erhöhten baulichen Schallschutz beinhalten wird. Dabei bestehen unterschiedliche Interessen der beteiligten Kreise, die in der Arbeitsgruppe intensiv diskutiert werden und gegebenenfalls als Konsens in den Normentwurf eingehen. Zudem werden im Entwurf sowohl die aktuelle Rechtsprechung und die gängige Baupraxis als auch Kenntnisse aus den vorhandenen Normen und Dokumenten berücksichtigt. In dem Beitrag werden die Möglichkeiten und Risiken bei der Erarbeitung des Teils 5 der DIN 4109 aus Sicht des Umweltbundesamtes aufgezeigt und bewertet.

Mi. 11:00 MW 2001

DIN 4109: Anforderungen und Verfahren II

DEGA-Empfehlung 103 "Schallschutz im Wohnungsbau - Schallschutzausweis"; neue Fassung Januar 2018

Christian Burkhart

Akustikbüro Schwartzberger und Burkhart

Die erste Fassung der DEGA-Empfehlung 103 wurde im März 2009 veröffentlicht. In den vergangenen Jahren wurden sowohl in der praktischen Anwendung als auch durch die Rückmeldungen und Diskussionen der Teilnehmer aus den jährlich 1 bis 2 mal stattfindenden Veranstaltungen

der DEGA-Akademie Erfahrungen gesammelt, die in die neue Fassung eingeflossen sind. Nun wurde nach fast 9 Jahren die überarbeitete Fassung im Januar 2018 veröffentlicht. Im Vortrag werden kurz die Veränderungen und deren Hintergründe dargestellt sowie Erfahrungen aus der Praxis kritisch dargestellt und mögliche Wege für die Zukunft dargestellt. Dabei werden sowohl die baulichen Möglichkeiten, als auch die Wünsche der Bewohner dargestellt und deren Grenzen aufgezeigt.

Sitzung „Bauakustik I“

Mi. 14:00 MW 2001

Bauakustik I

Untersuchungen zur Bestimmung der dynamischen Steifigkeit elastischer Dämmstoffe

Heinrich Bietz und Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Die dynamische Steifigkeit elastischer Dämmstoffe ist in der Bauakustik ein wichtiger Materialparameter, der zum Beispiel bekannt sein muss, um die Resonanzfrequenz eines schwimmenden Estrichs rechnerisch zu bestimmen. Das Messverfahren zur Bestimmung der dynamischen Steifigkeit von Estrichunterlagen ist in DIN EN 29052 1 beschrieben. Hier wird eine Probe des Dämmstoffes mit einer definierten Masse beaufschlagt, und die dynamische Steifigkeit wird aus der Resonanzfrequenz dieses Feder-Masse-Systems bestimmt. Hinsichtlich der messtechnischen Durchführung (Anregung des Messaufbaus, Anordnung der Messaufnehmer und Auswertung der Resonanzkurve) lässt die Messnorm jedoch viele Fragestellungen offen. Auch wirft die in der Norm beschriebene Korrektur mittels des Strömungswiderstandes durchaus Fragen auf. Vor dem Hintergrund eines Forschungsprojektes zur Untersuchung von bauphysikalischen Eigenschaften nachwachsender Rohstoffe wurden in der PTB Untersuchungen zu diesen Fragestellungen durchgeführt. Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollen auch Dämmstoffe untersucht werden, die in Wärmedämm-Verbundsystemen eingesetzt werden (sollen), was mit einer deutlich geringeren statischen Vorlast einhergeht. Da die dynamische Steifigkeit von Dämmmaterialien erfahrungsgemäß von der statischen Vorlast abhängt, wurden Alternativen zum genormten Messaufbau betrachtet, die eine realistische Bestimmung der dynamischen Steifigkeit bei geringer Flächenlast ermöglichen.

Mi. 14:20 MW 2001

Bauakustik I

Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen in der Bauteilprüfung und in PrognosemodellenSimon Mecking^a, Mathias Kohrmann^b und Andreas Rabold^a^a*Hochschule Rosenheim*; ^b*Labor für Schallmesstechnik, Hochschule Rosenheim*

Um die Anwendungsmöglichkeiten im Bauwesen für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen zu fördern, wurde von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. ein Projekt initiiert, das für diese Dämmstoffe die unterschiedlichen Anforderungen aufzeigt und Planungs- und Nachweismöglichkeiten zur Verfügung stellt. Im Bereich des Schallschutzes werden hierzu Bauteilkataloge für diese Dämmstoffe erweitert, Prüfverfahren für die Materialeigenschaften der Dämmstoffe festgelegt und Berechnungsmodelle weiterentwickelt. Zur Erweiterung der Bauteilkataloge wurden im Rahmen von Studienarbeiten an der Hochschule Rosenheim vorhandene Bauteilsammlungen analysiert und die Lücken aufgezeigt. Diese werden innerhalb des Projektes durch Bauteilprüfungen geschlossen. Parallel hierzu werden anhand von Simulationsmodellen die Luft- und Trittschallübertragungen der Bauteile prognostiziert, um den Einfluss der unterschiedlichen Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen im Vergleich zu konventionellen Dämmstoffen zu untersuchen. Bei den Simulationsmodellen kommen sowohl numerische als auch statistische Methoden zum Einsatz. Die Eingangsdaten für die Simulation werden durch Messungen der Übertragungseigenschaften der Dämmstoffe an der PTB Braunschweig ermittelt. Anhand der Validierung der Simulationsergebnisse gegenüber Bauteilmessungen kann überprüft werden, inwiefern die konventionellen Messgrößen (Strömungswiderstand, dynamische Steifigkeit, Absorptionsgrad und Rohdichte) für die Materialbeschreibung ausreichend sind. Im Vortrag wird der bauakustische Schwerpunkt des Projektes und die ergänzenden Bauteilprüfungen sowie erste Ergebnisse der Simulationen auf Basis der Finiten Elemente Methode und der statistischen Energieanalyse vorgestellt.

Mi. 14:40 MW 2001

Bauakustik I

Akustische Untersuchung der Wand- und Deckenanschlüsse von Trennvorhängen für Mehrfeld-Sporthallen

Agostino Troll, Moritz Späh, Xiaoru Zhou und Philip Leistner

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

In Mehrfeld-Sporthallen dienen Trennvorhänge u. a. auch dem Schallschutz zwischen den einzelnen Feldern innerhalb der Halle. Durch diese akustische Trennung sollen sich die Nutzer eines Hallenfeldes auch dann noch angemessen verständigen können, wenn z. B. im benachbarten Hallenfeld laute Geräusche auftreten. Zugleich wird der wechselseitigen Verstärkung der Lärmbelastung (LOMBARD Effekt) bei mehreren

anwesenden Nutzergruppen vorgebeugt. Auf Grund der leichten Membranen, aus denen die Trennvorhänge bestehen, kann die Schallschutzwirkung nicht allzu hoch sein.

Die DIN 18032 fordert für Trennvorhänge ein bewertetes Schalldämm-Maß von mindestens 22 dB im Prüflabor. Dies entspricht dem Schallschutz-Potential üblicher Trennvorhänge. Zudem fordert die Norm eine geeignete Ausbildung der Wand- und Deckenanschlüsse, sodass im betriebsfertigen heruntergefahrenen Zustand des Trennvorhangs die Schalldämmung mindestens 18 dB betragen muss.

In der Praxis sind Fugen jedoch unvermeidlich und werden nur selten akustisch optimiert. Diese Fugen mindern das Schalldämm-Maß erheblich. Im Rahmen eines vom BBSR geförderten Forschungsvorhabens zur Akustik in Sporthallen wurde am Fraunhofer-Institut für Bauphysik das Potenzial der schalltechnischen Optimierung von Wand- und Deckenanschlüssen von Trennvorhängen untersucht. Es werden Ergebnisse aus experimentellen, analytischen und numerischen Untersuchungen dargestellt und diskutiert.

Mi. 15:00 MW 2001

Bauakustik I

Flankenschalldämmung von Holzständer-Außenwänden zum Einsatz in hybriden Stahlbetonhochbauwerken

Joachim Hessinger und Stefan Bacher

ift Rosenheim GmbH

In Deutschland werden Wohngebäude aber auch Verwaltungs- und Schulgebäude in letzter Zeit verstärkt auch in einer Hybridbauweise erstellt, bei der die Gebäudehülle von Skelettbauten in Stahlbetonbauweise mit Außenwänden in Holzständerbauweise ausgeführt werden. Zum Nachweis des Schallschutzes von Trennwänden und Trenndecken wird dann auch die Flankenschalldämmung dieser Holzständerwände benötigt. Im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt "Fassadenelemente für Hybridbauweisen" der TU München (gefördert durch die Stiftung Bayerisches Baugewerbe) wurden im ift Labor Bauakustik auch Messungen der Flankenschalldämmung von Holz- Außenwänden zum Einsatz in solchen Gebäuden durchgeführt. Im Rahmen dieser Präsentation sollen Ergebnisse dieser Untersuchungen vorgestellt werden.

Für die Untersuchungen wurden repräsentative Anschlusssituationen der Außenwandkonstruktionen an massive Trennwände und Trenndecken untersucht. An verschiedenen Stoßstellensituationen wurde die Flankenschalldämmung in horizontaler und vertikaler Richtung mit und ohne Zusatzmaßnahmen an den Wänden gemessen. Je nach Ausbildung der Stoßstelle und Übertragungsrichtung lagen die bewerteten Norm-Flankenpegeldifferenzen bei den optimierten Konstellationen in einem Bereich von $D_{n,f,w}$ von 67 dB bis zu 71 dB.

Mi. 15:20 MW 2001

Bauakustik I

Schwere vorgefertigte Holz-Rippendecke

Peter Lieblang

Technische Hochschule Köln

Zurzeit wird der Markt für Holzdeckenkonstruktionen von zwei Bauweisen dominiert, nämlich den klassischen Holzbalkendecken und den Brettstapeldecken. Für beide Bauweisen gilt, dass eine Verbesserung des Trittschallschutzes auf Werte, die bei Reihen- und Doppelhäusern gefordert werden, zusätzliche Beschwerungen mit Beton-Gehwegplatten und schwimmende Estriche erforderlich macht. Durch diese Strategie wachsen die Dicken der Holzbalkendecken auf 40 cm und mehr an, bei Brettstapeldecken erhöht sich der Holzverbrauch deutlich. Diese systematischen Nachteile sind bei der neuartigen Deckenkonstruktion nicht vorhanden. In einer Machbarkeitsstudie sind verschiedene Varianten der Decke mit flächenbezogener Masse zwischen 250 und 400 kg/m² untersucht worden. Dabei hat sich gezeigt, dass die neuartige Holzdeckenkonstruktion bei Füllung mit Estrichmörtel oder Beton ähnliche akustische Eigenschaften aufweist, wie Massivdecken gleicher flächenbezogener Masse. Prognosewerte für den bewerteten Norm-Trittschallpegel einer solchen Decke auf Basis des Rechenverfahrens der DIN 4109 (Ausgabe Juli 2016) und Messergebnisse, die an einem ausgeführten Pilotprojekt gewonnen worden sind, werden vorgestellt und miteinander verglichen. Die Konsequenzen für den baupraktischen Einsatz werden diskutiert.

Mi. 16:40 MW 2001

Bauakustik I

Vergleich Verschiedener Schallmessmethoden bei Bauteiluntersuchungen im Tieffrequenten Bereich

Polina Pirch und Bernd Nusser

Holzforschung Austria

Dieser Artikel behandelt die Wiederholbarkeit von verschiedenen Messmethoden zur Bestimmung der Luftschalldämmung von Bauteilen (Standardverfahren, Eckverfahren, Diagonalverfahren, Intensitätsverfahren) unter Laborbedingungen im tieferen Frequenzbereich unter 200 Hz. Als Versuchsaufbau wurde eine leichte doppelschalige Ständerwand in einem Prüfstand mit unterdrückter Flankenübertragung gewählt. Pro Messmethode wurden mehreren Messzyklen durchgeführt. Zur Beurteilung der Messmethoden wurden 3D-Rastermessungen im Sende- und Empfangsraum vorgenommen und daraus ein Referenz-Schalldämmmaß abgeleitet. Die so gewonnenen Daten wurden mit den Schalldämmmaßen aus den verschiedenen Messmethoden verglichen. Augenmerk lag dabei auf der Auswertung der statistischen Parameter der Schalldruckpegel bzw. der höchsten Wiederholpräzision der Schalldämmmaße. Zusätzlich wurden die Mikrofonpositionen der einzelnen Messmethoden mit der Modenverteilung in den Prüfräumen verglichen und

daraus u.a. auf die Eignung der Messverfahren zur Laborschallmessung im tieffrequenten Bereich geschlossen.

Mi. 17:00 MW 2001

Bauakustik I

Charakterisierung von Klimageräten als Körperschallquellen

Isabel Fischer, Jochen Scheck, Berndt Zeitler und Heinz-Martin Fischer
Hochschule für Technik Stuttgart

Zur Prognose der Körperschallübertragung von gebäudetechnischen Anlagen, z.B. nach EN 12354-5, müssen Quellendaten messtechnisch bestimmt werden. Die vollständige Quellencharakterisierung mittels freier Schnelle und Admittanz ermöglicht die Prognose der Körperschalleinleitung in beliebige Empfangsstrukturen unter Berücksichtigung aller Wechselwirkungen zwischen den Kontaktpunkten von Quelle und Empfangsstruktur. Dieses Verfahren wurde für ein wandhängendes Lüftungsgerät und ein bodenstehendes Kombigerät zur Lüftung und Heizung angewendet.

Mit den Eingangsdaten aus der Quellencharakterisierung wurde die Körperschalleinleitung in den Empfangsplattenprüfstand prognostiziert und mit der in-situ gemessenen Empfangsplattenleistung nach EN 15657 verglichen. Letztere wird zur Quellencharakterisierung für Prognosen im Massivbau verwendet. Dadurch konnten Vor- und Nachteile beider Verfahren sowie Anwendungsgrenzen identifiziert und praxisgerechte Vereinfachungen zur Quellencharakterisierung und Prognose abgeleitet werden.

Mi. 17:20 MW 2001

Bauakustik I

Eco Silence. Entwicklung eines in ökologisch optimierten Raum-in-Raum-Systems für den Open-Office-Bereich

Christoph Kirch^a, Sabrina Mix^a, Jens-Uwe Schulz^a und Uta Pottgiesser^b

^a*Hochschule Ostwestfalen-Lippe*; ^b*University of Antwerp*

Um das störungsfreie Nebeneinander in offenen Bürostrukturen zu verbessern, können Raum-in-Raum-Systeme eingesetzt werden, die aber selten aktuellen Nachhaltigkeitskriterien in genügen. Das FuE-Projekt entwickelt ein ökologisch optimiertes Raum-in-Raum-System. Der Fokus liegt dabei auf der Substitution üblicher Konstruktions- und Absorptionsmaterialien durch ökologischere Produkte bei vergleichbaren akustischen Eigenschaften und geringem Schichtenaufbau. Gestützt auf Messdaten der Schalldämmwerte aus der Literatur, Produktinformationen und Ökobilanzdaten kommen Produkte zum Einsatz, welche bei vergleichbaren Schalldämmwerten ökologische Vorteile aufweisen. Die Vergleichbarkeit der Daten musste zunächst hergestellt werden. Erste Berechnungen belegen, dass bei den Konstruktionsmaterialien Mineral- und Holzbaustoffe weniger Primärenergie als Gläser verbrauchen; Holzwerkstoffe sind bezüglich des Treibhauspotentials deutlich besser als

alle anderen Materialien einzuschätzen, benötigen jedoch den stärksten Plattenaufbau, um vergleichbare Schalldämmwerte zu erreichen. Stahlbleche als schalldämmende Trennelemente stellen eine Alternative zu den üblichen Gläsern (VSG bzw. ESG) dar, da hier bei $R_w=30\text{dB}$, 50% der aufzuwendenden Energien eingespart werden können. Alternative Schallabsorptionsmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen sparen gegenüber dem konventionell eingesetzten PU-Schaum und bei vergleichbare Schallabsorptionswerten ca. 80% der Primärenergie ein. Beim Treibhauspotential werden Einsparungen von über 100% (CO₂-Plus Produkt) erreicht. Um den Schichtenaufbau und den konstruktiven Aufwand gering zu halten, werden als Konstruktionsmaterialien der Wand- und Deckenflächen einschalige, biegeeweiche Plattenmaterialien untersucht. Hierzu sind weitere Berechnungen, Material- und Bauteilveruche erforderlich.

Mi. 17:40 MW 2001

Bauakustik I

Neue Untersuchungen zum Messverfahren zur Simulation haustechnischer Benutzungsgeräusche mit dem Pendelfallhammer gemäss Schweizer Norm SIA 181 "Schallschutz im Hochbau"

Kurt Eggenschwiler, Vincent Sperdin und Stefan Schoenwald

Empa, Abt. Akustik / Lärminderung

Mit der Neufassung der Schweizer Norm SIA 181 "Schallschutz im Hochbau" im Jahr 2006 wurde ein Messverfahren zur Simulation von Benutzergeräuschen bei Badewannen, Duschwannen, Waschbecken etc. mit einem Pendelfallhammer eingeführt. Trotz den nicht bezweiferten Vorteilen der Messmethode tauchten in den letzten Jahren vermehrt Fragen zu verschiedenen Problemstellungen auf. Die Eigenschaften des Pendelfallhammers sind in der Norm nur unzureichend spezifiziert und es mangelt an einem Verfahren, um diese periodisch zu überprüfen. Das Messverfahren ist zu wenig detailliert beschrieben, so dass sich z.B. je nach Wahl der Anregungspunkte unter Umständen sehr unterschiedliche Resultate ergeben können. Es werden auch keine Angaben zur Messunsicherheit gemacht. Die Norm gibt für verschiedene Anregungssituationen Korrekturpegel zur Berücksichtigung der Unterschiede zwischen dem Pegel der Originalgeräusche und dem mit dem Pendelfallhammer erzeugten. Diese Korrekturwerte werden zum Teil in Frage gestellt. Zudem wird behauptet, dass der durch Schallabstrahlung vom untersuchten Bauteil übertragene Luftschallanteil, je nach baulicher Situation, zu hoch sei und das Messergebnis verfälschen kann. Im Vortrag wird eine Auswahl von Ergebnissen einer Studie vorgestellt, in welcher diesen Fragen nachgegangen wurde.

NEU: Do. 15:20 MW 0350

Raumakustik III

An Instrument for Measuring the Perception of Room Acoustics from the Perspective of Musicians: The Stage Acoustic Quality Inventory (STAQI)

Zora Schärer Kalkandjiev und Stefan Weinzierl

TU Berlin, FG Audiokommunikation

We introduce the Stage Acoustic Quality Inventory (STAQI) as a new measuring instrument for the perception of room acoustical environments by musical performers. A combined qualitative-quantitative approach was employed to develop a list of attributes describing room acoustics that are commonly used and well-understood by musicians. In a first step, separate lists were developed with 6 solo musicians and 2 chamber music ensembles by using the repertory grid technique in simulated room acoustical environments. A total of 145 items was subsequently reduced to 65 items, eliminating identical or obviously redundant terms. In a second step, musicians participating in an online-study assessed the relevance of these 65 items and then used their personal selection to rate the performance space they had last played in. On the basis of these ratings, a set of terms could be chosen and evaluated to establish an inventory that can be used in the future to study the perception of stage acoustics by musicians and the correlation with physical room acoustical parameters.

Sitzung „Fahrzeugakustik II“

Mi. 8:40 MW 0001

Fahrzeugakustik II

ANC von tonalen Störgeräuschen im Fahrzeuginnenraum auf Basis korrelierender KörperschallsignaleLeonhard Angerpointner^a, Dominik Schubert^b, Robert Henneberger^b, Simon Hecker^b und Stefan Sentpali^b^a*MdynamiX*; ^b*Hochschule München*

Der Einsatz eines Lenkungsmotors zur aktiven Reduktion von Körperschall, der durch einen synthetischen Störschallerzeuger in das Fahrzeug eingebracht wird, ermöglicht die Unterdrückung der damit verbundenen hörbaren, tonalen Störgeräusche im Fahrzeuginnenraum. Es wird gezeigt, dass unter Umständen ein einziger Körperschallfehlersensorpunkt im Motorraum ausreichend ist, um einzelne tonale Störgeräuschanteile in einem definierten Umfeld im Fahrzeuginnenraum durch destruktive Interferenz zu reduzieren. Dieser Effekt kann auf ein schmales Frequenzband eingeschränkt werden, in dem die Wirkung subjektiv gut wahrnehmbar ist. In diesem Beitrag wird auf die Methodik des Findens des Fehlersensorpunktes eingegangen und ein Wirksamkeitsnachweis geführt.

Mi. 9:00 MW 0001

Fahrzeugakustik II

Beeinflussung der Akustik elektrischer Nebenaggregate durch das AnsteuerverfahrenMartin Burkhardt, Marco Gnauck und Markus Olbrich*Fraunhofer IWU*

Als eine signifikante Ursache für die Funktionsgeräusche elektrischer Nebenaggregate können häufig die oszillierenden Luftspaltkräfte des elektrischen Antriebs identifiziert werden. Deren räumliche Verteilung und deren zeitlicher Verlauf werden durch die Wechselwirkung von Stator- und Rotormagnetfeld bestimmt. Durch eine Abstimmung der beiden Magnetfelder kann die Kraftanregung maßgeblich beeinflusst werden. Bei permanentenerregten Synchronmaschinen stellen die Geometrie des Blechschnitts, die Ausführung der Magnetisierung der Permanentmagneten oder die Wicklungen signifikante Einflussgrößen dar. Weiterhin werden die Luftspaltkräfte durch den Stromfluss in den Wicklungen als ursächliche Größe des Statorfeldes bedingt. Bei unveränderter Maschinentopologie stellen das Ansteuerverfahren und der daraus resultierende Stromverlauf somit eine weitere Einflussgröße auf die Anregung von Luft- und Körperschall dar. Im Beitrag wird die Beeinflussbarkeit der akustischen Eigenschaften eines elektrischen Antriebs durch das Ansteuerverfahren am Beispiel eines Nebenaggregates gezeigt. Hierzu werden Ergebnisse aus Simulationen und Messungen einer Beispielmachine bei Variation der Ansteuerung vorgestellt. Dabei werden sowohl die akustische Wirkung als auch deren Ursache im Luftspalt betrachtet.

Mi. 9:20 MW 0001

Fahrzeugakustik II

Big Data in der Fahrzeugakustik - Chancen und HerausforderungenDejan Arsic*Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH*

Mit der steigenden Anzahl an Derivaten und Ausstattungsvarianten steigt die Anzahl an Messungen, die durchgeführt und ausgewertet werden müssen. Um den Entwicklungsprozess weiter zu beschleunigen, sollen unterschiedlichste Aussagen automatisch aus den Messungen getroffen werden. Dies könnten beispielsweise Trendanalysen, Zielwerte oder die Prädiktion beim Zusammenspiel von Komponenten sein. Ein möglicher Weg, diese Aussagen zu erhalten, ist die Integration von Data Analytics bzw. Big Data in den NVH-Entwicklungsprozess. Obwohl diese Methoden sich in anderen Disziplinen bereits sehr gut bewährt haben, ist die Anwendung auf den Engineering-Prozess nicht 1:1 übertragbar. Kritisch sind beispielsweise die Aufbereitung der Messdaten und der beschreibenden Daten, die Auswahl der zu extrahierenden Merkmale und schließlich die Auswahl des Analyseverfahrens. Ferner muss betrachtet werden, ob traditionelles Expertenwissen und bewährte Methoden einfließen sollen bzw. können oder ob alternative Merkmale durch maschinelles Lernen definiert werden müssen. An dieser Stelle sollen erste

Erkenntnisse aus Projektarbeiten und daraus resultierende Fragen vorgestellt werden.

Mi. 10:00 MW 0001

Fahrzeugakustik II

Vorhersage der Detektionsfähigkeit von synthetischen Fahrzeuggeräuschen mittels logistischer Regression

Lisa Steinbach, Michael Schmidt und M. Ercan Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

Bei der Generierung von synthetischen Geräuschen für elektrisch angetriebene Fahrzeuge spielt neben der Ästhetik auch der Sicherheitsaspekt eine große Rolle. Die Detektionsfähigkeit eines Warngeräusches aus einem Hintergrundgeräusch ist für die Funktionserfüllung eines solchen Geräusches essentiell. Üblicherweise werden psychoakustische Untersuchungen mit einem geeigneten Probandenpool durchgeführt, um eine Aussage über die Detektionsfähigkeit treffen zu können. Um den damit einhergehenden hohen finanziellen und personellen Aufwand im Entwicklungsprozess zu minimieren, ist es hilfreich, ein quantitatives Maß für Detektierbarkeit von Außengeräuschen zu entwickeln. In dieser Arbeit wurde ein Modell auf Basis einer logistischen Regression ermittelt. Als Maß hierfür wird in den vorstehenden Versuchen die Detektionszeit definiert und in Abhängigkeit diverser Parameter untersucht. Als unabhängige Variablen werden die in den Versuchen variierten Parameter Bänder- bzw. Tonanzahl, A-bewerteter Schalldruckpegel sowie die psychoakustischen Größen Rauigkeit, Schwankungsstärke, Tonhaltigkeit, Schärfe und Lautheit definiert. Die logistische Regression ermöglicht es, basierend auf den gewonnenen Daten, eine Aussage über die Detektionsfähigkeit eines Geräusches in Form dessen Wahrscheinlichkeit zu treffen.

Mi. 10:20 MW 0001

Fahrzeugakustik II

Acoustic modeling of a Diesel Particulate Filter using a double equivalent fluid homogenization approach

Gregory Lielens, Alexis Talbot und Markus Brandstetter

Free Field Technologies, Belgium

In order to comply with more and more stringent engine particulate emission regulations, Diesel Particulate Filters (DPF) are used to filter polluting particulate and reduce pollutants in the exhaust gas of a car. These devices have a noticeable impact on the acoustic behavior of the exhaust line. It is therefore of interest to study their effect through numerical simulations. In order to account for the effect of the DPF in a finite element acoustic simulation model, a double equivalent fluid homogenization is presented in this paper. It consists of two sets of duct arrays modeled with an anisotropic equivalent fluid model and coupled with local exchange admittance. This model accounts for visco-thermal dissipation in the ducts and the acoustic transmission between the two sets of duct

arrays in presence of a mean flow. In the present paper, the Double Visco-Thermal Array (DVTA) model is presented and then applied to a realistic case for which measurement results are available. The acoustic transmission loss of the DPF included in a housing is computed and compared to other modeling techniques and experimental results.

Mi. 10:40 MW 0001

Fahrzeugakustik II

Über den Einfluss nicht-struktureller Massen auf die Vibroakustik gerippter Strukturen

Johannes Seidel und Otto von Estorff

TU Hamburg-Harburg

Zur Verbesserung des Komforts von Flugzeugpassagieren können, dank stetig zunehmender Rechenleistung, immer detailliertere numerische Modelle z.B. zur Berechnung akustischer Größen verwendet werden. Neben Fortschritten zu hochauflösenden Fußbodenstrukturen, rücken nicht-strukturelle Massen, wie beispielsweise an Stringern und Spanten befestigte Verkabelung, Rohr- und Flugzeugsysteme, zunehmend in den Fokus vibroakustischer Untersuchungen. Da diese Komponenten einen nicht zu vernachlässigenden Anteil an der Gesamtmasse des Flugzeugrumpfes ausmachen, wird ihnen Potential zur Verbesserung der Dämpfungseigenschaften der Struktur und damit der Verringerung des Lärms innerhalb der Flugzeugkabine zugesprochen.

Auf Basis der Finite-Elemente-Methode wird anhand eines vereinfachten Flugzeugrumpfpannels - repräsentiert durch eine Konfiguration aus Stringern, Spanten und Außenhaut - der Einfluss nicht-struktureller Massen auf die Schallübertragung innerhalb einer gerippten Struktur untersucht.

Mi. 11:00 MW 0001

Fahrzeugakustik II

Akustische Metamaterialien im Flugzeugbau: Perspektiven und Herausforderungen

Kay Kochan und Benjamin Becker

ZAL - Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung GmbH

Schalldruckpegel in Flugzeugkabinen erreichen heute etwa 80 dB(A). In Zukunft werden dabei wieder verstärkt tonale niederfrequente Lärmanteile in den Vordergrund treten. Die Reduktion dieser Lärmanteile erfordert nach dem derzeitigen Stand der Technik eine Mengenerhöhung der thermo-akustischen Isolierung, was aufgrund der zusätzlichen Masse und des zusätzlich benötigten Bauraums von Nachteil ist. Nicht-konventionelle Materialien, wie akustische Meta-Materialien, bieten zwar eine bessere akustische Isolierung bei geringerem Gewicht; diese müssen jedoch zunächst noch zu einer höheren Technologiereife geführt werden. In diesem Vortrag sollen die Perspektiven und industriellen Herausforderungen bei der Realisierung akustischer Metamaterialien skizziert werden. Hierbei werden verschiedene Aspekte bei der Integration und beim akustischen Test an einem Flugzeugrumpf-Demonstrator beleuchtet.

Mi. 14:00 MW 0001

Fahrzeugakustik II

Sounddesign im Kontext Elektrifizierter und Autonomer Fahrzeuge

Jasper De Kruiff und Florian Walter

Impulse Audio Lab GmbH

Die Vielzahl an Geräuschen und Klängen, die in aktuellen Fahrzeugen erzeugt und gestaltet werden, wird im täglichen Betrieb oft nicht bewusst wahrgenommen und wirkt doch - zumindest unterbewusst - fortlaufend auf Fahrer, Beifahrer und Passanten. Mechanische und synthetische Geräusche und Klänge werden gezielt genutzt um Emotionen zu wecken und Informationen nach Innen und Außen zu transportieren.

Dem Verbrennungsmotor, dessen Klangcharakter heute das Fahrgeräusch der meisten Fahrzeuge prägt, steht im elektrifizierten Fahrzeug künftig der deutlich leisere Elektromotor gegenüber. Dieser Vortrag diskutiert, welche Geräusche sich innerhalb und außerhalb des Elektrofahrzeugs gegenüber dem Verbrennungsmotor verändern und welche fehlenden Geräusche und Informationen durch synthetische Klänge ergänzt werden.

Unabhängig von der Antriebsart, übernehmen Fahrzeuge auch zunehmend Fahraufgaben autonom - von der Einparkautomatik über den automatischen Spurassistenten bis hin zum vollautonomen Fahren sind bereits heute viele Varianten anzutreffen. Wie kann das autonome Fahrzeug eine klare Kommunikation mit dem Fahrer und seiner Umwelt nicht nur durch optische, sondern auch akustische Signale erreichen? Auch zu dieser Fragestellung diskutiert der Vortrag verschiedene Ansätze und gibt einen Ausblick auf eine mögliche klangliche Zukunft innerhalb und außerhalb autonomer Fahrzeuge.

Mi. 14:20 MW 0001

Fahrzeugakustik II

Psychoakustische Untersuchung simulierter elektrischer PKW-Antriebe

Mark Müller-Giebel, Markus Vermeulen und Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Die fortschreitende Elektrifizierung von Fahrzeugen erfordert neue Werkzeuge für die Entwicklung von Elektroantrieben, auch im Hinblick auf deren akustisches Verhalten. Methoden, die es erlauben die Auswirkungen unterschiedlicher Antriebsvarianten schon im frühen Entwicklungsprozess und ohne aufwändige Praxistests hörbar zu machen und zu bewerten, sind Gegenstand aktueller Forschung. Ein wichtiger Teilaspekt der Modellbildung ist dabei die Auswertung bzw. Beurteilung der resultierenden Schalldrucksignale am Fahrerohr. In diesem Beitrag soll untersucht werden, ob und wie sich der subjektive Eindruck des Antriebsgeräusches durch psychoakustische Parameter erklären lässt. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen eines Hörversuchs Innenraumgeräusche, basierend auf unterschiedlichen Antriebsstrangparametern

als auch unterschiedlichen Betriebszuständen, bewertet. Das dazu verwendete Simulationswerkzeug ist eine am Institut für Technische Akustik der RWTH Aachen mitentwickelte Modellkette zur physikalisch transparenten Auralisation von E-Antrieben im Kontext des Gesamtfahrzeugs. Durch Korrelations- bzw. Regressionsanalysen sollen Zusammenhänge zwischen den subjektiven Beurteilungen und instrumentellen Größen abgeleitet und die Eignung unterschiedlicher Parameter für die gehörrichtige Bewertung der untersuchten Geräusche überprüft werden.

Mi. 14:40 MW 0001

Fahrzeugakustik II

Numerische Auslegung von Infotainment-Systemen in Fahrzeugen

Sören Keuchel^a, Otto von Estorff^b und Olgierd Zaleski^a

^aNovicos GmbH; ^bTU Hamburg-Harburg

Lautsprecher-Systeme in Fahrzeugen sind im heutigen Alltag von großer Wichtigkeit. Meist werden mehrere Lautsprecher in Kombination verwendet, um einen möglichst raumfüllenden Klang zu erhalten. Soll sogar ein 3D-Klang erzeugt werden, so können Systeme von mehr als 20 Lautsprechern zum Einsatz kommen. Zur Auslegung und Analyse solcher Systeme werden üblicherweise Messungen in den jeweiligen Umgebungen benötigt. Eine Simulation der Szenarien im Rechner erlaubt einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn und ist eine kostengünstige Möglichkeit, verschiedene Änderungen/Varianten zu untersuchen. Neben der hohen Anzahl von Lautsprechern stellt die Integration in die Fahrzeug-Umgebung eine große Herausforderung dar.

Für die numerische Abbildung von Lautsprecher-Systemen muss eine multiphysikalische Simulation durchgeführt werden. Es müssen die Bereiche Elektromagnetismus, Strukturdynamik und Akustik miteinander verbunden werden. Die einzelnen Gebiete können dabei jeweils mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad abgebildet werden, wobei die Möglichkeiten von analytischen 1D-Ansätzen bis zu sehr detailreichen 3D-Modellen reichen. Dementsprechend müssen unterschiedliche Verfahren, wie zum Beispiel die Finite-Elemente-Methode, die Boundary-Elemente-Methode oder energiebasierte Verfahren miteinander gekoppelt werden. Der Beitrag stellt eine Methodik zur numerischen Auslegung von Lautsprecher vor und zeigt repräsentative Beispiele.

Mi. 15:00 MW 0001

Fahrzeugakustik II

Akustische Bewertung von Motorradhelmen

Jörg Bienert, Karola Krehl und Mamatha Yerramada

Technische Hochschule Ingolstadt

Im Gegensatz zur Entwicklung der akustischen Eigenschaften bei PKW gibt es bei Motorradhelmen keine etablierten Messverfahren. Dies wird im Beitrag erarbeitet. Die Versuche können entweder im Labor oder im Fahrversuch durchgeführt werden. Ein Fahrversuch wurde mit Hilfe der

statistischen Faktorenanalyse entwickelt. Basis ist ein geeignetes Headset, welches unter dem Helm getragen wird. Hier wurde auf ein preiswertes Modell zurückgegriffen und eine frequenzabhängige Kalibrierung in einem Hallraum war erforderlich. Die Messung während einer Motorradfahrt zeigt im Vergleich zum PKW-Innengeräusch eine hohe Streuung. Außerdem ist sie neben der Geschwindigkeit von der Sitzposition und dem Motorrad abhängig. Es wurde deshalb eine statistische Versuchsplanung mit den Faktoren Helmtyp, Sitzposition und Geschwindigkeit mit 108 Datenbeiträgen aufgesetzt und ausgewertet. Im Ergebnis als Gesamtpegel oder Terzspektrum zeigen sich insgesamt hohe Schalldruckpegel unter dem Helm und vergleichsweise kleine Unterschiede der 3 getesteten Helmmodelle. Zur Validierung der Fahrversuche wurden Untersuchungen im Labor durchgeführt. Einerseits wurden die Helme im Hallraum bezüglich der Schalldämmung untersucht. Die Dämmung wurde als Differenz des Schalldrucks im diffusen Hallfeld und unter dem Helm auf einem Kunstkopf ermittelt. Schließlich wurden die Helme noch auf dem Kunstkopf im Laborwindkanal verglichen. Es zeigt sich eine gute Korrelation der Pegel vom Windkanal zu den Fahrversuchen bei verschiedenen Geschwindigkeiten.

Mi. 15:20 MW 0001

Fahrzeugakustik II

Analytische Bewertung der Geräuschqualität von Nebenaggregaten in End-of-Line-Prüfständen

Sebastian Roßberg

HEAD acoustics GmbH

Geräusch- und Vibrationsqualität von Nebenaggregaten stehen zunehmend im Fokus bei der Fahrzeugentwicklung. Je leiser die Fahrzeuge werden, desto deutlicher werden die verschiedenen Betriebsgeräusche einzelner Komponenten wahrgenommen. Vor allem bei Hybrid- und rein elektrisch angetriebenen Fahrzeugen ergeben sich aufgrund von fehlender Maskierung und von Betriebsstrategien, die vom Fahrzustand unabhängig sind, neue Geräuschszenarien. Die Angabe eines Schalldruckpegels für die Bewertung der Geräuschqualität ist hier nicht ausreichend. Nur mit Hilfe der Psychoakustik ist es möglich, analytisch zu erkennen, ob eine Komponente als hoch- oder minderwertig oder sogar fehlerhaft wahrgenommen wird. In diesem Vortrag werden die einzelnen Schritte einer Methode vorgestellt, auf deren Basis Sound-Quality-Metriken erstellt werden können. Diese ermöglichen es, bei jedem Entwicklungsschritt die akustische Wahrnehmung einer Komponente ohne aufwendige Hörversuche vorherzusagen bzw. auch in End-of-Line-Testern zu erkennen, ob ein getestetes Gerät gut oder nicht akzeptabel ist.

Sitzung „Technische Akustik“

Mi. 16:40 MW 0001

Technische Akustik

Einfluss von akustischen schwarzen Löchern auf die Energieverteilung von dünnwandigen PlattenstrukturenMatthias Miksch^a, Uwe Müller^b, Alexander Peiffer^b und Gerhard Müller^a
^a*TU München, Lehrstuhl für Baumechanik*; ^b*Airbus*

Sogenannte akustische schwarze Löcher (AKL) haben sich in den letzten Jahren als potentielles Konzept zur Reduktion der Biegeschwingungen in dünnwandigen Strukturen entwickelt. Hierbei wird die Ausbreitungsgeschwindigkeit und die Amplitude der Biegewelle durch eine gleichförmige Verjüngung der Dicke der Struktur beeinflusst. Diese Modulation der Biegewelle kann genutzt werden, um mit lokal angebrachtem Dämpfungsmaterial die Schwingungsenergie möglichst effizient aus Strukturen zu absorbieren. Der Vorteil der AKL gegenüber klassischen Dämpfungsmechanismen liegt in der relativ geringen Menge an angebrachtem Dämpfungsmaterial. Daher werden im Zuge des Forschungsvorhabens ALMA (Additive Layer Manufacturing for Acoustic Metamaterials) AKL und deren Potentiale für eine effizientere Reduktion von Körperschall in dünnwandigen Leichtbaustrukturen untersucht. Für die Dämpfungseffizienz spielt neben der lokalen Dimensionierung eines AKL auch die Konfiguration der Gesamtstruktur eine wesentliche Rolle. So kann zum Beispiel eine höhere Dichte an AKL in einem Bauteil nicht grundsätzlich zur Verbesserung der Schwingungseigenschaften der Gesamtstruktur beitragen. Für die Dimensionierung der Gesamtstruktur liefert die Untersuchung des Einflusses von AKL auf die Energieverteilung wichtige Erkenntnisse, was in diesem Beitrag anhand von numerischen Beispielen veranschaulicht werden soll.

NEU: Mi. 15:40 MW 1450

Non-destructive materials testing

Untersuchung und Vergleich verschiedener berührender und berührungsloser Methoden zur Schwingungsanregung bei der akustischen ResonanzanalyseMarius Gipperich^a, Matthias Heinrich^a, Ute Rabe^a, Thomas Westphalen^b und Sebastian Nyga^b^a*Fraunhofer-Institut IZFP*; ^b*Fraunhofer ILT*

Für die akustische Resonanzanalyse wird in der Praxis meist auf eine Impulsanregung durch einen Hammerschlag zurückgegriffen. Diese Methode ist einerseits nur eingeschränkt zerstörungsfrei, da plastische Verformungen je nach Hammer- und Bauteilmaterial schon bei geringen Impactgeschwindigkeiten auftreten, und andererseits nur bedingt reproduzierbar, was durch natürliche Schwankungen hinsichtlich der eingeleiteten Kraft, des Auftreffpunktes und der Anregungsrichtung bedingt ist. Auch eine gezielte Anregung eines relevanten Frequenzbereichs ist

nicht ohne Weiteres möglich. In dieser Arbeit wurden deshalb zunächst unter möglichst konstanten Versuchsbedingungen Impacts mit verschiedenen großen Kugeln aus Stahl, Siliziumnitrid und Polypropylen auf einer Aluminium-Pleuelstange realisiert, wodurch verschiedene Kontaktdauern und Energieeinträge in das Bauteil eingestellt wurden. Es erfolgte eine Auswertung der jeweils angeregten Eigenmoden und spektralen Amplituden. Im Anschluss wurde die Schwingungsanregung mit Laser- und Druckluftimpulsen hinsichtlich ihrer Anregungseigenschaften für Aluminiumwerkstoffe untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass mit Laserstrahlung und mit Druckluft sowohl eine kontinuierliche Anregung - bei geeigneter Repetitionsrate der Pulse - als auch eine Anregung durch Einzelpulse mit entsprechender Pulslänge möglich ist. Die Druckluftanregung ist zudem vollständig zerstörungsfrei und mit vergleichsweise geringem technischem und finanziellem Aufwand umsetzbar. Die Ergebnisse zeigen, dass die beiden berührungslosen Methoden prinzipiell realistische Alternativen zur Hammeranregung darstellen und nach einer Übertragung auf Industriemaßstab der akustischen Resonanzanalyse neue Anwendungsfelder eröffnen können.

Mi. 17:00 MW 0001

Technische Akustik

Abbildung akustischer Wirkketten mittels funktionaler Produktarchitekturen

Alexander Gröninger^a, Sebastian Gramlich^a und Michael Roos^b

^aContinental Teves AG & Co. oHG; ^bContinental Engineering Services GmbH

Die Abbildung akustischer Wirkketten bedarf eines Modellierungsansatzes, der über eine rein physikalische d. h. komponentenbasierte Produktstruktur, wie sie z. B. der ISO 11688 zugrunde liegt, hinausgeht. Die Verknüpfung mechanischer und akustischer Wirkprinzipien und deren Verkettung werden erst durch eine funktionsorientierte Produktarchitektur ermöglicht. Am Beispiel eines elektromechanischen Aktuators für elektrische Parkbremssysteme wird veranschaulicht, wie eine solche Produktarchitektur die akustische Analyse strukturiert und den effizienten Einsatz von Analysewerkzeugen ermöglicht. Ausgehend von einem Geräuschphänomen, werden dazu auf Grundlage dieser Struktur die akustischen Funktionsträger als potentielle Beitragsleister priorisiert, entsprechende Hypothesen aufgestellt und passende Untersuchungsmaßnahmen definiert. Durch die Auswertung und Verknüpfung der Analyseergebnisse aus vibro-akustischen Messungen sowie FE-Simulationen lässt sich die akustische Wirkkette nachvollziehen und die Hypothesen überprüfen. Bei der Erarbeitung von Verbesserungsmaßnahmen ausgehend von funktionalen Produktarchitekturen stehen die Interaktionen der Wirkelemente im Fokus. So werden alle relevanten

konstruktiven Stellhebel identifiziert und die Auswirkungen von Designänderungen auf das akustische und funktionale Verhalten berücksichtigt. Zukünftig soll die Abbildung akustischer Wirkketten mittels funktionaler Produktarchitekturen auch als Basis dienen, um das akustische Verhalten schon frühzeitig zu antizipieren und damit in die Konzept- und Lösungsfindung zu integrieren.

Mi. 17:20 MW 0001

Technische Akustik

Einfache Ermittlung der Umgebungskorrektur bei der Geräuschemissionsmessung

Fabian Heisterkamp und Ilka Arendt

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Eine europäische Marktüberwachungsaktion, die NOMAD(Noise Machinery Directive)-Studie, hat gezeigt, dass etwa 80% der nach europäischen Richtlinien erforderlichen Geräuschemissionsangaben zu Maschinen nicht belastbar sind. Um kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) unter den Maschinen- und Anlagenbauern kostengünstige Messungen ihrer Maschinen in den eigenen Betriebsräumen zu ermöglichen und damit die Qualität der Geräuschemissionsangaben zu verbessern, wird ein einfaches Verfahren zur näherungsweisen Ermittlung der Umgebungskorrektur entwickelt. Es basiert auf dem bevorzugten Verfahren zur Qualifizierung der Messumgebung nach DIN EN 3744:2011-02 mittels einer Referenzschallquelle (RSS). Diese teure RSS soll durch eine kleine, in jeder Firma vorhandene, transportable und laute Maschine (Ersatz-RSS) ersetzt werden. Die Schallleistung der Ersatz-RSS wird durch Messungen nach Norm unter praxistauglich genäherten Freifeldbedingungen ermittelt. Mit Hilfe einer anschließenden Schallleistungsmessung im zu qualifizierenden Betriebsraum soll die gesuchte Umgebungskorrektur ermittelt werden.

Wir stellen die Idee des Verfahrens, einen Kriterienkatalog zur Auswahl einer solchen Ersatz-RSS sowie Messungen zur Charakterisierung ausgewählter Ersatz-RSS vor. Vor- und Nachteile des Verfahrens, insbesondere hinsichtlich der Praxistauglichkeit und der zu erwartenden Genauigkeit werden diskutiert.

Sitzung „Strömungsakustik“

Mi. 8:40 MW 1050

Strömungsakustik

Lokalisierung und Charakterisierung aeroakustischer Quellen mittels laserbasierter StrömungsmessungenStefan Becker^a, Alexander Lodermeier^a, Eman Bagheri^a, Matthias Tautz^a und Stefan Kniesburges^b^a*Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentechn.*;^b*UK Erlangen, Abt. Phoniatrie&Pädaud.*

Die Bestimmung aeroakustischer Quellen spielt in technischen, naturwissenschaftlichen und medizinischen Feldern eine wichtige Rolle. In unserer Forschungsarbeit stellen wir eine Messmethodik vor, die auf Basis von gemessenen Strömungsfeldern den resultierenden Schall im Fernfeld bestimmt. Strömungsfelder, die durch Particle Image Velocimetry (PIV) gemessen wurden, dienen dabei als Ausgangspunkt für eine Quelltermberechnung. Diese werden entweder über einen Geschwindigkeitsansatz oder einen Druckansatz berechnet. Um die Fernfeldgrößen des Schalldrucks zu bestimmen, wird die akustische Wellengleichung auf einem numerischen Netz mit Finiten Elementen, in das die Nahfeld-Größen eingesetzt werden, gelöst. Dieses Verfahren konnte bereits erfolgreich in der Stimmforschung angewendet werden: wir konnten nachweisen, dass die tonalen Quellen unserer menschlichen Stimme im unmittelbaren Strömungsfeld in und um die Stimmlippen erzeugt werden. Außerdem konnten wir die Breitbandschallanteile entlang des sogenannten glottalen Jets zuordnen. In weiteren Studien können wir nun die aeroakustischen Quellmechanismen bei Stimmerkrankungen quantifizieren. Dadurch können wir stimmbezogene Pathologien besser verstehen und an optimierten Behandlungsmethoden arbeiten.

Mi. 9:00 MW 1050

Strömungsakustik

Sensors for the Measurement of Flow Induced Surface Pressure Fluctuations: Calibration and Detection of ClippingFarhan Ahmed Manegar, Kathrin Stahl und Thomas CarolusUniversität Siegen

Flow induced surface pressure fluctuations are thought to be the elementary sources of sound emitted from bodies subjected to a flow. In many direct high fidelity computational aeroacoustic simulations, the surface pressure fluctuations are obtained as an intermediate result and serve as an input for determining the acoustic field. It is therefore of utmost interest to reliably measure these quantities. The paper presents a study of how to select and calibrate sensors for the measurement of surface pressure fluctuations. Calibration methods are compiled and compared. A method for detecting clipping due to overload of a sensor is presented. Eventually, in an in-house built experimental setup, different

tests of two types of miniature electret condenser microphones, flush-mounted in the trailing edge region of a wind turbine blade section, are carried out.

Mi. 9:20 MW 1050

Strömungsakustik

Prediction of jet Mach and Reynolds numbers from acoustic measurements

Juan Jose Pena Fernandez und Jörn Sesterhenn

TU Berlin, Inst. f. Strömungsmechanik u. Technische Akustik

We study the noise generation mechanisms in a turbulent and compressible jet and how the jet noise is affected by changes in the main parameters. The objectives of this part of the study are to (i) establish a relationship between the parameters of the fluid mechanics with the properties of the acoustics in order to (ii) predict the Mach and the Reynolds numbers of turbulent and compressible jets from acoustic measurements. We compare the jet noise from numerical simulations with laboratory experiments and field work experiments of more than 15 000 volcanic jets at Mount Etna and Stromboli volcanoes. Using correlations from the literature, we confirmed that the peak Strouhal number of the Turbulent Mixing Noise component increases with larger Reynolds numbers. Moreover, we found the relationship between the peak Helmholtz number of the Broadband Shock Noise with the fully expanded Mach number. We applied existing correlations from the literature to own numerical and experimental results and we reproduced the same behavior when changing the Reynolds number and found the effect of the Mach number in the jet noise. This is especially useful when no direct access to the jet flow is possible, as in volcanic flows.

Mi. 9:40 MW 1050

Strömungsakustik

Simulation of Transfer Impedance for Perforates Including Background Flow

Mads J. Herring Jensen, Kirill Shaposhnikov und Elin Svensson

COMSOL A/S

When a bias or grazing background flow is introduced in a perforate, acoustic properties like the transfer impedance will change. Well-known semi-analytical models for the transfer impedance exist, including corrections for the background flow. In this work, we perform a numerical analysis of the end correction including background flow, losses due to turbulence, thermal losses and viscous losses. The problem is modeled using the full set of linearized Navier-Stokes equations formulated in the frequency domain. Applications include extracting the transfer impedance from a detailed sub-model to be used in full system modeling. In muffler systems, for example, the flow effects may only introduce local effects in perforates and a sub-model can therefore be used.

Mi. 10:20 MW 1050

Strömungsakustik

Different HVAC application scenarios with microperforated absorbersSebastian Floss und Manfred Kaltenbacher*TU Wien, Inst. f. Mechanik u. Mechatronik*

The usage of Microperforated Absorbers (MPAs) in HVAC-systems has been increasing within the last decade. MPAs offer distinctive advantages to the conventional foam and fibrous absorbers like robustness, durability and the possibility to target a chosen frequency band if a specially tuned multilayered arrangement of MPAs is used. By modeling the MPA's absorption characteristics with an effective density and bulk modulus according to the Johnson-Champoux-Allard (JCA) approach and resolving the entire geometry within the Finite Element (FE) tool CFS++, we include that the combination of MPA and backing cavity is not locally reacting. By comparing transmission loss measurements of a simple expansion chamber with simulation data, we demonstrate that the JCA approach works well for plane waves grazing across the absorber as well as higher order modes impinging under oblique incident. Additionally MPAs are applied to a diffusor shaped expansion chamber and as flow conducting structures. Such an arrangement of MPAs challenges the aforementioned approach and their application itself, since MPAs usually require a non-moving backing air volume for the underlying acoustic mechanism to work. By comparing measurements of a generic silencer set-up with acoustic and flow simulation data, we semi-empirically incorporate flow effects by extending the JCA model.

Mi. 10:40 MW 1050

Strömungsakustik

A Simple Model for Estimation of Sound Absorption of Perforated Liners with Bias FlowDrasko Masovic und Ennes Sarradj*TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik*

Perforated liners are commonly used for noise control in ducts and chambers, such as in mufflers, gas turbine combustors, and nacelles of aircraft engines. The mechanism of sound absorption is based on the resonance effect coupled with dissipation of sound at the openings of a perforated plate. In the presence of mean bias flow through the perforations, the dissipation can be induced by means of the vortices, which are formed at the edge of the openings where the flow separates. The existing analytical models for estimation of acoustic performance of liners are often mathematically elaborate and with limited accuracy or range of validity, due to, for example, neglect of the thickness of the plate or potential interaction between the openings at higher porosities. In this work, we consider a model for liners with low Mach number bias flow, which is based on a simple theory of Helmholtz resonators with mean flow. Apart from its simplicity, the model allows the inclusion of finite thickness of

the plate, interaction between the openings, and vena contracta factor. The estimated sound absorption is compared with similar solutions and measurement data from literature.

Mi. 11:00 MW 1050

Strömungsakustik

Low-Fidelity Stochastic Approach for Airfoil-Turbulence Interaction Noise

Sparsh Sharma^a und Ennes Sarradj^b

^aBTU Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Technische Akustik; ^bTU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik

The noise due to the interaction of turbulent flow with the leading edge an airfoil is the main source of aerodynamic noise. Turbulence is, by its very nature, stochastic and therefore has a broad frequency spectrum which makes it more difficult to calculate the effect induced by it. Acoustic radiation from an airfoil subjected to a real flow is one such effect induced by turbulence and demands high-performance computing for its prediction numerically. The methods which are available now range back from analytical ones, which are fast but not precise enough to capture nonlinear effects, to the numerical one, which heavily depends on the computing power. A new approach to model the noise from turbulent flows is presented to bridge the low fidelity and high-fidelity methods. The pressure fluctuations over the body immersed in the turbulent flow field are calculated using the BEM with Neumann boundary condition and unsteady Kutta-condition. The unsteadiness in the domain is induced by allowing the free flow of vortices through it. The pressure signals are then used to calculate the sound radiation using Ffowcs-Williams and Hawkings analogy. The approach has been validated against analytical solutions of the linearized wave equations and experimental data available.

Mi. 11:20 MW 1050

Strömungsakustik

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 183)

Mi. 14:00 MW 1050

Strömungsakustik

Experimentelle Untersuchung von strömungsinduziertem Schall an Hörgeräten

Jörg Riedel, Florian Krömer und Stefan Becker

Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentechn.

Patienten mit Hörgeräten werden bei Aktivitäten im Freien, wie beispielsweise Joggen oder Fahrradfahren, häufig mit der Problematik auftretender Windgeräusche konfrontiert. Dabei werden die eigentlich zu detektierenden Schallereignisse von strömungsinduziertem Schall überlagert. Der Signalprozessor der Hörhilfe kann in diesem Fall oft nur unzureichend unterscheiden, ob die an den Mikrofonmembranen auftretenden Druckschwankungen hydrodynamischer oder akustischer Natur

sind und verstärkt somit beide Anteile gleichermaßen. Ziel der Arbeit war es, mittels laseroptischer Methoden das Strömungsfeld am Ohr eines Hörgeräteträgers bei Windeinfluss zu untersuchen und aus den erhaltenen Strömungsdaten aeroakustische Schallquellen zu berechnen. Dabei kam ein physisches Modell eines in der Telekommunikationsbranche bei akustischen Messungen verwendeten Kunstkopfes zum Einsatz. Im Windkanal wurde der künstliche Hörgeräteträger unterschiedlichen Anströmbedingungen ausgesetzt und das sich einstellende Strömungsfeld mit Hilfe von Particle Image Velocimetry (PIV) erfasst. Es stellt sich heraus, dass sowohl eine Variation der Windgeschwindigkeit als auch des Anströmwinkels zu einer signifikanten Änderung des resultierenden Strömungsfeldes im Bereich des Hörgerätes führt. Zudem zeigt sich, dass Lokalisation und Stärke der aeroakustischen Quellterme maßgeblich von den Anströmbedingungen beeinflusst werden. Die erhaltenen Ergebnisse dienen dazu, die Gehäuse zukünftiger Hörgerätegenerationen unempfindlicher gegenüber Windgeräuschen zu machen.

Mi. 14:20 MW 1050

Strömungsakustik

Methode zur Trennung der akustisch relevanten Moden in komplexen Strömungen durch Filterung der Galbrun-Gleichung

Marcus Mäder und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Im ingenieurtechnischen Bereich der Strömungsakustik haben sich unterschiedliche Methoden entwickelt, um die Schallausbreitung in komplexen Strömungsfeldern zu berechnen. Die damit einhergehenden Modelle sind üblicherweise sehr groß, d.h. der Rechenaufwand für realistische Aufgaben z. B. in der Flug- und Fahrzeugbranche steht trotz der heutigen leistungsfähigen Rechentechnik im unverhältnismäßigen Maß zur Ergebnisgüte. Im Bereich der Strukturdynamik hat sich die modale Zerlegung als nützliches Mittel etabliert, um die Modellgröße bei einem gleichzeitig akzeptablen Genauigkeitsverlust zu reduzieren. Mithilfe der Galbrun-Gleichung kann dies auch auf Probleme in der Strömungsakustik angewandt werden. Allerdings führen mathematische Eigenschaften der Gleichung dazu, dass unerwünschte spektrale Anteile, sogenannte Scheinmoden (Spurious Modes) auftreten, die die Ergebnisse verfälschen. Die vorliegende Arbeit bietet eine Methode zur Filterung der Galbrun-Gleichung, wodurch die unerwünschten Moden ausgeschlossen werden und die akustisch relevanten Moden erhalten bleiben. Dadurch ist eine Modellreduktion für die anschließende Schallfeldrekonstruktion möglich.

Mi. 14:40 MW 1050

Strömungsakustik

Simulation der akustischen Abstrahlung eines angeströmten finiten wandbefestigten Zylinders mit einer Kombination aus hybridem und integralen AnsatzPatrick Silkeit, Thorben Schröder und Otto von Estorff*TU Hamburg-Harburg*

Die numerische Strömungsakustik bietet eine Vielzahl verschiedener Ansätze zur Simulation von strömungsinduziertem Schall. Zwei weit verbreitete Ansätze sind zum einen die hybriden Störungsansätze und zum anderen die Integralmethoden. Erstgenannte ergeben, durch eine Auftrennung der Zustandsgrößen in einen Strömungs- und einen Akustikanteil, ein Differentialgleichungssystem zur Beschreibung der akustischen Wellenausbreitung. Dieses kann mit einem geeigneten numerischen Verfahren auf der Basis einer Strömungssimulation auf einem räumlich und zeitlich diskretisierten Gebiet gelöst werden. Die klassischen Integralmethoden basieren ebenfalls auf den Ergebnissen einer Strömungssimulation, nutzen diese Daten jedoch als Randbedingungen einer Integralgleichung, die es erlaubt, mit Hilfe einer Green'schen Funktion den zeitlichen Verlauf des akustischen Drucks an einem Empfängerpunkt im Fernfeld zu bestimmen. Innerhalb der Integrationsfläche können keine Informationen über die akustische Ausbreitung ermittelt werden. Eine Kombination beider Verfahren ermöglicht daher sowohl eine Simulation der Schallentstehung und -ausbreitung im Nahfeld mit Hilfe des hybriden Störungsansatzes als auch eine effiziente Abstrahlung ins Fernfeld mit Hilfe der Integralmethode. Diese bisher im Zweidimensionalen erprobte Kombination aus einem diskretisierten Verfahren und einer Integralmethode soll anhand eines dreidimensionalen Falles weiter untersucht werden. Als vereinfachte Abstraktion eines strömungsakustisch relevanten, dreidimensionalen Falles wird die Schallabstrahlung eines angeströmten, endlichen und wandbefestigten Zylinders betrachtet.

Mi. 15:00 MW 1050

Strömungsakustik

Schallabstrahlung von überströmten ebenen Ein- und Mehrplattensystemen in KavitätenJohannes Osterziel^a, Florian Krömer^b, Philipp Winter^a und Reinhard Lerch^a^a*Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik;* ^b*Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentechn.*

Lärm erreicht den Menschen über unterschiedlichste Transferpfade. Um im Fahrzeugbereich eine bessere akustische Abschirmung zu generieren, ist es von großer Bedeutung die Überströmung von flächigen Strukturen als eine dominierende Lärmquelle näher zu betrachten. Um die gesamte Wirkkette von der Anregung über die Schallabstrahlung bis hin zur Schalldetektion zu analysieren, wird ein vereinfachtes generisches Modell im aeroakustischen Windkanal untersucht. Dieses besteht aus

überströmten flexiblen Plattenstrukturen unterschiedlicher Dicke, die in einer starren Platte montiert sind. Durch eine parallele Anreihung zusätzlicher Platten wird ein Mehrplattensystem mit variierender Plattenanzahl, -dicke und -geometrie geschaffen sowie Maßnahmen zur Dämmung und Dämpfung getroffen. Zunächst werden Strömungsparameter und turbulente Grenzschichtparameter über Hitzdrahtmessungen bestimmt, um klar definierte Anfangs- und Randbedingungen zu erhalten. Darüber hinaus wird die mechanische Anregung der schwingenden Platten über Laser-Vibrometrie erfasst. Zur Detektion der Schalltransmission und der Schallabstrahlung flexibler Platten in Kavitäten schließt sich auf deren nicht-überströmter Seite ein quaderförmiger Raum mit wandbündig montierten Mikrofonen und verstellbarem Volumen an. Ergebnisse zeigen, dass das abgestrahlte Schallfeld im Inneren der Kavität sowohl von der Plattendicke als auch vom Raumvolumen abhängig ist und dass Raummoden der Kavitäten und Eigenmoden der Platten korrelieren. Die Messungen sollen als Benchmark-Test für zukünftige Forschung und für bereits bestehende numerische und analytische Studien fungieren.

Mi. 15:20 MW 1050

Strömungsakustik

Ported Shroud Influence on the Aero-Acoustic Properties of Automotive Turbochargers: Quantification by Means of Simulation and Measurement

Nima Fard Afshar und Panagiotis Koutsovasilis

Borgwarner Turbo Systems Engineering

The emerging technology of downsized combustion engines indicates that the conventional turbocharger virtual prototyping methodology should be extended. Not only performance, but also the associated noise ought to be better handled. The latter is mostly affected by the turbochargers' compressor stage. For instance, widening the operating range, comes at the cost of aero-acoustics problems. The introduction of a ported-shroud prior to the impeller is a workaround to satisfy both performance and noise prerequisites. The aim of this paper is to investigate the acoustical behavior of a centrifugal compressor stage with and without ported-shroud. In order to have a better comparison basis, the study is conducted on two distinct operating points. The method used is a hybrid Computational Aero Acoustics calculation (CAA) consisting of Unsteady RANS (URANS) and acoustic evaluation. Firstly, the compressor stage is CFD modelled followed by locating the noise sources on the basis of the acoustic analogies. The simulation results reveal a clear acoustical dependency on the operating point and the actual ported-shroud function. Compressor map regions and turbocharger frequency ranges are identified depicting a specific pattern of the ported-shroud's positive effect, i.e. improving aero-acoustics while keeping intact the associated performance. The same pattern is confirmed by measurements.

Mi. 16:40 MW 1050

Strömungsakustik

Aerodynamische und aeroakustische Untersuchungen an Radialventilatoren mit rückwärts-gekrümmten Schaufeln für HaushaltsgeräteChris Eisenmenger^a, Stefan Frank^a, Hakan Dogan^b und Martin Ochmann^b^aHTW Berlin; ^bBeuth Hochschule für Technik Berlin

Radialventilatoren finden in vielen Bereichen der Industrie sowie der Heizung, Lüftung und Klimatechnik (HVAC) Anwendung. Für den Einsatz in Hausgeräten werden häufig Ventilatoren mit vorwärts-gekrümmten Schaufeln, sogenannte Trommelläufer, genutzt. Ihre Vorteile sind insbesondere die geringen Abmessungen und ein angenehmes, breitbandiges Betriebsgeräusch, was sie für den Einsatz in Privathaushalten attraktiv macht. Ihr größter Nachteil ist der niedrige Wirkungsgrad, welcher hauptsächlich durch Strömungsablösung im Schaufelbereich begründet ist. In dieser Arbeit soll der Einsatz von Ventilatoren mit rückwärts-gekrümmten Schaufeln für die Anwendung in der Hausgerätetechnik untersucht werden. Diese Bauart zeichnet sich durch einen deutlich höheren möglichen Wirkungsgrad aus. Demgegenüber stehen die bauartbedingt höhere Antriebsdrehzahl und ein deutlich tonaler geprägtes Betriebsgeräusch. Ein erster Referenzventilator wurde für einen für Hausgeräte typischen Betriebspunkt ausgelegt und gefertigt. Dieser soll anschließend mittels eines hybriden Computational Fluid Dynamics (CFD) / Computational Aeroacoustic (CAA) Ansatzes numerisch untersucht und optimiert werden. Das akustische Nahfeld wird mit einem kommerziellen CFD Code und skalenauflösenden Turbulenzmodellen hinsichtlich der Druck- und Geschwindigkeitsschwankungen berechnet. Anschließend kann unter Verwendung der Akustischen Analogien die Schallabstrahlung in das akustische Fernfeld bestimmt werden. Für die Fernfelduntersuchungen wird eine Randlelementmethode mit unterscheidlichen Auslass-Randbedingungen verwendet. Die Simulationen werden mit Hilfe des Kanalverfahrens nach DIN 5136 validiert. Hierzu sollen erste Ergebnisse vorgestellt werden.

Mi. 17:00 MW 1050

Strömungsakustik

Charakterisierung der akustischen Eigenschaften von Axiallüftern in Rohrleitungen

Benedikt Berchtenbreiter und Stefan Becker

Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentechn.

Bei der Bestimmung der akustischen Eigenschaften von Objekten in Rohrströmungen ist die Berücksichtigung von Moden höherer Ordnung essentiell. Die Modenstruktur, die sich in einem Rohr ausbildet, ist sehr komplex und vom Durchmesser sowie der Frequenz abhängig. Mithilfe des Multi-Port-Verfahrens gelingt es diese Modenstruktur aufzulösen.

Hierfür wird der Schalldruck an geeigneten axialen und azimuthalen Positionen im Rohr mit wandbündigen Mikrofonen erfasst und mithilfe der analytischen Lösung der homogenen Wellengleichung in die einzelnen Moden zerlegt. Das Multi-Port-Verfahren wurde erfolgreich zur Charakterisierung der akustischen Eigenschaften verschiedener Axiallüfter angewandt. Das schließt sowohl die Schallemissionen der Lüfter als auch das passive akustische Verhalten ein. Unter den passiven Eigenschaften sind die Transmission und Reflexion von Schall an den Ventilatoren zu verstehen. Der Frequenzbereich wurde so gewählt, dass die ersten beiden Moden in azimuthaler sowie die erste in radialer Richtung ausbreitungsfähig sind. Die untersuchten Ventilatoren mit dem Nenndurchmesser 50mm unterschieden sich sowohl in der Geometrie der Schaufeln als auch im Auslegungspunkt. Die Messungen wurden bei verschiedenen Betriebspunkten sowie im Stillstand durchgeführt. Die Untersuchungen zeigen, dass die passiven Eigenschaften maßgeblich durch die Rotorgeometrie und nicht den Betriebspunkt beeinflusst werden. Die Gültigkeit der Ergebnisse dieser Untersuchungen wird in zukünftigen Forschungsarbeiten an größeren Ventilatoren sowie für weitere Moden überprüft.

Mi. 17:20 MW 1050

Strömungsakustik

Aerodynamische und aeroakustische Vermessung eines Axialventilators unter Verwendung statistischer Methoden

Nina Maimuna Balde^a, Till Biedermann^a, Frank Kameier^a und Oliver Paschereit^b

^aHochschule Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering;

^bTU Berlin

Zur Charakterisierung der aerodynamischen und aeroakustischen Eigenschaften eines Axialventilators unter hochturbulenten Zuströmbedingungen wird im Regelfall das gesamte arbeitsspezifische Kennfeld mit Messpunkten äquidistanter Schrittweite untersucht. Mit der Frage, inwiefern man mit Hilfe statistischer Methoden einen gleichwertigen Erkenntnisgewinn bei einem deutlich geringeren Versuchsaufwand erhält, wurde ein Axialventilator mit geraden sowie mit aeroakustisch modifizierten Rotorblättern intensiv untersucht. Unter Variation des Drosselzustands, der Drehzahl sowie des Turbulenzgrades der Zuströmung wurden Zielgrößen in Form von der Druckerhöhung, des Volumenstromes, des Wirkungsgrades, des Summenpegels und der Schallreduktion durch die modifizierten Rotorblätter ausgewertet. Die experimentelle Analyse des Axialventilators wurde in einem Rohrprüfstand nach DIN ISO 5136 durchgeführt. Zur statistischen Versuchsplanung wurde das Box-Behnken-Design verwendet, welches eine quadratische Modellbildung durch eine dreistufige Parametervariation erlaubt und trotz geringer Versuchsanzahl durch die Überbestimmtheit der Koeffizienten die Bildung von Regressionsfunktionen erlaubt. Dabei wurden die Versuchsparameter so gewählt, dass sie in weitere Versuchspläne und Datenanalysen

mit Modellen erhöhter Komplexität überführbar sind. Der Vergleich des generierten aerodynamischen und aeroakustischen Modells mit einem ebenfalls aufgenommenen vollfaktoriellen Kennfeld erlaubt direkte Rückschlüsse auf die Validität bzw. die Anpassungsgenauigkeit des statistischen Ansatzes.

Mi. 17:40 MW 1050

Strömungsakustik

Experimentelle Untersuchung der Schallabstrahlung von Querstromreibungsventilatoren

Andreas Renz und Stefan Becker

Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentech.

Querstromreibungsventilatoren sind Lüfter, die sich für beengten Einbaulagen und akustisch sensible Einsatzbereiche eignen. Der Aufbau eines solchen Lüfters besteht aus dem Rotor selbst und einen um den Rotor umlaufenden Kanal. Den Rotor bildet dabei ein Paket aus mehreren, in äquidistantem Abstand auf einer angetriebenen Welle montierten, dünnen Kreisscheiben. Die umlaufende Kanalkonstruktion besteht aus zwei parallelen Rechteckkanälen mit einer gemeinsamen Kanalwand, an deren Ende der Rotor konzentrisch in einer Strömungsumlenkung montiert ist und quer zur Hauptströmungsrichtung rotiert. Angesaugtes Fluid trifft tangential auf die rotierenden Scheiben auf, wird durch diese infolge der Grenzschichtreibung mitgeschleppt, um 180° umgelenkt und strömt dann tangential in den druckseitigen Kanal ab. Die Besonderheit dieser Anordnung liegt dabei in der nicht axialen Anströmung, welche den Einbau in sehr flache Anwendungen, wie bspw. Laptops, ermöglicht. Weiterhin bietet das Rotorkonzept den Vorteil, dass rotierenden Scheiben kein periodisch umlaufendes Druckfeld erzeugen und dieses somit als akustische Quelle entfällt. Im Rahmen einer experimentellen Untersuchung wurden mehrere Rotor- und Kanalgeometrien hinsichtlich ihrer strömungsmechanischen und akustischen Eigenschaften untersucht. Dabei zeigten die Querstromreibungsventilatoren für Druckaufbau und Volumenstrom Messwerte, die mit klassischen Axialventilatoren vergleichbar sind, bei einem allerdings verringerten Wirkungsgrad. Die Messung der Schallabstrahlung zeigte ein breitbandiges Spektrum ohne tonale Anteile bei einem insgesamt niedrigen Gesamtschalldruckpegel.

Mi. 18:00 MW 1050

Strömungsakustik

Vorhersage der Transmission akustischer Moden durch Statorstufen in Turbomaschinen: Weiterentwicklung und Kalibration eines analytischen Modells anhand von MessdatenLukas Klähn, Maximilian Behn und Ulf Tapken*DLR - Institut für Antriebstechnik*

Bei Flugzeugen ist das Triebwerk die dominante Lärmquelle, insbesondere beim Start. Hierbei spielt die Schallausbreitung im Triebwerk eine wichtige Rolle. Durch ein geschicktes Design der Schaufelgeometrien lässt sich der Schalldurchgang durch Rotoren und Statoren reduzieren. In einer aktuellen Studie wird die Eignung eines existierenden analytischen Modells zur Berechnung der Transmission und Reflexion durch Statorstufen geprüft. In dem zweidimensionalen Modell wird die Statorschaufelreihe als eine unendliche Kaskade aus infinitesimal dünnen Platten dargestellt. Die Randbedingung ist, dass die zu den Platten normale Komponente der Schallschnelle verschwindet. Diese Randbedingung wird durch eine endliche Anzahl von Wirbelquellen entlang der Platten erfüllt. Das Modell wird für kleine Machzahlen instabil und ist im Fall ohne Strömung nicht definiert. Neue Ergebnisse aus experimentellen Untersuchungen werden genutzt um das Modell zu kalibrieren. Mit einem numerischen Minimierungsalgorithmus werden aus den Messdaten Modellparameter so bestimmt, dass die gemessenen Ergebnisse reproduziert werden. Die Eignung des kalibrierten Modells wird in Gegenüberstellung mit den Messergebnissen diskutiert. Es werden Statorschaufelreihen aus ebenen Platten sowie komplexe Schaufelgeometrien betrachtet.

Sitzung „Strömungsakustik (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 11:20 (MW 1050)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel H

Di.-Do.

Strömungsakustik (Poster)

Numerical Investigation of the Noise Generated and Propagated by Eroded and Coated Leading Edge of the NACA 64-618 AirfoilZeinab Gharibi^a, Marlen Balbekov^a, Bernhard Stoevesandt^b und Joachim Peinke^a^a*ForWind, Institute of Physics, University of Oldenburg*; ^b*Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES Nordwest*

Long term surface erosion of wind turbine blades, especially at the leading edge, impairs aerodynamic performance; therefore, brings down efficiency of the blades mostly in the high-speed rotor tip regions. Blade protection provides significant improvements in annual energy production, reduces costly downtime, and protects the integrity of the blades. However, this protection still influences the aerodynamic behavior, and

noise characteristics of the wind turbine blades caused by interaction between the impinging turbulence and blade's leading edge. This paper presents an extensive numerical aeroacoustic approach by analysing the power spectral density of the different shapes of eroded and coated NACA 64-618 wind turbine airfoil and evaluates noise reduction after the protection procedure. Using computational fluid dynamics (CFD), different quasi 2D numerical grids were implemented and special attention was paid to the refinement of the boundary layers. Dominant noise sources were calculated and used as input to a derived formulation of Curle's analogy implemented in OpenFOAM. Verifications were conducted for the clean profile using available experimental data. Comparing the sound pressure levels of the clean, coated and eroded profiles in the range of chord-based Reynolds number ($1.6e6 \leq Re \leq 1.5e6$), results show that, coating clearly improves aerodynamic and aeroacoustic performance of the eroded airfoil.

Sitzung „Ultraschall“

Mi. 8:40 MW 2050

Ultraschall

Akustische Charakterisierung der richtungsabhängigen elastischen Eigenschaften faserverstärkter Kunststoffe

Manuel Webersen, Sarah Johannesmann, Julia Düchting, Leander Claes und Bernd Henning

Universität Paderborn

Der stetig zunehmende Einsatz faserverstärkter Kunststoffe (FVK) in der Industrie ist eine wesentliche Voraussetzung für moderne Leichtbausysteme. Damit einher geht der Bedarf, diese Materialien messtechnisch zu charakterisieren, damit Bauteile einerseits anwendungsspezifisch optimal ausgelegt und andererseits im Betrieb überwacht werden können. Im Gegensatz zu Metallen oder unverstärkten Kunststoffen weisen FVK eine deutlich stärker ausgeprägte Anisotropie auf, d.h. die Materialeigenschaften sind von der betrachteten Belastungsrichtung abhängig. Beispielsweise treten entlang der Fasern typischerweise höhere Festigkeiten auf. In diesem Beitrag wird ein Verfahren vorgestellt, das die zerstörungsfreie und richtungsabhängige Charakterisierung der Materialeigenschaften von FVK-Platten mittels Ultraschall ermöglicht. Durch photoakustische Anregung werden Lamb-Wellen in der Platte angeregt und deren Ausbreitung mittels Ultraschallwandler erfasst. Anschließend werden aus den Messergebnissen die Parameter eines Materialmodells bestimmt. Unterschiedliche Materialmodelle für FVK werden vorgestellt und diskutiert. Durch Rotation der Probe werden verschiedene Ausbreitungsrichtungen innerhalb der Plattenebene in definiertem Winkelabstand zu den Faserrichtungen betrachtet. Die Einzelergebnisse werden anschließend zu einem allgemeinen Parametersatz zusammengeführt,

auf dessen Basis die Materialparameter für beliebige Ausbreitungsrichtungen analytisch berechnet werden können. Exemplarisch wird dieses Verfahren auf verschiedene FVK-Proben mit unterschiedlicher Gewebestruktur angewendet. Abschließend werden die Ergebnisse hinsichtlich der Materialsymmetrie analysiert und auf Plausibilität geprüft.

Mi. 9:00 MW 2050

Ultraschall

Luftgekoppelte akustische Charakterisierung von geschichteten Medien

Sebastian Wöckel

ifak e. V. Magdeburg

Die steigende Komplexität der bspw. im Automobilbau verwendeten Materialien (Lamine, CFK, ...) sowie Fertigungs- und Fügeverfahren (Kleben) stellen steigende Anforderungen an Prüfsysteme zur Sicherung der Produktqualität. Diesbezüglich gewinnt, ausgehend von einer Nischenanwendung basierend auf wenigen kommerziellen und vorwiegend akademischen Systemen, die kontakt- und eingriffsfreie Prüfung mit luftgekoppelten Schall zunehmend Marktrelevanz. Den Vorteilen einer koppelmittelfreien Messung, einer einfachen Handhabung und robusten Systemen stehen entscheidend der Reflexionsverlust an der Grenzschicht zu Luft und der resultierende geringe Signalkontrast sowie die geringe Auflösung infolge der für typische Luftschallfrequenzen $f < 2$ MHz resultierenden Wellenlänge als Nachteile entgegen. Der vorliegende Beitrag diskutiert die Möglichkeiten eines algorithmischen Schätzverfahrens zur Modell-gestützten akustischen Charakterisierung von verdeckten Schichten, deren Ausdehnungen unterhalb der physikalischen Wellenlänge liegen. Unabhängig vom verwendeten Luftschallsystem werden ein lineares Ausbreitungsmodell des Schallsignals im Mehrschichtsystem sowie das Verfahren der Parameterschätzung zur Ableitung der akustisch relevanten Größen (Dichte, Dicke, Schallgeschwindigkeit und Dämpfung) anhand von Simulationsdaten dargestellt.

Mi. 9:20 MW 2050

Ultraschall

Temperaturüberwachung in Gewebephantomen mittels ortsauflöser Messung der Longitudinalwellengeschwindigkeit

Mario Wolf^a, Lukas Timmermann^a, Andre Juhrig^a, Carmen Wolf^a, Katharina Rath^a, Felix Krujatz^b und Elfgard Kühnicke^a

^aTU Dresden, Institut für Festkörperelektronik; ^bTU Dresden, Institut für Naturstofftechnik

Um Hyperthermiebehandlungen zu optimieren, ist eine perationsbegleitende Überwachung der Temperatur in und um den Tumor notwendig. Dafür bietet sich Ultraschallmessungen an, bei denen die Longitudinalwellengeschwindigkeit bestimmt wird, indem die Streuechos aus dem Gewebe ausgewertet werden.

Zur Messung werden die Signale von Annular-Arrays synthetisch fokussiert und die Signalenergie innerhalb eines Fensters in Abhängigkeit

des genutzten Verzögerungsregimes ausgewertet. Die Signalenergie ist maximal, wenn mit der tatsächlichen (mittleren) Schallgeschwindigkeit in die angestrebte Tiefe fokussiert wird. Durch Auswertung der Echos aus unterschiedlichen Tiefen lässt sich die Schallgeschwindigkeit somit orts aufgelöst bestimmen und aus dieser auf die Temperaturverteilung schließen.

Zur Qualifikation des entwickelten Verfahrens wurde dieses zunächst an Gewebephantomen getestet. Die Phantome werden aus Polyacrylamid hergestellt und mit Algen (*Chlorella Vulgaris*) als Streuteilchen versetzt. Dieser Beitrag stellt das entwickelte Verfahren vor und demonstriert dessen Leistungsfähigkeit bei der Überwachung der Temperaturverteilung an einem Phantom bei lokaler Wärmezufuhr. Vergleichsmessungen mit Thermoelementen zeigen eine gute Übereinstimmung. Außerdem werden sowohl die erreichbare Genauigkeit als auch die Grenzen der örtlichen und zeitlichen Auflösung diskutiert.

Mi. 10:00 MW 2050

Ultraschall

Orts aufgelöste Bestimmung der Transversalwellengeschwindigkeit in Gewebephantomen

Lukas Timmermann^a, Mario Wolf^a, Carmen Wolf^a, Andre Juhrig^a, Katharina Rath^a, Felix Krujatz^b und Elfgard Kühnicke^a

^aTU Dresden, Institut für Festkörperelektronik; ^bTU Dresden, Institut für Naturstofftechnik

Zur Destruktion von Tumorgewebe bei Hyperthermiebehandlungen ist es erforderlich, das zu zerstörende Gewebe ausreichend zu erhitzen, während die Belastung für umliegendes Gewebe möglichst geringgehalten werden soll. Insbesondere in der Nähe von Blutgefäßen kommt es jedoch zu einem erhöhten Wärmeabtransport, der eine Abschätzung der erreichten Temperatur auf Grund von Geräteparametern und Behandlungszeit erschwert.

Durch die starke Abhängigkeit der Longitudinalwellengeschwindigkeit von der Temperatur kann aus dieser auf die Temperaturänderung geschlossen werden. Da sich die Longitudinalwellengeschwindigkeit aber auch durch die Denaturierung des Gewebes ändert, ist eine zweite Messgröße erforderlich. Im Gegensatz dazu zeigt die Transversalwellengeschwindigkeit eine geringe Temperaturabhängigkeit, aber dafür eine erhöhte Empfindlichkeit auf den Denaturierungsgrad des Gewebes, sodass durch die Messung beider Geschwindigkeiten eine Ermittlung von Temperatur und Gewebeszustand möglich wird.

In diesem Beitrag soll ein Verfahren zur orts aufgelösten Detektion der Transversalwellengeschwindigkeit vorgestellt werden. Dabei wird eine niederfrequente Transversalwelle mittels eines Shakers von außen in das Gewebephantom eingekoppelt. Die dadurch hervorgerufenen Schwingungen werden mittels hochfrequenter Longitudinalwellen (1-10MHz) abgetastet und aus der Propagation der Welle die Transversalwellengeschwindigkeit berechnet.

Mi. 10:20 MW 2050

Ultraschall

Messungen hochintensiver fokussierter Ultraschallfelder (HIFU) bei klinischen Amplituden: primäre Hydrophonkalibrierung, Wellenformentfaltung und UnsicherheitsbestimmungVolker Wilkens und Martin Weber*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Hochintensive fokussierte Ultraschallfelder (HIFU) lassen sich mit speziellen robusten Hydrophonen charakterisieren, die den in klinischen Anwendungen z. B. zur Tumorablation vorkommenden extremen Schalldrücken standhalten. Solche geeigneten Hydrophone weisen im Allgemeinen keinen flachen Frequenzgang auf, da das Empfangselement durch zusätzliche Schutzschichten vor Kavitationsschäden bewahrt werden muss. Für eine objektive Wellenformmessung ist daher die Entfaltung der gemessenen Signalspannungen mit dem Frequenzgang des Hydrophons erforderlich. Zur Vermeidung von übermäßigem hochfrequentem Rauschen wird in diesem Zusammenhang auch eine Tiefpassfilterung zur Regularisierung eingesetzt. Anhand von beispielhaften Messungen wird im Beitrag die gesamte metrologische Kette beschrieben, von der erweiterten primären Hydrophonkalibrierung in Amplitude und Phase in einem weiten Frequenzbereich über die eigentliche Hydrophonmessung hin zur Wellenformentfaltung und Unsicherheitsbestimmung für die aus den entfalteten Signalen erhaltenen Schallfeldparameter inklusive des Unsicherheitsbeitrags durch die Regularisierung. Auch außerhalb der HIFU Feldcharakterisierung können alle genannten Schritte in der Ultraschall-exposimetrie vorteilhaft eingesetzt werden und sollen zukünftig entsprechend verbessert in neuen Ausgaben der internationalen Normen zur Hydrophonmesstechnik Berücksichtigung finden.

Mi. 10:40 MW 2050

Ultraschall

Development of a High Frequency Microphone Array for Beamforming of Air-Ultrasonic Signals in Nondestructive TestingAli Movahed^a, Thomas Waschkies^b und Ute Rabe^b^aFITT gGmbH; ^bFraunhofer-Institut IZFP

Ultrasonic nondestructive testing methods are well established to inspect components for detection of flaws and discontinuities. Though, linear and phased array signal processing techniques have been widely used, less research has been conducted on contactless nondestructive testing with passive arrays. In this study we present preliminary investigations with beamforming techniques for air ultrasonic signal localization. We use a virtual microphone array with 32 elements and 20 cm diameter. An ultrasonic transducer with 75 kHz center frequency was placed behind a screen with a small hole to send the signals, and the position of the hole was localized by the microphone array. We investigated the resolution of the array by measuring the beam width at different distances between

source and array in the range of 10 cm up to 20 cm. Furthermore the reconstruction results were compared with beamforming simulations in order to test the functionality of the ultrasonic array.

Mi. 11:00 MW 2050

Ultraschall

Effiziente Startwertoptimierung zur Charakterisierung piezoelektrischer Materialparameter

Nadine Feldmann und Bernd Henning

Universität Paderborn

Die Bestimmung piezoelektrischer Materialparameter kann mathematisch als ein inverses Problem formuliert werden. Dieses wird gelöst, indem die Parameter eines Modells so optimiert werden, dass sie die durchgeführten Messungen möglichst gut abbilden. Als Kostenfunktion dieser Optimierung wird beispielsweise die quadratische Distanz der frequenzabhängigen Impedanz aus Messung und FEM-Simulation minimiert.

Um die Anzahl der FEM-Simulationen gering zu halten und möglichst physikalisch sinnvolle Materialparameter zu erhalten, bieten sich vor allem lokale Optimierungsalgorithmen an. Diese benötigen jedoch stets Startwerte in der Nähe des Minimums der Kostenfunktion. Dieser Beitrag stellt ein Verfahren zur Bestimmung und effizienten Optimierung dieser Startwerte aus einer Impedanzmessung an piezoelektrischen Scheiben vor.

Dazu wird zunächst aus den gemessenen Resonanzstellen ein erster Parametersatz aus analytischen Näherungen bestimmt. Da sich nun jedoch offensichtliche Abweichung zwischen Messung und Simulation ergeben, soll eine Möglichkeit vorgestellt werden, diese im Vorhinein zu optimieren ohne das gesamte inverse Problem zu betrachten.

Dazu werden ausgehend von einer Sensitivitätsstudie ausschließlich einzelne Resonanzfrequenzen betrachtet. Dadurch ergeben sich in kurzer Rechenzeit für die meisten Parameter sehr gute Startwerte, die die Lösung des gesamten inversen Problems beschleunigen.

Mi. 11:20 MW 2050

Ultraschall

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 191)

Mi. 14:00 MW 2050

Ultraschall

Simulationsgestützte synthetische Aperturfokussierungstechnik für die Anwendung in der UltraschallmikroskopieMichael Wüst, Johannes Eisenhart, Michael Nierla und Stefan J. Rupitsch*Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik*

Die Ultraschallmikroskopie ist ein etabliertes Verfahren für bestimmte Anwendungen in der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung. Sie findet dort Anwendung, wo das Auftreten von Materialinhomogenitäten (z.B. Risse, Delaminationen, Lunker) zu Einschränkungen der Funktionalität des zu prüfenden Bauteils führen kann. Aufgrund der erforderlichen Mittenfrequenzen von über 20 MHz kommen hierbei überwiegend Einzelelement-Prüfköpfe mit fokussierender Linse zum Einsatz. Diese bündeln den Schallstrahl auf einen Fokusbereich. Nahe der Fokalebene ist es dadurch möglich, eine scharfe Abbildung zu generieren. In den defokussierten Bereichen ist das Ortsauflösungsvermögen im Bild dagegen herabgesetzt. B-Mode Aufnahmen, bei denen die Eindringtiefe über einer lateralen Raumrichtung dargestellt ist, weisen dadurch kein optimales laterales Ortsauflösungsvermögen auf. Der vorgestellte Ansatz rekonstruiert die ursprüngliche Reflektivitätsverteilung, indem die Schallausbreitung zwischen Prüfling und Prüfkopf sowie innerhalb des Prüflings in einer Simulation ermittelt wird. Die daraus gewonnenen Daten entsprechen der in diskreten Positionen ausgewerteten Punkt- Bild-Funktion des Messsystems. Dadurch liegen für jeden Punkt des untersuchten Gebiets Informationen über das Antwortverhalten vor. Eine näherungsweise zweidimensionale räumliche Entfaltung des Messsignals mit diesen Daten ermöglicht es, jeden Bildpunkt einzeln synthetisch zu fokussieren und somit die tatsächliche Reflektivitätsverteilung des untersuchten Gebiets in guter Näherung zu rekonstruieren. In diesem Beitrag wird das simulationsgestützte synthetische Fokussierungsverfahren vorgestellt sowie dessen Potential anhand einiger untersuchter Prüflinge aufgezeigt.

Mi. 14:20 MW 2050

Ultraschall

Über die Aufspaltung einer Einzelblase beim Kollaps in der Nähe einer WandMax Koch^a, Christiane Lechner^b, Juan M. Rosello^c, Robert Mettin^a und Werner Lauterborn^a

^a *Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut*; ^b *TU Wien, Institute of Fluid Mechanics & Heat Transfer*; ^c *Instituto Balseiro-CONICET, Centro Atómico Bariloche*

Der Kollaps einer Kavitationsblase vor einer harten Wand wird seit einigen Jahrzehnten untersucht. Der jüngste Stand der Technik erlaubt genaueren Einblick in die Dynamik des Kollapses auf Mikro- oder gar Nanosekunden-Skalen, sowohl experimentell als auch numerisch. Hierbei zeigen sich wesentliche Details der relativ komplexen Vorgänge.

Ein Beispiel ist die beim Kollaps von lasererzeugten Kavitationsblasen beobachtete Aufspaltung in mehrere übereinander liegende Gas-Ringe. In numerischen Simulationen mit einem speziell entwickelten zwei-Phasen-Solver zeigen wir, dass dafür zwei Phänomene verantwortlich sind, die wir als "Blake-Splash" und "Nano-Jet" bezeichnen. Weiterhin werden neueste Ergebnisse aus Vergleichen von experimentellen Hochgeschwindigkeitsaufnahmen mit numerischen Simulationen präsentiert.

Mi. 14:40 MW 2050

Ultraschall

Numerische Untersuchung der Blasen-Populationen in akustischer Kavitation

Sergey Lesnik^a, Fabian Reuter^b, Robert Mettin^c und Gunther Brenner^a

^a*TU Clausthal*; ^b*Universität Duisburg-Essen ISMT*; ^c*Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut*

Eine der wichtigen Faktoren für das Design der Ultraschall-Reaktoren ist die in der Flüssigkeit dissipierte Schallenergie. Der Dissipationsprozess wird hauptsächlich durch die schwingenden Kavitationsblasen verursacht. Aus diesem Grund ist die Kenntnis sowohl über die Verteilung der Blasen im Raum als auch über die Blasengrößenverteilung von großer Bedeutung. Die aktuellen numerischen Modelle sind in der Lage die Dynamik der einzelnen Blasen im Raum ausreichend genau zu beschreiben. Um die Modelle zu vervollständigen werden die Randbedingungen für die Blasengrößen benötigt. Die letzten experimentellen Ergebnisse erlauben es diese Lücke zu füllen. Die eigens entwickelten numerischen Löser zur Berechnung der kavitierenden Strömungen auf Basis der Software OpenFOAM werden erweitert. Die Blasengrößenverteilungen werden in die numerischen Modelle integriert. Der Einfluss der Blasenpopulationen auf die Strömung und Akustik wird für unterschiedliche Testfälle untersucht.

Mi. 15:00 MW 2050

Ultraschall

Acoustic Cavitation Bubble Dynamics in Small Blind and Through Holes

Robert Mettin^a, Markus Kauer^b, Valentina Belova-Magri^b und Carlos Cairós^a

^a*Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut*; ^b*Atotech Deutschland GmbH*

The interest in application of ultrasonic cavitation for cleaning and surface treatment processes is continuously growing. However, not much is known about the behavior of cavitation bubbles inside microstructural features of solid substrates. Here we report on experimental study of ultrasonically driven cavitation bubbles inside blind and through holes of PMMA plates by using high-speed imaging. Driving frequencies are around 38.5 kHz, and hole diameters range from 150 to 1000 micron. It

is shown how wetting of the holes occurs via interior atomization caused by capillary waves. It is further seen that a large amount of the liquid volume inside the holes can be displaced within one acoustic cycle by the expansion of the cavitation bubbles. This reveals that ultrasonic cavitation is a very effective tool to intensify liquid exchange processes, and it can significantly improve micro-mixing in small structures. Examples of time resolved bubble oscillations in the holes are given which demonstrates the influence of the confined geometry.

Mi. 15:20 MW 2050

Ultraschall

Blasenerzeugung durch einen akustisch kavitierten Jet

Fabian Reuter^a, Sergey Lesnik^b, Gunther Brenner^b und Robert Mettin^c

^aUniversität Duisburg-Essen ISMT; ^bTU Clausthal; ^cUniv. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut

Die Erzeugung akustischer Kavitation findet vielfältige Anwendung, etwa bei der Ultraschallreinigung oder Sonochemie. Dabei werden die Effekte schwingender Kavitationsblasen ausgenutzt. Daher sind Blasendichte und Blasengrößenverteilung in einem Ultraschallbad von zentraler Bedeutung, jedoch ist deren Kontrolle bei fester Ultraschallfrequenz kaum möglich. Hier zeigen wir eine Methode, durch die mit geringem Aufwand die Blasendichte lokal durch Einspritzen eines Flüssigkeitsjets stark erhöht wird, wobei keine Erhöhung der akustischen Leistung erforderlich ist. Wir nennen die resultierende Blasenstruktur "akustisch kavierter Jet" und untersuchen ihre Blasengrößenverteilung in einem dafür entwickelten optischen Verfahren. Um die Bedingungen für die Ausbildung des akustisch kavitierten Jets zu ergründen, werden optische Methoden angewendet, die Strömungsgeschwindigkeit im Jet variiert und numerische Simulationen in OpenFOAM zur Lage der Blasenstruktur im Schallfeld durchgeführt.

Sitzung „Ultraschall (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 11:20 (MW 2050)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel L

Di.-Do.

Ultraschall (Poster)

Sonochemistry and Bubble Dynamics in Small Channels

Ekim Sarac, Julian Eisener und Robert Mettin

Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut

Sonochemistry in small channels requires active cavitation bubbles in confined environments. Here we investigate the chemical activity of sonicated aqueous solutions in millichannels and look for correlations with observed bubble dynamics. The indicative chemical reactions like sonoluminescence (luminol) rely on OH radical formation. Parameter variations include channel dimension, ultrasonic frequency and power,

and the liquid flow speed. Final aim is a better understanding and optimization of millichannel flow reactors for process intensification by non-classical means.

Di.-Do.

Ultraschall (Poster)

Cavitation Bubble Cluster Dynamics in Collective and Bubble Resolved Models

Dwayne Stephens, Julian Eisener und Robert Mettin

Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut

Acoustically driven bubbles in larger ensembles can lead to collective behaviour and synchronization via their mutual coupling. While in experiments synchronized bubble oscillations have been observed, also in subharmonic form, the exact mechanism of their emergence (and therefore of their description) is not fully clear. Collective models employ a type of mean field pressure within the cluster that averages in a way over the individual bubbles and thus reduces complexity of calculations. The mean field can exhibit period doubling and thus introduces the subharmonics in a "top-down" manner. On the other hand, the close-ranged coupling between bubbles favours a "bottom-up" mechanism where adjacent bubbles force each other to synchronous collapse. As a consequence, subdomains of different synchronization states may form within a cluster where individual bubbles are resolved. The present work compares collective with bubble resolved models under the aspect of synchronization and subharmonic oscillations.

Di.-Do.

Ultraschall (Poster)

Trendbewertung in Ultraschall-Sensorsystemen mit Hilfe variationsbasierter RNN-Autoencoder

Steffen Seitz^a, Katharina Schulz^a, Jens Müller^a, Ronald Tetzlaff^a, Peter Holstein^b und Christian Probst^b

^a*TU Dresden, Institut f. Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik;*

^b*SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH*

Moderne Instandhaltungsverfahren sind ein wichtiger Aspekt der Arbeits- und Ausfallsicherheit komplexer industrieller Anlagentechnik. Die Anwendung von auf Ultraschall-basierten berührungslosen Messverfahren spielt dabei eine wichtige Rolle, vor allem im Umfeld von für den Menschen besonders riskanten Prozessen. Beispielhaft können die Degeneration unter Belastung stehender Bauteile über einen Wartungszeitraum überwacht werden.

In der Praxis wird der ausfallfreie Betrieb durch geschultes Personal sichergestellt. Dabei erfordert die Überwachung in größeren Industrieanlagen ein besonders hohes Maß an Konzentration des Prüfers.

Alternative Ansätze der maschinellen Überwachung bei der Instandhaltung sind in der Lage die Sicherheit bei der Überwachung besonders gefährlicher Prozesse deutlich zu erhöhen sowie deren Kosten zu senken.

Von Bedeutung sind insbesondere Techniken die einen Prozess selbstständig, über lange Zeitabschnitte zu überwachen können. Dafür muss ein entsprechender Algorithmus autonom geeignete Merkmale extrahieren können.

In diesem Beitrag soll gezeigt werden, wie mit Hilfe variationsbasierter RNN-Autoencoder eine solche Merkmalsextraktion durch die Auswertung des erlernten Merkmalsraumes durchgeführt werden könnte. Dem Autoencoder werden lediglich die akustischen Rohdaten des Sensors als Zeitreihe während des Trainingsablaufs zur Verfügung gestellt. Dieser nähert durch Minimierung der Kullbach-Leibler-Divergenz eine Wahrscheinlichkeitsdichte der Daten. Im Beitrag soll letztlich eine Möglichkeit der Nutzung dieser als Maß für die Degeneration eines Prozesses bei der akustischen Langzeitüberwachung diskutiert werden.

Di.-Do.

Ultraschall (Poster)

Bubble dynamics from High Intensity Focused Ultrasound (HIFU): high speed photography and numerical simulations

Siew-Wan Ohl

Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg

We present an experimental study of High Intensity Focused Ultrasound (HIFU) using a parabolic shaped transducer and high speed photography. The transducer (Sonic Concept Inc.) has a diameter of 60 mm, and a resonant frequency of 250kHz. When it is driven between 120 to 150 Volt peak-to-peak, concentrated rings of bubbles are formed on top of the transducer. The distance between the rings is about 3 mm, which is half the wavelength of the sound wave produced by the transducer at 250 kHz. The bubbles within the rings are not stable. They move between the rings, or coalesce, or float toward the free surface. We captured the nucleation and oscillations of the bubbles using the high speed photography and a long distance microscopic lens. In an attempt to understand some of these observed phenomena, we employed numerical simulations based on the Boundary Element Method (BEM). Recently a new desingularized Boundary Integral equation has been proposed and implemented. This breakthrough significantly reduces the computational complexity and cost. A three-dimensional BEM code is used to solve the Helmholtz equation. The code could simulate the ultrasound field generated by the HIFU transducer which is used in the experiments previously mentioned.

Sitzung „MEMS-Lautsprecher“

Mi. 16:40 MW 2050

MEMS-Lautsprecher

Elektrodynamischer MEMS-Lautsprecher mit Membran aus metallischem GlasKlaus Vogel, Nooshin Saeidi, Franz Selbmann, Maik Wiemer und Thomas Otto*Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS*

Miniaturisierte Lautsprecher sind heutzutage in allen mobilen Endgeräten wie Smartphones, Tablets und Laptops zu finden. Die fortschreitende Reduzierung von Bauhöhen der Geräte erfordert auch eine weitergehende Miniaturisierung der Lautsprecher. Deshalb wird verstärkt am Einsatz von Verfahren der Mikrosystemtechnik gearbeitet. Durch die parallele Prozessierung einer Vielzahl von Bauelementen wird gleichzeitig eine höhere Genauigkeit und Reproduzierbarkeit bei Verringerung der Bauteilkosten erzielt. Basierend auf Verfahren der Mikrosystemtechnik wurde am Fraunhofer ENAS der Demonstrator für einen elektrodynamischen MEMS Lautsprecher in Silizium erarbeitet. Als Membran des MEMS-Lautsprechers kommt eine dünne Schicht aus metallischem Glas zum Einsatz. Dieses Material besitzt auf Grund seiner amorphen Eigenschaften herausragende mechanische Eigenschaften im Vergleich zu kristallinen Werkstoffen. In der Fertigung der Komponente werden Standardprozesse der Mikrotechnologie genutzt. In Verbindung mit additiven Fertigungsverfahren zur Abscheidung einer Magnetpaste mittels Siebdruck sowie Dispensverfahren zur Magnetintegration und einer Mikrospule wurde ein elektrodynamischer Aktor aufgebaut. Für die Prozessierung der Spule wurde die am ZfM der TU Chemnitz entwickelte Kupfertechnologie eingesetzt.

Mi. 17:00 MW 2050

MEMS-Lautsprecher

CMOS-kompatibler MEMS-Lautsprecher für Im-Ohr-AnwendungenHolger Conrad^a, Lutz Ehrig^a, Bert Kaiser^a, Hermann Schenk^b, David Schuffenhauer^a, Michael Stolz^a, Matthieu Gaudet^a und Harald Schenk^a^a*Fraunhofer IPMS*; ^b*Schenk Industry Consulting*

Der beeindruckende Erfolg von MEMS-Mikrofonen ist vor allem auf den Einsatz der CMOS-Technologie zurückzuführen. Diese Technologie ermöglicht eine kompaktere Bauweise gegenüber Vorgängertechnologien, eine hohe Skalierbarkeit der Produktion und somit geringe Stückkosten. Innerhalb weniger Jahre wurden konventionelle Mikrofontechnologien in einer Vielzahl von Anwendungen durch CMOS-basierte MEMS-Mikrofone abgelöst. Eine ähnliche Entwicklung ist im Bereich Mikrolautsprecher in den kommenden Jahren zu erwarten. In diesem Beitrag wird ein CMOS-kompatibler elektrostatischer Biegeaktor für ein neuartiges

Lautsprecherelement vorgestellt. Der Aktor überführt mit einer bimorph-ähnlichen Mechanik elektrostatische Kräfte in Biegebewegungen. Hohe elektrostatische Kräfte innerhalb sehr kleiner Elektrodenpalte können so für große Auslenkungen bei einer geringen Signalspannung nutzbar gemacht werden. Die Aktoren sind so angeordnet, dass die Auslenkung lateral, d.h. in der Chip-Ebene erfolgt. Damit ist die erforderliche Chip-Fläche gering und das verdrängte Luftvolumen skaliert mit der Dicke des eingesetzten Wafers. Mehrere Aktoren auf einem Chip führen in Verbindung mit entsprechenden Schallführungen zu Schalldruckpegeln, die den Einsatz für Im-Ohr-Anwendungen wie Hearables, Hörgeräten, IEMs und Kopfhörern ermöglichen. Anwendungsspezifische Frequenzgänge können durch die Gruppierung von Aktoren unterschiedlicher Resonanzfrequenzen erzielt werden.

Mi. 17:20 MW 2050

MEMS-Lautsprecher

PZT MEMS loudspeaker: hot poling optimization of actuators for improved linearity and acoustic distortions

Andrea Rusconi Clerici

USound GmbH

USound actuators work with PZT deposited on silicon wafer by a sol gel process; the design is based on a system of cantilevers and springs that traduces the piezoelectric effect in to a vertical movement. With ferroelectric materials one source of non linearity is the hysteresis of the polarization loop during loading and unloading cycles. This non linearity is hardly affected by design, one way for optimization is a polarisation process. Experiments include following parameters: Temperature 80°C to 120°C; DC Voltage 10V to 30V; Duration 1min to 10min. The mechanical measurements are done with a Polytec500 Laser Doppler Vibrometer for measuring elongation at given frequencies below f_{res} both in static (step of DC voltages applied) and dynamic (time domain, DC+AC sinus signal) conditions. The acoustical measurements are done with an artificial ear (711 Coupler, a standard for in-ear headphones characterization), in this stage the MEMS parts are assembled in the final package and mounted in a earphone shell. The measurement system acquires acoustic SPL and THD from 20Hz to 20kHz. The results show a remarkable impact of both hot poling and driving induced poling improving the linearity of the displacement and reducing acoustic THD.

Mi. 17:40 MW 2050

MEMS-Lautsprecher

Leistungsfähiger MEMS-basierter In-Ear-Lautsprecher mit piezoelektrischem Antrieb

Fabian Stoppel^a, Andreas Männchen^b, Florian Niekiet^a, Daniel Beer^b, Thorsten Giese^a, Johannes Nowak^b und Bernhard Wagner^a

^a Fraunhofer ISIT; ^b Fraunhofer IDMT

In diesem Beitrag wird ein neuer leistungsfähiger MEMS-Lautsprecher für In-Ear-Anwendungen vorgestellt. Zentrales Element bildet ein in MEMS-Technologie gefertigter Silizium-Chip mit Aktuatoren, die über eine piezoelektrische PZT-Dünnschicht angetrieben werden. Die als Biegeschwinger ausgelegten Aktuatoren sind lediglich über wenige Mikrometer breite Schlitze mechanisch voneinander getrennt, woraus im hörbaren Frequenzbereich eine nahezu ideale akustische Trennung zwischen Front- und Rückvolumen resultiert. Dies ermöglicht es auf eine geschlossene Membran zu verzichten, wodurch sich signifikante herstellungs- und leistungsbezogene Vorteile ergeben. Messungen an aufgebauten Prototypen mit Rückvolumen zeigen eine hohe Leistungsfähigkeit bei geringem Bauvolumen. So werden in einem IEC 60318-4 Ohr-Simulator im gesamten hörbaren Frequenzbereich Schalldruckpegel von mehr als 100 dB erreicht. Darüber hinaus zeichnen sich die MEMS-In-Ear-Lautsprecher durch einen außergewöhnlich flachen Frequenzgang aus, der über eine optimierte Ansteuerung erzielt wird.

Mi. 18:00 MW 2050

MEMS-Lautsprecher

Zwei-Wege-Lautsprecher basierend auf MEMS-Technologie

Andreas Männchen^a, Fabian Stoppel^b, Daniel Beer^a, Florian Niekiet^b, Johannes Nowak^a und Bernhard Wagner^b

^a Fraunhofer IDMT; ^b Fraunhofer ISIT

Dieser Beitrag stellt einen neuartigen Zwei-Wege-Miniaturlautsprecher vor, der für die breitbandige Klangwiedergabe insbesondere in Ohrnähe geeignet ist. Der Lautsprecher nutzt einen 10 mm x 10 mm großen Woofer und einen 6 mm x 6 mm großen Tweeter, die beide in MEMS-Technologie gefertigt und gemeinsam auf einer Leiterplatte montiert werden. Die zwei MEMS-Schallwandler bestehen jeweils aus vier unabhängigen dreieckigen Biegeaktoren, die gleichzeitig die aktive Strahlerfläche - sprich Membran - bilden. Die vier Aktoren sind durch kleinstmögliche Spalte voneinander strukturell entkoppelt. Mit der gewählten Spaltbreite bilden sie eine akustisch geschlossene Membranfläche, sodass im relevanten Frequenzbereich keine Ausgleichsströmungen zwischen Vorder- und Rückseite durch die Spalte stattfinden. Ein auf der Leiterplatte angebrachtes flaches Gehäuse mit kleinem Volumen verhindert den klassischen akustischen Kurzschluss. Darüber hinaus wird der Zwei-Wege-Miniaturlautsprecher mit einer digitalen Signalverarbeitung für die aktive Frequenzweiche und zur Entzerrung des Frequenzgangs kombiniert. Das Gesamtsystem wurde unter Freifeldbedingungen

in einem reflexionsarmen Raum einer umfassenden akustischen Charakterisierung unterzogen. Die erzielten akustischen Eigenschaften zeigen, dass die MEMS-Technologie eine attraktive Basis für den Lautsprecher der Zukunft darstellt. Systeme wie der hier vorgestellte MEMS-Lautsprecher können unter anderem in Mobilgeräten wie Smartphones und Tablets Anwendung finden.

Sitzung „Numerische Akustik I“

Mi. 8:40 MW 0250

Numerische Akustik I

Numerische Simulation des Strömungsgeräusches eines wandbündigen Zylinders

Erik Wilhelm Schneehagen^a, Ennes Sarradj^a und Thomas Geyer^b

^a *TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik*; ^b *BTU Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Technische Akustik*

In vielen modernen technischen Anwendungen ist Strömungslärm eine entscheidende Komponente des Gesamtgeräusches. Die Vorhersage des Strömungsgeräusches ist durch die Komplexität des Strömungsfelds selbst bei simplen Geometrien meist schwierig. Ein möglicher Ansatz für die Berechnung ist die numerische Simulation. Die großen Unterschiede der räumlichen Skalen von Akustik- und Strömungsvariablen machen jedoch eine direkte Simulation mit derzeitigen Rechnerleistungen zu teuer. Eine Lösung bietet die getrennte Berechnung des turbulenten Strömungsfelds und der Akustik. In diesem Vortrag wird die beispielhafte Umsetzung eines solchen hybriden Ansatzes für die Umströmung eines wandgebundenen Zylinders mit der OpenFOAM-Software vorgestellt. Der Ansatz besteht aus der Kombination einer Grobstruktursimulation (LES) des Strömungsfeldes mit der akustischen Analogie von Ffowcs-Williams-Hawkings (FW-H). Die zeitlich veränderlichen Druckschwankungen auf der Wand- und Zylinderoberfläche werden als akustische Quellterme für die FW-H-Gleichung verwendet und die Wirkung im Fernfeld berechnet. Die Ergebnisse werden für verschiedene Strömungsgeschwindigkeiten im inkompressiblen Bereich gezeigt. Die Qualität der Simulationsergebnisse wird anhand von experimentellen Messdaten der Konfiguration aus einem aeroakustischen Windkanal bewertet.

Mi. 9:00 MW 0250

Numerische Akustik I

Superposition frequenzunabhängiger Moden im akustischen Außenraum

Lennart Moheit und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Die abgestrahlte Schallleistung von Schallquellen muss unter Freifeldbedingungen ermittelt werden, um Reflexionen an umliegenden Wänden zu verhindern. Dies gilt auch für die numerische Simulation der Schallabstrahlung. Unterschiedliche numerische Verfahren wie die Randlelementmethode (BEM) oder Perfectly Matched Layers (PML) erfüllen die nicht reflektierende Sommerfeld'sche Abstrahlbedingung. Die harmonische Analyse erfordert jedoch eine Inversion von frequenzabhängigen Matrizen für jede einzelne interessierende Frequenz. Die Autoren verwenden das Konzept der normal modes für Schallquellen in unberandeten Rechengebieten durch Anwendung der Astley-Leis-Methode der infiniten Elemente. Die Systemmatrizen hängen nicht von der Frequenz ab, und entsprechend auch nicht die normal modes, die als Eigenwerte und Eigenvektoren eines einzelnen linearisierten quadratischen Eigenwertproblems gefunden werden können. Der Rechenaufwand kann verringert werden, wenn die modale Basis reduziert wird. Eine reduzierte Anzahl von normal modes wird überlagert und der abgestrahlte Schalldruck und die Leistung können mit ausreichender Genauigkeit vorhergesagt werden. Die Untersuchungen in dieser Arbeit zielen darauf ab, a priori Kriterien für die Unterscheidung relevanter und vernachlässigbarer normal modes zu entwickeln. Da nur ein einziges Eigenwertproblem gelöst werden muss und aufgrund der Tatsache, dass die Moden nicht von der Anregung abhängen, kann der Rechenaufwand im Vergleich zur harmonischen Analyse signifikant reduziert werden.

Mi. 9:20 MW 0250

Numerische Akustik I

Effiziente Berechnung akustischer Vergleichsgrößen mittels Krylov Unterraumverfahren und Systemsimulation

Maximilian Zinner

ARRK Engineering

In der Antriebsstrangentwicklung wird häufig die Systemsimulation eingesetzt, um in frühen Produktphasen schnell und effizient Gesamtkonzepte bewerten zu können. Neben der multiphysikalischen Abbildung im Zeitbereich kann auch das mechanische Schwingungsverhalten abgebildet werden. Die hohe Effizienz der Systemsimulation basiert dabei auf der Abstraktion des Systems, welche zu einer geringen Anzahl an Freiheitsgraden führt. Dabei lässt genau dieser hohe Grad an Abstraktion üblicherweise keine Aussagen zu räumlich aufgelösten, lokalen Effekten wie z.B. das akustische Verhalten zu. Es wird ein neues Vorgehen mittels des Krylov-Unterraumverfahrens vorgestellt um FE-Modelle unter

Beibehaltung der schnellen Rechenzeiten in die Systemsimulation einzubinden und somit detaillierte Aussagen über das Schwingungsverhalten des Systems zu erhalten. Hierzu wird eine Methode zur Bestimmung der optimalen Reduktionsparameter eingeführt, um auf kleinstmögliche Systeme bei gleichzeitig hoher Prognosegüte zu kommen. Zudem werden Schwingungen in der Struktur automatisch mitsimuliert. Somit ist es möglich, akustische Vergleichsgrößen wie etwa die Schwingung auf der Oberfläche einer Komponente über einen gesamten Fahrzyklus effizient bestimmen zu können, was mit den aktuell gängigen numerischen Verfahren zu einem nicht tragbaren Aufwand an Ressourcen und Rechenzeit führt. Am Beispiel des Getriebes eines Elektrofahrzeuges werden die Ergebnisse bezüglich Reduktionsdauer, Prognosegüte und Rechenzeit vorgestellt und mit den Ergebnissen der FE-Simulation sowie der gängigen Craig-Bampton Methode verglichen.

Mi. 9:40 MW 0250

Numerische Akustik I

Iterative Lösungsverfahren für die Randelementemethode am Beispiel der akustischen Helmholtzgleichung.

Christopher Jelic und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Lineare zeit-harmonische akustische Problemstellungen lassen sich effizient mit der Randelementemethode (BEM) lösen. Für Außenraumprobleme erweist sich die BEM als besonders vorteilhaft gegenüber der Finiten Elemente Methode, da lediglich der Rand des Gebiets modelliert werden muss. Allerdings ergibt sich infolge der räumlichen Diskretisierung der Integralgleichungen eine vollbesetzte Systemmatrix, wodurch direkte Lösungsverfahren eine kubische Komplexität bezüglich der Anzahl an Freiheitsgraden besitzen. Die Entwicklung der letzten Jahrzehnte hat viele leistungsstarke Methoden hervorgebracht, welche eine quasi-lineare oder sogar lineare Aufwandsabhängigkeit bieten. Hierbei sind vor allem die Fast Multipole Methode, die hierarchischen Matrizen und die so genannten H^2 -Matrizen zu erwähnen. In Kombination mit iterativen Lösungsverfahren erlauben diese Methoden die effiziente Lösung heutiger Ingenieursprobleme in der Akustik auf herkömmlichen Desktop-PCs. In diesem Beitrag wird ein Teil der neueren Fortschritte im Bereich der iterativen Lösungsverfahren und Vorkonditionierern vorgestellt und den gängigen Verfahren gegenübergestellt. Für diesen Vergleich werden die Benchmark-Fälle der European Acoustics Association und der Open-Source Galerkin BEM-Code BEM++ verwendet.

Mi. 10:20 MW 0250

Numerische Akustik I

Schallabstrahlung eines Hochtönlautsprechers in einer Schallwand mittels der komplexen Ersatzstrahlermethode (CESM)

Rafael Piscoya und Martin Ochmann

Beuth Hochschule für Technik Berlin

Die Ersatzstrahlermethode (ESM) ist ein Verfahren, das eine Alternative zur Boundary-Elemente-Methode (BEM) für die Lösung von äußeren Problemen darstellt. Die ESM weist Vorteile gegenüber der BEM auf: a) Beispielsweise ist die Anzahl der Ersatzstrahler im allgemeinen sehr viel niedriger als die Anzahl der Oberflächenelemente, und damit erhält man eine kleinere Systemmatrix; b) eine Vernetzung der Oberfläche des schwingenden Körpers aus finiten Elementen ist nicht unbedingt nötig. Die Methode hat aber auch Nachteile: a) die optimalen Positionen der Ersatzstrahler sind a priori nicht bekannt; b) die Matrix ist im Allgemeinen schlecht konditioniert. Infolgedessen sind oft Regularisierungstechniken erforderlich. Eine Erweiterung der ESM, die wir "komplexe ESM" (CESM) genannt haben, schließt Multipole mit komplexen Quellpositionen ein, da diese fokussiert abstrahlen. In der vorliegenden Arbeit wird die CESM angewandt, um die Schallabstrahlung eines Hochtönlautsprechers in einer Schallwand zu bestimmen. Zur Auswertung der Genauigkeit der Simulation wurde eine Berechnung mit dem FEM-Programm Comsol durchgeführt. Die CESM erreicht eine gute Übereinstimmung mit Comsol, wobei es ausreichend ist, mit einer kleinen Anzahl von reellen und komplexen Monopolen zu arbeiten.

Mi. 10:40 MW 0250

Numerische Akustik I

Untersuchungen zur Dämpfung durch Schallabstrahlung durch gekoppelte Akustik-Struktur-Simulationen.

Suhaib Koji Baydoun und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Dämpfung durch Schallabstrahlung beschreibt die Dissipation kinetischer Energie vibrierender Strukturen ins akustische Fernfeld. Vor allem bei Leichtbauanwendungen trägt die Schallabstrahlung wesentlich zur Gesamtdämpfung der Struktur bei. Der mathematische Zugang zu Dämpfung durch Schallabstrahlung umfasst gekoppelte, akustische und strukturdynamische Gleichungen und erlaubt im Allgemeinen keine analytische Lösung. Experimentelle Bestimmungen durch Referenzmessungen in Vakuumkammern sind aufgrund des damit verbundenen Aufwands und der Frequenzabhängigkeit der Schallabstrahlung oftmals nicht vertretbar.

In diesem Beitrag wird die Dämpfung durch Schallabstrahlung numerisch unter Verwendung einer gekoppelten Formulierung untersucht. Dabei werden die Gleichungen der linearen, zeit-harmonischen Akustik und Elastodynamik mittels der Randelementemethode (BEM) und der Finite Elemente Methode (FEM) diskretisiert und monolithisch gelöst.

Das Ausmaß der Dämpfung wird durch das Verhältnis von abgestrahlter Schallenergie zur Gesamtenergie quantifiziert und mittels des Verlustfaktors ausgedrückt. Die vorgestellten Untersuchungen umfassen geometrische Konfigurationen wie Platten und Schalenstrukturen und typische Leichtbaumaterialien. Die Analysen werden im Wesentlichen im unterkritischen Frequenzbereich durchgeführt. Die vorgestellten Ergebnisse ebnen den Weg zu einem besseren Verständnis von Dämpfung durch Schallabstrahlung und der Abschätzung ihrer Relevanz für die zukünftige Forschung und Entwicklung.

Mi. 11:00 MW 0250

Numerische Akustik I

Entwicklung eines Ultraschallsensors zur Konzentrationsbestimmung von Flüssigkeiten in Rohrleitungen

Paul Wasmer

BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Zur Messung von Konzentrationen in Flüssigkeiten können akustische Sensoren genutzt werden. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es einen Sensor zu entwerfen der sehr hohe Messgenauigkeiten erzielen kann. Der Sensor besteht aus einem rechteckigen Rohr, welches auf einem Halbraum angebracht ist. Die Konzentrationsbestimmung erfolgt anhand des Resonanzverhaltens der Struktur, wodurch eine hohe Messgenauigkeit erreicht werden kann. Um den Sensor zu verwirklichen, muss eine Optimierung der Geometrie mit vielen Iterationsschritten durchlaufen werden. Da keine analytische Beschreibung des akustischen Verhaltens vorliegt, wird eine effiziente Simulationsmethode benötigt. Die Scaled Boundary Finite Element Method (SBFEM) für prismatische Strukturen erscheint für die Simulation geeignet, da Teile der Geometrie ohne neue Vernetzung geändert werden können. Für die Berechnung des Sensors wird ein Modell der akustischen Fluid-Struktur Interaktion benötigt, das bisher nicht vorhanden ist. Die Präsentation behandelt die Implementierung des Fluidmodells in die SBFEM und deren Validierung. Für die Validierung werden die Ergebnisse mit analytischen Beispielen ohne Fluid-Struktur Kopplung und mit Comsol-Ergebnissen der Dispersionskurven mit Wasser gefüllter Rohre verglichen. Schließlich wird das neuartige Verfahren für die Modellierung der Sensorgeometrie angewendet. An einer einfachen Geometrie wird das Sensorprinzip zur Bestimmung der Salzkonzentration demonstriert.

Mi. 11:20 MW 0250

Numerische Akustik I

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (s.u.)

Sitzung „Numerische Akustik (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 11:20 (MW 0250)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel L

Di.-Do.

Numerische Akustik (Poster)

Uncertainty Quantification of Numerical Transmission Loss Calculations of an Aircraft Fuselage SectionShreyas Mysore Guruprasad^a, Christopher Blech^a, Ulrich Römer^b, Hermann G. Matthies^c und Sabine Langer^a^a *TU Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik*; ^b *TU Braunschweig, Institut für Dynamik und Schwingungen*; ^c *TU Braunschweig, Institut für Wissenschaftliches Rechnen*

The prediction of aircraft cabin noise is important in preliminary design stages as potential acoustic problems can be detected in these stages to consider damping measures as early as possible. In these early design stages a final design is not yet given and design parameters are uncertain. Especially for the cabin noise assessment concerning new technologies, the predicted behavior is crucially sensitive to the chosen deterministic design parameters. Hence, the combination of an uncertainty quantification with a deterministic acoustic model is a promising approach. In this contribution, a finite element model of an aircraft fuselage section is used to predict the transmission loss. The finite element model is treated as black box with certain input parameters on the basis of which a statistical analysis and a global sensitivity analysis is conducted. A non-intrusive surrogate modeling technique is applied in frequency domain to reduce the computational costs significantly. The results show a reliable fit of the transmission loss curve by the polynomial surrogate model. However, a limit of the polynomial surrogate model is indicated by a convergence study (polynomial order and numbers of samples) due to the occurrence of problems in the strongly non-monotonic resonances.

Di.-Do.

Numerische Akustik (Poster)

Verwendung des auf Raytracing basierenden Löses BEAM zur Auswertung von Übertragungsfunktionen im ZeitbereichRalf Burgschweiger^a, Ingo Schäfer^b und Martin Ochmann^a^a *Beuth Hochschule für Technik Berlin*; ^b *Wehrtechnische Dienststelle 71*

Im Rahmen des Forschungsprojekts "Computational Acoustics" wurde in den letzten Jahren der auf Raytracing basierende Löser BEAM zur Ermittlung des rückgestreuten Schalldrucks im Fernfeld entwickelt. Dieser kann die Streuung an komplexen Strukturen, die aus Fluiden und/oder elastischen Materialien (in Form dünner Schichten) zusammengesetzt sind, berechnen. Aufgrund seiner hohen Rechengeschwindigkeit eignet

er sich daher gut für Sweeps über einen vorgegebenen Frequenzbereich.

Der Beitrag stellt eine Erweiterung des zugehörigen Postprozessors vor, welche eine so berechnete Übertragungsfunktion mittels der FFT in eine zeitliche bzw. räumliche Impulsantwort umwandeln und grafisch, auch in 3D, darstellen kann. Diese Darstellung ermöglicht dem Anwender eine visuelle Zuordnung der Signale zum äußeren und ggf. inneren Aufbau der betrachteten Objekte.

An Strukturen mit unterschiedlichen Formen und Materialkombinationen werden erste Resultate für das rückgestreute Schallfeld vorgestellt, analysiert und, soweit verfügbar, mit Ergebnissen vergleichbarer BEM- und FEM-Berechnungen verglichen.

Di.-Do.

Numerische Akustik (Poster)

FMM modelling of acoustic scattering with geometrical uncertainty

Péter Fiala und Péter Rucz

Budapest University of Technology

Predicting the sound field scattered by objects with uncertain geometry plays an important role in source localisation, shape optimisation or modelling reflections from rough surfaces. Boundary integral equation methods are an adequate choice for the simulation of scattering into free field, as they inherently model the radiation condition. In the high frequency regime, fast multipole methods are usually applied to the fast evaluation of boundary integrals. For the case of scatterers with random geometry, the nonlinear dependency of the boundary integrals on the scatterer's geometry poses a tough modelling challenge. However, assuming small variations of the geometry, low order perturbations of the scattered field and their statistics can be computed by solving boundary integral equations on the mean boundary. This paper investigates the application of the fast multipole method (FMM) for the simulation of acoustic scattering from 2D objects with geometrical uncertainty. The uncertain geometry is characterised by its two point autocorrelation function, and is decomposed into a polynomial chaos (PC) expansion. The low order dependency of the scattered field on the PC coefficients is computed by solving similar deterministic boundary value problems. The advantages of applying the FMM for the deterministic problems are highlighted by numerical examples.

Sitzung „Reifen-Fahrbahn-Geräusche“

Mi. 14:00 MW 0250

Reifen-Fahrbahn-Geräusche

Tire-road noise measurements at the test rig of BASTStefan Gombots^a, Manfred Kaltenbacher^a, Wolfram Bartolomaeus^b und Fabio Strigari^b^a*TU Wien, Inst. f. Mechanik u. Mechatronik;* ^b*Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach*

The primary source of traffic noise at common road speeds is tire-road noise. Different standards are in use for the noise measurements. In Europe, measurements are taken by the close-proximity method (CPX), while the on-board sound intensity method (OBSI) is used in the USA. Moreover, in Austria another standard RVS 11.066 is used. The measurements are typically done outside, resulting in restrictions due to ambient conditions. To overcome such limitations the Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) has developed their own test rig Prüfstand Fahrzeug/Fahrbahn, PFF. This inner drum test rig was built to make in situ acoustic measurements. Due to the stationary wheel, additional measurement instrumentation can be used. On the other hand, one has to deal with some limitations. The inherent noise of the PFF, sound reflections and the influence of the different curvature between tire and the road surface can probably lead to deviations compared to outdoor measurements. Another big issue is the realistic road surface in the test rig. To investigate the properties of the drum test rig of BAST, extensive measurements have been performed and the results will be presented within the talk.

Mi. 14:20 MW 0250

Reifen-Fahrbahn-Geräusche

Ermittlung von Überstandslängen für Lärmschirme und lärmmindernde StraßenbelägeStefan Schubert^a, Maximilian Ertsey^a und Wolfram Bartolomaeus^b^a*Müller-BBM GmbH;* ^b*Bundesanstalt f. Straßenwesen, Berg. Gladbach*

Zur Beurteilung von akustischen Effekten am Ende von Lärmschutzmaßnahmen im Straßenverkehr wurden am Ende einer Lärmschutzwand sowie am Übergang eines lärmmindernden Fahrbahnbelages auf einen konventionellen Fahrbahnbelag Vorbeifahrtmessungen an verschiedenen Positionen im Fernfeld durchgeführt. Die Messungen dienten der Erfassung des Pegel-Zeit-Verlaufs der Fahrzeuge und somit der Beurteilung des durch den plötzlichen Wegfall der Lärmschutzmaßnahme herbeigeführten Pegelsprungs. Aus den Vorbeifahrttaufnahmen wurden Hörversuche erstellt, in denen die psychoakustische Wirkung durch Probanden beurteilt wurde. Die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchung haben gezeigt, dass der Pegelsprung vor allem im Nahbereich der Übergangsposition detektierbar ist. An der Lärmschutzwand

konnte zudem eine gewisse Richtcharakteristik des Pegelsprungs festgestellt werden. Anhand der Hörversuche hat sich gezeigt, dass der Pegelsprung auch in größerer Entfernung wahrgenommen wird. Die Bewertung der Ausprägtheit des Pegelsprungs nimmt etwa linear zum Abstand der Übergangsposition ab, hängt aber auch von der geometrischen Lage des Empfängers (hinter der Lärmschutzmaßnahme, auf Höhe des Übergangs, nach der Lärmschutzmaßnahme) ab. Je nach Position des Empfängers ergeben sich unterschiedliche Lästigkeiten in einer absoluten Skala und im Verhältnis zur Vorbeifahrt mit/ohne Lärmschutzmaßnahme.

Mi. 14:40 MW 0250

Reifen-Fahrbahn-Geräusche

Noise reducing bridge expansion joints in the Netherlands - Analysis of 10 years of measurement experience

Christiaan Tollenaar und Ronald Van Loon

M+P - consulting engineers

The Netherlands have applied silent road surfaces successfully for more than 30 years now. Due to this general noise reduction, local noise sources, like the noise of bridge expansion joints, are no longer masked and pop up as a new challenge. Since 15 years several silent expansion joints have been used. In 2006, the first Dutch measurement assessment protocol came into effect which enables to measure the sound of (silent) expansion joints in a uniform manner. Since 2013, a noise label for expansion joints has been installed.

For this paper, sound measurements have been analyzed of more than 200 expansion joints according to this standard measurement protocol. In addition to sound, several build quality parameters have been registered, like the height and quality of installation, the angle to the road and the number of beams. The research provides insight into the differences between types of joint, as well as the dispersion within a type. In addition, a relationship is established between the noise level and several design and build quality parameters. The paper also provides insight into the ongoing research, using 3D laser texture measurements.

Mi. 15:00 MW 0250

Reifen-Fahrbahn-Geräusche

Simultane Torus- und Nahfeldmessungen auf Fernstraßen in Bayern

André Walter und Alexander Attenberger

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Die akustisch wirksame Textur einer Straßenoberfläche prägt sich in der Aufstandsfläche in einen Reifen ein. Hierdurch wird der Reifen beim Abrollen zu Schwingungen angeregt. Diese werden nach außen als Reifen/Fahrbahn-Geräusch und nach innen als sogenanntes Torusgeräusch abgestrahlt. Auf die Größe des Schalldruckpegels hat diese Textur einen wesentlichen Einfluss.

2013 wurde deshalb für das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) am Institut für Fahrzeugsystemtechnik des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) ein robustes Messgerät entwickelt, mit dem das Torusgeräusch gemessen werden kann. Dieses wurde in ein CPX System integriert. Mit dieser Messeinheit kann jetzt simultan das Innen- und Außenrollgeräusch von Fahrzeugreifen separat in beiden Rollspuren untersucht werden. Gleichzeitig werden Geschwindigkeit, Temperatur und Position mit einem GPS Empfänger aufgezeichnet.

In dem Beitrag werden Ergebnisse von Fahrten rund um Augsburg vorgestellt. Auf einer Länge von ca. 1.000 km wurden Torus- und CPX-Pegel simultan erfasst. Die CPX-Daten wurden gemäß dem Nahfeldmessverfahren (DIN EN ISO 11819-2) für Segmente mit einer Länge von 20 m ausgewertet. Die Torus-Pegel in den einzelnen Segmenten wurden analog zu einem Segmentpegel zusammengefasst. Für jedes Segment werden die beiden Pegel den bautechnischen Eigenschaften der Straße gegenübergestellt. Vorbeifahrtmessungen nach dem statistischen Vorbeifahrtverfahren (DIN EN ISO 11819-1) werden an ausgewählten Punkten in die Betrachtung einbezogen.

Mi. 15:20 MW 0250

Reifen-Fahrbahn-Geräusche

Methodik zur Aufbereitung von CPX-Daten für die Verwendung in Lärmschutzprojekten

Tina Saurer und Erik Bühlmann

Grolimund + Partner AG

Strassenverkehrslärm stört oder belastigt grosse Teile der Bevölkerung in vielen Ländern. Einige Staaten kennen Regelungen zum Schutz vor Strassenverkehrslärm, bei welchen Immissionsgrenzwerte einzuhalten sind. Die Lärmbeurteilung sowie die Planung und Dimensionierung von Lärmschutzmassnahmen beruht oft auf Lärmberechnungsmodelle, womit sich die Immissionen flächendeckend ermitteln lassen. Eine der wesentlichsten Unsicherheiten bei der Modellierung geht dabei von den im Modell angenommenen akustischen Eigenschaften des Strassenbelages aus. Um die Zuverlässigkeit der Lärmberechnung zu erhöhen, können Daten von Rollgeräuschmessungen CPX (close proximity) beigezogen werden, die den akustischen Zustand von Strassenoberflächen im Strassenverlauf wiedergeben. Die gültige Norm sieht eine Auflösung der CPX-Daten von 20m vor. Dies ist allerdings zur Berücksichtigung in Lärmberechnungsmodellen viel zu kleinräumig und kaum praktikabel. In dieser Studie wird eine Methodik zur Aufbereitung von CPX-Daten entwickelt, damit diese in der Lärmemissionsmodellierung möglichst einfach berücksichtigt werden können, ohne dabei aber die akustische Variabilität der Strassenbeläge zu vernachlässigen. In einem ersten Schritt wurden 20m Normsegmente mithilfe eines statistischen Verfahrens zu akustisch homogenen Abschnitten aggregiert. Anschliessend entscheidet eine nachgelagerte Analyse, ob die Daten für einzelne Fahrspuren oder

Richtungsfahrbahnen zusätzlich getrennt ausgewiesen werden müssen. Die aufbereiteten Daten werden in Ergebnisplänen visualisiert, welche nun in der Schweiz als Standardgrundlage für die Festlegung der Emissionen in Lärmschutzprojekten dienen.

Mi. 16:40 MW 0250

Reifen-Fahrbahn-Geräusche

Beurteilung der akustischen Wirkung von Grinding-Texturen auf das Reifen/Fahrbahngeräusch

Reinhard Wehr, Simon Breuss, Martin Kriegisch und Roland Spielhofer
AIT Austrian Institute of Technology

Zur Reduktion von Straßenverkehrslärm werden in Deutschland und Österreich in den letzten Jahren vermehrt Beton-Fahrbahndecken mittels Grinding bearbeitet. Dabei werden feine Längsrillen in die Fahrbahndecke im Abstand von typischerweise 2-3 mm gefräst. Dadurch soll eine ebene Reifenauflagefläche sowie ein relevanter Hohlraumgehalt am Reifen/Fahrbahnkontakt hergestellt werden, um sowohl die Reifenvibrationen als auch das Air-Pumping zu reduzieren. Im vorliegenden Paper werden Untersuchungen, die im Zuge eines Forschungsprojektes in Zusammenarbeit mit der ASFINAG durchgeführt wurden, präsentiert. Der Zusammenhang zwischen der Textur der Fahrbahndecke und derer Auswirkungen auf das Rollgeräusch wird dabei analysiert. Aufgrund der hochgradig anisotropen Fahrbahntextur werden hierbei 3D-Texturmessungen gezeigt, die in Kombination mit Rollgeräusch-Messungen nach ISO 11819-2 (CPX-Methode) analysiert werden. Dabei werden die unterschiedlichen Analyse-Methoden der 3D-Textur sowie deren Variation über längere Straßenabschnitte diskutiert und den CPX-Messungen gegenübergestellt.

Mi. 17:00 MW 0250

Reifen-Fahrbahn-Geräusche

Etablierung eines Akustik-Faktors zur Beurteilung der akustischen Leistung von semidichten Asphalten

Erik Bühlmann^a, Hanspeter Gloor^b, Emanuel Hammer^a und Tina Saurer^a

^a*Grolimund + Partner AG*; ^b*Departement Bau Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau, Abteilung Tiefbau*

Dauerhaft lärm mindernde semidichte Asphalte herzustellen ist auch heute noch eine grosse Herausforderung. Erfahrungen aus Forschungsprojekten zeigen, dass von der Oberfläche zugängliche Hohlräume für eine dauerhafte akustische Leistung von zentraler Bedeutung sind. Zwar kann auch mit feiner Textur eine gute akustische Qualität im Neuzustand erreicht werden, allerdings werden die Feianteile durch die mechanischen Beanspruchungen abgetragen, so dass eine rauere Textur schnell für höhere Lärmpegel sorgt. Dies führt dazu, dass semidichte Asphalte nicht wie sonst üblich durch Messungen der Lärmpegel im Neuzustand

charakterisiert werden können. In dieser Studie werden neue Beurteilungsmethoden entwickelt und getestet, mit dem Ziel neu eingebaute Asphalte bereits im Neuzustand zuverlässiger bezüglich der erwarteten akustischen Langzeitwirkung charakterisieren zu können. Vier Methoden wurden einander gegenübergestellt: (1) eine direkte aber aufwändige Methode für die Quantifizierung der von der Oberfläche zugänglichen Hohlräume mittels Computertomographie-Scans von Bohrkernen; (2) eine indirekte zerstörungsfreie Methode basierend auf in-situ Messungen des Luftströmungswiderstands und der Schallabsorption; (3) eine indirekte zerstörungsfreie Methode mittels Frequenzanalyse von Rollgeräuschmessungen CPX; sowie (4) eine indirekte zerstörungsfreie Methode basierend auf der Korngrößenverteilung der Rezeptur. Schliesslich wird geprüft inwiefern sich die einzelnen Methoden zur Beurteilung der akustischen Leistung von semidichten Asphalten bzw. der Charakterisierung der von der Oberfläche zugänglichen Hohlräume eignen.

Mi. 17:20 MW 0250

Reifen-Fahrbahn-Geräusche

Close Proximity (CPX) Round Robin Test 2017

Fred Reinink^a, Bert Peeters^a und Willemjan Van Vliet^b

^a*M+P - consulting engineers*; ^b*National Road Authority*

Reduction of traffic noise is of great benefit to society. Therefore, silent tyres and silent pavements have been developed and are continuously improved. To measure the performance of silent pavements, measurements of tyre/road noise generated on different pavements are necessary. The Close Proximity (CPX) method, standardized in ISO 11819-2, is widely used as a measurement method for tyre/road noise.

In spring 2017 a Close Proximity round robin test (RRT) was conducted in the Netherlands. In total 9 CPX-systems participated in this test. This included CPX-systems from Austria, Belgium, Germany and the Netherlands.

In the paper the results of this CPX RRT are presented. The goal of the RRT was to look at the reliability of the measurement results in practice, and to see if the differences between CPX levels measured by different parties and measurement systems are within acceptable margins. Measurements and analysis have been performed according to the Dutch "Protocol for admission and round robin test of CPX devices". The paper explains the RRT protocol and the results, including repeatability and reproducibility. In addition, attention will be paid to the effect of applying a correction for the influence of rubber hardness on the CPX levels.

Mi. 17:40 MW 0250

Reifen-Fahrbahn-Geräusche

Beitrag der Reifenschwingungen und des Air-pumpings zum RollgeräuschWolfgang KroppChalmers University of Technology, Göteborg

Bei der Diskussion des Reifen/Fahrbahngeräusches wird oft davon ausgegangen, dass für Frequenzen unter ca. 1000 Hz die Reifenschwingungen für das Rollgeräusch verantwortlich sind. Oberhalb 1000 Hz geht man davon aus, dass das sogenannte "Air-pumping" die Hauptursache des Rollgeräusches ist. Dies wird oft mit Hilfe des in Messungen beobachteten Geschwindigkeitsexponenten begründet der bei höheren Frequenzen oft in der Größenordnung von "vier" ist. Dies würde auf eine Monopolquelle hinweisen. Mit Hilfe des Rollmodells, das an der Chalmers Universität in Göteborg entwickelt wurde, wird diese Frage näher untersucht. Dabei zeigt sich dass die in Messungen beobachteten Geschwindigkeitsexponenten eine solche Interpretation nicht zulassen, da auch die Reifenschwingungen einen Geschwindigkeitsexponenten von "vier" aufweisen können. Im Vortrag wird das Rollmodell kurz vorgestellt, das aus einem Reifenmodell einem Kontaktmodell und einem Abstrahlungsmodell besteht. Das Reifenmodell berücksichtigt sowohl Luftinnenraum als auch Felge. Das Kontaktmodell, das im Zeitbereich formuliert ist erfasst den nichtlinearen Kontakt zwischen Reifen und Fahrbahn. Mit Hilfe des Rollmodells werden Kontaktkräfte, die Kräfte an der Radachse als auch die abgestrahlte Schalldrücke berechnet. Die Berechnungen erfolgen sowohl für typische Straßenoberflächen also auch für artifizielle Oberflächen, z.B. einzelne Hindernisse und geben Einblick in die Mechanismen der Rollgeräuschenstehung.

Mi. 18:00 MW 0250

Reifen-Fahrbahn-Geräusche

Technologie- und Marktorientierte Entwicklung von MesssystemenMaximilian Ertsey und Manuel MännelMüller-BBM GmbH

Zur Beurteilung von Straßenverkehrsgeräuschen sowie der Bewertung von Oberflächeneigenschaften von Fahrbahnbelägen existieren eine Reihe normativer Verfahren, die seit Jahren eingesetzt werden. Die auf den Normen aufsetzenden Messsysteme entwickeln sich kontinuierlich weiter. Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung sind vor allem zugängliche technologische Möglichkeiten gepaart mit sich verändernden Marktanforderungen. Die Messsysteme werden dabei objektiver, präziser und effizienter - veraltete Verfahren werden im Entwicklungsprozess abgelöst. Beispielhaft sei die Bestimmung der Texturtiefe genannt, die sich vom einfachen und ungenauen Sandfleckverfahren über stationäre Lasertextursysteme und mobilen Systemen an Fahrzeugen zu selbstfahrenden Systemen entwickelt hat, die die Messung und Auswertung der Oberflächentexturen in Echtzeit ermöglicht. Der Vortrag gibt einen

Überblick über die bestehenden gängigen Messsysteme und ihre Entwicklung in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.

Sitzung „Akustische Messtechnik und Sensorik I“

Mi. 9:40 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik I

Dodekaederlautsprecher mittels 3D-Druck

Sebastian Merchel, Johannes Volkmann, Andreas Nicht, Friedrich Beyer und M. Ercan Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

Raumakustische Messungen mit speziellen Messlautsprechern werden zur Bestimmung verschiedener Größen in der Bau- und Raumakustik genutzt. Üblicherweise kommen sogenannte Dodekaederlautsprecher zum Einsatz. Die Schallquelle soll dabei möglichst omnidirektional abstrahlen. Für einen permanenten Aufbau zur Bestimmung des Absorptionsgrades nach DIN EN ISO 354 im Hallraum der TU Dresden wurden etliche solcher Lautsprecher benötigt, welche entworfen und kostengünstig mit Hilfe eines handelsüblichen 3D-Druckers hergestellt wurden. Dieser Beitrag diskutiert die Auswahl der Treiber und die Auslegung sowie das Design des Gehäuses unter Verwendung einer frei verfügbaren CAD Software. Um den fertig montierten Lautsprecher zu bewerten, wurde die frequenz- und richtungsabhängige Schallabstrahlung des Selbstbaudodekaeders ausgewertet. Mit Hilfe eines Klippel Nahfeldscanners konnte die Richtcharakteristik erfasst und anderen Schallquellen gegenübergestellt werden. Als Referenz kamen Messlautsprecher von Brüel & Kjær, Outline und Norsonic zum Einsatz. Die Berechnung des frequenzabhängigen Direktivitätsindex nach ISO 3382 und ISO 140 erlaubt eine quantitative Bewertung der Omnidirektionalität. Mit Hilfe von Ballon-Plots und Isobarendiagrammen (Contour-Plots) ist ein detaillierter Vergleich der Richtwirkung möglich. Weiterhin wurde die Empfindlichkeit und die abgestrahlte Schallleistung untersucht. Das Ergebnis des Projektes ist ein normgerechter Dodekaederlautsprecher. Die zugrundeliegenden 3D-Modelle werden quelloffen im Internet publiziert, so dass ein einfacher Nachbau möglich ist.

Mi. 10:00 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik I

Störschallunterdrückung bei Luftschallanalysen in industriellen FertigungsstreckenJohannes Nowak, Sascha Grollmisch, Hanna Lukashevich und Judith Liebetrau*Fraunhofer IDMT*

Dieses Paper stellt aktuelle Forschungsarbeiten zur automatisierten akustischen Qualitätsbewertung von Elektromotoren in industriellen Fertigungsstrecken vor. Im Fokus der Untersuchungen stehen mehrkanalige Luftschallanalysen und insbesondere die Unterdrückung von Störschall, mit dem Ziel den Stör-Nutzsignalverhältnis zu optimieren und somit Luftschallanalysen auch in lauten Umgebungen zu ermöglichen. Konkret werden unterschiedliche Ansätze evaluiert, um Störschall, wie z.B. den Umgebungslärm in einer Werkshalle, zu unterdrücken und somit das Betriebsgeräusch des Elektromotors zu isolieren und seinen Zustand mithilfe maschineller Lernverfahren zu erkennen. Um dies zu erreichen werden in den Experimenten drei Ansätze evaluiert: erstens wird der Einfluss der gerichteten Schallaufnahme bewertet, zweitens werden Quellentrennverfahren angewandt und drittens werden die maschinellen Lernverfahren zur Zustandsklassifikation durch entsprechendes Training gegen Störschalleinflüsse gehärtet. Für die Experimente wurde eine Fertigungszelle nachgebildet, um unter realitätsnahen Bedingungen den Einfluss von Störschall auf die Klassifikationsgenauigkeit zu testen. Als Prüflinge wurden baugleiche Elektromotoren analysiert, die nach entsprechender Manipulation leicht unterschiedliche Klangcharakteristika aufwiesen. Die Ergebnisse zeigen, dass alle drei vorgestellten Ansätze das Stör-Nutzsignalverhältnis optimieren können und die Klassifikationsgenauigkeit des nachgeschalteten maschinellen Lernverfahren verbessert. Die Kombination aller drei Verfahren ermöglicht die effektivste Störsignalunterdrückung und erlaubt somit die automatisierte Qualitätsbewertung von Elektromotoren in industriellen Fertigungsstrecken basierend auf Luftschallanalysen.

Mi. 10:20 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik I

Modellbasierte und experimentelle Bestimmung mechanischer Kennwerte von Holzwerkstoffen mittels luftgekoppeltem UltraschallTorben Marhenke^a, Jens Twiefel^a, Jörg Hasener^b und Jörg Wallaschek^a^a*Institut für Dynamik und Schwingungen*; ^b*Fagus-GreCon Greten GmbH & Co. KG*

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal bei der Herstellung von Holzwerkstoffen sind die mechanischen Kennwerte. Nach derzeitigem Stand der Technik werden Platten aus dem Herstellprozess ausgeschleust, in die entsprechende Probegröße für die einzelnen Versuche geschnitten und anschließend vermessen. Dieses Verfahren hat den großen Nachteil,

dass nur Stichproben vermessen werden können und die Ergebnisse mit einem zeitlichen Versatz zur Verfügung stehen. Aus diesem Grund ist das Ziel der Holzwerkstoffindustrie die mechanischen Kennwerte während der laufenden Produktion zu bestimmen. Ein Ansatz ist die Bestimmung der Parameter mithilfe von luftgekoppelten Ultraschalltransmissionsmessungen. Dieses Verfahren bildet bereits die Grundlage für die Qualitätskontrolle bezüglich Spaltern, welche Lufteinschlüsse im Material darstellen. Diese seit mehreren Jahrzehnten bewährte Messmethode, bei der die Fehlstellen über die Schwächung der Amplitude des Ultraschallsignals an den Lufteinschlüssen identifiziert werden, wird zur Parameterbestimmung um eine Laufzeitmessung erweitert. Als Ersatzmodell für Holzwerkstoffe wird ein orthotropes Materialverhalten angenommen. Basierend auf diesem Modell und der Laufzeit erfolgt die inverse mechanische Kennwertebestimmung. Im Experiment wird die Laufzeiten über die zeitliche Differenz zwischen dem am Mikrophon gemessenen und dem ausgesendeten Transducersignal bestimmt. Im Gegensatz zur späteren Anwendung werden die Messungen an nicht bewegten Platten im Labor durchgeführt. Die modellbasierte Auswertung erfolgt über numerische Simulationen, die auf der Finite-Differenzen-Methode beruhen.

Mi. 10:40 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik I

Zielgrößenbestimmung zur Durchführung einer Sensitivitätsanalyse bei der Absorptionsgradmessung im Kundt'schen Rohr

Sören Wenzel, Antje Grebel, Elena Maja Slomski, Joachim Bös und Tobias Melz

Fachgebiet SAM, TU Darmstadt

In diesem Beitrag werden Zielgrößen aus gemessenen Absorptionsgradkurven im Frequenzbereich erzeugt, die eine präzisere Bewertung bei der Durchführung der Sensitivitätsanalyse ermöglichen: Bisher genutzte Zielgrößen, wie der bewertete Absorptionsgrad oder der arithmetische Mittelwert, zeigen weniger präzise Ergebnisse. Der Einfluss von Faktorvariationen auf die Absorptionsgradkurve kann nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ durch Analyse der Zielgrößen bestimmt werden. Für die Messungen des Absorptionsgrades im Kundt'schen Rohr werden die Faktoren Probendicke und -breite, Fertigung, Einbaurichtung und Mensch, also die Person, die die Probe zuschneidet, variiert. Für jede mögliche Kombination der Faktoren werden jeweils drei Proben gefertigt, die je dreimal vermessen werden. In Folge wird für jeden Faktor eine eigene Zielgröße definiert. Die Zielgrößen werden aus den Regressionskoeffizienten einer partiellen, multiplen und linearisierten Regression der Absorptionsgradkurve definiert. Das heißt, ein definierter Teil des Wertebereiches der Absorptionsgradkurven wird mit Polynomen angenähert. Danach wird aus den berechneten Regressionskoeffizienten mithilfe eines evolutionären Optimierungsalgorithmus eine Zielgröße berechnet.

Der evolutionäre Algorithmus bewertet die Zielgrößen anhand von neuronalen Netzen, die die Faktoren der Absorptionsgradmessungen mithilfe der Zielgrößen klassifizieren. Anhand dieses Vorgehens kann gezeigt werden, dass die erzeugten Zielgrößen eine präzisere Sensitivitätsanalyse ermöglichen und sich der Einfluss der Faktorvariationen auf die Messergebnisse quantifizieren lässt.

Mi. 11:00 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik I

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (s.u.)

Sitzung „Akustische Messtechnik und Sensorik (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 11:00 (MW 1250)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel J

Di.-Do.

Akustische Messtechnik (Poster)

Kalibrierung von Körperschallsensoren

Peter Holstein^a, Christian Probst^a, Andreas Tharandt^a, Philipp Begoff^b und Henning Schulze^b

^aSONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH; ^bSpektra Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden

Für Körperschallsensoren gibt es vielfältige Anwendungen in der Instandhaltung. Beispiele sind die Maschinendiagnose, die Überwachung von Strömungsmaschinen oder auch vom Strukturen und Bauteilen. Mit diesen Sensoren kann ein größerer Frequenzbereich als mit Vibrationssensoren überdeckt werden. Allerdings sind die Kennlinien nichtlinear. Weiterhin ist eine direkte Vergleichbarkeit mit Vibrationssensoren nicht ohne weiteres möglich. Körperschallsensoren, die aus piezoelektrischen Kompositmaterialien aufgebaut sind, können ein Kennlinienverhalten aufweisen, dass - in gewissen Grenzen - linearisiert werden kann. Im Beitrag werden Verfahren und deren Rahmenbedingungen zur Bestimmung der Kennlinien von Sensoren, die aus diesen Materialien aufgebaut sind, diskutiert.

Di.-Do.

Akustische Messtechnik (Poster)

Calibration of Room Impulse Response Measurement Chain with Free-field Simulated Models

William D'Andrea Fonseca, Ricardo Brum, Paulo Henrique Mareze und Eric Brandao

Federal University of Santa Maria, Brazil

Auralization techniques are used in many applications within the acoustics context. This powerful tool allows recreating sound stimulus via convolution of an anechoic recording (of the desired sound signal) with the binaural room impulse response (BRIR) of a specific environment.

Nevertheless, the frequency response (FRF) of the instrumentation employed in the BRIR's (or RIR) evaluation may generate a negative impact (coloration) in the auralization results. In this context, this work purposes a method to extract the free-field response of the measurement chain. The technique consists of finding the direct sound, the first reflection inside the RIR and designing a hybrid window (with smooth decay) to avoid spectrum leakages. To test effectiveness, five distinct sound sources were used to obtain the BRIRs of an auditorium/lecture room at the Federal University of Santa Maria, Brazil. The frequency coloration caused by the instrumentation can be correct with an appropriate inverse filtering process (extracted from the instrumentation free-field response) to properly convolve the anechoic recordings. Thus, the BRIRs would not contain the FRFs of the instruments. Ultimately, the following step is the comparison concerning corrected and uncorrected outcomes.

Di.-Do.

Akustische Messtechnik (Poster)

Kontaktlose Messung der Einkopplung von Triebwerkslärm in eine Flugzeugstruktur mit Hilfe von MEMS-Sensor-Arrays

Matthias Weber und Kay Kochan

ZAL - Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung GmbH

Bei akustischen Bodentests an Flugzeugen kann der Eintrag des luftübertragenen Triebwerkslärms in die Kabine durch Beschleunigungsmessungen auf der Rumpf-Außenseite bestimmt werden. Dies ist jedoch mit sehr großem Aufwand verbunden. Im Rahmen des Forschungsvorhabens Lufo V-2 (Flight-LAB) wird ein berührungsloses Messverfahren für die schallinduzierten Strukturschwingungen entwickelt. In Vorversuchen an einem per Schwingungserreger angeregten Sandwichpaneel wurde bereits gezeigt, dass die Schwingungsformen des Paneels sowohl mit einem Schnelle-Sensor als auch über die Bestimmung des Druckgradienten mit einem Mikrofonpaar sehr gut zu rekonstruieren sind (siehe DAGA 2017). In der Folge wurde die Druckgradientenmethode näher untersucht, wobei anstelle von Standard-Messmikrofonen auch MEMS-Mikrofone eingesetzt wurden. Um diese Mikrofone korrekt zu kalibrieren, wurde ein Phasen- und Amplitudenkalibrator entwickelt. Zur Anregung des Paneels diente neben dem Schwingungserreger ein Lautsprecher, der auf beiden Seiten des Paneels platziert wurde. Anschließend wurde die Methode an einem voll skalierten akustischen Rumpfdemonstrator validiert, der im ZAL TechCenter in einem reflexionsarmen Raum zur Verfügung steht. In diesem Experiment wurde ein Sensorarray, bestehend aus 8 MEMS-Mikrofon-Paaren, automatisiert entlang des Umfangs des repräsentativen Flugzeugrumpfes bewegt. Die Anregung erfolgte mit einem Shaker sowie mit einem Lautsprecher-Array. Als Referenz diente eine Kartierung mit Beschleunigungsaufnehmern. Die Ergebnisse dieser Experimente werden im Vortrag präsentiert.

Di.-Do.

Akustische Messtechnik (Poster)

Investigations on the Diffuseness of Wave Fields in Reverberation RoomsMarco Berzborn und Michael Vorländer*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

Knowledge of the acoustic absorption properties of materials is crucial in the fields of building acoustics as well as room acoustic simulations. The random incidence absorption coefficient is measured according to the international standard ISO-354 in a reverberation room with the prerequisite of the wave field in the room being diffuse. However, studies showed high uncertainties in the method and a poor inter-laboratory reproducibility of the results. The assumption arises that these problems are in part caused by a non-diffuse wave field. A robust metric for the characterization or calibration of reverberation rooms, however, is currently lacking.

In early studies, the diffuseness of wave fields in reverberation rooms has been studied with respect to the temporal structure of room impulse responses and decay curves. This, however, neglects spatial characteristics of diffuse wave fields, namely a isotropic incidence of uncorrelated plane waves and a resulting energy flow of zero. More recently, microphone arrays were proposed to investigate the spatial properties of the wave field. Different indicators and metrics for the diffuseness based on spherical array processing methods are studied with regard to their performance in the analysis of reverberation rooms.

Di.-Do.

Akustische Messtechnik (Poster)

Akustische Untersuchungen von DruckluftlecksUdo Wagner^a, Matthias Domke^a, Peter Holstein^b, Nicki Bader^b, Christian Probst^b, Andreas Tharandt^b und Gunther Papsdorf^c^a *Microtech Gefell GmbH*; ^b *SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH*; ^c *SINUS Messtechnik GmbH*

Druckluftlecks gehören in der Industrie zu den größten Verursachern von Energieverlusten. Entsprechend bedeutsam sind Maßnahmen, Druckluftlecks zu finden und die Verluste zu bewerten. Es gibt eine Reihe von industrie-tauglichen robusten Prüfmethoden. Dazu gehören auch Verfahren auf Ultraschallbasis. Die Leckrate beeinflusst sowohl die Schallpegel als auch deren Frequenzverteilung. Damit die Prüfverfahren realistische Abschätzungen liefern, müssen diese mit geeignete akustischen Vergleichsmethoden validiert werden, damit physikalische Modelle für den Zusammenhang von Leckrate und akustischen Daten entwickelt und verbessert werden können. Im Beitrag werden die Schallfelder sowohl bezüglich der Frequenzverteilung als auch des Richtungsverhaltens untersucht. Die Ergebnisse werden in Relation zu gegenwärtigen industriellen Prüfmethoden gesetzt.

Di.-Do.

Akustische Messtechnik (Poster)

Akustische Messungen mit Augmented-Reality

Christopher Morschel, Holger Marschner und Stefan Vogel

Frankfurt University of Applied Sciences

Bei vielen akustischen Untersuchungen, beispielsweise der experimentellen Erfassung von Schallfeldern, oder der Bestimmung von Schallenergiegrößen, sind an zahlreichen räumlich genau definierten Positionen Luftschallmessungen durchzuführen. Dabei gestaltet sich die akkurate Platzierung der Messaufnehmer oft anspruchsvoll und langwierig. In der Praxis wird dies entweder durch aufwendige Hilfskonstruktionen gelöst oder dem Augenmaß des Technikers überlassen und stellt gerade bei handgeführten Messsonden ein Problem dar.

Mittels Augmented-Reality, d. h. erweiterter Realität durch computergestützte Zusatzinformationen, bietet sich ein innovativer Lösungsansatz, die Positionierung und Sondenführung nicht mehr mit physikalischen Hilfskonstruktionen vorzunehmen, sondern mit virtuellen Gittern, die nur dem Bediener in einer speziellen Datenbrille sichtbar sind. Dies verbessert nicht nur die Effizienz, sondern erhöht zudem die Ergebnisqualität durch den Entfall Schallfeld-beeinflussender Konstruktionen.

Das Poster der Frankfurt UAS zeigt am Beispiel einer von Studierenden programmierten Microsoft-HoloLens-Applikation die Schalldruckmessung mittels eines virtuellen Messgitters. Es wird ergänzt durch die Demonstration eines voll funktionierenden Prototyps: Die Erstellung des Messgitters und die Messpunktdefinition ist in Minutenschnelle möglich. Durch die automatische Erfassung der Mikrofonposition kann die geforderte Genauigkeit gewährleistet und dokumentiert werden. Im Anschluss an die Messung werden die Ergebnisse ebenfalls in der Datenbrille als interpoliertes Feld über den Messbereich farblich angezeigt. Das prädestiniert die Applikation insbesondere für mobile Anwendungen.

Di.-Do.

Akustische Messtechnik (Poster)

Gegenüberstellung und Validierung unterschiedlicher Arten der Anregung zur ModalanalyseDaniel HerfertGFal e.V.

Die korrekte reproduzierbare Anregung von Strukturen ist für die Durchführung einer Modalanalyse von elementarer Bedeutung. Im Bereich der Einpunktanregung gibt es einen neuartigen elektronisch steuerbaren Modalhammer zur Durchführung von experimentellen Modalanalysen, zum Model Updating eines strukturdynamischen FEA-Modelles bzw. zur Wartung und Qualitätssicherung mittels Klangprüfung. Mittels dieser Technologie sind reproduzierbare und hochpräzise "One-Hit"-Anregungen mit einstellbarer Kraftamplitude möglich. Hierfür ist keine

aufwendige Anbringung an der Struktur und keine zusätzliche Hardware zum Betrieb notwendig. Gegenüber klassischen Shakermessungen ist eine deutlich schnellere und einfachere Durchführung der Messung möglich. Im Rahmen des Beitrages erfolgt eine Gegenüberstellung und Validierung des automatischen Modalhammers mit klassischen Arten zur Anregung (manuelle Hammermessung, Shakermessung mit unterschiedlichen Funktionen zur Anregung) anhand einer Beispielstruktur. Darauf aufbauend werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Anregungsarten und geeignete Einsatzmöglichkeiten des neuartigen Modalhammers aufgezeigt. Die Analysen erfolgen mittels der Software "Wavelmage Modal". Die Software "Wavelmage Modal" ist eine Software zur Bestimmung von Schwingungseigenschaften von mechanischen Strukturen und Bauwerken mittels der bekanntesten Verfahren der experimentellen (mit gezielter Anregung) und operationalen (mit stochastischer bzw. umweltbedingter Anregung) Modalanalyse.

Sitzung „Strukturintensität - Berechnung, Messung, Nutzen“

Mi. 14:00 MW 1250

Strukturintensität

Estimation of power input and output of structures using structural intensity measurements

Peter Grob^a, Johannes Ebert^a, Torsten Stoewer^a, Joachim Bös^b und Tobias Melz^b

^aBMW Group; ^bFachgebiet SAM, TU Darmstadt

The numerical determination of energetic quantities gets more important in design modification analysis. Various studies accompany this process by concerning themselves with the measurement of energetic quantities and the comparison of the measurement results with those analytical or numerical calculations.

The structural intensity (STI) is used for the analysis of structure-borne sound in order to gain information about the energy flow. The STI creates a link between the excitation of a structure and its sound radiation. Calculating the STI's divergence enables the identification of energy sinks and sources on a structure. Furthermore, it allows for the calculation of power values used to describe the power input and output into certain areas of the structure.

This work compares various boundary conditions and their influence on the STI and its divergence calculated from measurement data obtained from a 2-D scanning laser vibrometer. In contrast to earlier studies, the assessment of the quality of the measurements is not primarily based on the comparison of energetic vector fields but on the comparison of power values calculated from measurement data. The purpose of this study is to assess the possibility to gain information on the energy input and output of indirectly excited structural components.

Mi. 14:20 MW 1250

Strukturintensität

Entwicklung einer robusten Berechnungsmethode zur Bestimmung der Strukturintensität von dünnwandigen, gekrümmten Bauteilen unter Zuhilfenahme virtueller MessdatenNikolai Kleinfeller, Joachim Bös und Tobias Melz*Fachgebiet SAM, TU Darmstadt*

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines allgemeingültigen und handhabbaren Messverfahrens zur Bestimmung der Strukturintensität (STI) dünnwandiger, realer Bauteile und Strukturen mit Hilfe der 3D-Laservibrometrie. Im Fokus steht dabei die simultane Erfassung von In-plane- (Normalkraftanteile) und Out-of-plane- (Querkraft- und Momentenanteile) Schwingungen, welche durch die Vorteile der 3D-Scanning-Laservibrometrie ermöglicht wird. Das Messverfahren soll einen Abgleich zwischen numerisch und experimentell ermittelter Strukturintensität an komplexen Strukturen ermöglichen. Inhalt des Beitrags ist die Entwicklung einer robusten Berechnungsmethode zur Bestimmung der STI. Dabei soll insbesondere auf eine korrekte Berechnung der In-plane-Anteile geachtet werden. Die Ausgangsbasis bilden virtuelle Messdaten aus numerischen Simulationen, welche zusätzlich mit einem Rauschen überlagert sind, um die Streuung realer Messdaten abzubilden. Kernthema ist die Gegenüberstellung und Bewertung von Methoden zur Bestimmung von Ortsableitungen der Verschiebungsgrößen. Betrachtet werden ein Gradientenverfahren sowie eine Vorgehensweise zur Berechnung der Ortsableitungen im Wellenzahlraum. Ergebnisse für charakteristische Betriebsschwingformen werden dargestellt und anhand von definierten Fehlermaßen werden die Berechnungsmethoden hinsichtlich Genauigkeit, Handhabbarkeit und Allgemeingültigkeit miteinander verglichen und bewertet. Abschließend werden Handlungsempfehlungen zur effektiven Anwendung der Methoden aufgezeigt. Die Ergebnisse bilden die Basis für eine Umsetzung des Verfahrens mit Hilfe eines 3D-Scanning-Laservibrometers an beliebig gekrümmten, dünnwandigen Strukturen.

Mi. 14:40 MW 1250

Strukturintensität

Bewertung der Schallabstrahlung dünnwandiger Strukturen anhand der Analyse der StrukturintensitätClarissa Schaal^a, Peter Groba^b, Joachim Bös^a und Tobias Melz^a^a*Fachgebiet SAM, TU Darmstadt;* ^b*BMW Group*

Die Größe Strukturintensität (STI), welche den Energiefluss des Körperschalls in Strukturen beschreibt, weckt zunehmend das Interesse von Forschung und Industrie im Bereich der Maschinenakustik. Beide Gruppen setzen große Hoffnungen auf Problemlösungen bei akustischen Strukturoptimierungen durch Nutzung der Informationen über die lokale Ausbreitungsrichtung und Flussdichte der Körperschallenergie.

Die Analyse der STI liefert im einfachsten Anwendungsfall ein erweitertes Strukturverständnis, da mittels der Visualisierung der Energiepfade innerhalb einer Struktur leichter nachvollzogen werden kann, weshalb in bestimmten Strukturbereichen starke Schwingungen auftreten. In diesem Beitrag wird die Analyse der STI auf die Bewertung der Schallabstrahlung einer Struktur erweitert. Dazu werden Kenngrößen zur Charakterisierung des Vektorfeldes der STI vorgestellt, mit denen eine Aussage über die Schallabstrahlung der Strukturen möglich wird.

Im ersten Schritt wird mittels der Kenngrößen eine vergleichende Bewertung der Schallabstrahlung mehrerer ähnlicher Strukturen vorgestellt. Hierbei geht es darum, anhand der STI-basierten Kenngrößen eine Rangfolge der Strukturen hinsichtlich ihrer Schallabstrahlung zu bilden. In einem weiteren Schritt wird untersucht, inwieweit mit den Kenngrößen eine Klassifizierung von Strukturen in "laute" und "leise" Strukturen getätigt werden kann.

Die Ergebnisse der Zusammenhänge zwischen den STI-basierten Kenngrößen und der Schallabstrahlung liefern eine gute Hilfestellung, die für Problemlösungen bei akustischen Strukturoptimierungen genutzt werden kann.

Mi. 15:00 MW 1250

Strukturintensität

Entwicklung einer Körperschallbarriere basierend auf der Strukturintensität

Thomas Haase, Alexander Kokott und Hans Peter Monner

DLR, Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

Schwingungen von Flugzeugtriebwerken oder anderen Lärmquellen werden häufig über Körperschallpfade übertragen. Die Reduktion dieser Körperschalltransmission kann einen signifikanten Beitrag zur Reduktion von abgestrahltem Lärm in Kabinen (Flugzeug, Automobil) leisten. Die Reduktion der Körperschalltransmission wird oftmals mit Methoden der aktiven Vibrationsreduktion auf Basis von Schnelle- oder Beschleunigungsmessungen realisiert. Dabei können die Vibrationen zwar in bestimmten Bereichen des Strukturpfades reduziert werden, jedoch ist eine Verhinderung der Vibrationstransmission nicht möglich. Im Gegensatz dazu bietet die Strukturintensität die Möglichkeit die Transmission von Körperschall zu verhindern, durch gleichzeitige Erfassung von Querkraft- und Momenten Anteil. Eine Implementierung als Regelungs- bzw. Steuerungsgröße wird in der Literatur als effiziente Methode zur Transmissionsreduktion angegeben. Deswegen werden in dieser Studie Verfahren der Strukturintensitätsmessung im Hinblick auf Ihre messtechnische Erfassung untersucht (Sensoranzahl, Sensorabstand). Die Analyse umfasst Verfahren des Fern- und Nahfeldes sowie unterschiedliche

Sensorprinzipien. Weiterhin werden aktive Steuerungssysteme auf Basis der Strukturintensität untersucht und die Einflussfaktoren der Strukturintensitätsmessung auf die Leistungsfähigkeit der Steuerung untersucht. Durch Simulationen an einem Balkenmodell kann der Barriere Effekt der Steuerungssysteme gezeigt werden, sowie Herausforderungen der Strukturintensitätsmessung im Experiment abgeleitet werden (Messverfahren, Sensortypen, finite Differenzen).

Mi. 15:20 MW 1250

Strukturintensität

Untersuchungen zur breitbandigen Reduktion der abgestrahlten Schallleistung mit Hilfe der Strukturintensität

Sebastian Rothe, Julian Redeker und Sabine Langer

TU Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik

Die Kunst des Lärmarmen Konstruierens besteht in der intelligenten Platzierung konstruktiver Maßnahmen. Neben dem Aufbringen dämpfender Beläge oder der Integration passiver sowie aktiver Dämpfer, ist das Einbringen von Versteifungsmaßnahmen (z.B. Rippen und Sicken) eine effektive Möglichkeit. Eine prognosesichere physikalische Identifikationsgröße zur Applikation letzterer fehlt bisher. Aktuelle Ansätze werden hierzu untersucht.

Mit der Strukturintensität (STI), einer komplexen vektoriellen Größe, lässt sich die Körperschallausbreitung in einer Struktur beschreiben. Durch die Charakterisierung der Energieflussdichte und -richtung besteht die Möglichkeit, versteifende Strukturänderungen hinsichtlich ihres Einflusses auf das Körperschallverhalten zu bewerten. In der Literatur finden sich mehrere Ansätze wie die STI und auf ihr basierende Größen genutzt werden können, um monofrequent oder für einzelne Moden die Schallleistung reduzieren zu können.

Dieser Beitrag greift die Erkenntnisse des Stands der Technik auf und untersucht, speziell in Hinblick auf eine größere Anwendungsrelevanz, eine gezielte multifrequente Körperschalldämmung in definierten Frequenzbereichen. Untersuchungsgegenstand ist eine Rechteckplatte, die auf Basis der Verteilung der aktiven STI analysiert und verändert wird. Die modale Dichte bleibt in den jeweiligen Frequenzbereichen konstant. Ziel ist die breitbandige Reduktion der abgestrahlten Schallleistung.

Mi. 15:40 MW 1250

Strukturintensität

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (s.u.)

Sitzung „Strukturintensität (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 15:40 (MW 1250)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel K

Di.-Do.

Strukturintensität (Poster)

Berechnung der Strukturintensität in gefüllten Kunststoffen durch Einsatz einer gekoppelten SimulationsmethodeDennis Netzband*Fachhochschule Südwestfalen*

Durch die stark gestiegene Bedeutung der Akustik innerhalb der Produktentwicklung ist es unumgänglich geworden, diese bereits in möglichst frühen Entwicklungsphasen positiv zu beeinflussen. Da ein Großteil der Störgeräusche durch Körperschall übertragen wird, ist es von essentieller Bedeutung, seine Quelle und die Verbreitungspfade innerhalb einer Struktur zu kennen. Eine Möglichkeit dies zu visualisieren, bildet die Kenngröße "Strukturintensität". Ferner bietet der Einsatz von Verbundwerkstoffen aufgrund der ausgeprägten Anisotropie die Option, Körperschallenergie gezielt durch eine Struktur zu leiten. Innerhalb des Posterbeitrags wird eine Methode vorgestellt, die es ermöglichen soll, simulativ den Einfluss von Füll- bzw. Verstärkungsstoffen auf die Strukturintensität zu ermitteln. Basis für die Untersuchung bildet eine integrierte Simulationsmethode zur wirklichkeitsnahen Abbildung eines Verbundwerkstoffs. Unter Verwendung der Orientierungstensoren aus einer Spritzgießsimulation und der Materialkennwerte der Füll- bzw. Verstärkungsstoffe sowie der Matrix wird virtuell ein anisotropes Materialmodell des Compounds generiert. Anhand einer einfachen Geometrie werden die Einflüsse unterschiedlicher Ausrichtungen und Materialkombinationen auf die Strukturintensität kritisch untersucht und mit dem ungefüllten Matrixmaterial verglichen.

Sitzung „Audiotechnik“

Mi. 16:40 MW 1250

Audiotechnik

Verständlichkeit von Fernsehton bei unterschiedlichen Abhörpegeln und veränderbarem Sprache-Hintergrund-VerhältnisTheresa Liebl und Christian Hartmann*Institut für Rundfunktechnik GmbH*

Auf der DAGA 2017 wurde eine Untersuchung zur Sprachverständlichkeit des Tonkanalformats 3.0 im Fernsehen vorgestellt. Darin konnte unter anderem gezeigt werden, dass bei einer 3.0-Audiomischung eine manuelle Steuerung des Center-Kanal-Pegels genutzt wird, um die Sprachverständlichkeit von TV-Inhalten zu verbessern. Bei den Ergebnissen

zeigte sich schon, dass die Abhörlautstärke, bei der der Versuch durchgeführt wurde, einen Einfluss auf den gewählten Center-Kanal-Pegel hat. Um diese Tendenz zu bestätigen, wurde ein weiterer Hörversuch mit drei unterschiedlichen Abhörpegeln von 50, 60 und 70 dB(A) durchgeführt. Bei diesen drei festen Schalldruckpegeln am Abhörort sollte auf einer Soundbar und einem 3.0-Wiedergabesystem der Pegel des Center-Kanals einer 3.0-Mischung so eingestellt werden, dass eine angenehme Mischung mit guter Sprachverständlichkeit erreicht wird. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass die verschiedenen Abhörpegel einen deutlichen Einfluss auf das gewählte Mischungsverhältnis zwischen dem Center und den Stereo-Kanälen haben, wenn eine gute Verständlichkeit erreicht werden soll. Die Ergebnisse zeigen die Wichtigkeit eines separaten Sprachkanals in TV-Produktionen. Eine praktische Umsetzung ist aktuell im Rundfunk allerdings schwierig, da ein reiner Sprachkanal meist nicht vorliegt und auch nicht einfach mitübertragen werden kann. Gelöst werden könnte dieses Problem langfristig durch eine objektbasierte Audioproduktion und Übertragung.

Mi. 17:00 MW 1250

Audiotechnik

Soundbars als Alternative zu Mehrkanalsystemen? - Evaluation mithilfe der MS-IPM Methodik

Sebastian Wakan^a, Theresa Liebl^a, Christian Hartmann^a und Oliver Curdt^b

^a*Institut für Rundfunktechnik GmbH*; ^b*Hochschule der Medien Stuttgart*
Soundbars erfreuen sich seit einigen Jahren im Home-Entertainment-Bereich steigender Beliebtheit. Diese kompakten Wiedergabegeräte, die mehrere Lautsprecher in einem Gehäuse vereinen, werden häufig damit beworben, dem Konsumenten echten Surround-Sound bieten zu können. Dabei stellt sich die Frage, inwiefern Soundbars die Wiedergabe des Fernsehtons im Vergleich zu herkömmlichen TV-Geräten verbessern und ob sie eine brauchbare Alternative zu diskreten Mehrkanalton-Wiedergabesystemen darstellen. Um diese Fragestellung zu untersuchen, wird die "Multiple Stimulus Ideal Profile Method" (MS-IPM) genutzt. Mit dieser neuen subjektiven Versuchsmethodik können mehrere Wiedergabesysteme direkt miteinander verglichen werden, auch wenn keine explizite Referenz vorhanden ist. Evaluert werden die Systeme in Bezug auf ihre subjektive Gesamtqualität und im Vorfeld festgelegte Attribute. Zusätzlich gibt der Proband für jedes Attribut den idealen Wert an. So kann untersucht werden welche Anforderungen der Konsument an die Eigenschaften der Wiedergabesysteme stellt und inwiefern die Wiedergabesysteme diese erfüllen. In mehreren Hörversuchen wurde mithilfe der MS-IPM die Wiedergabequalität von acht Soundbars, einem TV-Gerät und einem diskreten Mehrkanalsystem anhand von typischem 5.1- und Stereo-Content verglichen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse über Soundbars und die neue Versuchsmethodik werden in der Untersuchung anschaulich erläutert.

Mi. 17:20 MW 1250

Audiatechnik

Audio Signal Conditioning Circuits for Arduino PlatformsWilliam D'Andrea Fonseca, Artur Zorzo Leão, Eric Brandao und Paulo Henrique Mareze*Federal University of Santa Maria, Brazil*

Arduino is an open source platform that combines the use of microcontrollers with a user-friendly interface. With these boards, it is possible to read all kinds of sensors and manage different kinds of actuators based on readings and codes previously programmed by the user. For audio transducers, like microphones and loudspeakers, some adjustment circuits are necessary. The signal provided by the mic has small in amplitude to be sampled by the microcontroller. Therefore, a preamplifier circuit must be designed. In a similar way, a loudspeaker may not be attached directly to the controller's output without a driver circuit. The primary goal of this paper is to demonstrate and analyze signal conditioning circuits for audio transducers designed to work with Arduino platforms. Furthermore, analyses of different boards are carried out to determine which ones are suitable for recording and signal processing.

Mi. 17:40 MW 1250

Audiatechnik

Optimale Verstärkertopologie für B- und AD-Klasse-AudioleistungsverstärkerDrazenko Sukalo*TU Kaiserslautern, AG Digitale Signalverarbeitung*

Moderne Audioleistungsverstärker zeichnen sich durch eine hohe Linearität und eine hohe Effizienz auch unterhalb der maximalen Ausgangsleistung. Effizienzsteigernde Schaltungskonzepte wie Current-Dumping- und AD-Klasse-Verstärker (bekannt als schaltunterstützter linearer Verstärker) vereinigen die gegensätzlichen Designansprüche und gehören zum Stand der Technik im Audiobereich. Die beiden Topologien enthalten einen A-Klasse-Leistungsverstärker, der als eine Referenzverstärkung möglichst ohne Verzerrungen agiert, dafür aber die Effizienz herabsetzt. Im Beitrag werden im Unterschied dazu die Wege aufgezeigt, den A-Klasse-Leistungsverstärker womöglich durch einen reinen B-Klasse-Verstärker zu ersetzen, wobei z. B. die klassischen Kleinsignal-Operationsverstärker eingesetzt werden. Jedoch dem Wunsch, die Effizienz und das Verzerrungsbild in einem bedingungslos stabilen Leistungsverstärker noch einmal zu verbessern, kommt nun im Vordergrund das Problem in die Quere, nämlich entsprechende Handhabung des Einflusses des OV-Phasenbeitrags in Bezug auf die Stabilität des Verstärkers.

Die Theorie wird durch eine konkrete Schaltung eines Klasse-B-Verstärkers verifiziert, denn der B-Klasse-Betrieb stellt einen idealen Arbeitspunkt für einen linearen Verstärker dar, und zwar im Hinblick auf

einen guten Kompromiss zwischen Effizienz, Verstärkung und Linearität. Der neue Verstärker wird mithilfe des Simulators PSpice untersucht und eine Prädiktion der Verzerrungen anhand von Ergebnissen der Simulation vorgestellt.

Mi. 18:00 MW 1250

Audiotechnik

Tonsignalgewinnung für Höranlagen: Kleinbühnen

Hannes Seidler

TU Dresden, Fak. Medizin / HNO

Höranlagen dienen nicht nur schwerhörigen Menschen zur drahtlosen Übertragung des Sprachsignals in die Hörtechnik sondern auch bei mehrsprachigen Veranstaltungen der Übersetzung und Übertragung in die gewünschte Sprache. Eine Verbesserung des Nutz-Störsignal-Abstandes ist dabei das Ziel, um ein leichteres Sprachverstehen zu ermöglichen.

Unabhängig vom verwendeten Anlagensystem muss das Nutzsignal störarm erfasst werden. Das ist bei einem Vortrag mit Rednermikrofon oder einer Musical-Aufführung mit ausreichend Headset-Mikrofonen keine schwierige, eher eine aufwändige Angelegenheit. Aber dort, wo kein mundnahes Mikrofon verwendet wird oder verwendet werden kann, entstehen die Probleme. Spätestens bei gleichem Nutz-Störsignal-Verhältnis wie im Raumschallfeld am Empfangsort hat sich der Einsatz einer Höranlage erübrigt.

Für kleine Theaterbühnen möchte man gern einfache, übersichtliche Lösungen. Mehrmikrofonanordnungen sind jedoch technisch aufwändig, stör anfällig und liefern bei ständig offenen Mikrofonen ein erhebliches Störsignal. Daher wird versucht, Kompaktmikrofone mit Richtwirkung so zu positionieren, dass der gesamte Bühnenbereich erfasst wird ohne übertriebene Laufgeräusche. Im Betrag werden realisierte Projekte zur Mikrofonierung dargestellt und mit Klangbeispielen erlebbar gemacht.

Sitzung „Meeresakustik“

Mi. 8:40 MW 2250

Meeresakustik

Vergleich von akustischen Rückstreuungsmessdaten eines skalierten Stahlkörpers mit Außenschale mit seiner akustischen Modellierung

Arne Stoltenberg und Ingo Schäfer

Wehrtechnische Dienststelle 71

Es wurde ein skaliertes Stahlmodell mit einer akustisch wirksamen Struktur unter einer dünnen Außenschale hergestellt und im Wassertank der WTD 71 das quasi-monostatische akustische Zielmaß unter Variation des Aspektwinkels breitbandig bestimmt. Der messtechnische Aufbau und Ablauf der automatisierten Zielmaßerfassung wird vorgestellt. Die Ergebnisse der akustischen Modellierung zum Zielmaß des selben Körpers werden winkelaufgelöst mit den Messdaten verglichen.

Mi. 9:00 MW 2250

Meeresakustik

Understanding Radiated Underwater Noise Levels Measured at Different Sound RangesAnton Homm^a, Hans Hasenpflug^b und Stefan Schäl^a^a *Wehrtechn. Dienststelle 71*; ^b *Center for Ship Signature Management*

Underwater noise "pollution" is an issue gaining importance in the public domain and moving towards international regulations for merchant shipping. Therefore, measuring radiated noise and determining the correct source levels in beam aspect becomes relevant.

An important topic is the reported ship acoustic signature at different ranges with various hydrophone configurations and how the environment - deep water vs. shallow water - affects the measurements of radiated underwater noise.

During the international trial RIMPASSE 2011, for both the research vessels CFAV Quest and RV Planet, acoustic trials were conducted at shallow and deep water sound ranges throughout Europe, using predefined conditions and procedures. The consistency of the platforms as noise sources was monitored by means of a large number of on-board mounted accelerometers.

The contribution of the auxiliary machineries of both vessels was measured at the static sound ranges of Loch Goil (UK) and Aschau (GE). Sailing runs for the determination of the overall noise contribution were carried out at the dynamic sound ranges of Loch Fyne (UK), Heggernes (NO) and Aschau.

Because of the limited time and space, this paper is mainly confined to the range comparison of beam aspect radiated underwater noise levels of the research vessel Planet.

Mi. 9:20 MW 2250

Meeresakustik

Auswirkungen der neuen NMFS-Richtlinie auf die Unterwasserschallmodellierung für UmweltverträglichkeitsstudienUwe Stöber^a und Frank Thomsen^b^a *DHI WASY GmbH*; ^b *DHI Hørsholm*

Schallemissionen beim Rammen von Fundamenten in Offshore-Windparks oder bei seismischen Untersuchungen können zu Beeinträchtigungen der marinen Fauna führen. Weltweit unterscheiden sich jedoch die behördlichen Anforderungen an die Umweltverträglichkeitsstudien. Zu den neuesten und am häufigsten angewendeten Regelwerken in Bezug auf marine Säugetiere gehört die Richtlinie des National Marine Fisheries Service von 2016 (NMFS 2016). Hier werden die Grenzwerte spektral aufgelöst und es werden zum Teil deutlich höhere Frequenzbänder berücksichtigt als mit der weit verbreiteten M-Gewichtung. Für die Modellierung der Schallausbreitung, die als Grundlage für die Bewertung der Beeinträchtigungen der marinen Säugetiere in der Umweltverträglichkeitsstudie dient, ergeben sich dadurch neue

Herausforderungen: So muss die Ausbreitung eines mitunter sehr breiten und vor allem hochfrequenten Bandes über große Distanzen simuliert werden. Anhand eines ausgewählten Standortes in der Ostsee werden exemplarisch die Herausforderungen bei Anwendung der Richtlinie des NMFS 2016 diskutiert. Das verwendete, entfernungsabhängige (RAM) N x 2D Modell löst die Parabolische Gleichung (Parabolic Equation, PE) und berücksichtigt neben der Schallgeschwindigkeit auch die Volumendämpfung basierend auf pH, Salzgehalt und Temperatur. Ein Vergleich der Ergebnisse mit unterschiedlichen Gewichtungsfunktionen zeigt die Auswirkungen auf Schweinswale und Robben in der abschließenden Bewertung der Beeinträchtigung und potentielle Einwirkungen auf den Genehmigungsprozess.

Mi. 9:40 MW 2250

Meeresakustik

Berechnung der Rammschallausbreitung unter Berücksichtigung von bathymetrie-induzierten 3D-Effekten

Jonas Von Pein, Stephan Lippert und Otto von Estorff

TU Hamburg-Harburg

Die weltweite Errichtung von Offshore-Bauwerken und insbesondere der Ausbau der Offshore-Windenergie führen zu einem erheblichen Anstieg von Pfahlgründungen. Zur Einbringung der Pfähle in den Meeresboden werden diese mittels Schlagrammung in den Boden getrieben. Die Ramnungen führen zu sehr hohen Schalldrücken im Wasser, die schädlich für marine Säugetiere sein können. Zum Schutz der marinen Fauna sind in vielen Ländern der Europäischen Union Grenzwerte für die Schallpegel einzuhalten. Zur Vorhersage der Schallpegel sowie zur Abschätzung der Notwendigkeit von Schallschutzsystemen sind numerische Berechnungsmethoden unabdingbar. Hierfür sind, bei nur geringen Änderungen der Bathymetrie, rotationssymmetrische 2D-Modelle geeignet, welche in umfangreichen Projekten validiert und verifiziert wurden. Für Pfahlstandorte mit stark variierender Topologie des Meeresbodens ist hingegen eine Weiterentwicklung hin zu 3D-Modellen notwendig. Für die Berechnung der Rammschallausbreitung unter Berücksichtigung von 3D-Effekten wurde ein Parabolic Equation (PE) Fernfeldmodell entwickelt. Dieses basiert auf einer split-step Padé Approximation in Azimut- und Tiefenrichtung. Als Startwerte für das PE-Fernfeldmodell werden die Resultate eines FE-Modells für das geometrische Nahfeld genutzt. An einem realistischen Beispiel mit stark variierender Bathymetrie werden die Ergebnisse des 3D-PE-Modells mit den 2D-Ergebnissen der PE und der FEM verglichen und die bathymetrie-induzierten 3D-Effekte sowie deren Einfluss auf die Schallpegel aufgezeigt.

Mi. 10:20 MW 2250

Meeresakustik

Identification and similarity of individual clicks for abundance estimation of cetaceansCarlos de Obaldia und Udo Zölzer*Helmut-Schmidt-Universität Hamburg*

The assessment of the number of active cetacean individuals in a specified location is essential for the protection and conservation of the marine ecosystem. Current methods for the abundance estimation of cetaceans use passive acoustic monitoring techniques to identify the number of active individuals where visual surveys are not possible. In this work, the echolocation clicks of different whale species are studied to identify statistical characteristics of the calls which can aid in the estimation of the number of active individuals in a recording. Signals are filtered on its occupied bandwidth and harmonic content of the signals is discarded before extracting the click segments. Possible reflections and false detections are identified using a decision tree based on the crest factor and the spectral flatness of the clicks. Several features in the time and frequency domains are then extracted from these click segments so as to find the features which can identify similarities between consecutive clicks. Different click trains are then extracted which help estimate the number of individuals of a particular species in the recordings. The method is evaluated using signals with different species including Pilot Whales, Blainville's Beaked Whales, and Harbour Porpoises.

Mi. 10:40 MW 2250

Meeresakustik

Schallausbreitung in einem Oberflächenkanal im norwegischen SognefjordJan Abshagen, Dietmar Stiller und Volkmar Nejedl*Wehrtechnische Dienststelle 71*

Durch vertikale Unterschiede in Temperatur, Salzgehalt und Druck ergibt sich im Meer häufig eine ausgeprägte Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von der Wassertiefe, die einen starken Einfluss auf die Ausbreitung von Wasserschall hat. Insbesondere können sich Schallkanäle, wie z.B. der SOFAR Kanal, ausbilden, in denen Wasserschallsignale über sehr große Entfernungen übertragen werden können. In einem Schallkanal ist der Ausbreitungsverlust gegenüber der sphärischen Ausbreitung in einem homogenen Medium signifikant herabgesetzt. Auch direkt unterhalb der Meeresoberfläche kann sich bei einem positiven Gradienten im Schallgeschwindigkeitsprofil aufgrund der Schallbrechung in Richtung der Oberfläche ein Schallkanal ausbilden. Er werden Ergebnisse einer experimentellen Untersuchung zum Ausbreitungsverlust in einem Oberflächenkanal im norwegischen Sognefjord vorgestellt. Die Schallsignale wurden bei diesem Experiment von einem (quasi-) stationären Wasserschallsender, der von einer frei driftenden Boje abgehängt

war, ausgesandt und mit einer Schleppantenne empfangen. Die Antenne wurde dabei vom FS Elisabeth Mann Borgese (IOW) mit niedriger Geschwindigkeit auf geringer Tiefe sowohl in An- als auch in Ablaufrichtung in Bezug auf den Sender geschleppt. Bei den Untersuchungen stehen grundlegende Fragestellungen der frequenzabhängigen Schallausbreitung in einem Oberflächenkanal im Vordergrund.

Mi. 11:00 MW 2250

Meeresakustik

Verbesserung der Detektionsleistung durch den TRVI-CFAR-Algorithmus

Gerhard Schmidt, Thorben Kaak und Katharina Rebbe

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Die Performanz eines MIMO-SONAR-Systems und zugrundeliegender Tracking-Algorithmen wird stark durch die eingesetzten Detektionsverfahren bestimmt. Bekannte räumliche CFAR-Algorithmen liefern zwar, abhängig vom eingesetzten Verfahren, in speziellen Szenarien sehr gute Ergebnisse. Keiner der untersuchten Algorithmen ist jedoch in der Lage in allen untersuchten Umgebungen (i.e. "Ein-Ziel", "Mehr-Ziel", Nachhallkante) zuverlässige Detektionen zu liefern. Die weit robusteren zeitlichen CFAR-Algorithmen haben hingegen den Nachteil, dass unbewegte Ziele nicht erkannt werden können. Durch die Fusion des räumlichen Variability-Index (VI)-CFAR und des biparametrischen zeitlichen CFAR haben die Autoren einen 3D-CFAR Algorithmus geschaffen, der in der Lage ist die Vorteile der einzelnen Verfahren zu vereinen. Dies geschieht durch eine Klassifizierung der Umgebung und die Auswahl eines geeigneten räumlichen CFAR (VI-CFAR). Eine gewichtete Superposition des Ergebnisses mit einem parallel durchgeführten biparametrischen räumlichen CFAR erhöht schließlich die Robustheit des Systems. Dieser neue Algorithmus wird von den Autoren als TRVI-CFAR (Time Reinforced Variability Index) bezeichnet. Der TRVI-CFAR ist in der Lage die Fehlalarmrate zu senken, während die Detektionswahrscheinlichkeit nahezu konstant bleibt.

Mi. 14:00 MW 2250

Meeresakustik

Zieldetektion und Tracking mit einem Echtzeit-MIMO-SONAR-System

Alexej Namenas, Thorben Kaak, Tim Owe Wisch und Gerhard Schmidt

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

In dieser Arbeit wird ein echtzeitfähiges MIMO-SONAR-System beschrieben. Der Fokus liegt dabei auf den Themen Zieldetektion und Tracking. Die Detektion von Zielen ist derart gestaltet, dass sie möglichst unabhängig von den Umgebungsbedingungen robust funktioniert, um die Leistungsfähigkeit des Systems zu maximieren. Die Herausforderungen bei der Detektion und dem Tracking von Zielobjekten

sind bei SONAR-Anwendungen vor allem durch das geringe Signal-zu-Geräusch-Verhältnis bzw. dessen zeitlicher Variabilität begründet. In diesem Beitrag werden die Systemanforderungen und die daraus resultierende Systemstruktur mit den darin enthaltenen Modulen der Signalverarbeitung erklärt. Eine besondere Herausforderung des Systems ist der Ressourceneinsatz sowie die Verwaltung der Ressourcen (Speicher und Rechenleistung), die im Hinblick auf sich ändernde Umgebungsbedingungen zu steuern ist. In diesem Zusammenhang soll das System dabei helfen, Algorithmen und Signalverarbeitungsverfahren, die ihre Anwendung in dem MIMO-Sonar-System finden, anhand von echten SONAR-Daten zu evaluieren. Damit handelt es sich um ein funktionsfähiges System, das mit realen SONAR-Daten arbeitet und welches durch weitere Komponenten, wie der Positionsbestimmung und dem Einsatz auf dem Wasser anhand von wohldefinierten Szenarien evaluiert werden kann. Ebenso werden das verwendete SONAR-System und dessen Spezifikationen, sowie die Möglichkeiten und Herausforderungen, die damit verbunden sind, vorgestellt.

Mi. 14:20 MW 2250

Meeresakustik

Investigation of the resolution enhancement achieved by MIMO Sonar systems

Sven Schröder^a, Ziliang Qiao^b, Dieter Kraus^a und Nils Theuerkauf^c

^aHochschule Bremen; ^bTU Darmstadt; ^cATLAS ELEKTRONIK GmbH

An active Sonar system is a device which uses acoustical waves to detect and locate objects by using the echo principle. It transmits acoustical waves and receives the echo signals reflected from objects, where the receiver often consists of an array with several receiver elements (Single-Input Multi-Output), followed by a conventional time delay beamformer. A Multi-Input Multi-Output (MIMO) Sonar has more than one transmitter and can transmit multiple probing signals that may be correlated or uncorrelated with each other. In the processing of the received signals, which are the superposition of the reflections of these transmitted probing signals, those probing signals can be separated from each other. This technique offers new perspectives for target detection and resolution compared to conventional time delay beamforming. This paper addresses the simulation and testing of a MIMO Sonar which uses probing signals within the same frequency band to demonstrate its enhanced resolution capabilities. The simulation includes the signal generation of the probing signals, a three dimensional model of the scenario which can arbitrary be chosen and the post signal processing. The test is a laboratory experiment with two transmitters and an array of microphones as receiver on audible airborne sound.

Mi. 14:40 MW 2250

Meeresakustik

Evaluation unterschiedlicher Klassifikationsalgorithmen zur Falschalarmreduktion in der Aktiv-SonarortungMatthias Buß^a, Yannik Steiniger^b, Stephan Benen^b, Dieter Stiller^c, Dieter Kraus^d und Anton Kummert^a^a*Bergische Univ. Wuppertal*; ^b*ATLAS ELEKTRONIK GmbH*; ^c*Wehrtechnische Dienststelle 71*; ^d*Hochschule Bremen*

Für eine Vielzahl von Anwendungen im Aktivsonarbereich besteht der Wunsch nach vollautomatisch arbeitenden Sensoren, die Ziele ohne manuelle Unterstützung zuverlässig detektieren. Hierfür ist eine geringe Falschalarmrate von essentieller Bedeutung. In der klassischen Aktivsonarsignalverarbeitung werden in der Regel lediglich das Signal-zu-Rauschverhältnis und ggf. der Doppler der Echos zur Detektion genutzt. Es ist allerdings bekannt, dass die Echos weit mehr Informationen enthalten (z.B. ihre Ausdehnung), welche sich in Form von Merkmalen extrahieren lassen. Mithilfe von maschinellen Lernalgorithmen / Klassifikatoren lassen sich die Detektionen auf Basis ihrer extrahierten Merkmale unterschiedlichen Klassen (Zielkontakt oder Falschalarm) zuordnen.

In dieser Arbeit wird die Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Klassifikationsalgorithmen zur Falschalarmreduktion am Beispiel der aktiven Taucherdetektion vergleichend analysiert. Betrachtet werden ein Abstandsklassifikator (k-Nearest-Neighbor), ein Boosting-Algorithmus (AdaBoost) sowie Neuronale Netze, deren Performance anhand von Receiver-Operating-Characteristic-Kurven gegenübergestellt wird. Zur Verifikation der Robustheit werden die trainierten Klassifikatoren auf Daten aus unterschiedlichen Versuchsreihen angewendet. Hierbei liegt der Fokus insbesondere auf der Übertragbarkeit zwischen Datensätzen aus unterschiedlichen Umgebungsverhältnissen.

Mi. 15:00 MW 2250

Meeresakustik

Instant-Klassifizierung von hydroakustischen Kontakten in autonomen UnterwassersensornetzwerkenIvor Nissen und Sebastian Wichary*Wehrtechnische Dienststelle 71*

Im Unterwasserbereich steht man vor der Herausforderung, dass akustische Nachrichtenübermittlung einerseits kleinste Datenvolumen transportieren kann, andererseits die Sensoren aufgrund von Anzahl und Abtastrate um Größenordnungen umfangreiche Datenmengen generieren. Für eine Instant-Übermittlung muss daher verlustbehaftet komprimiert respektive kontextbasiert gefiltert werden. Im Bereich von akustischen Signaturen sind die Berechnung von Terz-/Oktave-Spektren zu einem bestimmten Zeitpunkt ein adäquates Mittel der Bewertung. Bei beispielsweise 40 Teilbändern a 8-bit-Rasterung fallen damit 320 bit an. Aber auch dieser Umfang ist für eine akustische Nachrichtenübertragung überfordernd, da die Übermittlung die parallele Signaturmessung

stört. In gemeinsamen bilateralen Arbeiten mit der Polnischen-Marine-Akademie in Gdingen wurde als Hilfsgröße die "akustische Farbe" eingeführt, die skalierungsinvariant ist, damit in unterschiedlichen Sensor-knoten idealerweise identisch bestimmt und damit in einer flutenden Datenfusion bereitgestellt werden kann. Die drei Farbwerte Rot/Grün/Blau mit weiteren Kennungen zur benutzten Skalar und Pegelwerten benötigt dann noch 91 bit und können für eine Instant-Quick-Look-Analyse herangezogen werden. In dieser Arbeit werden zu unterschiedlichen Meß-kampagnen die "akustischen Farben" für Überwasserschiffe/-boote bestimmt und speziell für den Fokus räumlich und zeitlich verteilter Messungen erörtert. Dabei zeigen Ähnlichkeiten in Clustern Typklassen der gemessenen Objekte auf; Anomalien werden zu interpretieren versucht. Insgesamt zeigt sich, dass die Übermittlung der "akustischen Farbe" als Vorabinformation eine sinnvolle Herangehensweise ist.

Mi. 15:20 MW 2250

Meeresakustik

Warnung vor in Betrieb befindlichen Taucherdetektionssonaren zum Schutz für Taucher

Dietmar Stiller

Wehrtechnische Dienststelle 71

Zur Ortung von Kleinzielen unter Wasser werden hauptsächlich akustische Verfahren eingesetzt. Bei den meisten operativen Systemen handelt es sich um horizontal abstrahlende Aktivsonare, sogenannte Taucherdetektionssonare. Die Detektion eines in Betrieb befindlichen Sonars durch Taucher ist unter anderem notwendig, um einer Schädigung der unter Wasser befindlichen Personen durch zu hohe Pegel vorzubeugen. Dafür sind eine Analyse der Umgebungsgeräusche und eine Detektion von in Betrieb befindlichen Sonaren notwendig, um eine Warnung zu generieren.

Mi. 15:40 MW 2250

Meeresakustik

Spracherkennung in stark gestörten Unterwasserumgebungen

Tim Owe Wisch, Thorben Kaak, Alexej Namenas und Gerhard Schmidt

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Sprachkommunikation unter Wasser ist ein kompliziertes Tätigkeitsfeld. Aktuell gibt es nur wenige technische Ansätze, die es Schwimmern oder Tauchern erlauben mit Menschen außerhalb des Wassers Kontakt zu halten oder Kommandos zu empfangen. Der menschliche Sprach- und Hörapparat ist nicht an die Artikulation unter Wasser angepasst, weshalb das Sprechen unter Wasser für den Menschen eine Herausforderung ist. In einem vorangegangenen Projekt an der Universität Kiel wurde bereits eine Tauchermaske entworfen, die mit wasserfesten Mikrofonen und einem WLAN-Modul ausgerüstet ist. Da es sich jedoch um eine Vollgesichtsschwimmmaske handelt, wird in den luftgefüllten Raum zwischen Maske und Gesicht artikuliert. In diesem Beitrag wird die

Idee aufgegriffen und erweitert, sodass mithilfe von an einer Schwimmbrille befestigten Mikrofonen direkt ins Wasser gesprochene Kommandos detektiert werden. Als erster Schritt wurde eine Spracherkennung für einen MP3-Player aufgebaut. In Testreihen in Schwimmbädern und Pools wurden Sprachdaten unterschiedlicher Personen aufgezeichnet und mit verschiedenen Machine-Learning-Algorithmen prozessiert. Für die Spracherkennung kommen Gauß'sche Mischmodelle mit Erweiterungen zum Einsatz, bei denen zusätzlich zu den Wahrscheinlichkeiten der Modelle die Abfolge der Gauß-Verteilungen mit maximaler Wahrscheinlichkeit in Betracht gezogen wird. Mit dem Gaussian-Mixture-Model Mean-Value-Tracking (GMM-MVT) wird eine Erkennungsrate von 81,7% erreicht.

Sitzung „Philosophy in Acoustics“

Mi. 16:40 MW 2250

Philosophy in Acoustics

Akustik als philosophisches Problem

Monika Gatt, Marcus Mäder und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Seit einigen Jahren ist in der Akustik ein kontinuierlich wachsendes Interesse an Philosophie und ihrem Weltverständnis zu beobachten. Dabei steht die Frage nach der ganzheitlichen Erfahrung des Menschen im Mittelpunkt. Obwohl sich schon Pythagoras mit dem Hören auseinandersetzte, ist die phänomenologische und philosophische Erforschung von Klangerlebnissen sehr jung. Daher ist spannend, die beiden Disziplinen miteinander ins Gespräch zu bringen. Will man Akustik als Einzeldisziplin, das Hören des Menschen, in die gesamte sinnliche Wirklichkeit einbetten, kann dies nur als mehr, als Einheit von Natur und Geist geschehen, denn Wissen von akustischen Einzelphänomenen gibt nur teilweise Auskunft über ganzheitliche sinnliche Erlebnisqualitäten wie Wohlklang und Glück. Aus philosophischer Sicht wird streitbar bleiben, gemessene, simulierte und berechnete Phänomene auf ein gutes und gesundes Leben zu beziehen und aus der Resonanz universale, das heißt objektive Schlüsse zu ziehen. Wie wird Denken durch Hören beeinflusst - Hören durch Denken? Gibt es narrative Hörerlebnisse? Hör-Vorurteile? Wie unabhängig sind Messergebnisse? Welche Anwendungen sind ethisch nachhaltig? Wie sind psycho-physische Empfindungen verallgemeinerbar?

Man fragt nach nicht-materiellen Werten wie einer Erinnerung beim Hören von Glocken oder der Toleranz von Straßenlärm und sucht Unterstützung in philosophischen Lehren, um in ethischen Spannungsfeldern eine rücksichtsvolle und zukunftsweisende Entscheidung zu treffen.

Mi. 17:00 MW 2250

Philosophy in Acoustics

Generation Y vor der ResonanzkatastropheAndrea EbnerTU München

Das System "Jugendlicher Y" wird von außen mit hoher Amplitude angeregt, kommt ins Schwingen und darf erst aufhören, wenn es zur Resonanzkatastrophe kommt.

Es zählt die Devise: Höher, schneller, weiter! Du hast die Möglichkeit! Ergreife die Chance, bevor es zu spät ist! Geh ins Ausland, sammle Erfahrung. Mach ein Praktikum, bewirb dich jetzt! DU bist der Leistungsträger, du bist die Zukunft Deutschlands, Europas und der Welt. Der wirtschaftliche Erfolg hängt von dir ab. Du hast dich ja nicht umsonst jahrelang durch ein hartes Studium gequält. Mit deinem Abschluss steigst du höher auf, kommst schneller voran, kannst weit reisen.

Warum? Why? Meine Generation hat nicht umsonst diesen Zusatz: Y. Meine Generation sollte sich fragen dürfen, WARUM sie das macht, warum sie den Idealen und den Erwartungen von außen nachjagt. Aus welchem Grund muss sie den linearen Lebenslauf haben, die Erfahrungen im Ausland sammeln und den idealen Bewerber mit mindestens einem Industriepraktikum stellen? Weshalb muss meine Generation mit allen Jugendlichen weltweit konkurrieren, bald womöglich auch noch mit künstlich intelligenten Robotern? Darf sie nicht kurz innehalten, durchatmen und sich reflektieren: Warum muss ich das eigentlich machen? Warum kann ich mir keine Zeit für mich selbst nehmen?

Mi. 17:20 MW 2250

Philosophy in Acoustics

Resonanz - das Beste wiederfindenElisabeth Steiner und Irmtraud TarrUniversität Mozarteum Salzburg

Immer mehr Menschen erfahren in ihrem Tun zu wenig Resonanz. Sie verausgaben sich, ohne dass zurückkommt, was sie so sehnlich wünschen - Resonanz. Die Folge sind Entfremdungserfahrungen bis hin zu stetig anwachsenden Burnout-Raten. Wir brauchen heute ein beherztes Ja zu atmosphärisch-schöpferischen Fragen, die Positivkräfte in Gang setzen: "Womit stehe ich in Resonanz?" "Was bewegt,berührt,ergreift und verwandelt mich?" "Was führt mich über mich selbst hinaus?" Im Resonanzraum entsteht ein Feld wechselseitiger Prozesse und Inspiration. Wer Aufmerksamkeit für die eigene Befindlichkeit entwickelt, sensibilisiert sich für die entsprechenden Prozesse seiner Kollegen und Mitmenschen. Resonanz lässt zu sich kommen und gleichzeitig Verbundenheit erfahren. Sie ist nicht nur Grundlage kreativen Lernen und Lehrens, sondern schlichtweg das Medium, der Isolation und Zerrissenheit unter Menschen entgegenzuwirken und sie zu überwinden. Es gilt

mehr über eigene Resonanzen zu erfahren und damit Quellen des Mitschwingens, der Empathie und wechselseitigen Einfühlung zu erschließen - letztlich zu verstehen wie zwei Systeme einen gemeinsamen Rhythmus finden und in Wechselwirkung treten. Dieses Konzept erweist sich nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch auf künstlerischer, therapeutischer und alltäglicher Ebene als wertvoller Ansatz, um die Kompetenzen für gesellschaftliche Herausforderungen zu stärken und die Reflexionsfähigkeit zu fördern. Auf dieser Grundlage können Weichen für einen offenen Dialog zwischen Wissenschaft, Praxis und Gesellschaft gestellt werden.

Mi. 17:40 MW 2250

Philosophy in Acoustics

Die Philosophie des Geräusches - Eine persönliche Annäherung als Schlagzeuger des zeitgenössischen Jazz

Tilo Weber

Animate Repose

Thema des Vortrags ist die philosophische Betrachtung des Geräusches. Die vermeintlich klare Abgrenzung zum Klang steht dabei im Vordergrund. Ich nähere mich diesem Thema bewusst subjektiv als Musiker mit meinem Hauptinstrument Schlagzeug. Meine Faszination über akustische (im Unterschied zu elektronischer) Klangerzeugung führt zwangsläufig zu Fragestellungen die sich nicht allein durch die Betrachtung von Wellen oder Obertonstrukturen beantworten lassen. Das Schlagzeug als Sammelsurium von Klangerzeugern lässt die Grenzen zwischen Klang und Geräusch verschwinden und ist durch diese Eigenschaft der akustische "Klebstoff" in jedem Ensemble. In meinem Vortrag zeige ich meine empirischen Forschungsergebnisse über die Funktion des Geräusches in der Musik.

Sitzung „Die Elektrogitarre und ihre Signalbearbeitung“

Mi. 8:40 MW 0350

Elektrogitarre und Signalbearbeitung

Physical Modelling of Guitar Strings with Realistic Boundary Conditions

Maximilian Schäfer und Rudolf Rabenstein

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

The physical modelling of guitar strings consists of two main tasks: First, the modelling of an interior model describing the oscillation behavior of the string itself and, second, the incorporation of realistic boundary conditions connecting the string to a guitar body. For the modelling of the interior string model the Functional Transformation Method can be used, which turns a physical system described by a set of partial differential equations into a synthesis algorithm with real-time capability. However, the incorporation of realistic boundary conditions may largely increase

the complexity of the interior model, therefore it is reasonable to initially implement the string model with simple boundary conditions. In a second step realistic boundary conditions can be realized by the design of a feedback control loop around the interior model. This design procedure leads to a modular real-time algorithm with separate components for strings and for the coupling to the guitar body.

Mi. 9:00 MW 0350

Elektrogitarre und Signalbearbeitung

Nichtlineare Verzerrungen: Gerade oder ungerade?

Manfred Zollner

GITEC-FORUM

Verstärkerröhren wurden von Halbleitern weitgehend verdrängt - nur im Gitarrenverstärker 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 (angeblich) 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 Obertöne. Die über viele Jahrzehnte bemühten angeblich guten even-order harmonics werden bezüglich der Verzerrungen falsch interpretiert, wie im Vortrag ausführlich erläutert wird.

Mi. 9:20 MW 0350

Elektrogitarre und Signalbearbeitung

Zur spezifischen Schaltungstechnik von Röhrengitarrenverstärkern

Alexander Potchinkov

TU Kaiserslautern, FB EIT

Nach wie vor werden Röhrenverstärker als Gitarrenverstärker für ihren "coolen sound" geschätzt, auch wenn sie ihres Gewichts, ihrer Herstellungskosten, der hohen Leistungsaufnahme und der Alterung von Verstärkerröhren wegen längst schon obsolet sein müßten. Gitarrenverstärker unterscheiden sich weniger in ihren Schaltungsstrukturen sondern vielmehr in ihrer Auslegung erheblich von Linearverstärkern wie Studioverstärker oder Verstärker für hohe Wiedergabetreue. Nichtlineare Verzerrung und niedriger Dämpfungsfaktor eines Gitarrenverstärkers beeinflussen entscheidend die Klangeigenschaften des Musikinstruments, bestehend aus Gitarre, Gitarrenverstärker und Lautsprecher. Mit diesem Beitrag sollen nicht, wie an vielen anderen Stellen bereits geschehen, die Verzerrungsspektren von Verstärkerröhren mit denen von Bipolar- oder Feldeffekttransistoren verglichen werden, sondern die Schaltungstopologien und die Auslegung von Verstärkerstufen im Vergleich zu

Röhrenverstärkern für hohe Wiedergabetreue und zu Transistorgitarrenverstärkern angesprochen werden. Gitarrenröhrenverstärker werden so zum einen als typische Audioverstärker unter weitgehenden Wegfalls linearisierender Maßnahmen positioniert und zum anderen wird aufgezeigt, daß sie für das Erzielen vielfältigster Nichtlinearität im Gegensatz zum Transistorverstärker besonders gut geeignet sind.

Mi. 10:00 MW 0350

Elektrogitarre und Signalbearbeitung

Virtual Analog Modeling of Guitar Amplifiers with Wiener-Hammerstein Models

Felix Eichas und Udo Zölzer

Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

Virtual analog modeling of guitar amplifiers is an ongoing research topic and its aim is the recreation of an analog system as exactly as possible. A mathematical model can be created which can be used reproducibly and independently of aging hardware and temperature dependence. In this way the popular sound of vintage tube amplifiers can be combined with new digital recording techniques. In this work the reference system is characterized by measuring it. Accurately defined input signals are sent through the reference system and its reaction to these signals is analyzed. Wiener-Hammerstein models are used to recreate the characteristic sound of guitar amplifiers. Wiener-Hammerstein models consist of a series connection of an input filter (LTI), a nonlinear transfer-function and an output filter (LTI). Input and output filter of the model can be measured and calculated. The nonlinear transfer function between the filters is a parametric mapping function, mapping input amplitude to output amplitude according to a nonlinear function. The parameters of this function can be determined by iterative optimization algorithms. The proposed method yields convincing results if the parameters and optimization signals are chosen carefully. The results are verified by objective error measurements as well as a listening test.

Mi. 10:20 MW 0350

Elektrogitarre und Signalbearbeitung

Authentic Modeling of Guitar Amplifiers and Effect Boxes

Kristjan Dempwolf

PreSonus Software Ltd.

The emulation of analog audio devices by using digital signal processing algorithms is a technique commonly referred to as amp modeling. The purpose of these algorithms is the imitation of the sound of a reference device in real-time as true to the original as possible.

This paper discusses the circuit-based emulation of these (often highly) nonlinear effect circuits. The analog reference system, specified by the complete schematic, is described in this work using a nonlinear state-space representation. Special attention is payed to the involved nonlinear components, commonly discrete semiconductors or vacuum tubes, that often make a major contribution to the characteristic sound.

As a case study, the approach is applied to two popular nonlinear analog circuits. It is shown that the resulting models preserve the sonic character of the reference and that simulation results and measurements align well.

Mi. 10:40 MW 0350

Elektrogitarre und Signalbearbeitung

Audibility of different power supplies in a guitar amplifier

Vera Erbes^a, Marina Leontopoulos^b und Manfred Zollner^c

^a *Universität Rostock, Inst. für Nachrichtentechnik*; ^b *TU Berlin*; ^c *GITEC-FORUM*

While in most audio equipment a power supply is expected to provide smooth and stable supply voltages, this is commonly not the case for guitar amplifiers and, moreover, not even desired in principle. Historically, the expected sound of an electric guitar is in part shaped by power supplies with high internal resistances. These cause a supply voltage drop ('sagging') leading to compression of the output signal at the moment the strings are picked as well as to expansion of the sound during the fade out. In contrast, more modern power supplies operating with lower internal resistances and silicon diodes instead of rectifier tubes for rectification are ascribed a different sound by guitar players. This contribution compares power supplies in a classic guitar amplifier by measurements and in a listening test. The power supplies under study differ in terms of rectification (tube vs. silicon diodes) and size of the internal resistance. The results show that differences in the output signal of the amplifier due to different power supplies can be measured and also perceived under laboratory conditions.

Mi. 11:00 MW 0350

Elektrogitarre und Signalbearbeitung

Physical and Perceptual Evaluation of Guitar Loudspeakers

Wolfgang Klippel

KLIPPEL GmbH

Active and passive loudspeaker system designed for electric guitars use particular transducers that generate signal distortion in the reproduced sound which are an essential requirement for the artistic expression in modern music. This paper gives an overview on the physical mechanisms, the state of the theoretical modeling and practical measurement of the linear and nonlinear parameters required for the numerical prediction of the reproduced sound. This analysis reveals a highly nonlinear, unstable vibration behavior at higher amplitudes. The perception of the generated signal distortion is investigated by modern auralization techniques.

Mi. 11:20 MW 0350

Elektrogitarre und Signalbearbeitung

Präsentation der Poster der Sitzung „Musikalische Akustik (Poster)“ (s.u.)

Sitzung „Musikalische Akustik (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 11:20 (MW 0350)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel E

Di.-Do.

Musikalische Akustik (Poster)

Vibroacoustics of OudSinan Inanli und M. Ercan Altinsoy*TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik*

Vibroacoustic behavior of oud is an untouched area in scientific research. This historical musical instrument involves many structural parts effecting its acoustics and sound quality. Oud makers have been developed their own building techniques depending on their many years experience and sense of the wood and sound quality. The body shape and volume, soundboard thickness/thickness distribution, fan-brace configurations, number and diameters of holes together with their orientations have significant effect on oud acoustics and all have potential to be explored by scientific findings. This study aims at giving insight into the vibration characteristics of oud soundboard. An oud soundboard which has traditionally seven crossing fan-braces is manufactured and measurements were performed to obtain its vibroacoustic characteristics. Resonance frequencies and mode shapes are obtained for free-free and fixed boundary conditions by experimental modal analysis technique.

Di.-Do.

Musikalische Akustik (Poster)

Don't squelch your belch! Effekte von Eruktationen in BlasinstrumentenFlorian Schwarzenbacher^a, Christoph Reuter^a, Isabella Czedik-Eysenberg^a und Michael Oehler^b^a*Universität Wien, Musikwissenschaftliches Institut;* ^b*Universität Osnabrück, Institut für Musikwissenschaft und Musikpädagogik*

Hintergrund: In der Welt der Blasmusik begegnet man oftmals dem Phänomen, dass sich die Tonhöhe kurzfristig und merklich senkt, wenn man während des Spiels - vor allem nach dem Genuss von Bier oder Sprudelgetränken - in sein Instrument aufstößt. Fragestellung: Wieso sinkt bei einer Eruktation die Tonhöhe während des Spiels eines Blasinstruments und wie groß ist der wahrzunehmende Tonhöhenunterschied? Methoden: Verschiedene Erklärungsansätze werden theoretisch und praktisch auf ihre Richtigkeit überprüft (u.A.: Änderung der Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Gasgemisch der einströmenden Gase, Spielweise während einer Eruktation,...). Hierbei scheint am ausschlaggebendsten die Änderung des Gasgemisches in der Instrumentenröhre zu sein, wodurch die Schallgeschwindigkeit verringert wird. Um diese Annahme zu überprüfen wurden auf sechs Blasinstrumenten (Saxophon, Klarinette, Fagott,

Querflöte, Blockflöte, Trompete und Tuba) Töne mit und ohne Eruktationen aufgenommen. Ergebnisse: Die Auswertung der Aufnahmen zeigen bei allen Instrumenten ein während des Efflationsvorgangs auftretenden Tonhöhenabfall von durchschnittlich 90 Cents. Um die Auswirkung des Gasgemisches auf die Tonhöhe weiter zu untersuchen wurde (neben gaschromatographischen Messungen des Eruktationsvorgangs) eine Blockflöte je einmal mit Atemluft, CO₂ und Helium angeblasen. Hier zeigte sich ebenfalls der oben beschriebene Effekt der Tonhöhen Senkung (CO₂) bzw. -anhebung (Helium). Zusammenfassung: Die Ergebnisse bestätigen einen Zusammenhang zwischen dem hinzuströmenden Gasgemisch (v.a. CO₂) und der Tonhöhenabsenkung.

Di.-Do.

Musikalische Akustik (Poster)

"Düsterkeit" in der Musik: Physikalische Entsprechungen und Vorhersagemodelle

Isabella Czedik-Eysenberg^a, Christoph Reuter^a und Denis Knauf^b

^a Universität Wien, Musikwissenschaftliches Institut; ^b TU Wien

Hintergrund: Von Dowlands "Songs of Darkness" bis hin zu Genres wie Gothic oder Doom Metal ist "Düsterkeit" eine Dimension von Musik, die sich auch abseits melancholischer Texte im Klangbild niederschlagen kann. Von der Klangfarbenforschung ausgehend wird "Helligkeit" häufig als eine zentrale perzeptuelle Klangfarbendimension angesehen. Dies wirft u.a. die Frage auf, ob es hierbei einen (umgekehrt proportionalen) Zusammenhang gibt, bzw. ob es andere/zusätzliche Faktoren für die klangliche Düsterkeitsbewertung gibt.

Fragestellungen/Ziele: Wie lässt sich das Wahrnehmungskonzept klanglicher "Düsterkeit" anhand von Audiomerkmale charakterisieren? Korreliert die empfundene musikalische "Düsterkeit" antiproportional mit der klangfarblichen "Helligkeit"? Ziel ist die Erstellung eines Modells zur automatischen Vorhersage der wahrgenommenen "Düsterkeit" von Musikstücken.

Methode: 150 Musikbeispiele aus 10 unterschiedlichen Subgenres der Bereiche Metal, Techno, Gothic und Pop wurden anhand von Hörerstatistiken der Internetplattform LastFM selektiert. Die Refrains dieser Stücke wurden 40 Versuchspersonen zur Bewertung dargeboten, um eine Ground Truth für die Wahrnehmung der "Düsterkeit" von Musikbeispielen zu erheben. Mittels Machine Learning-Verfahren unter Kreuzvalidierung wurden 230 erhobene Signaleigenschaften über spektrale Verteilung, zeitliche und dynamische Klangfaktoren ausgewertet und auf Basis der Hörversuchsdaten lineare Regressionsmodelle zur Vorhersage erstellt.

Ergebnisse: Erste Auswertungen legen einen Zusammenhang mit spektraler Komplexität, harmonischen Faktoren (Dur/Moll) und Tempo-/Dynamikeigenschaften nahe. Finale Ergebnisse werden auf der Tagung präsentiert.

Di.-Do.

Musikalische Akustik (Poster)

Sparse Grid Application in the Stochastic Physics-based Model of the Piano SoundboardDora Jenei-Kulcsar und Péter Fiala*Budapest University of Technology*

Soundboard is a key element in piano sound production, both its geometry and material selection are important factors.

Traditional soundboards are built from solid high quality music wood, but in many instruments wood-laminates or composite soundboards are installed instead. In both cases, parameter variability - resulting either from natural wood characteristics or manufacturing tolerances - plays an important role in the instrument's design. In composite laminates both the fibre direction and layer thickness vary, that introduces uncertainty in the soundboard mechanics.

We have developed a stochastic finite element model of the laminated piano soundboard that handles uncertain fibre direction and soundboard thickness. The nonlinear relationship between uncertain parameters and the response are modelled using a collocational polynomial chaos expansion technique. We examine the application of sparse grid methods depending on modelling dimension and nonlinearities instead of Monte Carlo simulation technique, to compute the uncertain eigenfrequencies and mode shapes of laminated piano soundboards.

Sitzung „Lehre der Akustik / Geschichte der Akustik“

Mi. 14:00 MW 0350

Lehre / Geschichte der Akustik

Einstieg in die DFG-FörderungWieland Biedermann*Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)*

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft ist mit einem Jahresbudget von ca. 2,5 Milliarden Euro die größte Forschungsförderorganisation in Deutschland. Der Vortrag gibt einen Einstieg und Überblick zum Antrags- und Begutachtungsverfahren, zu Förderformaten und zu Beratungsmöglichkeiten. Dabei richtet sich die Veranstaltung vor allem an Personen jeder Karrierestufe, die planen ihren ersten DFG-Antrag zu stellen. Im Vortrag werden vor allem die Förderformate Forschungsstipendium, Eigene Stelle und Sachbeihilfe behandelt.

Mi. 14:20 MW 0350

Lehre / Geschichte der Akustik

Akustik studieren im berufsbegleitenden Master Ingenieurakustik - Erfahrungen aus drei Durchgängen und der AkkreditierungStefan Sentpali^a und Jörn Hübelt^b^a *Hochschule München*; ^b *Gesellschaft für Akustikforschung Dresden*

Der berufsbegleitenden Master Ingenieurakustik wurde als konsekutiver Studiengang konzipiert und startete im Wintersemester 2015. Nun sind schon drei Kohorten immatrikuliert, die ersten Absolventen kommen und die Akkreditierung wurde erfolgreich durchlaufen. Es wird über das besondere Format und die Inhalte des Studiengangs, sowie die unterschiedlichen Motivationen von Studierenden am Masterprogramm teilzunehmen informiert. Weiterhin wird ein Erfahrungsbericht über die Gründung des Studiengangs, die Kooperation von zwei Hochschulen in unterschiedlichen Bundesländern und die durchlaufene Akkreditierung gegeben.

Mi. 14:40 MW 0350

Lehre / Geschichte der Akustik

Interaktive Akustik-Apps - Akustik 'klickbar' machen in Schule, Studium und Beruf

Lennart Moheit, Marcus Mäder und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

In Vorlesungen oder im Schulunterricht können physikalische Probleme mit Experimenten anschaulich demonstriert werden. Je nach Versuch sind mitunter besondere Laborbedingungen notwendig oder der Aufbau und Abbau erfordert einen erheblichen Zeitaufwand. Mithilfe von modernen Simulationstools können dagegen zahlreiche Phänomene der Akustik und Schwingungslehre anschaulich und mit geringem Aufwand demonstriert werden. In Form von interaktiven Apps im Webbrowser bietet der Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme der TU München eine Reihe von frei nutzbaren Anwendungen für die Lehre in Schule und Studium an, die helfen können, akustische Phänomene kurzerhand in der Vorlesung zu visualisieren oder anschließend auf dem Tablet oder Smartphone nachzuvollziehen. Die Ergebnisse werden mit der Finite Elemente Methode (FEM) im Hintergrund mittels COMSOL Multiphysics auf einem Server berechnet und im Webbrowser dargestellt. Hier kann der Nutzer mit der Maus oder über einen Touchscreen zahlreiche Einstellungen treffen und die Ergebnisse auswerten und visualisieren. In diesem Vortrag stellen die Autoren das Konzept des App-Servers und einige bereits entwickelte Anwendungen vor. Dazu gehört die Simulation von Raumakustik, Fahrzeuge im Windkanal und Schwingungen von Glocken, Gläsern und Musikinstrumenten. Anhand einzelner Beispiele aus der eigenen Lehre wird demonstriert, wie die Apps in der Praxis genutzt werden können, um den Unterricht lebhafter und anschaulicher zu gestalten.

Mi. 15:00 MW 0350

Lehre / Geschichte der Akustik

Eine "Schule der Akustik" in Breslau - in der 1. Hälfte des 20. JahrhundertsPeter KöltzschTU Dresden

Wissenschaftliche Schulen sind seit der Antike (Platon, Pythagoras, Euklid) bekannt. Beispiele aus dem 19./20. Jahrhundert sind die Wundt'sche Schule der "experimentellen Psychologie" (Leipzig), die "Frankfurter Schule" (Sozialwissenschaft, Philosophie) mit Horkheimer und Adorno, die "Sommerfeld-Schule der theoretischen Physik" in München. Wichtige Merkmale einer solchen wissenschaftlichen Schule sind charismatische "Gründergestalten", originäre Forschungsprojekte, ein Spezialgebiet als Alleinstellungsmerkmal mit inhaltlichen und methodischen Schwerpunkten, besondere Formen der Interaktion (z. B. Seminare "am Kamin", "bonzenfreie" Kolloquien, Diskussionen im "Bierkeller" oder bei Wochenendausflügen) sowie der Generationenaspekt - aus "Schülern" werden wiederum "Lehrer". Im Vortrag wird das Fachgebiet Akustik (integriert in die Physik) an der Universität und an der Technischen Hochschule Breslau in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts dargestellt, das deutliche Merkmale einer solchen Wissenschaftsschule zeigt. Hier wirkten Otto Lummer (gestorben 1925), Erich Waetzmann (gestorben 1938), Erwin Meyer, Kurt Schuster, Hubert Cremer, Clemens Schaefer, Ludwig Bergmann, Lothar Keibs, Gisbert Bobbert u. a. Die Letztgenannten waren am Wiederaufbau des Fachgebietes Akustik/Physik nach Ende des 2. Weltkrieges an unterschiedlichen Stellen in der deutschen Wissenschaftslandschaft fachlich kreativ und z. T. "schulenfördernd" tätig, z. B. Erwin Meyer in Göttingen, Kurt Schuster in Jena, Lothar Keibs beim Rundfunk- und Fernsehtechnischen Zentralamt (RFZ) Berlin und Gisbert Bobbert bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig (PTR/PTB).

Mi. 15:20 MW 0350

Lehre / Geschichte der Akustik

Zur Geschichte des Vocoders in der SowjetunionRüdiger Hoffmann und Rainer JäckelTU Dresden, Inst. f. Akustik u. Sprachkommunikation

Der Vocoder wurde zur Bandbreitenreduktion bei der Sprachübertragung in einer Zeit entwickelt, in der seine Realisierung noch sehr aufwendig und sein Einsatz daher auf wenige Fälle beschränkt war. Er lieferte jedoch viele neue Einsichten in die Analyse und Synthese des Sprachsignals, so dass er heute als das wichtigste Leitfossil der elektronischen Sprachtechnologie gilt. Da er auch in sicherheitsrelevanten Anwendungen eine Rolle spielte, gibt es bis heute Lücken in der Darstellung seiner Geschichte. Diese Feststellung gilt besonders für die Entwicklung in der Sowjetunion, die außerhalb der russischsprachigen Literatur bisher ausschließlich über die belletristische Verarbeitung in dem

Roman "Im ersten Kreis" von A. Solschenizyn wahrgenommen worden ist. Im Rahmen eines BMBF-Projektes zur Geschichte der Sprachsynthese haben wir die russische Fachliteratur auf Beiträge zum Vocoder untersucht und geben hier einen Überblick über die Ergebnisse. Schwerpunkte sind Literaturquellen aus dem Zeitraum zwischen 1930 und 1960 (Arbeiten von V. A. Kotel'nikov, K. F. Kalachev u.a., sowie Materialien zu Projekten des Laboratoriums Nr. 8 in Marfino, in dem in großem Umfang politische Gefangene und deutsche Kriegsgefangene eingesetzt waren, sowie des Forschungsinstituts für Automatisierung Nr. 2). Weitere Quellen bilden Arbeiten zur Geschichte des Fachgebiets (V. G. Mikhailov, N. G. Zagoruiko) sowie Veröffentlichungen des Patentarchivs der UdSSR.

Mi. 15:40 MW 0350

Lehre / Geschichte der Akustik

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (s.u.)

Sitzung „Lehre der Akustik / Geschichte der Akustik (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 15:40 (MW 0350)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel L

Di.-Do.

Lehre / Geschichte der Akustik (Poster)

Die Akustik aus der Sicht der Schriftsteller: Beispiele von literarischen Akustikszenen

Björn Knöfel

Fraunhofer IWU

Wenn wir über die Akustik und ihre unterschiedlichsten Fachgebiete sprechen, so geschieht das meist aus dem Blickwinkel der Ingenieur- oder Naturwissenschaften. Dieser Beitrag möchte sich einmal aus literarischer, d.h. belletristischer Sicht, der Akustik annähern. Über einen Zeitraum von mehreren Jahren wurde eine kleine Sammlung von Textauschnitten angelegt, die literarische Szenen mit Bezug zu Geräuschen, Tönen, Klängen und Vibrationen beschreiben. Die ausgewählten Texte aus den Jahren 1957 bis 2017 sollen einen kleinen Einblick in die Wortwahl der Autoren geben und die sprachliche Wirkung betrachten, die die Geräuschbeschreibungen im jeweiligen Kontext hervorrufen. Abschließend wird ein Bogen zur technischen Akustik gespannt, in dem versucht wird, die literarischen Akustikszenen den unterschiedlichen Fachbereichen der Akustik zuzuordnen.

Di.-Do.

Lehre / Geschichte der Akustik (Poster)

Berufsbegleitender Weiterbildungsstudiengang 'MASTER:ONLINE Akustik' an der Universität StuttgartMatthias Brodbeck^a und Philip Leistner^b^a *Universität Stuttgart, IABP*; ^b *Fraunhofer-Institut für Bauphysik*

Die Behandlung akustischer Fragestellungen und Anforderungen gehört in vielen Bereichen und Berufen zur täglichen Arbeit. Das Aufgabenspektrum in Unternehmen und Ingenieurbüros quer durch alle Branchen, aber auch in Behörden und Institutionen reicht vom Lärmschutz bis zur akustischen Produktgestaltung. Ingenieurinnen und Ingenieuren, die sich mit solchen akustischen Fragen beschäftigen, bietet die Universität Stuttgart seit dem Wintersemester 2017/18 eine akademische Weiterbildung an.

"MASTER:ONLINE Akustik" (MOA) ist ein berufsbegleitender Weiterbildungsstudiengang und weitgehend orts- sowie zeitunabhängig studierbar. Das Studium vermittelt fundierte Kenntnisse und orientiert sich am aktuellen Bedarf in der Praxis, wie beispielsweise am zunehmenden Anspruch nach akustischem Komfort oder an der Bekämpfung des Umweltproblems Lärm. Der einmalige akademische Grad "MASTER OF ACOUSTICS" (M.Ac.), den die Absolventinnen und Absolventen erlangen, bereichert ihre berufliche Entwicklung, erhöht ihre Karrierechancen und berechtigt auch zur Promotion.

Insgesamt sieben Institute der Universität Stuttgart, das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP und das Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart FKFS stehen mit ihrer Kompetenz und Exzellenz für eine integrale Wissensvermittlung auf dem Gebiet der Akustik.

Di.-Do.

Lehre / Geschichte der Akustik (Poster)

Early Instruments in Auditory Research: The Lehmann AcoumeterStefan Raufer*Dept. Otolaryngology, Harvard Med. School, Massachusetts Eye & Ear*

The Lehmann Acoumeter, an instrument developed in the late 19th century, is a tabletop device designed to generate impulse sounds of varying level. Compared to other purely mechanical instruments that evaluate hearing, e.g. tuning forks, sound pendulums, or a pocket watch, the design of the acoumeter is more sophisticated. An impulse is generated by dropping a steel ball on a miniature glass plate. A pair of forceps, that are finely adjustable in height, are used to release the shot. My presentation involves highlighting the design of the acoumeter and exploring which niche it filled among the number of other acoustic instruments available at the time. My main hypothesis is that because of the detailed instructions, the accuracy of the height adjustment, and the wide availability of the compact system, the acoumeter was an important step towards standardizing the measurement procedure of auditory tests. Because

of the time commitment to determine one's hearing threshold using the audiometer, it is unlikely that the instrument was used in clinical settings. Instead, it may have been used in laboratories that aimed to assess the hearing of study participants in preparation for, or for the use of psychophysical tests.

Sitzung „Psychoakustik III“

Mi. 16:40 MW 0350

Psychoakustik III

Die Rolle des Kontextes in einer Shepard Illusion für Klangfarbe

Kai Siedenburg

CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'

In einer kürzlich erschienenen Studie berichten Chambers et al (2017, Nat. Comm.) über starke Effekte eines vorhergehenden auditorischen Kontextes auf die Wahrnehmung von ambivalenten Tonhöhenverschiebungen von sogenannten Shepard Tönen. In diesem Beitrag wird diese Arbeit ausgeweitet, indem ich zeige, dass ähnliche Effekte für Helligkeitsurteile in der Klangfarbenwahrnehmung entstehen können. Dafür werden harmonische Tonkomplexe benutzt, deren spektrale Einhüllende sowohl durch eine globale Gaussche Verteilung als auch durch eine lokale zyklische Struktur bestimmt ist. Durch Verschiebung der lokal Einhüllenden entlang der Frequenz, erhält man (zyklische) Verschiebungen der Tonhelligkeit bei gleichbleibender Tonhöhe. Bei der isolierten Präsentation von Verschiebungen um eine halbe Oktave sind Urteile der Probanden maximal ambivalent. Ähnlich wie in der Vorgängerarbeit (Chambers et al., 2017, Experiment 2) wird die Wahrnehmung dieser ambivalenten Verschiebung durch die Präsentation eines vorhergehenden Kontextes jedoch klar determiniert. Diese Beobachtungen weiten das Phänomen der Shepard Illusion auf den Bereich der Helligkeitswahrnehmung aus und werfen neues Licht auf die Gemeinsamkeiten der Wahrnehmung von Tonhöhe und Klangfarbe.

Mi. 17:00 MW 0350

Psychoakustik III

Verbal Data-Driven Semantic Dimensions of Musical Timbre

Charalampos Saitis, Athanasios Lykartsis und Stefan Weinzierl

TU Berlin, FG Audiokommunikation

The overall goal of this study is to better model semantic spaces and audio features that are particular to individual types of musical sound (e.g., sustained versus impulsive) and musician (e.g., violinists versus pianists), and which account for changes in musical context (i.e., horizontal and vertical combinations of pitches, dynamics, durations and articulations). As a first step, a Web-based survey using 64 short (on average 20 s) instrumental solo excerpts from recorded music (4 types of instruments x 4 excerpts x 4 recordings) was designed to obtain

free-format verbal descriptions of violin, clarinet, piano, and guitar timbre from musicians describing their own as well as other instruments. We present preliminary results of a linguistic analysis, associated with psychological theories of perception and sensory categorization, aiming to understand the descriptions as a whole (e.g., linguistic resources, frequency distribution, discrimination ability) and to derive the emerging instrument-dependent and -independent semantic spaces that characterize the descriptions themselves. These results will form the basis for statistical models that not only predict semantic attributes of musical sounds, but also assess the extent to which these are universal or specific to instrument, musician, and context.

Mi. 17:20 MW 0350

Psychoakustik III

Das Konzept der Dissonanz zur Bewertung von technischen Geräuschen

André Fiebig^a, Stefan Hank^b, Andreas Herweg^a und Julian Becker^a

^aHEAD acoustics GmbH; ^bTU Berlin

Geräusche können spezifische Empfindungen, Wahrnehmungen und Emotionen auslösen. Ein tieferes Verständnis der Zusammenhänge zwischen Reiz und Wirkung ist beispielsweise für eine gezielte Optimierung von Geräuschen von großer Bedeutung. Die Disziplin der Psychophysik untersucht diese Zusammenhänge und beschäftigt sich intensiv mit der Verknüpfung der perzeptiven bzw. phänomenalen Größen mit den physikalischen Eigenschaften der jeweiligen Reize. Psychoakustische Parameter, wie Lautheit, Schärfe, Tonalität oder Rauigkeit erlauben bereits die detaillierte Beschreibung von spezifischen Empfindungsgrößen. Darüber hinaus besteht großes Interesse, auch komplexere Wahrnehmungsdimensionen psychoakustisch zu charakterisieren und instrumentelle Modelle zur Vorhersage von Perzepten zu entwickeln. Im Bereich der Musik werden häufig die Bewertungsdimensionen "Konsonanz" und "Dissonanz" verwendet, denen ein musiktheoretisches Verständnis vor allem bezüglich der spezifischen Verhältnisse prominenter Töne zueinander zu Grunde liegt. Mittels verschiedener Hörversuche wurde die Übertragbarkeit des Dissonanzkonzeptes auf nicht-musikalische Stimuli untersucht. Erste Hörversuchsergebnisse lassen große interindividuelle Unterschiede bezüglich der Interpretation der Dissonanz vermuten und verdeutlichen spezifische Abhängigkeiten, die die Bewertung von Dissonanz in den Hörversuchen beeinflussen. Der Beitrag erörtert aktuelle Untersuchungsergebnisse und diskutiert deren Implikationen zur Vorhersage der Wahrnehmung von Dissonanz.

Mi. 17:40 MW 0350

Psychoakustik III

Einsatz eines Kompaktbrunnens zur Verbesserung der Geräuschqualität im lärmbelasteten häuslichen UmfeldSabrina Skoda und Jörg Becker-Schweitzer*Hochschule Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering*

Wassergeräusche, sowie andere Geräusche natürlichen Ursprungs, können zu einer Aufwertung der wahrgenommenen Geräuschqualität in lärmbelasteten Umgebungen beitragen. So ist der Einsatz von Springbrunnen und Wasserspielen in öffentlichen städtischen Parks gängige Praxis, um die Lästigkeit von Straßenverkehrslärm zu reduzieren. Ergebnisse eines Hörversuchs an der Hochschule Düsseldorf zeigten, dass ein Kompaktbrunnen, dessen Klang einem natürlichen Bachlauf ähnelnd gestaltet wurde, die Bewertung der Geräuschqualität in einem Innenhof verbessert. Inwiefern dieser Effekt auch im alltäglichen häuslichen Umfeld durch ein Wasserspiel erzielt werden kann, wurde im Rahmen einer weiteren Feldstudie untersucht. Vier baugleiche, akustisch optimierte, Kompaktbrunnen wurden für einen Zeitraum von zwei Monaten in vier Privathaushalten installiert, die von Geräuschimmissionen einer nahegelegenen Autobahn betroffen sind. Die Bewohner der Haushalte wurden vor Beginn der Studie zur Geräuschsituation in ihrem Garten befragt und gebeten, in den folgenden zwei Monaten den Kompaktbrunnen einzuschalten, wenn sie sich im Garten aufhalten. Mittels Fragebogen bewerteten sie während dieses Zeitraums die wahrgenommene Geräuschsituation und relevante Einflussfaktoren wie aktuelles Verkehrsaufkommen und Wetter. Nach der Testphase erfolgte eine abschließende Befragung. Ein klangoptimierter Kompaktbrunnen bietet einen mit einfachen Mitteln realisierbaren Lösungsansatz zur Verbesserung der Geräuschsituation in lärmbelasteten Haushalten.

Mi. 18:00 MW 0350

Psychoakustik III

Investigation of the relationship between acoustic perception and thermal comfort of an urban park in AachenMargret Sibylle Engel^a, Bastian Paas^b, Christoph Schneider^c, Carmella Pfaffenbach^d und Janina Fels^a

^a*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen;* ^b*Physikalische Geographie und Klimatologie, RWTH Aachen;* ^c*Department of Geography, Humboldt-Universität zu Berlin, Germany;* ^d*Geographisches Institut, RWTH Aachen*

In soundscape studies, several aspects should be considered during field surveys, such as acoustic and visual perception, air quality conditions, context, physiological and psychological conditions, cognitive background, thermal comfort, etc. Recent studies on the association between acoustic perception and thermal comfort in different recreational spaces were conducted during a single season. In this paper, we report a study with a refined approach performed during different seasons that aims

at establishing a relationship between objective (i.e. acoustic, psychoacoustic, meteorological and thermal comfort indices) and subjective (i.e. meteorological, background noise and sound sources perception) data collected at an inner-city park site. We are investigating the direct relationship of thermal comfort and acoustical perception. To minimize the variance of other parameters which can influence the final outcome, such as context, landscape perception and cognitive background, we selected a sample of subjects that participated in more than one soundwalk, during different seasons, on the same study site. To describe statistically the relationship between acoustic perception and thermal comfort aspects it will be used Canonical Correlation Analysis.

Sitzung „Audiologische Akustik - Sprache und Perzeption“

Mi. 9:00 MW 1450

Audiologische Akustik

Do models hear the noise? Supra-threshold components of hearing loss in speech recognition models

David Hülsmeier, Mareike Buhl, Nina Wardenga, Anna Warzybok, Marc René Schädler und Birger Kollmeier

CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'

Hearing-impaired listeners show decreased speech recognition performance, and particularly complain about communication difficulties. Recently, the effect of impaired hearing on speech recognition thresholds (SRTs) was examined with the German matrix test in a stationary noise for 315 ears. Two domains of assumed linear relationship between SRTs and the pure-tone average (PTA) were identified; listening in noise, and (effectively) listening in quiet. Here, the individual SRTs were predicted based on the audiogram with the framework for auditory discrimination experiments (FADE) and the speech intelligibility index (SII). Overall, the predictions with FADE were more accurate than with the SII, with root-mean-square errors (RMSE) of 5.6dB and 6.8dB, respectively. The RMSE with the SII was highest for steep hearing losses (RMSE=22.6dB), where FADE performed better (RMSE=6.7dB). In the listening-in-noise domain, FADE underestimates the linear relationship of SRTs and PTAs, while the SII overestimates them. While FADE assumes no supra-threshold deficits, the SII evidently assumes even a larger amount than the empirical data imply. These results suggest that supra-threshold deficits should be considered separately from the hearing threshold and on the average explain only a fraction of the effect of impaired hearing on SRTs. Individually, however, supra-threshold deficits appear to play an important role.

Mi. 9:20 MW 1450

Audiologische Akustik

The relation between acoustic-phonetic properties and speech intelligibility in noise across languages and talkers

Sabine Hochmuth^a, Birger Kollmeier^b und Barbara Shinn-Cunningham^a
^a*Boston University*; ^b*CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'*

This study explored the role of acoustic-phonetic properties on talker- and language-specific differences in the intelligibility of speech in noise. Matrix sentence speech was recorded by bilingual talkers of German/Spanish, Spanish/English and English/German, as well as by monolingual talkers of each language. We analyzed how acoustic-phonetic speech features varied across languages, looking both at inter-individual (across talker) as well as intra-individual (within talker) variability. We then measured intelligibility of the matrix sentence speech in speech-shaped noise for normal-hearing, native listeners in each language. Matrix speech has the advantage of being similar in intelligibility across languages, as it uses the same size, closed stimulus set and has the same semantic and syntactic information in all languages. Various acoustic-phonetic parameters, previously identified as affecting speech intelligibility (including speaking rate, vowel space area, and energy in the mid-frequency region), were determined for each individual talker, in each language. In general, variation in speech intelligibility across talkers within the same language was greater than the variation within the same talker across languages. Acoustic-phonetic properties corresponding to speech intelligibility seem to be equal across languages.

Mi. 9:40 MW 1450

Audiologische Akustik

Von robuster automatischer Spracherkennung zu robuster menschlicher Spracherkennung: Grundlagen für die Hörgeräte von morgen?

Marc René Schädler, Lena Haverkamp und Anna Warzybok
CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'

Die Lebensqualität Schwerhörender ist beeinträchtigt, wenn die natürliche Teilhabe am sozialen und kulturellen Leben durch Kommunikationsprobleme erschwert wird. Hörgeräte versprechen Betroffenen eine Verbesserung der Situation, können dieses Versprechen allerdings in akustisch schwierigen Bedingungen nicht immer einlösen. Es kann der Sprachverständlichkeit im Störgeräusch abträglich sein, dass Sprachsignalanteile und andere Signalanteile gleichermaßen komprimiert werden um die relevanten Pegel auf den verringerten Dynamikbereich Schwerhörender abzubilden. Aus Experimenten mit robusten automatischen Spracherkennern geht deutlich hervor welche Signalanteile für eine gute Erkennungsrate im Störgeräusch unverzichtbar sind. Es ist

möglich diese Signalanteile unter einer Dynamikkompression weitgehend zu erhalten. Ein solcher Kompressionsalgorithmus wurde entworfen und in einem mobilen Hörgeräteprototypen implementiert. Das "Framework for Auditory Discrimination Experiments" (FADE) ist ein Modell der menschlichen Spracherkennung das auf der Technologie robuster automatischer Spracherkenner basiert und sagt eine Verbesserung der Sprachverständlichkeit gegenüber traditioneller Dynamikkompression vorher. Die Auswirkung verschiedener Dynamikkompressionsalgorithmen auf die Sprachverständlichkeitsschwellen Normalhörender wurden mit dem Matixsatztest im stationären und fluktuierenden Störgeräusch gemessen, in der Annahme, dass die Schwellen für Schwerhörnde nicht besser sein werden. Die Pilotergebnisse zeigen, dass die Signalverarbeitung robuster automatische Spracherkenner als Modell des menschlichen Sprachverstehens wertvolle Hinweise auf die für Sprachverständlichkeit relevanten Strukturen in Sprachsignalen geben kann, und dies in robusten Hörhilfen Anwendung finden sollte.

Mi. 10:20 MW 1450

Audiologische Akustik

Speech reception thresholds of children and adults with hearing loss, ADHD and CAPD in a virtual acoustic environment

Florian Pausch und Janina Fels

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Speech perception and understanding is an essential precondition for successful everyday verbal communication and facilitates social integration. For people suffering either from hearing loss, attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), or central auditory processing disorder (CAPD), listening to a conversational partner in presence of distracting talkers might be substantially more difficult compared to normal hearing people, especially under adverse room acoustics. Nowadays, such challenging situations can be effectively simulated through virtual acoustic environments including plausible room acoustic simulations with virtual sound sources representing target and distracting talkers. In this study, a recently developed hybrid binaural reproduction system, extended for hearing aid users by integrating simulated hearing aid signals, has been applied to assess speech perception performance in eight different experimental conditions. These conditions consisted of varying the location of two distractors with respect to a target talker while either sharing the same or a different voice than the target talker to adaptively measure speech reception thresholds under two different reverberation conditions. Experimental results of adults and children both diagnosed with hearing loss and respective normal hearing controls, as well as children with ADHD and CAPD, respectively, are compared in a between-group analysis.

Mi. 10:40 MW 1450

Audiologische Akustik

Quantitative Measurement of Signal-to-Noise Ratio with the Percentile Analysis according to IEC 60118-15Hendrik Husstedt und Markus Kuttner*Deutsches Hörgeräte Institut*

One way to analyze the effect of a noise reduction in hearing aids is measuring the improvement of signal-to-noise ratio after signal processing. However, at the output of the hearing aid, speech and noise are mixed together so that special methods are necessary to determine the SNR, e.g. the method of Hagerman and Olofsson. Another possibility is using the percentile analysis according to IEC 60118-15. This analysis has already been used as qualitative evaluation of the SNR. However, a quantitative interpretation of the results has not been shown yet. Therefore, in this work, it is investigated how the percentile analysis can be used to determine the SNR at the output of hearing aids. To this end, the results of the percentile analysis for a superposition of the International Speech Test Signal (ISTS) and International Female Noise (IFnoise) are investigated. These results show that a linear relation between the percentile analysis and the SNR can be found. Next, this relation is used to determine the SNR of data recorded at the output of a hearing aid. Finally, the same data is analyzed with the method of Hagerman and Olofsson and both results are compared to each other.

Mi. 11:00 MW 1450

Audiologische Akustik

Hörgeräte-basierte Parkinson-SprachanalyseFinn Spitz^a, Christin Baasch^a, Gerhard Schmidt^a, Ulrich Heute^a, Adelheid Nebel^b und Günther Deuschl^b^a*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*; ^b*Universitätsklinikum Schleswig-Holstein*

Von der Parkinson-Krankheit, eine der häufigsten Erkrankungen des zentralen Nervensystems, sind alleine in Deutschland ca. 300.000 Menschen betroffen. Durch Medikation und Therapien können die motorischen Symptome behandelt werden. Gegen die oftmals auftretenden Sprachstörungen, wie eine monotone, nuschelnde Stimme, leises Sprechen und verstärkte Atemgeräusche, hilft jedoch nur eine logopädische Therapie. Um diese zu unterstützen und die Sprachqualität der Patienten in Echtzeit im Alltag messen zu können, wird die Möglichkeit untersucht, eine Sprachqualitätsschätzung mithilfe eines Hörgerätes durchzuführen. Die zugehörige Signalverarbeitung wird parallel, zusätzlich zu den im Hörgerät verwendeten Algorithmen, implementiert. Als Ergebnis wird eine Wertung errechnet, aus der erkennbar ist, ob der Sprachpegel ausreichend hoch und die Sprache verständlich ist. Dazu wird die nach Ramig modifizierte NTID-Skala verwendet. Zur korrekten Ausführung der Sprachanalyse, wird das System durch eine Eigenspracherkennung

gesteuert, sowie Umgebungsgeräusche reduziert. In der Sprachqualitätschätzung werden verschiedene Merkmale aus dem Spektrum des Signals berechnet, u.a. MFCCs. Eine neue Qualitätswertung wird in einem festgelegten Zeitintervall bestimmt. Während diesem werden alle in Echtzeit extrahierten Merkmale gesammelt und mithilfe eines Klassifikators einer NTID-Stufe zugeordnet. Zusätzlich wird mit den gesammelten MFCCs ein Codebuch erstellt bzw. angepasst, aus welchem zusätzliche Merkmale für den Klassifikator berechnet werden. Dieser kann aus mehreren GMMs oder einem neuronalen Netz bestehen.

Mi. 11:20 MW 1450

Audiologische Akustik

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (s.u.)

Sitzung „Audiologische Akustik (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 11:20 (MW 1450)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel G

Di.-Do.

Audiologische Akustik (Poster)

Automatic classification of audiological expert knowledge summarized by common audiological functional parameters (CAFPAs)

Jens Schröder, Mareike Buhl, Marc René Schädler und Birger Kollmeier
CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'

In clinics, the reliability of audiological diagnostics depends on the expertise of the examining ENT specialists. Particularly less experienced physicians would benefit from a data-driven assistance system. Thus, we developed an automatic classification system that uses audiological data for supporting indication and rehabilitation finding. The data in this study were simulated from experts' knowledge, collected by a survey. Experts designated the range of patients' responses for predefined audiological measurements for 14 diagnostic cases and treatments. Furthermore, the experts were asked to define values for the common audiological functional parameters (CAFPAs) for these cases. CAFPA serve as generalization, i.e., data reduction, of audiological measurements characterizing the hearing capabilities of patients, i.e., thresholds in quiet, supra-thresholds, binaural hearing, neural and cognitive components and the socio-economic status. To generate individual patient data from these expert data, the indicated ranges were treated as independent probability distributions of the measurements. Hence it was possible to simulate patient data by randomly drawing data points from these distributions. The data from either pure measurements or the CAFPA were fed to machine learning algorithms for classification of audiological indications and rehabilitations. The results are compared and show that CAFPA comprise a suitable reduction of data without information loss.

Di.-Do.

Audiologische Akustik (Poster)

Variation von Gehörgangs-Übertragungsfunktionen bezüglich verschiedener QuellenSteffen Vogl und Matthias Blau*Jade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörtechnik u. Audiologie*

In zukünftigen Hörsystemen ist der Einsatz von Mikrofonen, die in der Otoplastik verbaut sind, denkbar. Damit könnte z.B. der Schalldruck am Trommelfell geschätzt werden. In der vorliegenden Studie wurden dazu Übertragungsfunktionen zwischen einem Gehörgangsmikrofon und einem Sondenschlauchmikrofon am Trommelfell bei neun Probanden gemessen. Das prototypische Hörsystem bestand aus einem Rohrstück ($d=4,5\text{mm}$, $l=14\text{mm}$) mit zwei eingebauten Hörgeräte-Receivern und einem Mikrofon am medialen Ende des Rohrs. Eingesetzt in eine Otoplastik ähnelt das System einer "offenen" Hörgeräteversorgung. Untersucht wurde der Unterschied zwischen den Schalldruck-Übertragungsfunktionen (Trommelfell re Gehörgang) bei Anregung mit verschiedenen Quellen, die sich teilweise im Gehörgang und teilweise im externen Schallfeld befanden. Dabei zeigte sich für die Quellen im Gehörgang bis 10kHz eine max. Differenz von ca. $\pm 5\text{ dB}$ und eine leichte Systematik für alle Probanden. Bei externen Quellen (Lautsprecher von vorn und von 90° ipsilateral) ist der Unterschied für Frequenzen $< 4\text{ kHz}$ kleiner $\pm 3\text{ dB}$, für höhere Frequenzen kann er jedoch bis $\pm 20\text{ dB}$ erreichen. Zusätzlich ist hierbei keinerlei Systematik zu erkennen. Der Unterschied zwischen externen Quellen und Quellen im Gehörgang erreicht ab ca. $1,5\text{ kHz}$ $\pm 10\text{ dB}$ und ist leicht systematisch. Implikationen für das Erreichen einer akustisch transparenten, richtungstreu Darbietung mit Hörsystemen werden diskutiert.

Di.-Do.

Audiologische Akustik (Poster)

Binaural listening effort in noise and reverberationJan Rannies^a und Gerald Kidd^b^a*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie;* ^b*Boston University, Hearing Research Center*

Listening effort is defined as the effort associated with recognizing speech. Several recent studies have shown that listening effort can be a more meaningful quantity than speech intelligibility, which is classically measured as percentage of correctly understood words or speech reception thresholds. The reason is that speech intelligibility often approaches ceiling performance already in very unfavorable conditions, e.g., at negative SNRs. However, such conditions are not representative for everyday listening conditions and hence the ecological validity of measuring speech intelligibility is limited. In contrast, listening effort can be measured across a wide range of SNRs and other detrimental factors. Despite this advantage, relatively few studies have addressed listening effort in

realistic listening conditions. In particular, binaural effects in listening effort have not been systematically investigated. The goal of this study is to measure listening effort in normal-hearing listeners in conditions with systematically varying binaural unmasking, involving one or more interferers and different degrees of reverberation. Listening effort is assessed by means of categorical listening effort scaling, and experimental data are compared to predictions of a binaural listening effort model derived from a binaural speech intelligibility model.

Di.-Do.

Audiologische Akustik (Poster)

Einfluss der Position des Elektroden-Arrays eines Cochlea-Implantats auf die Potentialverteilung in der Cochlea

Friederike Schäfer, Jörg Encke, Werner Hemmert und Siwei Bai

TU München, Bioanaloge Informationsverarbeitung

Ein Cochlea Implantat (CI) ist eine elektrische Neuroprouthese, die eine Schallwahrnehmung für Menschen mit schwerwiegendem Hörverlust bis hin zu völliger Taubheit ermöglicht. Um die Entwicklung von CIs zu unterstützen, werden in der Forschung dreidimensionale Computermodellierung des Innenohres eingesetzt. Aus hochaufgelösten Mikro-Computertomographie-Aufnahmen des Felsenbeins wurde ein Modell eines implantierten Innenohres erstellt. Mit diesem Modell wurden Simulationen durchgeführt, um die elektrische Potentialverteilung während der Stimulation eines Elektrodenkontaktes zu berechnen. Die Simulation wurde mit acht Elektroden-Array-Konfigurationen durchgeführt. Anhand der Ergebnisse wurde der Einfluss der Elektroden-Array-Position auf die Potentialverteilung sowie auf die neuronale Antwort untersucht. Untersucht wurde das Potential an der Spitze der Nervenfasern da dieses eine Vorhersage der durch die Stimulation erregten Neuronenpopulation ermöglicht. Die Ergebnisse zeigten, dass das elektrische Potential sowohl entlang des Elektroden-Arrays als auch entlang der Spitze der Nervenfasern langsamer in die apikale Richtung abfällt als in die basale Richtung. Des Weiteren wurde gezeigt, dass eine mediale Elektroden-Array-Konfiguration in einem schmalen Maximum resultiert als eine laterale Konfiguration, was auf eine lokale Stimulation einer Nervenpopulation hindeutet.

Di.-Do.

Audiologische Akustik (Poster)

The Role of Dietary Intake of Certain Nutrients on the Prevention of Hearing Loss

William D'Andrea Fonseca^a und Laís Smeha^b

^a*Federal Univ. of Santa Maria, Brazil*; ^b*Estácio, Department of Nutrition*

Considering growing cities and portable audio devices, increasingly people have deviations in the threshold of hearing. Thus, hearing loss is a point of concern in modern society, being one of the most common causes of disability. Furthermore, it may cause social isolation, dependence,

cognitive impairment among several other undesired effects that certainly limits the quality of life of individuals. The prevalent origin of hearing loss is sensorineural, caused by irreversible loss of hearing cells (hair cells in the organ of Corti and/or spiral ganglion neurons). Sensorineural hearing loss has a multifactorial etiology including genetic and environmental factors such as exposure to high levels of noise, pathologies, ototoxic substances, nutritional deficiencies and aging. Some recent studies have been shown a correlation between hearing loss and certain nutrients (such as folic acid and omega-3 fatty acids). This work focuses on the nutritional aspects detected in hearing loss studied thus far, and suggests that an adequate diet on specific nutrients may increase prevention of hearing loss.

Di.-Do.

Audiologische Akustik (Poster)

Assessment of individual head-related transfer function and undirected head movements of normal listeners in a moving speech-in-noise task using virtual acoustics

Rhoddy Viveros Munoz, Zhao Ellen Peng und Janina Fels

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Spatial release from masking (SRM) is the improvement in speech intelligibility of the target when a distractor noise is spatially separated. Two factors improve accuracy in sound localization during testing: (a) listener head movement and (b) use of individual head-related transfer functions (HRTFs). Little is yet known about their roles in SRM tasks when conducted in the acoustic virtual environment (VAE). In the present study, individual HRTF and undirected head movements are assessed in a SRM task. A speech-in-noise test is performed with normal-hearing adults using binaural reproduction. Listeners are asked to identify target digit-triplets always positioned in front at 0° azimuth, under the presence of a stationary or moving distractor noise. The SRM is calculated, by subtracting the speech reception threshold (SRT) measured when the target and distractor are spatially separated from the SRT measured for collocated target-distractor. The distractor is in several spatial configurations: (1) stationary at 0° azimuth, (2) stationary at 90° , and (3) moving away to the target from 0° to 90° . The three spatial configurations are assessed in four test conditions from 2 binaural reproduction methods (dynamic vs. static; with or without free head movement) X 2 HRTF sets (individually measured vs. dummy-head HRTFs).

Di.-Do.

Audiologische Akustik (Poster)

Kriterien von Cochlea-Implantat-Nutzern zur Beurteilung der OrtstonhöheManuela Huber, Werner Hemmert, Florian Völk und Sonja Karg*TU München, Bioanaloge Informationsverarbeitung*

In der Literatur finden sich Hinweise, dass Nutzer von Cochlea-Implantaten (CIs) bei der Beurteilung der Tonhöhe mehrere Kriterien verwenden. Um diesen Sachverhalt genauer zu adressieren, führten in dieser Studie dreizehn CI-Nutzer zunächst mit vorherigem Lautheitsabgleich ein Tonhöhen-Ranking im Paarvergleich durch (Quantifizierung der Elektroden-Unterscheidbarkeit mittels kumulativem d'-Wert). Die Ergebnisse deuten an, dass die Vergleichsreihenfolge (basal/apikal oder apikal/basal) dabei eine Rolle spielt. Basierend auf den Ergebnissen wurden individuell zwei schwer diskriminierbare Elektroden ausgewählt ($d' < 0.75$), um zur Unterscheidung verwendete Kriterien abzufragen. Die offene Frage, ob sich die beiden Wahrnehmungen unterscheiden, bejahten alle CI-Nutzer, aber nur fünf gaben dabei hoch/tief als Unterscheidungskriterium an. Das nachfolgend erhobene semantische Differential legt nahe, dass sich die Wahrnehmungen insbesondere hinsichtlich dreier Gegensatzpaare unterschieden (außer bei einer Person, die nur laut/leise unterscheiden konnte). Dies waren, in mit der gefundenen Relevanz absteigender Reihenfolge: voll/dünn, hell/dunkel und hoch/tief. Zwei weitere Gegensatzpaare schienen teilweise relevant: piepsig/brummend und stumpf/scharf. Dies lässt vermuten, dass CI-Nutzer keine einheitliche Vorstellung von Tonhöhe haben und unterschiedliche, teils mehrere Kriterien für die Aufgabe "Beurteilung der Tonhöhe" nutzen.

Sitzung „Non-destructive materials testing using acoustic waves“

Mi. 14:40 MW 1450

Non-destructive materials testing

Luftschallbasierte Rissdetektion in kleinen MetallteilenJudith Liebetrau, Sascha Grollmisch und Johannes Nowak*Fraunhofer IDMT*

In diesem Paper wird die aktuelle Forschungsarbeit zur luftschallbasierten Detektion von Rissen in kleinen Metallbauteilen vorgestellt. Unter der Annahme, dass ein Riss das Vibrationsverhalten des Bauteils beeinflusst, und damit auch seine Klangeigenschaften, wird ein Experiment durchgeführt, bei dem das Aufprallgeräusch von kleinen Metallbauteilen auf eine Klangplatte untersucht wird. Dabei fallen die Metallbauteile unter kontrollierten Bedingungen auf eine Klangplatte. Das Aufprallgeräusch wird aufgezeichnet und mittels maschinellen Lernverfahren bewertet. Der Zustand des Metallbauteils wird anhand dieses Geräusches

automatisch erkannt und dieses entsprechend als "in Ordnung" bzw. "nicht in Ordnung" klassifiziert. Bei dem Experiment wird der Einfluss von unterschiedlichen Mikrofonanordnungen und Materialeigenschaften der Klangplatte auf die Klassifikationsgenauigkeit untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass mit dem hier vorgestellten Ansatz Risse in kleinen Bauteilen erkannt werden können. Die Genauigkeit hängt dabei jedoch stark von der Mikrofonanordnung zur Aufnahme des Aufprallgeräusches, als auch vom gewählten Material der Klangplatte ab.

Mi. 15:00 MW 1450

Non-destructive materials testing

Optisches Mikrofon als Laser-Ultraschall Detektor

Wolfgang Rohringer, Thomas Heine, Ryan Sommerhuber und Balthasar Fischer

XARION Laser Acoustics GmbH

Bislang kommen für die kontaktfreie Ultraschall-Prüfung vorwiegend zwei unterschiedliche Ansätze zum Einsatz:

Einerseits werden Luft-gekoppelte piezoelektrische Wandler paarweise für die Durchschallungsprüfung verwendet. Andererseits spielt Laser-Ultraschall (LUS) eine immer größere Rolle, dabei werden Ultraschall-transienten durch optische Absorption eines Laserpulses direkt im Prüfling erzeugt. Die Signaledetektion erfolgt zumeist laser-vibrometrisch anhand der resultierenden Oberflächenvibrationen.

Im Rahmen dieses Vortrags präsentieren wir ein neuartiges LUSPrüf-system, welches die Anregung mittels Laser-Absorption mit der Detektion durch ein breitbandiges optisches Mikrofon kombiniert. Das Mikrofon basiert auf einem Faser-gekoppelten, starren Fabry-Pérot Interferometer, das Messprinzip stützt sich auf die Detektion von druckinduzierten Änderungen des optischen Brechungsindex in der Luft unter Verzicht auf mechanisch bewegliche Teile. Dies ermöglicht eine breitbandige Detektion kurzer Ultraschallpulse, wie sie durch Laser-Anregung erzeugt werden. Das System kombiniert die Vorteile Luft-gekoppelter Detektion, etwa die einfache Handhabbarkeit oder die Unempfindlichkeit gegenüber den Oberflächeneigenschaften der Probe, mit jenen des Laser-Ultraschalls, beispielsweise große Signalamplituden und hohe zeitliche Auflösung durch die breitbandige Anregung direkt im Probenmaterial. Der kleine Footprint des optischen Mikrofons erlaubt die Implementierung kompakter, rein optischer Prüfköpfe zur Untersuchung komplex geformter Bauteile.

Benchmark-Messungen sowie Tests an industriell relevanten Proben, mit Fokus auf Faserverbund-Werkstoffe sowie akustische Oberflächenwellen in Metallen, demonstrieren die Anwendungsgauglichkeit des Systems im Vergleich mit herkömmlichen Prüfsystemen.

Mi. 15:20 MW 1450

Non-destructive materials testing

Luftgekoppelte Ultraschallprüfung von Faserverbundwerkstoffen mit einem neuartigen optischen MikrofonJan-Carl Grager^a, Jakob Gamper^b, Balthasar Fischer^c, Rainer Stöbel^d, Wolfgang Rohringer^c und Christian Grosse^b^aSiemens AG; ^bTU München; ^cXARION Laser Acoustics GmbH; ^dAirbus Group Innovations

Bei konventionellen Ultraschallprüfverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung werden flüssige Koppelmittel verwendet, um ausreichend Schallenergie zwischen Ultraschallwandler und Prüfgegenstand übertragen zu können. Im Gegensatz dazu dient bei der Luftultraschallprüfung die Umgebungsluft als Koppelmittel, wodurch sich eine kontaktfreie Inspektion bei konstanten Ankoppelbedingungen realisieren lässt. Um der großen akustischen Fehlanpassung zwischen Gasen und Festkörpern in der Prüfkongfiguration entgegenzuwirken, ist die Weiterentwicklung der luftgekoppelten Ultraschallprüftechnik noch immer stark von der Verbesserung der Ultraschallwandler-Technologie bestimmt. Voruntersuchungen unserer Arbeitsgruppe zeigten den erstmaligen erfolgreichen Einsatz eines neuartigen optischen Mikrofons für Luftultraschallmessungen. Dessen Funktionsprinzip, basierend auf einem Fabry-Pérot-Etalon, ermöglicht eine direkte Messung des Schalldrucks ohne bewegliche Komponenten, wie Membrane oder Piezokeramiken. Dadurch kann ein Grenzflächenübergang des Schalls (von Luft in den Prüfkopf) im Messaufbau vermieden werden. Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen werden kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) und CFK-Sandwichstrukturen mit künstlich eingebrachten Fehlstellen untersucht. Die Luftultraschallmessungen beschränken sich dabei auf das Durchschallungsverfahren mit resonanten, piezokeramischen Sendeprüfköpfen. Die aufgezeichneten Ultraschall-C-Bilder werden anhand zweier Gütekriterien - laterale Auflösung und Empfindlichkeit - bewertet. Ein Vergleich der mit dem optischen Mikrofon und der Empfangsprüfköpfe erstellten C-Bilder zeigt, dass mit dem neuartigen Sensor eine deutlich verbesserte laterale Auflösung erzielt werden kann. Das optische Mikrofon kann sowohl den empfängerseitigen Vorverstärker als auch den Empfangsprüfkopf erfolgreich ersetzen.

Mi. 16:40 MW 1450

Non-destructive materials testing

Lokale Akustische Resonanz-Spektroskopie (LARS): Eine Eskalationstechnik für die schnelle zerstörungsfreie PrüfungChristian Grosse, Philipp Jatzlau und Robin Groschup
TU München

Die Lokale Akustische Resonanz-Spektroskopie ist eine zerstörungsfreie Prüftechnik, die sich für den schnellen Prüfeinsatz zur Fehlstellendetektion eignet. Angewendet im akustischen Frequenzspektrum ist sie

eng verwandt mit der Klopfprüfung, jedoch sind auch Analysen im Ultraschallbereich zulässig. In den letzten Jahren haben sich einige Anwendungen im Maschinenwesen etabliert, bei denen die Eignung von LARS nachgewiesen wurde. Dazu zählen die Inspektion von Rotorblättern u.a. aus Glasfaserverstärkten-Kunststoffen ebenso wie die Defektdetektion in Carbonfaserverstärkten-Kunststoffbauteilen der Automobil- und Luftfahrtindustrie. Zudem gibt es Parallelen zur Impakt-Echo-Technik, die im Bauwesen beispielsweise zur Analyse von Verbundstörungen in Fahrbahndecken oder zur Dickenbestimmung von Betonbauteilen angewendet wird. In allen Fällen eignet sich LARS aufgrund der guten Automatisierungsfähigkeit für schnelle (preiswerte) Messungen. Potentielle Schädigungsstellen können dann im Rahmen einer Eskalationsprüfung mit aufwändigeren zerstörungsfreien oder zerstörenden Prüftechniken näher untersucht werden. Der Vortrag gibt einen Überblick über die verschiedenen Anwendungen und die jeweils verwendeten Mess- und Analysetechniken. Von großer Bedeutung ist dabei die Anregungstechnik sowie die Empfangssensorik. Das Antwortsignal wird typischerweise durch ein oder mehrere Messmikrofone (kapazitive oder MEMS-Mikrofone) aufgezeichnet. Besonders hilfreich ist die numerische Simulation der Impulsantwort im Bauteil, weil dies hilft, die Konfiguration auf Geber- und Empfangsseite zu optimieren und frühzeitig Störeinflüsse zu identifizieren.

Mi. 17:00 MW 1450

Non-destructive materials testing

Der moderne Klopfest der zerstörungsfreien Materialprüfung von Rotorblättern von Windkraftanlagen

Gaetano Andreisek und Bernhard Seeber
TU München, Audio-Signalverarbeitung

Als Teil von wiederkehrenden Prüfungen von Windkraftanlagen werden Rotorblätter von erfahrenen Prüfern auf sichtbare Fehlstellen begutachtet und bei Bedarf mit einem Hammer abgeklopft um verborgene Fehlstellen im Material zu lokalisieren. Aufgrund der schweren Zugänglichkeit der vielen installierten Blätter sind Geräteschlankheit und Zeiteffizienz gefordert, weshalb moderne zerstörungsfreie Prüfmethoden, wie die tieffrequente Phased-Array Ultraschallprüfung, nur schwer Einzug in gängige Prüfabläufe finden. Der Klopfest, der jedoch eine effiziente und schnelle Rotorblattprüfung ermöglicht, wird häufig als nicht mehr zeitgemäß eingestuft, was der Subjektivität und der ungeklärten Detektionsfähigkeit geschuldet ist. Dieser Beitrag erörtert die Detektionsfähigkeit des Klopfests hinsichtlich Defektgröße und -tiefe, wobei der Fokus auf Lufteinschlüsse und Delaminationen in Rotorblattbolzen aus Glasfaser-verbundwerkstoff liegt. Fehlstellen konnten mit Hilfe von ausgewählten akustischen Merkmalen in Tiefen bis zu 25 mm zuverlässig detektiert werden, wobei sich die Fehlstellen ebenfalls nach der Schwere des Defekts klassifizieren ließen. Darüber hinaus erweist sich der Klopfest als robust gegenüber sich ändernden strukturellen Randbedingungen (z.B.

Materialstärke oder Lagerungsbedingungen). Die Ergebnisse unterstreichen, dass der Klopftest Defekte anhand von objektiven Kriterien lokalisieren und quantifizieren kann, was neue Möglichkeiten wie eine automatisierte, robotergestützte Untersuchung eröffnet.

Mi. 17:20 MW 1450

Non-destructive materials testing

Anwendungen der lokalen akustischen Resonanzspektroskopie (LARS) an Rotorblättern von Windenergieanlagen

Anne Jüngert^a und Christian Grosse^b

^aMPA Universität Stuttgart; ^bTU München

Die lokale akustische Resonanzspektroskopie (LARS) ist eine Weiterentwicklung der Klopftprüfungen, die üblicherweise an faserverstärkten Kunststoffen zur Detektion von Delaminationen und Hohlstellen verwendet wird. Bei einer einfachen Klopftprüfung wird die zu untersuchende Oberfläche mit einem harten Gegenstand, z.B. einer Münze (coin-tapping test), abgeklopft. Die Anwesenheit oberflächennaher Defekte verändert das Schwingverhalten und somit die erzeugte Klangantwort des Materials. LARS verwendet zur Klanganregung entweder instrumentierte Impulshammer oder einen automatisierten Impact. Im Fall des instrumentierten Hammers, kann die Hammeranregung zur Bewertung des Bauteils zusätzliche Informationen liefern. Die KlangsSignale werden mit einem Mikrofon aufgezeichnet und im Frequenzbereich ausgewertet. LARS lässt sich an verschiedenen Materialien anwenden, und funktioniert sehr gut an faserverstärkten Kunststoffen. Rotorblätter von Windenergieanlagen bestehen zu großen Teilen aus glasfaserverstärkten Kunststoffen. Zur Detektion von Lufteinschlüssen, Hohlstellen und Delaminationen kommen Klopftprüfungen in der Praxis regelmäßig zum Einsatz. Die Anwendung von LARS am Rotorblatt bietet sich also ebenfalls an. Die Ergebnisse von Messungen an Teilstücken und an Bereichen ganzer Rotorblätter werden hier demonstriert und bewertet.

Mi. 17:40 MW 1450

Non-destructive materials testing

Untersuchung und Anwendung von Faser-Bragg-Gitter-Sensoren für hochfrequente Schallwellendetektion

Datong Wu, Gabriele Marchi, Janez Rus, Johannes Roths, Peter Drexler und Barbara Hopf

Hochschule München

Untersuchung und Anwendung von Faser-Bragg-Gitter-Sensoren für hochfrequente Schallwellendetektion

Auf optischen Fasern beruhende Sensoren finden bereits viele technische Anwendungen, was auf ihre hohe Empfindlichkeit, ihren kompakten Sensoraufbau und ihre Robustheit zurückzuführen ist. Für Ultraschall-Anwendungen weisen optische Faser-Bragg-Gitter-Sensoren weitere Vorteile auf. Die größere Bandbreite im Vergleich zu Piezosensoren spielt dabei eine wichtige Rolle, insbesondere bei der nichtlinearen

Akustik im Bereich der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung mittels Ultraschall, z. B. zur Detektion nichtlinearer Lamb-Wellen unterschiedlicher Moden. Untersuchungen mit FBG-Sensoren für Ultraschall-Anwendungen wurden insbesondere im Hochfrequenzbereich (> 4 MHz) durchgeführt, wobei die Empfindlichkeit des FBG-Sensors in Abhängigkeit der Bragg-Gitter-Länge, sowie die Richtcharakteristik die Hauptmerkmale waren. Um die Empfindlichkeit und die Bandbreite des Sensors deutlich zu erhöhen, wurden pi-shifted-FBG-Sensoren mit verbesserten spektrale Kanteneigenschaften für höhere Sensorempfindlichkeit gefertigt und für die Anwendung untersucht. Die experimentellen Untersuchungen wurden mit den Simulationsergebnissen vergleichend analysiert. Das Untersuchungsergebnis zeigt das vielversprechende Potential der pi-shifted-FBG-Sensoren hinsichtlich der Sensorempfindlichkeit und der Ortsauflösung für hochfrequente Ultraschall-Anwendungen.

Sitzung „Psychoakustik IV“

Mi. 8:40 MW 1550

Psychoakustik IV

Eine modulare Hörversuchssteuerung auf Basis von Audio-Plugins

Peter Meier und Gerhard Krump

Technische Hochschule Deggendorf

Das "Kompendium zur Durchführung von Hörversuchen in Wissenschaft und industrieller Praxis" (DEGA 2008) zeigt einige Messmethoden auf, für die eine rechnerbasierte Hörversuchssteuerung von Vorteil ist. Die Implementierung von Hörversuchsabläufen als Computerprogramm ist in der Regel ein zeitaufwendiger Prozess. Daher ist es oft sinnvoll, die Software in einzelne Module zu unterteilen und nach dem Baukastenprinzip für verschiedene Anwendungsfälle wieder zusammenzusetzen. Dies vereinfacht nicht nur die Softwareentwicklung, sondern erhöht auch die Wiederverwendbarkeit der einzelnen Bausteine. Eine gute Möglichkeit der modularen Aufteilung von Audiosoftware bietet das Konzept der Audio-Plugins. Diese sind vor allem im kreativen Audibereich weit verbreitet, lassen sich aber auch als wissenschaftliche Werkzeuge für Hörversuchssteuerungen einsetzen. Der Vorteil liegt hier in der Benutzung von sogenannten DAWs (Digital Audio Workstations). Diese stellen bereits eine gewisse Bandbreite an Grundfunktionen zur Verfügung, die dann durch Audio-Plugins gezielt erweitert werden können. Im Rahmen des vorliegenden Beitrags wird ein System zur Steuerung von Hörversuchen vorgestellt, welches an der Technischen Hochschule Deggendorf entwickelt wird. Es basiert auf der Software Ableton Live und einer Sammlung von Max for Live (Max/MSP) Plugins, die für unterschiedliche Hörversuchsszenarien verwendet werden können. Im Beitrag werden Erfahrungen bei der Entwicklung und der Benutzung des Systems weitergegeben und praktische Anwendungsbeispiele präsentiert.

Mi. 9:00 MW 1550

Psychoakustik IV

Online-Hörversuche zur Bewertung der Zahneingriffsgeräusche von inäquidistanten Verzahnungen

Philipp Neubauer, Joachim Bös und Tobias Melz

Fachgebiet SAM, TU Darmstadt

Die am Fachgebiet SAM der TU Darmstadt entwickelte inäquidistante Verzahnung zeichnet sich durch eine unregelmäßige Zahnanzahl an Zahnrädern eines Getriebes aus. Ziel der Forschung ist es, das Zahneingriffsgeräusch von Getrieben zu mindern, insbesondere durch eine Veränderung des Geräuschcharakters hin zu einem weniger lästigen Geräuscheindruck. Die Möglichkeit einer Verringerung des Summenschalldruckpegels des Zahneingriffsgeräusches konnte bereits messtechnisch nachgewiesen werden. Jedoch konnte für die These von subjektiv weniger lästig empfundenen Zahneingriffsgeräuschen durch inäquidistante Verzahnungen bisher noch kein Nachweis erbracht werden. In diesem Beitrag wird nun dieser Nachweis mithilfe eines Online-Hörversuches durchgeführt. Die Erstellung der synthetisch erzeugten Hörproben, bestehend aus Zahneingriffsgeräuschen von verschiedenen inäquidistanten Verzahnungen, wird beschrieben, gefolgt von der Konzeption, Durchführung und Auswertung des Online-Hörversuches, an dem über 60 Probanden teilnahmen. Es wird auf Chancen und Herausforderungen eines Online-Hörversuchs eingegangen. Schließlich werden die Ergebnisse analysiert, wobei sich zeigt, dass die Geräusche von inäquidistanten Verzahnungen tatsächlich als weniger, teils sogar erheblich weniger lästig bewertet werden als jene von vergleichbaren konventionellen Verzahnungen. Weiterhin zeigen die Ergebnisse, dass sogar Geräusche mit einer höheren subjektiv empfundenen Lautstärke als weniger lästig empfunden werden können.

Mi. 9:20 MW 1550

Psychoakustik IV

Hörstudie zum Vergleich von realen und synthetischen Motorgeräuschen mit Bezug auf die Parametrisierung der GeräuschsyntheseFelix Gaerner^a, Robert Henneberger^b und Stefan Sentpali^b^aMdynamiX; ^bHochschule München

Basierend auf einfachen Modellierungsgrößen, wie der Angabe von Ordnungszahlen und -Amplituden oder Modulationsparametern wurden synthetische Nachbildungen von realen Motorgeräuschen erzeugt. In einer Studie wurden Probanden zu der Ähnlichkeit der Nachbildungen und der realen Geräusche befragt. Die Ergebnisse dieser Studie werden dargestellt und analysiert.

Ziel der Untersuchungen ist es Zusammenhänge zwischen dem Aufwand der Parametrierung für die Geräuschsynthese und der empfundenen Ähnlichkeit der realen und synthetisierten Geräusche zu ermitteln.

Außerdem wird die empfundene Ähnlichkeit mit objektiven Ähnlichkeitskriterien, wie Autokorrelationen, oder Übereinstimmungen in psychoakustischen Kenngrößen verglichen.

Mi. 9:40 MW 1550

Psychoakustik IV

Personal Sound Zones: Study on the Threshold of Acceptability in an Automotive Environment

Maximilian Schaab, Tobias Clauß, Jakob Bergner und Christoph Sladeczek

Fraunhofer IDMT

Personal sound zones aim to spatially limit the audibility of reproduced audio content. An ideal solution supplies multiple listeners in the same room with different audio signals without the need for headphones or constructional acoustic barriers. These systems however suffer from physical limitations, resulting in crosstalk beyond the borders of a sound zone into another. Especially when reproducing multiple sound zones in small rooms (e.g. within vehicle cabins), significant interferences from adjacent sound zones can diminish the perceptive listening experience. While physical metrics can quantify the magnitude of these interferences, e.g. by measuring the sound pressure level, the actual impairment of the subjective listening experience can usually not be quantified on that basis. The studies presented in this work show the existence of a program-dependent threshold of acceptability of interfering audio signals as well as indications of different factors influencing this threshold.

Mi. 10:20 MW 1550

Psychoakustik IV

Charakterisierung von Ventilatorgeräuschen mit einem semantischen Differential

Stephan Töpken und Steven van de Par

CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

Ventilatorgeräusche sind häufig ein Bestandteil der täglich wahrgenommenen Geräuschkulisse. Je nach Ventilortyp, Zuströmsituation und Betriebszustand ergeben sich Geräusche, die sich im A-bewerteten Schalldruckpegel und insbesondere auch in ihrem Klangcharakter deutlich unterscheiden. Das Ziel dieser Studie ist eine Bestimmung der Dimensionen des Wahrnehmungsraumes, eine Identifikation der bewertungsrelevanten Dimensionen und die Entwicklung von (psycho-)akustischen Parametern, die die bewertungsrelevantesten Wahrnehmungsdimensionen von Ventilatorgeräuschen abbilden. In einem Hörexperiment wurden 35 verschiedene Ventilatorgeräusche von insgesamt 45 Probanden mit einem semantischen Differential bewertet, welches aus 29 Adjektivpaaren bestand. Das semantische Differential wurde im Rahmen von zwei Pretests entwickelt. Aus ursprünglich 438 Adjektiven wurden 106 Adjektivpaare zusammengestellt und hinsichtlich ihrer Eignung

beurteilt. Basierend auf zwei Faktoranalysen ergeben sich sechs Wahrnehmungsdimensionen und fünf Geräuschgruppen. Die sechs Wahrnehmungsdimensionen beschreiben wie (I) angenehm, (II) brummend, (III) schrill, (IV) monoton, (V) hallend und (VI) rauschhaft die Geräusche sind. Basierend auf den semantischen Profilen der Geräuschgruppen hinsichtlich dieser Wahrnehmungsdimensionen können die Geräuschgruppen als (A) unangenehm, (B) brummend, (C) angenehm, (D) rauschhaft und (E) abwechslungsreich charakterisiert werden. Es zeigt sich, daß die Gruppen der angenehmen und der unangenehmen Geräusche sich hauptsächlich hinsichtlich der ersten drei Wahrnehmungsdimensionen unterscheiden.

Mi. 10:40 MW 1550

Psychoakustik IV

Psychoakustische Untersuchung tonaler Komponenten von Zugvorbeifahrten

Christine Huth^a, Geske Eberlei^a, Manfred Liepert^a und Thomas Kempinger^b

^aMöhler + Partner Ingenieure AG; ^bDB Netz AG

In der vorliegenden Untersuchung wurden Zugvorbeifahrten mit stark ausgeprägten tonalen Komponenten schrittweise modifiziert. Um die tonalen Komponenten schrittweise abzusenken wurde die Vorbeifahrt mit den tonalen Anteilen in unterschiedlichen Pegelverhältnissen zu einer Referenzvorbeifahrt ohne ausgeprägte tonale Komponenten addiert. Zusätzlich wurden unterschiedliche Bandbegrenzungen an der tonalen Vorbeifahrt durchgeführt. Die so realisierten Stimuli wurden im Hörversuch bezüglich ihrer Akzeptanz befragt. Die Ergebnisse werden in Bezug auf die tatsächlich zugrunde liegenden Änderungen im Abwerteten Pegel diskutiert.

Mi. 11:00 MW 1550

Psychoakustik IV

Comparison of Different Loudness Models with Subjective Evaluations of Real Sounds: Vacuum Cleaner and Shaver Examples

Serkan Atamer und M. Ercan Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

Loudness is a fundamental unit in psychoacoustics. There are different models and standards available for calculating loudness. In recent decade, there has been considerable amount of effort to apply these models and calculate the loudness of various product sounds to evaluate their perceived quality. This study focuses on the perception of the term "loudness" using real vacuum cleaner and shaver sounds. Those two separate sounds are particularly selected due to their stationary noise characteristics. Subjects are asked to evaluate the perceived loudness of the sound samples using different psychometrical tests and results are compared with the calculated loudness values from different standards. Advantages and shortcomings of different loudness models are compared for stationary real noise sources.

Sitzung „Aktive akustische Systeme“

Mi. 14:00 MW 1550

Aktive akustische Systeme

Untersuchungen zur aktiven Lärminderung in GradientenmaterialienThomas Kletschkowski*Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg*

Grundlagen, Verfahren und Realisierungen der aktiven Lärminderung werden seit den 1930er Jahren entwickelt und haben in verschiedenen Anwendungen - zu nennen sind beispielsweise Kopfhörer mit aktivem Gegenschall oder Systeme zur aktiven Lärminderung in Flugzeugkabinen - eine hohe Technologiereife erreicht. Die Entwicklungen stützen sich dabei meist auf physikalisch-mathematischen Modellbildungen ab, die lineares Systemverhalten voraussetzen und einfache Materialien zugrundelegen. Die Eigenschaft der Linearität ermöglicht es effektiv, adaptive Filter einzusetzen und eine Beschreibung elastischen Werkstoffverhaltens, die nur erste Verschiebungsableitungen berücksichtigt, ist in den meisten Fällen eine zufriedenstellende Approximation des realen Materialverhaltens. Werden jedoch Materialien mit inneren Längen betrachtet, deren Bedeutung derzeit durch Verfahren der additiven Fertigung erheblich zunimmt, könnte es notwendig werden, Gradienteneigenschaften zu berücksichtigen. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit einem theoretischen Fall, bei dem die Wellenausbreitung in einem eindimensionalen akustischen Gradientenmaterial, analysiert und mit der konventionellen Modellbildung verglichen wird. Nach der Ableitung der das Problem beschreibenden partiellen Differentialgleichung für den Schallwechseldruck, wird deren Lösung im Frequenzbereich für den Fall freier und erzwungener Schwingungen diskutiert. Unter Berücksichtigung spezieller Randbedingungen für die Schallschnelle, vorgegeben am linken und rechten Rand, wird die aktive Reduktion des Schallwechseldruckes vor der Sekundärquelle analysiert. Von besonderem Interesse sind hierbei Pol- und Nullstellen des Frequenzgangs der optimalen Ansteuerung der Gegenschallquelle.

Mi. 14:20 MW 1550

Aktive akustische Systeme

Untersuchung der akustischen Eigenschaften von Plasmalautsprechern auf Basis einer dielektrischen gehemmten Oberflächenentladung (SDBD)Daniel Kotschate^a, Mate Gaal^a und Holger Kersten^b^aBAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; ^bChristian-Albrechts-Univ. zu Kiel, Inst. f. experiment. u. angewandte Physik

Analog zu Blitz und Donner können elektrische Entladungen innerhalb eines Gasvolumens als akustische Quellen agieren und haben daher

eine starke Verbreitung als diagnostische Methode (bspw. in der Raumakustik und bei der Ortung von Teilentladungen). Diese auf dem Prinzip der Thermoakustik beruhende Möglichkeit der Schallerzeugung und die damit verbundenen physikalischen Wechselwirkungen machen die Notwendigkeit einer mechanisch ausgelenkten Membran überflüssig. Dabei wird dem hochfrequenten Träger das Nutzsignal aufgeprägt, welches eine Volumenänderung des umliegenden Gases um seinen Ruhezustand verursacht. Durch die somit hervorgerufene zyklische thermische Wechselwirkung mit dem umliegenden Gasgemisch bedarf es daher ebenfalls keiner akustischen Anpassung. In den vorgestellten Ergebnissen wurde das Übertragungsverhalten eines Oberflächenplasmas (SDBD, surface dielectric barrier discharge) untersucht. Als Maß für den Wirkungsgrad und das Übertragungsverhalten des Aktuators wurden Klirrfaktor- und THD- Messungen und unter Variation der Eingangsleistungen durchgeführt. Durch die positiven akustischen Eigenschaften eröffnen sich neue Applikationen für den Einsatz von Plasmahochtönern wie bspw. zerstörungsfreie Werkstoffprüfung von Verbundsystemen und Klebeverbindungen im Automobilsektor oder im Bauwesen.

Mi. 14:40 MW 1550

Aktive akustische Systeme

Virtuelle Sensortechniken für aktive Gegenschallsysteme - Eine experimentelle Performance Analyse

Jan Buck, Sergej Jukkert und Delf Sachau

Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

Ein Anwendungsgebiet der aktiven Schallreduktion (engl. Active Noise Control, ANC) sind aktive Kopfstützen, welche mit Hilfe von Aktoren (Gegenschalllautsprechern), Sensoren (Mikrofonen) und einer Signalverarbeitungseinheit eine lokale Ruhezone im Kopfbereich erzeugen. Eine Platzierung von Mikrofonen im Bereich des Ohres ist dabei aus praktischen Gründen oft nicht möglich und z.B. in Auto- und Flugzeugsitzen aufgrund von Komfort-Anforderungen unerwünscht. Aus diesem Grund werden virtuelle Sensortechniken genutzt, um die Ruhezone in den Bereich des Ohres zu verschieben. In der bestehenden Literatur werden virtuelle Sensortechniken jedoch nur unter vereinfachten Bedingungen getestet. Aus diesem Grund werden in dieser Arbeit verschiedene in der Literatur oft zitierte virtuelle Sensortechniken mit und ohne Kopfverfolgung für breitbandige Störsignale miteinander verglichen. Für die Experimente wird ein einkanaliges Gegenschallsystem mit internem Modell zur Kompensation der akustischen Rückkopplung sowie einem kombinierten Fehler- und Referenzmikrofon verwendet. Untersucht wird insbesondere der Einfluss von realistischen Bedingungen, wie z.B. Kopfbewegungen und Veränderungen in der Signalstatistik des Störschallfeldes, auf die Form der Ruhezone und den Regelungserfolg am Ohr. Alle untersuchten virtuellen Sensortechniken zeigen dabei Einschränkungen bei der Anwendbarkeit.

Mi. 15:00 MW 1550

Aktive akustische Systeme

Entwicklung eines Echtzeit-Antischall-Systems für FeuerwehrhelmeAnton Namenas^a, Seedo Eldho Paul^a, Michael Brodersen^b und Gerhard Schmidt^a^a *Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*; ^b *Dräger Safety AG & Co. KGaA*

In einem Einsatz ist die Feuerwehr zahlreichen akustischen Lärmquellen ausgesetzt. Bedingt durch die spezifischen akustischen Gegebenheiten eines Feuerwehreinsatzes und nicht zuletzt durch lärm erzeugende Werkzeuge weisen diese Geräusche sowohl zeitliche Instationaritäten als auch unterschiedliche spektrale Eigenschaften auf. Eine übermäßige Lärmeinwirkung kann zu verschiedenen gesundheitlichen Problemen führen und zur Erhöhung des Stressniveaus beitragen. Gleichzeitig erschweren die Umgebungsgeräusche die Verständigung unter den Feuerwehrmännern. All das kann sich ungünstig auf den Feuerwehreinsatz auswirken. Zwecks besserer Kommunikation werden schon heute diverse akustische Systeme, vor allem in Atemschutzmasken, eingesetzt. Dabei wird häufig versucht durch lautere Sprachwiedergabe die Verständlichkeit zu verbessern, was wiederum den Gesamtschalldruckpegel erhöht. Als Alternative zu solchen Systemen bietet sich die Anwendung von aktiven Antischall-Systemen in Kombination mit Kommunikationseinheiten an. Dieses Paper präsentiert ein Echtzeit-Antischall-System (EAS) zur Geräuschunterdrückung in Feuerwehrhelmen. Das System ist auf der Basis eines zweikanaligen Filtered-X least-mean-square (FX-LMS) Algorithmus aufgebaut. Im Fokus dieser Arbeit steht die Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von aktiven Antischall-Systemen in Feuerwehrhelmen.

Mi. 15:20 MW 1550

Aktive akustische Systeme

Positionsadaptive Lärmreduktion mittels Model-Lookup-ControlSven Höber, Christian Pape und Eduard Reithmeier*Leibniz Universität Hannover, Inst. f. Mess- u. Regelungstechnik*

Besonders an industriellen Arbeitsplätzen aber auch im Alltag sind Menschen häufig einem hohen und vor allem kontinuierlichen Lärmpegel ausgesetzt. In der Umgebung großer Transformatoren oder rotierender Maschinen wie Flugzeugtriebwerken wird primär tieffrequenter Schall emittiert, der durch das Tragen des üblichen passiven Gehörschutzes nur unzureichend gedämpft wird. In Flugzeugcockpits beispielsweise finden daher bereits aktiv wirkende Maßnahmen Anwendung, die den Triebwerkslärm an den Pilotenplätzen mittels Gegenschall reduzieren. Verfügbare aktive Lösungen sind jedoch entweder an feste Positionen gebunden oder machen das Mitführen entsprechender tragbarer Geräte nötig. Das Ziel der vorgestellten Lösung ist die Beseitigung dieser

Einschränkungen. Dazu wird die Methode des virtuellen Mikrofons angewandt und dessen Wirkposition adaptiv mittels Kamera-Tracking verschoben. Dabei ist die erreichbare Schallreduktion vor allem von der parametrischen Schätzung der Übertragungsstrecken abhängig, welche jedoch lokal stark variieren. Um dies zu berücksichtigen, wechselt die implementierte Feedforward-Steuerung automatisch die aktuellen Streckenmodelle, entsprechend der aktuell erfassten Position.

Sitzung „Lärmpolitik“

Mi. 17:40 MW 1550

Lärmpolitik

Stand der Technik zur Lärminderung

Andreas Fischer

Currenta GmbH & Co OHG

Nach BImSchG bzw. TA-Lärm ist die Voraussetzung zur Erteilung der Genehmigung einer Anlage oder das Feststellen einer Gemengelage mit dann ggf. erhöhten Immissionsrichtwerten (sogenannte "Zwischenwerte") die Einhaltung des Standes der Technik zur Lärminderung. Der Stand der Technik zur Lärminderung ist daher bei jeder Schallprognose gutachterlich zu prüfen und zu attestieren. Anders als zum Beispiel bei der Luftreinhaltung wird hierbei nicht primär die Emissionsseite, sondern im Wesentlichen die Immissionsseite betrachtet. Da der Stand der Technik zur Lärminderung auch immer die Verhältnismäßigkeit zwischen Aufwand und Nutzen voraussetzt, müssen bei einer Prüfung des Standes der Technik zur Lärminderung neben der akustischen Wirksamkeit betrieblich möglicher Maßnahmen auch immer die damit verbundenen Kosten bestimmt werden. Wie eine solche Prüfung regelkonform und effizient durchgeführt werden kann, wird anhand eines Chemiestandortes mit einer Vielzahl Schallquellen beschrieben. Dabei werden auch Grenzen verhältnismäßiger Lärminderung aufgezeigt.

NEU: Mi. 16:40 MW 1550

Lärmpolitik

Der Fluglärmbericht 2017 des UBA, Analysen und Vollzugsstand

Jörn Lindmaier

Umweltbundesamt

Das im Jahr 2007 novellierte Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) sieht vor, dass die Bundesregierung spätestens im Jahre 2017 dem Deutschen Bundestag Bericht über die Wirkung dieses Gesetzes erstattet. Hierbei soll insbesondere erörtert werden, ob das FluLärmG noch dem Stand der Lärmwirkungsforschung und der Luftfahrttechnik entspricht, ob es die gesetzten Ziele - eine deutliche Verbesserung des Fluglärmschutzes - erreicht hat und wie es sich im praktischen Vollzug bewährt hat.

Zur Vorbereitung dieser Aufgabe hat das Umweltbundesamt (UBA) einen Bericht an das hierfür verantwortliche Umweltministerium (BMUB) verfasst. Dieser UBA-Bericht, der im Mai 2017 veröffentlicht wurde, baut auf Ergebnissen des vom UBA vergebenen Forschungsvorhabens "Weiterentwicklung der rechtlichen Regelungen zum Schutz vor Fluglärm" auf (v.a. zum Vollzugsstand) und enthält eigene Analyse und Empfehlungen hinsichtlich des Standes der Lärmwirkungsforschung und der Luftfahrttechnik. In diesem Vortrag werden diese Analysen vorgestellt und auch Vergleiche mit der Kostenschätzung im Zuge der Novellierung des FluLärmG im Jahr 2007 gezogen.

NEU: Mi. 15:40 MW 0001

Fahrzeugakustik II

Akustische Landschaften - Wie laut ist das Elektroauto?

Christian Gajda und Andreas Wagner

Impulse Audio Lab GmbH

Motorisierte Fahrzeuge prägen seit langem das moderne akustische Stadtbild. Mit Obergrenzen für das Fahrgeräusch gibt der Gesetzgeber einen Rahmen für die Geräuscentwicklung von Fahrzeugen vor, die im urbanen Umfeld vor allem durch Antriebs- und Rollgeräusche bestimmt wird. Eine zunehmende Verbreitung elektrifizierter Fahrzeuge wird oft mit einer deutlich geringeren Geräuscentwicklung gleichgesetzt - doch wird die Stadt der Elektromobile tatsächlich leiser?

Um Passanten vor den deutlich leiseren Elektrofahrzeugen zu warnen, werden weltweit neue gesetzliche Richtlinien geschaffen, die unter anderem einem Mindestpegel, den das Fahrzeug im Stand und bei langsamer Fahrt nach Außen abstrahlen muss, definieren. Wie laut muss das Elektroauto von Gesetz wegen sein und wie wird es klingen? Wird es leiser oder lauter sein als ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor? Ist das Geräusch lästiger oder angenehmer? Dieser Vortrag diskutiert die neuen gesetzlichen Anforderungen im Detail, vergleicht die geforderten Klangpegel mit heutigen Geräuschpegeln und wagt einen Blick in die Zukunft des akustischen Stadtbilds.

NEU: Mi. 17:20 MW 1550

Lärmpolitik

Zwischenwertbildung in einer GemengelageLothar Schmidt*Currenta GmbH & Co. OHG*

Vielfach befinden sich Industrie und Wohnen in vor vielen Jahrzehnten gewachsener enger Nachbarschaft. Neu hinzu kommt das Ziel der Innenverdichtung von Städten. Die Regeln der TA Lärm zu Einwirkungsbereich und Irrelevanzschwellen werden zunehmend restriktiver ausgelegt. Damit steigt der Bedarf nach dem lange wenig betrachtete Instrument der Zwischenwertbildung in Gemengelagen. Aus eigenen Erfahrungen wird aufgezeigt, welche Voraussetzungen für die Zwischenwertbildung bestehen und welche Arbeitsschritte auf dem Weg zu leisten

sind. So sind Erforderlichkeit und Angemessenheit (z.B. Verfahren nach Tegeder und Sachs) aufzuzeigen. Ein besonderes Gewicht hat hier die Einhaltung des Standes der Technik zur Lärminderung mit der dort zu berücksichtigenden Verhältnismäßigkeit. Eine Zwischenwertbildung beruht auf dem Gebot der gegenseitigen Rücksichtnahme, berücksichtigt aber auch die Entstehungsgeschichte der Gemengelage. Eine besondere Herausforderung ergibt sich dabei in der Praxis häufig aus der "Deckelung" bei den Immissionsrichtwerten von Kern-, Dorf- oder Mischgebieten.

Sitzung „Lärmschutz I“

Mi. 8:40 MW 1801

Lärmschutz I

Durchführung eines Ringversuches für Lärm-Immissionsnachweismessungen mit 13 Messstellen nach §29b BImSchG; Motivation, Durchführung, Ergebnisse und Ausblick

Torsten Westphal^a, Dieter Brockmeyer^b und Jörg Kepper^b

^aAkustik-Ingenieurbüro Moll GmbH; ^bAkustikbüro Dahms GmbH

Für die Akkreditierung als Messstelle von Geräuschen nach §29b des BImSchG wird die Durchführung von Eignungsprüfungen angeregt bzw. gefordert. Um dieser Forderung nachzukommen, ist im Mai 2017 auf dem Betriebsgelände der Akustik Ingenieurbüro Moll GmbH ein Ringversuch durchgeführt worden. Die Idee dazu entstand im Akkreditierungsverfahren durch die DAkks. Eine Rundmail der Akustikbüro Dahms GmbH an Fachkollegen des Berliner Raums im Vorfeld des Ringversuchs stieß auf reges Interesse. Die beiden genannten Ingenieurbüros teilten die Vor- und Nachbereitung unter sich auf. Dabei ist die Organisation des Ringversuches bewusst "schlank" gehalten worden. Wesentlich war dabei unter Anderem die Fragen, wie ein solcher Ringversuch parallel von 13 Messstellen durchgeführt werden kann. Zielgrößen des Ringversuches waren der Beurteilungspegel L_r und der Maximalpegel LAF_{max} .

Es wird die Aufgabenstellung des Ringversuches, der Versuchsaufbau während der Messungen, seine Durchführung, Besonderheiten der Messpunkte sowie die Messergebnisse und Schlussfolgerungen daraus vorgestellt. Durch die Anzahl von 13 Messstellen ergibt sich hier auch ein Blick, welche Punkte mehr und welche weniger ergebnisrelevant sind.

Wir erhoffen uns auch rege Diskussionsbeiträge des Fachpublikums, um nicht nur selbst Anregungen zu geben, sondern auch solche mitzunehmen.

Mi. 9:00 MW 1801

Lärmschutz I

Methoden des Maschinellen Lernens als Hilfe bei der Fremdgeräuschkorrektur von LärmimmissionsmessungenThomas Schenk und Konrad SchenkKSZ Ingenieurbüro GmbH

Der messtechnische Nachweis der Lärmimmission in der Nachbarschaft von bestimmten Anlagen erfolgt in zunehmenden Maße mittels Langzeitmessungen bzw. Dauerüberwachungen. Hierbei besteht in vielen Fällen das Problem der Fremdgeräuschkorrektur der Messsignale. Derzeitig muss entweder ein relativ großer Aufwand durch Auswertung von Tonaufzeichnungen und/oder anderen Informationsquellen betrieben werden oder es muss ein bestimmter Fehler des Beurteilungsspiegels in Kauf genommen werden. Deshalb wurde in der Vergangenheit versucht, mit unterschiedlichen Verfahren eine automatisierte Geräuschquellenerkennung zu realisieren. Je nach Komplexität und Kompliziertheit der konkreten Messbedingungen sind hierbei gängige Methoden der Signalanalyse in vielen Fällen nicht mehr ausreichend. Versuche mit Methoden der Künstlichen Intelligenz bzw. des Maschinellen Lernens haben demgegenüber gezeigt, dass beim derzeitigen Stand der Technik eine universelle automatisierte Geräuscherkennung aller real vorkommenden Quellenarten kaum realisierbar ist. Deshalb erfolgten weitere Untersuchungen mit Beschränkung auf die für übliche Geräuschimmissionsmessungen wichtigsten Geräuschquellenarten (technische Geräusche, Straßenverkehr, Eisenbahn, Flugverkehr, Naturgeräusche, Glockenläuten ...). Je nach akustischen Randbedingungen und Aufgabenstellungen ist hinsichtlich der Fremdgeräuschkorrektur eine positive Selektion (Erkennung der Geräuschquelle, für die der messtechnische Nachweis erfolgen soll) oder eine negative Selektion (Erkennung der Fremdgeräuschquellen) möglich. Im Vortrag werden die aktuell erzielbaren Erkennungsraten sowie Vor- und Nachteile bzw. Einsatzgrenzen aufgezeigt.

Mi. 9:20 MW 1801

Lärmschutz I

Abnahmeverfahren zur Schalldämmung von Lärmschutzwänden an StraßenHeinz HoislbauerTAS SV-GmbH, Linz (A)

Im Zuge eines Projekts (VIF 2014, Nr. 850499) im Auftrag der ASFINAG (Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft) sowie des BMVITs (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) - vertreten durch die FFG (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft) - zur akustischen Abnahmeprüfung von Lärmschutzwänden an Straßen und Autobahnen wurden entsprechende Grundlagen erarbeitet und ein Handbuch verfasst. Basierend auf den Normen für die Ermittlung der Schallreflexion (EN 1793-5) sowie der

Schalldämmung (EN 1793-6) sollen Beurteilungen der akustischen Leistungsfähigkeit einer Lärmschutzwand vor Ort in Zukunft möglich sein. In diesem Beitrag wird die Schalldämmung behandelt. Aufgrund des Aufwandes sind konkrete Messungen nach EN 1793-6 allerdings nur an einzelnen Stellen praktisch durchführbar. Als Grundlage für eine schalltechnische Beurteilung einer Lärmschutzwand als Gesamtes werden im gegenständlichen Fall für die Schalldämmung messtechnische Erhebungen sowie statistische Betrachtungen aufgeführt und die Vorgehensweise für Abnahmemessungen nach dem erstellten Handbuch erläutert. Für die Schallreflexion erfolgt ein Beitrag durch AIT (Austrian Institute of Technology).

Mi. 10:00 MW 1801

Lärmschutz I

Akustisches Abnahmeverfahren zur Überprüfung der Schallreflexionseigenschaften von Lärmschutzwänden an Straßen

Marco Conter, Andreas Fuchs und Reinhard Wehr

AIT Austrian Institute of Technology

Die schalltechnische Bewertung von Lärmschutzwänden an Verkehrswegen erfolgt derzeit lediglich durch Prüfzeugnisse aus Messungen nach dem sogenannten Hallraumverfahren (nach EN 1793-1 und EN 1793-2) vor dem Einbau der Lärmschutzwände. Die realen Gegebenheiten sowie die Einbauqualität können damit weder erfasst noch überprüft werden. Die in-situ Methoden nach EN 1793-5 und EN 1793-6, die derzeit zur Verfügung stehen, finden aber zurzeit in Österreich noch keine standardmäßige Anwendung. Aus diesem Grund wurde die Entwicklung eines akustischen Abnahmeverfahrens zur Qualitätsüberprüfung von Lärmschutzwänden vorgeschlagen und messtechnisch validiert. Basierend auf vorliegenden Messdaten und zwei im Projekt durchgeführten Messkampagnen wurde eine statistische Analyse der Ergebnisse durchgeführt und schlussendlich ein Prüfhandbuch zur akustischen Abnahmeprüfung von Lärmschutzwänden an Straßen und Autobahnen verfasst. Das Forschungsprojekt (VIF 2014, FFG-Nr. 850499) wurde durch ASFINAG (Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs- Aktiengesellschaft) und BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) finanziert und durch die FFG (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft) abgewickelt. In diesem Beitrag wird insbesondere das Verfahren für die Überprüfung der Schallreflexionseigenschaften dargestellt, für die Schalldämmung wird ein Beitrag vom Projektpartner TAS eingereicht.

Mi. 10:20 MW 1801

Lärmschutz I

Akustische Bewertung von Schäden an Lärmschutzwänden

Jörn Hübelt, Christian Schulze, Paul Lindner und Benedikt Hartmann
Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH

Im Laufe des Lebenszyklus von Lärmschutzwänden können diverse Schadensbilder auftreten. Diese können von Löchern und Schlitten zwischen abschirmenden Wandelementen bis hin zu Witterungs- und Verschmutzungserscheinungen von Absorptionsmaterialien führen. Die Auswirkung dieser Schäden auf die akustischen Eigenschaften des Schallschirms ist bisher nicht detailliert untersucht. Ziel des vorgestellten Vorhabens ist die Entwicklung eines Bewertungsverfahrens zur Abschätzung der noch vorhandenen akustischen Wirksamkeit alter Lärmschutzwände. Mit Hilfe des Verfahrens ist ein Katalog über mögliche Defekte an Schallschirmen und deren Auswirkung auf die akustischen Eigenschaften Schalldämmung und Schallabsorption zu erstellen, um identifizierten Bauschäden insbesondere eine Auswirkung auf das Abschirmmaß zuzuordnen zu können. Auf Basis dieser Angaben können ggf. gezielte und kosteneffektive Maßnahmen ergriffen werden, um den Schallschutz von Immissionsorten dauerhaft zu gewährleisten.

Mi. 10:40 MW 1801

Lärmschutz I

Minderung des Lärms von Straßenbahnen im urbanen Raum

Percy Appel

Umweltbundesamt

Dieses vom Umweltbundesamt (UBA) fachlich begleitete und vom Bundesumweltministerium (BMUB) finanzierte Forschungsprojekt untersucht mögliche Lärmreduzierungsstechnologien und die Umsetzung dieser Technologien bei Straßenbahnen. Im Hinblick auf die fortschreitende Verdichtung der Ballungsräume und den damit notwendigen Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs ist es von enormer umweltpolitischer Bedeutung, dass Straßenbahnen möglichst geräuscharm betrieben werden. Allerdings sind die derzeitigen rechtlichen, zulassungstechnischen, betrieblichen und ökonomischen Rahmenbedingungen nicht oder nur bedingt geeignet, diese Ziele zu erreichen. In dem geplanten Forschungsvorhaben sollen fundierte technische und betriebliche Konzepte zur Lärmreduzierung der Straßenbahnen, die Möglichkeiten des baulichen Schallschutzes und die rechtliche Aspekte zur Umsetzung untersucht werden. Dabei ist anzumerken, dass innovative Lärmreduzierungsmaßnahmen für Neufahrzeuge und lärmreduzierende Umrüsttechnologien für Bestandsfahrzeuge durchaus vorhanden sind, bzw. kurz vor der Marktreife stehen. Es steht jedoch zu befürchten, dass diese unter den gegebenen (zum Beispiel rechtlichen) Randbedingungen nur sehr langsam im Markt Verbreitung finden. Das Forschungsvorhaben soll dazu beitragen, die Hemmnisse in Bezug auf Marktdurchdringung, Betrieb, Instandhaltung und Gesetzgebung zu identifizieren und zu beschreiben.

Es sollen konkrete Lösungsansätze unterbreitet, deren Realisierbarkeit abgeschätzt und die Akteure benannt werden. Das Gutachten wird voraussichtlich 2020 abgeschlossen werden.

Mi. 11:00 MW 1801

Lärmschutz I

Lärmbewertung bei mehreren Verkehrsträgern

Michael Chudalla

Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Durch die zunehmende Mobilität und aufgrund der immer dichter werdenden Verkehrsnetze tritt die Lärmbelastung durch mehrere Verkehrsträger mehr und mehr in den Vordergrund. In der Regel wird die Betrachtung der Immissionsbelastung für jeden Verkehrsträger einzeln durchgeführt. Eine Gesamtbewertung erfolgt lediglich in Einzelfallbetrachtungen. Auch bei der Erstellung von strategischen Lärmkarten und Lärmaktionsplänen gemäß EU-Umgebungslärmrichtlinie erfolgt die Betrachtung in der Regel getrennt. Zur Findung eines umfassenden Ansatzes zur Gesamtlärmbewertung, betrachten wir in dieser Untersuchung exemplarisch Szenarien mit mehr als einem Verkehrsträger.

Dies erfolgt mit dem Ziel, zukünftig folgende Fragen beantworten zu können: Wie berechnet man den Gesamtschallpegel, wenn mehrere Geräuschquellen vorhanden sind? Wie kann man die vielfältigen physiologischen und psychologischen Auswirkungen von Lärm auf den Menschen berücksichtigen? Was sind eindeutige Indikatoren zur Auslösung akustisch wirksamer Minderungsmaßnahmen?

Das langfristige Ziel des Projektes ist es, einen Katalog von Indikatoren und Minderungsmaßnahmen für komplexe Situationen mit mehr als einem Verkehrsträger zu erstellen. Es soll, unter Miteinbeziehung der neuesten Erkenntnisse auf dem Gebiet der Lärmwirkungsforschung, ein anwendbares und transparentes Verfahren entwickelt werden welches es ermöglicht, "Hotspots" leichter zu erkennen, und geeignete Lösungen für die jeweilige Situation zu finden. Dies auch, um Fehlinvestitionen aufgrund von Fehleinschätzungen der Lärmbelastung durch mehrere Quellen zu vermeiden.

Mi. 11:20 MW 1801

Lärmschutz I

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (s.u.)

Sitzung „Lärmschutz (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 11:20 (MW 1801)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel M

Di.-Do.

Lärmschutz (Poster)

Modellierung der Amplitudenmodulation von WEA mit Hilfe eines Drei-Punktquellen-Modells in Anlehnung an IEEE 2400Sergio C. Martinez^a, Kai Pies^b und Florian Fennel^a^a TÜV Rheinland Energy GmbH; ^b Schallt. Ing.-Büro Pies GbR

Die Modellierung der Geräuschabstrahlung von Windenergieanlagen (WEA), einschl. des Effektes der Amplitudenmodulation (AM), ist im Detail komplex. Dies zeigt sich schon daran, dass der Immissionsbeitrag mehrerer WEA sich nicht auf eine einfache Aufsummierung von Beiträgen einzelner Anlagen reduzieren lässt. Dies ergibt sich z.B. einerseits aus der Synchronität der Geräuschanteile, andererseits aus dem Emissionsverhalten einer einzelnen WEA selbst. Messtechnisch sind solche Ergebnisse in der Nähe von WEA vielfach nachweisbar. Im Rahmen dieser Veröffentlichung wird die AM in der Nähe von WEA untersucht. Dies erfolgt in Anlehnung an das Drei-Punktquellen-Modell nach IEEE 2400, dem das Berechnungsverfahren nach Ffowcs Williams-Hawkins (FW-H) zugrunde liegt. Vereinfachend wird in den durchgeführten Berechnungen von einer Atmosphäre ohne Temperaturgradient und von einem Empfänger vergleichbar eines Grenzflächenmikrofons ausgegangen. Das heißt, dass keine Interferenzen am Boden berücksichtigt werden. Die Auflösung der Berechnung muss in Abhängigkeit von der Rotordrehzahl und vom Durchmesser der WEA mind. 10 ms betragen. Die Modellberechnungen zeigen, dass abhängig von der Windrichtung, der Lage der Immissionsorte (IOs) und der Retardierung variable (+/-) Laufzeiten zwischen den Ersatzpunktschallquellen und den IOs auftreten. Es wird gezeigt, dass die berechneten Überlagerungseffekte der einzelnen Schallwellen im Freien und bei nicht zu hohen Frequenzen die AM gut wiedergeben.

Di.-Do.

Lärmschutz (Poster)

Ein simulativer Zugang zum Lautsprecher Positionierungsproblem bei einem teilgeöffneten aktiven Fenster

Robert Feldmann und Delf Sachau

Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

Die Forschungsaktivität im Bereich der aktive Schalldämmung an geöffneten und teilgeöffneten Fenstern hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Im Rahmen der meisten Beiträge erfolgte die Positionierung von Lautsprechern und Mikrofonen experimentell. In diesem Beitrag soll dieses Problem in Vorbereitung auf den Bau eines Demonstrators simulativ mit FEM gelöst werden. Im ersten Schritt wird das Modell eines

Drehkipp-Fenster in der Längsebene betrachtet, wobei die Lautsprecher in eine mit Dämmmaterial ausgekleidete Laibung/Sturz integriert sind. Die Fehlermikrofone werden am Transmissionspfad positioniert. Die Beschränkung auf ein 2D-Modell macht das Problem in Hinblick auf den rechnerischen Aufwand hinreichend kompakt um eine Parameterstudie effizient durchzuführen. Es zeigt sich, dass die Positionierung der Lautsprecher erheblichen Einfluss auf den Regelungserfolg hat; ebenso lässt sich eine schwache Frequenzabhängigkeit auf die optimale Lautsprecherposition beobachten.

Sitzung „Raumakustik I“

Mi. 14:00 MW 1801

Raumakustik I

Elbphilharmonie versus Berliner Philharmonie: Ein Vergleich raumakustischer Planungen, Ergebnisse und Darstellungen

Helmut Fuchs

Casa Acustica

Für beide 'Weinberg'-Architekturen stand der 'Schuhkarton'-Musikvereinssaal Wien mit einer Nachhallzeit von 2s bei mittleren und bis 3s bei tiefen Frequenzen Modell. Die erste "has become one of the models of successful acoustical designs ... A number of terraced surround halls have been built, though none have been as acclaimed as the Berlin Philharmonie" (Beranek 2004). Die zweite ist für Chefdirigent Hengelbrock 2017 "anders als alle anderen - ein phänomenales Wunderwerk". Beide Planungen haben aber das angestrebte Bassverhältnis verfehlt, indem sie die Absorption der für die frühen Reflexionen wesentlichen Begrenzungsflächen deutlich unterschätzten. Die fast konstante Nachhallcharakteristik der Elbphilharmonie hat nach unisono vertretener Meinung von Musikern und Zuhörern zu einem verblüffenden, hellen, durchsichtigen, klaren, wuchtigen Klang geführt. Dies hat tatsächlich etwas mit der außerordentlich photogenen, extra schweren und teuren, aus 10.287 individuell vorgefertigten faserverstärkten Gipsplatten zusammengesetzten 'Weißen Haut' zu tun. Allerdings nicht, wie von Ihren Erfindern wortreich verbreitet, dank der darin nach Berechnungen aufwändig eingeprägten Vertiefungen zwischen 5 und 90 mm. Man kann stattdessen, wie 1931 bei der Jesus-Christus-Kirche und 1963 der Philharmonie in Berlin, von einem weiteren glücklichen Zufall sprechen, obgleich oder weil das Ergebnis in einem wichtigen Punkt eben nicht der vorherrschenden Lehrmeinung und den Erwartungen der planenden Akustiker entspricht.

Mi. 14:20 MW 1801

Raumakustik I

Akustik der Staatsoper Unter den Linden Berlin; Entwurf

Martijn Vercammen und Margriet Lautenbach

Peutz bv

Im Oktober 2017 hat die Staatsoper Unter den Linden in Berlin, nach einer Bauperiode von ca. 7 Jahren, wieder seine Türen geöffnet. Zielsetzung war sowohl eine denkmalgerechte Sanierung als auch eine erhebliche Verbesserung der Akustik. Neben den grundsätzlichen akustischen Schwierigkeiten einer Oper war die wichtigste Einschränkung das geringe Volumen. Auf Grund einer akustischen und baulichen Analyse wurden eingreifende Baumaßnahmen empfohlen und auch durchgeführt, unter Anderem eine Erhöhung der Decke mit ca. 5 m, ohne Erhöhung des Daches. Die Frage, die sich dabei gestellt hatte war, inwieweit ein gekoppelter Raum zur Raumakustik im Hauptvolumen beitragen kann. Anhand eines energetischen Modells gekoppelter Räume war zu zeigen, dass nur ein sehr gut angekoppelter Raum (mit großer Kopplungsfläche und geringer Absorption) einen wesentlichen Beitrag liefern kann. In diesem ersten Vortrag werden einige Ergebnisse der akustischen Berechnungen und Maßstabsmodelluntersuchungen 1:10 gezeigt, und wie diese Untersuchungsergebnisse den Entwurf beeinflusst haben.

Mi. 14:40 MW 1801

Raumakustik I

Akustik der Staatsoper Unter den Linden Berlin; Ergebnisse

Margriet Lautenbach und Martijn Vercammen

Peutz bv

Im Oktober 2017 hat die Staatsoper Unter den Linden in Berlin, nach einer Bauperiode von ca. 7 Jahren, wieder seine Türen geöffnet. Zielsetzung war sowohl eine denkmalgerechte Sanierung als auch eine erhebliche Verbesserung der Akustik. Neben den grundsätzlichen akustischen Schwierigkeiten einer Oper war die wichtigste Einschränkung das geringe Volumen. Auf Grund einer akustischen und baulichen Analyse wurden eingreifende Baumaßnahmen empfohlen und auch durchgeführt, unter Anderem eine Erhöhung der Decke mit ca. 5 m, ohne Erhöhung des Daches. In diesem zweiten Vortrag werden die Ergebnisse der Messungen im fertig gestellten Saal gezeigt und mit Messungen in einigen anderen Opernhäuser (DSO vor Umbau, Köln, Bayreuth, Komische Oper Berlin) verglichen.

Mi. 15:00 MW 1801

Raumakustik I

Die Raumakustik repräsentativer Säle von Schloss Benrath

Tanja Graef^a, Klaus-Hendrik Lorenz-Kierakiewitz^b, Benjamin Pfändner^b und Alexandra Wagner^c

^a RWTH Aachen; ^b Peutz Consult GmbH; ^c Ruhr-Universität Bochum

Schloss Benrath liegt im Süden Düsseldorfs und wurde Mitte des 18. Jahrhunderts als Jagd- und Lustschloss erbaut. Darin befinden sich u.a. repräsentative Säle für Musikaufführungen. In Räumen des Schlosses (Vestibül, Gartensäle und zentraler Kuppelsaal) wurden detaillierte raumakustische Messungen im nahezu unverändert erhaltenen Originalzustand durchgeführt, darunter Messungen der Nachhallzeiten, Schallpegelabnahme mit zunehmendem Abstand von der Schallquelle und Raumimpulsantworten, jeweils mit und ohne Besetzungssimulation. Die - zur Validierung mit mehreren Programmen durchgeführte - Auswertung der Messergebnisse erlaubt eine Beurteilung der Hörsamkeit und einen Vergleich mit heutigen Empfehlungen zur Raumakustik von Kammermusik- und Festsälen. Die Gegenüberstellung der verwendeten Auswertungsprogramme ergab, dass die einzelnen Ergebnisse im Wesentlichen vergleichbar sind; teilweise ergaben sich zwischen den Programmen jedoch Parameterwertunterschiede oberhalb der Hörschwelle. Trotz der global konkaven Geometrie des Kuppelsaals wurden keine die Hörsamkeit ernsthaft beeinträchtigenden echoartigen Effekte festgestellt. Die Ursachen werden im Beitrag erläutert. Insgesamt sind die untersuchten Räume als typisch für die Epoche und für die Darbietung von damaliger festlicher Kammermusik als gut geeignet zu beurteilen. Zudem erlaubt die besondere Geometrie des Kuppelsaals mit zentraler Öffnung und Laterne eine "unsichtbare" Musikerpositionierung als besonderen Klangeffekt. Hiervon wurde eine In-Situ-Auralisation im Vergleich zur üblichen Positionierung durchgeführt, die im Vortrag vorgestellt werden soll.

Mi. 15:20 MW 1801

Raumakustik I

Zu akustischen Eigenschaften ungewöhnlicher Saalformen anhand des Neuen Zentralgebäudes der Leuphana Universität Lüneburg

Tobias Behrens und Wolfgang Ahnert

ADA Acoustics & Media Consultants

Anfang 2017 wurde das architektonisch exponierte 'Neue Zentralgebäude der Leuphana Universität Lüneburg' fertiggestellt. Das darin befindliche Auditorium Maximum weist eine für den entwerfenden Architekten Daniel Libeskind typische schiefwinklige Raumform auf. Dabei prägen aus der Vertikalen nach außen geneigte Wände das Schallfeld. Im Vortrag wird der raumakustische Entwurfsprozess von Maßnahmen zur Wahrung einer nutzungsgerechten Hörsamkeit dargelegt. Auch wird auf die Beschallung und das architektonisch nicht minder faszinierende Foyer des Gebäudes eingegangen.

Mi. 15:40 MW 1801

Raumakustik I

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (s.u.)**Sitzung „Raumakustik (Poster)“**

Kurzvorträge: Mi. 15:40 (MW 1801)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel D

Di.-Do.

Raumakustik (Poster)

Berechnung des Schallfeldes in der Deutschen Oper Berlin mit Raytracing und der Finiten-Elemente-MethodeJan Michael Kimmich^a, Stefan Frank^a, Anton Schlesinger^b und Martin Ochmann^b^aHTW Berlin; ^bBeuth Hochschule für Technik Berlin

Ziel des SIMOPERA-Projekts ist es, die Akustik in großen, komplex geformten Veranstaltungsräumen am Beispiel der Deutschen Oper Berlin zu simulieren und zu optimieren. Eine Optimierung der Akustik ist notwendig, da im Orchestergraben hohe Schalldruckpegel ein Problem für Kommunikation und Gesundheit der Musiker darstellen. In Opernhäusern wird die Raumakustik durch die Kopplung dreier Räume, des Bühnenhauses, des Orchestergrabens und des Zuschauerraums, bestimmt. Diese sind zu komplex, um mit nur einem numerischen Verfahren die Akustik in allen Räumen zufriedenstellend abbilden zu können. Daher soll eine Kombination mehrerer Verfahren angewendet werden. Um wellentheoretische Phänomene wie Raummoden im Orchestergraben und Beugungseffekte bei der Schallabstrahlung vom Orchestergraben in den Zuschauerraum berechnen zu können, wird die Finite-Elemente-Methode eingesetzt. Für Frequenzen oberhalb der Schröderfrequenz werden Methoden der geometrischen Akustik, wie das Raytracing, zum Einsatz kommen. Die Ergebnisse dieser Verfahren werden miteinander und mit den Ergebnissen begleitender raumakustischer Messungen verglichen. Gelingt es die Raumakustik der Deutschen Oper Berlin hinreichend durch Simulationen abzubilden, so können unterschiedliche Maßnahmen zur Verbesserung der Akustik im Orchestergraben und deren Auswirkungen auf die Akustik im Zuschauerraum untersucht werden. In einer virtuellen Simulationsumgebung ist es dann möglich, die Maßnahmen zu auralisieren und damit hör- und erfahrbar zu machen, um weitere Planungsschritte zu erleichtern.

Di.-Do.

Raumakustik (Poster)

Messtechnische Untersuchungen zur Raumakustik der Deutschen Oper BerlinAnton Schlesinger^a, Martin Ochmann^a, Jan Michael Kimmich^b und Stefan Frank^b^aBeuth Hochschule für Technik Berlin; ^bHTW Berlin

Veränderten Hörgewohnheiten ist es zuzuschreiben, dass die Orchesterstärken im vergangenen Jahrhundert angewachsen sind und die Mehrzahl der Opernhäuser die einhergehend erhöhten Schallpegel in den Orchestergräben in Bezug auf das Ensemblespiel und die Gesundheit von Musikern kontrollieren muss. Auch die Deutsche Oper Berlin sieht sich mit dieser Herausforderung konfrontiert. Zu diesem Zweck werden raumakustische Messungen durchgeführt, die den Zustand der Oper nach einem Spielbetrieb von 67 Jahren seit Wiederaufbau des Zuschauerraums beschreiben. Neben standardisierten Messmethoden kommen Mikrofonarrays zum Einsatz, um das deterministische Schallfeld in den Raumdimensionen abzubilden. Diese Messungen ermöglichen zunächst den Vergleich mit den frühen Planungen und Untersuchungen von Cremer et al. aus dem Jahr 1962 während der Konstruktionsphase. Die Messergebnisse dienen zweitens zur Konservierung der allgemein für hervorragend befundenen Akustik des großen, aufgefächerten Zuschauerraums bei künftigen baulichen Vorschlägen zur Verringerung des Schallpegels im Orchestergraben. Vergleichbare Arbeiten zeigen, dass ein verbesserter akustischer Kontakt unter den Musiker im Orchestergraben zu langfristig betrachtet niedrigeren Schallpegeln führen kann, ohne die Dynamik zu beeinträchtigen. Vorrangiges Ziel dieses Projekts ist es daher nicht, die Schallleistung durch konstruktive Maßnahmen zu reduzieren, sondern die wechselseitige Hörbarkeit der Musiker durch ein differenzierteres Klangbild in Raum und Zeit zu erhöhen. Die präsentierten Messergebnisse gestatten erste Hinweise auf mögliche Lösungsansätze.

Di.-Do.

Raumakustik (Poster)

Das Zuschauermikrofon - Smartphones als Empfänger für raumakustische Besetztmessungen

Andreas Wagner

Impulse Audio Lab GmbH

Raumakustische Messungen im Zuschauerraum stellen bei der Planung oder Analyse von Opernhäusern, Theatern und anderen großen Veranstaltungsräumen einen fundamentalen Baustein der akustischen Beratung dar. Im unbesetzten Raum werden daher umfangreiche Messungen mit einer Vielzahl an Sende- und Empfangspositionen durchgeführt, um ein möglichst umfassendes, objektives Bild der raumakustischen Verhältnisse zu erstellen.

Bei Messungen im besetzten Raum hingegen ist die verfügbare Messzeit stark begrenzt, da die Messungen üblicherweise unmittelbar vor einer Veranstaltung mit bereits anwesendem Publikum durchgeführt werden. Dadurch kann für diesen Zustand - der ja eigentlich für eine Beurteilung ausschlaggebend ist - mit praktikablem Aufwand nur eine geringe Anzahl an Sender- Empfänger-Kombinationen gemessen und ausgewertet werden.

Um auch im besetzten Raum mehr Messergebnisse zu erhalten, schlägt der Autor daher vor, das Publikum aktiv in die akustische Messung einzubinden, indem die Smartphones der Zuschauer als akustische Empfänger dienen. Der Vortrag zeigt, dass die heute in Smartphones verbauten Mikrofone für aussagekräftige akustische Messungen geeignet sind und stellt ein Verfahren vor, das die auf dem Smartphone erzeugten Messdaten automatisch erfasst, auswertet und übermittelt. Die Empfängerpositionen werden zudem anhand des akustischen Signals im Raum lokalisiert, was die Möglichkeit zu deutlich detaillierteren Analysen eröffnet, als sie mit bestehender Technik möglich sind.

Sitzung „Raumakustik II“

Mi. 16:40 MW 1801

Raumakustik II

Lautheitsbasierte Nachhallanalyse für raumakustische Anwendungen

Winfried Lachenmayr

Müller-BBM GmbH

Als eine Alternative zur klassischen Nachhallzeitberechnung wurde von Lee et al eine lautheitsbasierte Impulsantwortanalyse unter Verwendung der frei zugänglichen Lautheitsmodelle DLM und TVL vorgestellt. Durch den Ansatz sollen die beiden Aspekte Nachhallpegel und Nachhallzeit sowie weitere wahrnehmungsrelevante Effekte kombiniert werden. Der lautheitsbasierte Ansatz wurde bislang nur für relativ große Parameteränderungen getestet und nicht re-validiert, was für einen Schritt in Richtung der praktischen Nutzung nötig wäre.

In einem Hörversuch in semi-virtueller Umgebung wurden Stimuli mit verschiedener Nachhallcharakteristik bezüglich "gleicher Halligkeit" angepasst. Die zugehörigen Impulsantworten wurden in der Folge mit drei Lautheitsmodellen (DLM, TVL und zusätzlich ISO532-1:2016) analysiert und liefern die Lautheits-Nachhallzeiten EDTN und TN30.

Es zeigt sich, dass das TVL-Modell eine passende EDTN liefert, die besser als der konventionelle Parameter EDT zum Höreindruck passt. Weitere Vergleiche zeigen, dass Nachhallwerte aus dem TVL-Modell durchweg länger sind als die des DLM. Das (genormte) ISO Lautheitsmodell scheint für Auswertungen des Nachhalls am wenigsten geeignet zu sein.

In dem Beitrag werden die Versuche vorgestellt und Ergebnisse diskutiert.

Mi. 17:00 MW 1801

Raumakustik II

Non-exponential decay curves in reverberation chambers

Jamilla Balint und Gerhard Graber

TU Graz

ISO 354 Annex D gives recommendations to increase the diffusivity in reverberation chambers by installing diffusers. The absorption coefficient of a sample will be increased with the amount of diffusers until it reaches a maximum value. This paper discusses the reasons for the increase of the absorption coefficient and how this can influence the interlaboratory reproducibility. When an absorber is placed on the ground without any diffusing elements in the room, the energy decay will exhibit a non-exponential nature at mid and high frequencies due to the resulting vertical and horizontal sound field. Calculating the reverberation time with linear regression is questionable in those cases. Measurement results with varying number of diffusers will be discussed showing that the slopes of the initial and late part of the energy decay as well as the bending point are changed.

Mi. 17:20 MW 1801

Raumakustik II

Mehrdimensionale visuelle Clusteranalyse raumakustischer Parameterwerte: Erweiterung auf andere Raumtypen und Vergleiche vor und nach Renovierungen

Klaus-Hendrik Lorenz-Kierakiewitz^a, Benjamin Pfändner^a, Alexander Fuß^a und Stefan Ostrowski^b

^a*Peutz Consult GmbH*; ^b*admost Ostrowski*

Auf der DAGA 2017 wurde ein Verfahren zur visuellen mehrdimensionalen Analyse raumakustischer Parameter in Konzertsälen, Opernhäusern und Kammermusikräumen vorgestellt. Mit dessen Hilfe wurden beispielhaft für die einen Raum kennzeichnenden raumakustischen Parameterwerte wie Nachhallzeit T_{Mid} , Stärkemaß G_{Mid} und Raumvolumen V mit mehrdimensionalen Darstellungen gezeigt, dass sich die verschiedenen Raumtypen innerhalb des von den Parametern aufgespannten Parameterraums in charakteristischen Raumbereichen bündeln und bezüglich der Hörsamkeit als gut beurteilte Räume innerhalb der verschiedenen Raumtypen als Cluster in einem begrenzten Teil-Raumbereich dieses Parameterraums lokalisiert werden können. Im diesem Beitrag soll dieses visuelle mehrdimensionale Analyseverfahren um weitere Raumtypen wie Kirchenräume und Theatersäle erweitert werden. Durch den Vergleich der Position von renovierten Räumen (wie z. B. der Royal Albert Hall, der Tonhalle Düsseldorf, der Oper Düsseldorf und anderer aktueller Beispiele) vorher/nachher soll gezeigt werden, ob und inwieweit die durchgeführten Renovierungen in der Lage waren, eine Positionsänderung der Beispielfräume innerhalb des Parameterraums bzw. gar in

die Cluster-Teilraumbereiche mit hohen Qualitätsbeurteilungen zu verursachen.

Mi. 17:40 MW 1801

Raumakustik II

Acceptable reverberation times at various octave bands in halls for pop and rock music

Niels Werner Adelman-Larsen

Flex Acoustics, Copenhagen

Subjective ratings from 25 professional musicians and sound engineers were obtained to assess two Danish rock venues of similar size and similar low frequency reverberation times, but different high frequency reverberation times. The musicians judged one hall significantly better than the other, confirming a hypothesis that rock venues can have a longer reverberation time at mid to high frequencies at least in the empty condition. A fairly long reverberation time in the 63 Hz octave band is found to be acceptable, so the 125 Hz octave band is probably the single most important band to control for amplified music such as pop and rock.

Mi. 18:00 MW 1801

Raumakustik II

Classification of Rooms in Educational Buildings using different Noise Indicators

Karin Loh, Florian Pausch und Janina Fels

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Former studies provided different reasons for noise in schools and pre-schools. As such, room acoustic design and internal and external background noise sources are contributing to the overall noise level, in addition to the considerable proportion of noise which is generated by the children themselves. Current noise ratings mostly rely on single values, like dB(A), only, considering merely basic psychoacoustics. However, annoyance due to environmental noise is depending on a wider range of aspects which can be represented through psychoacoustic parameters. The aim of this work is to classify and to compare different types of rooms in educational buildings using room acoustic parameters and psychoacoustic parameters, both obtained from room acoustic measurements in silence and from in situ measurements in the presence of children, respectively. Results from different day care centres and primary schools in Aachen are presented in this instance.

Sitzung „Virtuelle Akustik I“

Mi. 8:40 Interim 1

Virtuelle Akustik I

Theory and Implementation of 2.5D WFS of moving sources with arbitrary trajectory

Gergely Firtha und Péter Fiala

Budapest University of Technology

The reproduction of moving sound sources is of great importance when dynamic virtual sound scenes are to be reconstructed. Previous analytical solutions considered only virtual sources moving uniformly along a straight trajectory, synthesized employing a linear loudspeaker array.

This paper deals with the 2.5D Wave Field Synthesis of point sources following an arbitrary trajectory. By adapting the stationary phase approximation for the dynamic scenario loudspeaker driving functions can be derived ensuring optimal synthesis along arbitrary receiver curve applying an arbitrary shaped loudspeaker contour. The implementation of the analytical loudspeaker driving function is however not straightforward. It is discussed, what difficulties arise during the practical implementation of the presented solution, and numerical methods are proposed in order order make real-time implementation possible.

Mi. 9:00 Interim 1

Virtuelle Akustik I

Einfluss von Wettermodellen auf die Auralisierung von Flugzeugen

Jens Mecking und Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Dieser Vortrag befasst sich mit der Auralisierung von Fluglärm, speziell mit Überflugszenarien in der Nähe von Flughäfen. Um ein solches Szenario realistisch in einer virtuellen akustischen Szene abzubilden, muss der Einfluss der Atmosphäre entlang der relevanten Übertragungspfade berücksichtigt werden. In einer einfachen Näherung kann die Atmosphäre als ein homogenes Medium betrachtet werden. Jedoch wird hierbei der Einfluss der mit der Höhe wechselnden Wetterverhältnisse (insbesondere Wind und Temperatur) vernachlässigt. Die Berücksichtigung einer höhenabhängigen Wind- und Temperaturverteilung in Form eines Schichtmodells (stratified atmosphere) zeigt auf der einen Seite ein geändertes Übertragungsverhalten, auf der anderen Seite aber auch einen erhöhten Rechenaufwand gegenüber dem "einfachen" homogenen Modell. Obwohl die berechneten Übertragungsfunktionen für beide Modelle deutliche Unterschiede zeigen, ist unklar, inwieweit diese sich im Höreindruck widerspiegelt. Daher werden für die beiden genannten Modelle Auralisierungen der gleichen akustischen Szene berechnet und die berechneten Audiosignale werden verglichen. Dieser Vergleich erfolgt unter Berücksichtigung sowie unter Vernachlässigung des akustischen

Einflusses von Turbulenzen in der Atmosphäre. Das Ziel der Untersuchung ist es festzustellen, ob der rechnerische Mehraufwand eines inhomogenen Atmosphärenmodells durch eine Verbesserung der virtuellen akustischen Szene gerechtfertigt werden kann.

Mi. 9:20 Interim 1

Virtuelle Akustik I

Auralization of airborne sound transmission for coupled rooms in virtual reality

Muhammad Imran und Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

This paper describes the implementation of airborne sound insulation model in buildings based on ISO-EN: 12354 part I (2017). It comprehends the calculation procedures to evaluate the performance of the building elements, from where we can evaluate the overall performance of the buildings in terms of noise and comfort. The basic parameters that are necessary for the development of the model are based on calculations and/or on measurements in addition to the material properties of the building elements, according to the ISO standards. It focuses on to investigate the performance of the building elements in terms of sound transmission between dwellings by partitions and by flanking structures. The most important data needed are the sound reduction index for direct transmission of the different structures and the vibration level differences across junctions. A comparison between calculation and measurement for different situations is presented by considering different type of building elements and their constructions. Furthermore, based on this model, we suggest algorithm for airborne sound insulation filters for auralization of buildings as an application for the extension towards virtual reality (VR) systems.

Mi. 10:00 Interim 1

Virtuelle Akustik I

On the Estimation of Acoustic Reflection Coefficients from In-Situ Measurements using a Spherical Microphone Array

Sascha Spors und Till Rettberg

Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik

The acoustic reflection coefficients of surfaces are important parameters for geometric modelling. Various methods have been proposed to estimate these from in-situ measurements using one or more sources and microphones distributed in the environment of interest. One particularly illustrative method is to investigate the spatio-temporal structure of the plane wave decomposition of the sound field within the room. Peaks in this representation can be assigned to mirror image sources. This contribution examines the application of a rigid spherical microphone array together with modal beamforming. We elaborate on algorithmic choices for the automatic localization of mirror image sources, as well as for the estimation of frequency-dependent reflection coefficients. The influence

of practical limitations, like the number of microphones and their self-noise, is investigated. Both numerical simulations as well as practical measurements are considered.

Mi. 10:20 Interim 1

Virtuelle Akustik I

Perzeptive Evaluierung von lautsprecher- und kopfhörerbasierter Auralisierung von Aufnahmen kugelförmiger Mikrofon-Arrays

Jens Ahrens und Carl Andersson

Audio Technology, Chalmers University of Technology

Kugelförmige Mikrofon-Arrays können die geometrische Struktur eines Schallfeldes aufzeichnen. Sie eignen sich also prinzipiell zur Aufnahme und Speicherung des Klanges akustischer Umgebungen. Allerdings weisen solche Arrays grundlegende Einschränkungen bezüglich ihrer physikalischen Genauigkeit auf. Diese werden von den Einschränkungen des Darbietungssystems überlagert. Wir stellen die Ergebnisse einer Serie von perzeptiven Evaluierungen solcher Auralisierungssysteme vor. Es zeigt sich, dass eine Ordnung der Kugelflächenfunktionszerlegung von 8 ausreichend ist, um die Kopfhörerauralisierung beinahe ununterscheidbar von einer direkten Kunstkopfaufnahme der gegebenen Szene zu machen. Wird eine solche Aufnahme mittels eines zirkulären Lautsprecher-Array auralisiert, zeigen sich für die zentrale Hörposition ähnliche Ergebnisse wie für Kopfhörer. Nicht-zentrale Hörpositionen weisen starke Verfärbungen der Klangfarbe sowie räumliche Verzerrungen auf.

Mi. 10:40 Interim 1

Virtuelle Akustik I

Detection threshold of uncorrelated (measurement) noise in HRTFs

Andreas Häußler, Henning Kuewen, Joachim Thiemann und Steven van de Par

CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

The present study investigates the influence of uncorrelated (measurement) noise added to a HRTF recording. Therefore, dummy head recordings of the Kemar Artificial Head Type 45BB were used and uncorrelated white noise added. The temporal and spectral effects are examined along with the underlying binaural processes that could make the noise audible. Furthermore, the detection thresholds for uncorrelated white noise added to the HRTF were measured for three HRTF lengths (256, 400 and 1024 samples at 44100 kHz sampling rate) and four different directions with pink noise bursts. The results are given over the SNR, computed as a ratio of the RMS of the first 256 samples (5.8 ms) of the impulse response (representing the direct sound of the HRTF) and the RMS of the noise. We found detection thresholds to be at around 25 dB SNR for the 256 and 400 sample length, increasing to around 32 dB SNR for a length of 1024 samples. These results are useful in designing parameters for HRTF recordings, especially for individualized HRTF recordings, since SNR is a factor of measurement time.

Mi. 11:00 Interim 1

Virtuelle Akustik I

Active adaptation to room reflection patterns

Samuel Clapp und Bernhard Seeber

TU München, Audio-Signalverarbeitung

Research has shown that repeated exposure to a specific reflection pattern can lower the echo threshold and improve speech comprehension in noise, indicating the ability of the human auditory system to suppress reverberant energy in favor of the direct sound. In this study, normal-hearing listeners were asked to localize a sound source in a virtual room, presented via the loudspeakers of the Simulated Open Field Environment in an anechoic chamber. A directivity pattern was applied to the simulated source, resulting in scenarios where some reflections could be equal or higher in level than the direct sound. Three conditions were examined: "no room context," where the task was completed with no prior exposure to the room's acoustics; "active room exploration," where listeners could move themselves and a sound source around the virtual room used in the localization task before completing it; and "passive room exploration," where listeners were first played a recording of the same audio signals that they generated in the "active room exploration" condition before completing the localization task. The results of this study are meant to shed light on higher-level processes that can aid in room learning beyond passive adaptation to one particular reflection pattern.

Mi. 11:20 Interim 1

Virtuelle Akustik I

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (s.u.)**Sitzung „Virtuelle Akustik (Poster)“**

Kurzvorträge: Mi. 11:20 (Interim 1)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel B (Late Poster in Zone C)

Di.-Do.

Virtuelle Akustik (Poster)

Improved Time-Efficiency in Continuous Measurement of Spatial Room Impulse Responses by Dual-Band Excitation

Nara Hahn und Sascha Spors

Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik

In a continuous measurement, a large number of spatial impulse responses are obtained by using a moving microphone. As shown in previous studies, the signal captured by the microphone is a spatio-temporal sampling of the sound field, and thus the system identification constitutes a spatial interpolation process. The effective number of spatial sampling points is given as the total duration of the measurement divided by

the period of the excitation signal. To avoid temporal aliasing, the excitation period has to be longer than any impulse response of the system. Since the microphone speed determines the density of the sampling points, it has to be chosen carefully by taking the wavelength at the highest temporal frequency into account. This results in an oversampling in low frequencies. In this paper, the time-efficiency is improved by performing the measurement separately for different frequency bands. In the low-pass filtered band, the microphone speed can be increased without causing spatial aliasing. In the high-pass filtered band which exhibits a high decay rate, a shorter excitation period can be used which allows a faster movement without losing spatial resolution. The improved time-efficiency of the proposed approach is demonstrated by numerical simulations.

Di.-Do.

Virtuelle Akustik (Poster)

Continuous Directional Room Impulse Response MeasurementsJohannes Klein, Marco Berzborn und Michael Vorländer*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

Measurements of high order directional room impulse responses (DRIR) applying sequential loudspeaker array measurement techniques usually take a long time. The acoustical properties, especially of large rooms (e.g. concert halls, event spaces), can be subject to significant changes during the measurement. These changes can render sub-sets of the measurement incompatible to each other, preventing the composition of a complete DRIR. Hence, it is desirable to speed up the measurement process while maintaining the DRIR order and signal quality.

Continuous measurement methods offer a faster approach for directional measurements than sequential techniques. However, they are currently most widely applied under ideal lab conditions (e.g. HRTF and general directivity measurements). Continuous measurement techniques for DRIR measurements, their relevant parameters, their real-world applicability and speed-up, as well as their impact on the signal quality will be presented.

Di.-Do.

Virtuelle Akustik (Poster)

Extending the closed form image source model for source directivityFabian Brinkmann^a, Vera Erbes^b und Stefan Weinzierl^a^a*TU Berlin, FG Audiokommunikation;* ^b*Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik*

The image source method (ISM) is a widespread tool in room acoustic simulation for the generation of early reflections, which can take into account the source and receiver directivity, as well as the absorption properties of the acoustic environment. A downside of the ISM is the

increase in computational effort with increasing image source order caused by costly visibility checks that need to be done separately for each image source. In the special case of a shoebox shaped room, a closed form ISM exists, thus eliminating the need of visibility checks. However, the closed form ISM inherently assumes omni-directional sources, an assumption that is violated in almost all real-life scenarios. In the current study, we extend the closed form ISM for the source directivity. Moreover, we show that a closed form ISM combined with a stochastic model for the late reflections can render plausible binaural auralizations, even for non shoebox-shaped rooms. This makes it an appealing approach for applications that require perceptually plausible and computationally effective simulations rather than high physical accuracy.

Di.-Do.

Virtuelle Akustik (Poster)

Real-time auralization of propagation paths with reflection, diffraction and the Doppler shift

Jonas Stienen und Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

The auralization of early reflections is often implemented using digital signal processing and steady-state filtering by assembling multiple propagation paths into a single filter. To render the Doppler shift in interactive auralization systems audible, the constraint of linear and time-invariant filtering must be dropped. Instead, resampling during real-time audio processing must be performed. Especially in urban outdoor scenarios, it is not only necessary to account for time variant movement of fast sound sources, but also for dynamics of the built environment. Consequently, if specular reflections and diffraction paths should be considered for real-time auralization, a combination of resampling and filtering must be deployed. A single-input multiple-output variable delay line (SIMO VDL) is suggested to effectively create the Doppler shift for early reflections and to prevent comb filter effects during filter exchange. It consists of multiple interpolating read cursors and subsequent short filtering modules that apply individual spectral attenuation effects caused by medium propagation and boundary interaction.

Di.-Do.

Virtuelle Akustik (Poster)

Transferierung einer objektbasierten Raumsimulationsszene zwischen Räumen mit unterschiedlichen akustischen Eigenschaften und WiedergabesystemenJan Küller, Josua Hagedorn, Maximilian Gagewi und Javier Frutos-Bonilla*Fraunhofer IDMT*

Der Bedarf an hochqualitativen Tonwiedergabesystemen für Liveanwendungen stieg in den letzten Jahren auf ein neues Level. In der Praxis sollen Veranstaltungsräume möglichst verschiedene Anwendungsfälle abdecken. Von Sprache, über Theater, bis hin zu verschiedenen Musikdarbietungen muss sowohl eine angemessene Raumakustik, als auch eine natürliche Lokalisation der Schallquellen gewährleistet werden. Eine Möglichkeit dies zu realisieren ist der Einsatz von objektbasierten Audiosystemen. Dabei gilt als großer Vorteil die Skalierbarkeit von akustischen Szenen zwischen verschiedenen Setups. Die Wiedergabequalität hängt von mehreren Faktoren, unter anderem vom Lautsprechersystem und dem realen Raumeinfluss, ab. In diesem Paper soll untersucht werden, ob ein im Studio optimiertes Klangbild auf einen Ort mit anderen akustischen Eigenschaften übertragen werden kann. Dabei sollen ähnliche raumakustische Charakteristiken am Zielort erzeugt werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen Aufschluss über die einflussreichsten Parameter bei der Einrichtung einer elektroakustischen Raumsimulation geben.

Di.-Do.

Virtuelle Akustik (Poster)

A Geometric Model for Spatial Aliasing in Wave Field SynthesisFiete Winter^a, Jens Ahrens^b und Sascha Spors^a^a *Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik*; ^b *Audio Technology, Chalmers University of Technology*

Wave Field Synthesis aims at a physically accurate synthesis of a desired sound field inside a target region. Typically, the region is surrounded by a finite number of discrete loudspeakers. For practical loudspeaker setups, this spatial sampling causes spatial aliasing artefacts and does not allow for an accurate synthesis over the entire audible frequency range. In the past, different theoretical treatises of the spatial sampling process for simple loudspeaker geometries, e.g. lines and circles, led to anti-aliasing criteria independent of listener's position inside a target region. However, no inference about the spatial phenotype of the aliasing artefacts could be made by this models. This work presents a geometrical model based on high-frequency approximations of the underlying theory to describe the spatial occurrence and the propagation direction of the additional wave fronts caused by spatial aliasing. Combined with a ray-tracing algorithm, it can be used to predict position-dependent spatial aliasing artefacts for any convex loudspeaker geometry.

Sitzung „Virtuelle Akustik II“

Mi. 14:00 Interim 1

Virtuelle Akustik II

Einsatz Objektbasierter Audiowiedergabe im Virtual EngineeringSandra Brix, Jakob Bergner, Tobias Clauß und Christoph Sladeczek
Fraunhofer IDMT

Die Nutzung moderner CAX-Systeme ist heute Stand der Technik in der virtuellen Produktentwicklung. Dabei werden geometrische Modelle durch ihr physikalisches Verhalten erweitert, um bereits in der Entwicklungsphase Produkteigenschaften simulieren zu können. Für die Darstellung von Ergebnissen werden Technologien der Virtuellen Realität (VR) anknüpft und verwendet. Viele VR-Systeme unterstützen allerdings lediglich die visuelle Darstellung virtueller Prototypen. Selten werden Inhalte auch für den auditiven Wahrnehmungskanal aufgearbeitet. Eine objektbasierte Audiowiedergabe ermöglicht die Integration von Audioinhalten in virtuelle Umgebungen bei gleichzeitiger Kopplung an die visuelle Perspektive. Darin sehen Anwender aus der Industrie zwei maßgebliche Anwendungsszenarien: Ein Ingenieur kann sich schon während der Konstruktion das akustische Verhalten eines Produktes anhören. Dazu werden die Simulationsdaten aus dem CAX-System aufgearbeitet und hörbar gemacht. Ein zweiter möglicher Anwendungsfall ist die Produktpräsentation in einer virtuellen Umgebung. Der virtuelle Prototyp kann in seiner zukünftigen Umgebung modelliert und erlebt werden. Für die akustische Gestaltung dieser Inhalte können ebenso klassische Audioaufnahmen verwendet werden. Die vorgestellte Arbeit widmet sich den Herausforderungen und Chancen der akustischen virtuellen Produktentwicklung anhand eines lauffähigen Systems, das in einer strategischen Zusammenarbeit zwischen industrieller und akademischer Welt entstanden ist.

Mi. 14:20 Interim 1

Virtuelle Akustik II

Tools for the production of spatial audio within BINCIAndré Kruh-Elendt^a, André Fiebig^a, Roland Sottek^a und Julien De Muyenke^b^a *HEAD acoustics GmbH*; ^b *Eurecat, Barcelona*

With the rise and propagation of virtual reality (VR) devices for consumer-grade applications, such as cost-effective head-mounted displays (HMDs), the interest and demand for 3D audio formats and spatial audio content has grown. Nonetheless, very few tools exist which enable sound engineers and other members of the creative community to produce spatial audio content for 3D applications in high quality using established workflows and software tools. The EC-funded research project

Binaural Tools for the Creative Industries (BINCI) aims to develop user-friendly tools for the production of 3D audio content, which can be integrated in typical recording, editing, and mixing processes as well as commonly used digital audio workstations (DAWs). This paper gives an overview of the advances made in the project as well as the underlying technologies. Special focus is given to technological features implemented, such as spatial room impulse responses (SRRs), captured with 3D microphone arrays, and the personalization of head-related transfer functions (HRTFs) parting from a database of high-resolution binaural filters.

Mi. 14:40 Interim 1

Virtuelle Akustik II

Die Mischung macht's: Einfluss von Mix und Wiedergabe auf die Präferenz von Hörern bei Popmusik

Alexander Raake^a, Hagen Wierstorf^b und Christoph Hold^c

^aTU Ilmenau, Institut für Medientechnik; ^bUniversity of Surrey; ^cTU Berlin

Bei Vergleichen der Audioqualität von unterschiedlichen Wiedergabeverfahren wie Stereo oder der Wellenfeldsynthese (WFS) werden meist Stücke verwendet, die für eines der getesteten Verfahren abgemischt worden sind. Bestimmte Merkmale des dargebotenen Audiomaterials sind dabei möglicherweise so spezifisch für das zur Abmischung verwendete Wiedergabeverfahren, dass Vorteile anderer Verfahren damit nicht herausgeprägt werden können. Darüber hinaus wurden in der Vergangenheit überwiegend Testmethoden verwendet, bei denen Qualitätsurteile auf einer Bewertungsskala abgefragt und eine Referenzkonfiguration aus Audiosequenz und Wiedergabeverfahren zum Vergleich herangezogen wurde. Eine direkte Abfrage der (binären) Präferenz im reinen Paarvergleich wurde hingegen selten angewendet. Der vorliegende Beitrag fasst die jüngsten Forschungsarbeiten der Autoren zur Auswirkung von Abmischung und Wiedergabeverfahren bei Popmusik auf die Präferenz von Hörern zusammen. Dazu wurden für Zweikanal und 5.1-Stereo sowie WFS dedizierte Abmischungen von Mehrkanalstücken erstellt. In unterschiedlichen Hörtests wurden zur Wiedergabe einerseits reale Lautsprechersysteme, andererseits per dynamischer Binauralsynthese dargebotene virtuelle Lautsprechersysteme verwendet. Die für jedes Wiedergabeverfahren erstellten Abmischungen der Teststücke wurden in einzelnen Parametern stark variiert, um den Einfluss von einzelnen Einstellungen der Abmischung mit dem Einfluss durch das Wiedergabesystem zu vergleichen. Auch stärkere Modifikationen von Parametern der Abmischung zeigten dabei meist einen geringeren Einfluss auf die Präferenz als die Unterschiede zwischen den Wiedergabeverfahren.

Mi. 15:00 Interim 1

Virtuelle Akustik II

Nachhallfreie Aufnahmen für die virtuelle AkustikDavid Ackermann, Christoph Böhm und Stefan Weinzierl*TU Berlin, FG Audiokommunikation*

Für die plausible Auralisation einer modellbasierten, virtuellen akustischen Umgebung spielt sowohl die raumakustische Simulation als auch die Güte des Quellmaterials eine wichtige Rolle. Eine gute Simulation zeichnet sich durch eine exakte Beschreibung der schallabstrahlenden Quelle, des räumlichen Übertragungssystems und des Empfängers aus. Während künstliche, elektroakustische Quellen relativ leicht modelliert und überzeugend auralisiert werden können, stellt das komplexe und nicht-stationäre Verhalten natürlicher Schallquellen, wie z.B. Sprecher, Sänger oder Orchesterinstrumente höhere Anforderungen nicht nur an die raumakustische Simulation, sondern auch an das Quellmaterial. Eine optimale Aufnahme zeichnet sich in technischer Hinsicht durch nachhallfreie Produktion, ein hohen Signal-Rauschabstand und durch ein geringes Übersprechen anderer Schallquellen auf den Aufnahmekanal aus. Gleichzeitig ist für die korrekte Modellierung der Richtcharakteristik in der raumakustischen Simulation eine Aufnahme im Fernfeld der Quelle erforderlich. Ein notwendiges, genaues Referenzieren auf die Aufnahme-position des Mikrofons stellt hierbei eine große Herausforderung dar. Unser Beitrag vergleicht verschiedene Methoden der Modellierung und der Referenzierung der Richtcharakteristik nicht-stationärer natürlicher Schallquellen in ihrem Einfluss auf das klangliche Ergebnis der Auralisation.

Mi. 15:20 Interim 1

Virtuelle Akustik II

Eine Datenbank zur Validierung von akustischen SimulationenLukas Aspöck^a, Fabian Brinkmann^b, David Ackermann^b, Stefan Weinzierl^b und Michael Vorländer^a^a*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen;* ^b*TU Berlin, FG Audiokommunikation*

Die Genauigkeit von (raum)akustischen Simulationsmodellen wird üblicherweise mit Hilfe von Vergleichsmessungen untersucht. Diesen Vergleichen mangelt es oftmals an Objektivität, da die Messungen nicht öffentlich zugänglich sind und häufig nur Spezialfälle abdecken. Dadurch können nur selten dieselben Szenarien für unterschiedliche Simulationsmodelle verglichen werden. Für Simulationssoftware der Raumakustik wurden seit den 90er Jahren mehrere sogenannte Round-Robins durchgeführt (Vorländer 1995, Bork 2000 & 2005), um die Ergebnisse für typische Situationen zu vergleichen. Für die Durchführung von weiteren Round-Robins, die unter anderem auch erstmals perzeptive Evaluation mittels Auralisierung von akustischen Situationen beinhalten, wurde eine Referenz-Datenbank erstellt, die elf typische akustische Szenen beschreibt, alle erforderlichen Eingabedaten beinhaltet und diese

detailliert dokumentiert. Diese Szenen decken sowohl isolierte akustische Phänomene, wie die einfache Reflexion an einer Oberfläche, und Beugungsszenarien ab, als auch komplexere raumakustischen Situationen eines Konzertsaals. Für all diese Szenen wurden sowohl monaurale Impulsantworten als auch binaurale Impulsantworten mit Hilfe des FABIAN-Kunstkopfsystems gemessen. Vollständige Szenenbeschreibungen als auch alle Messungen sind im Rahmen der zweiten Phase des Auralisierungs-Round-Robins (siehe <http://rr.auralisation.net>) frei verfügbar und dienen damit Entwicklern und Wissenschaftlern als umfangreiche Basis für zukünftige Validierungen von Simulationsmodellen.

Mi. 15:40 Interim 1

Virtuelle Akustik II

Präsentation der Poster der Sitzung „Binauraltechnik (Poster)“ (s.u.)

Sitzung „Binauraltechnik (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 15:40 (Interim 1)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel A

Di.-Do.

Binauraltechnik (Poster)

Comparison of the front-back confusion rate of individual and individualized head-related transfer functions

Janina Fels, Hark Braren und Ramona Bomhardt

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

The individualization of head-related transfer functions (HRTFs) is worthwhile if no individual data is available. One opportunity is to individualize an HRTF data set using anthropometric dimensions of the person to be adapted and principal components. However, the localization performance using an individualized data set could be worse than for an individual one. This is often based on the fact that a mismatch between the individual and individualized HRTFs is still remaining. In a listening experiment, this issue is investigated by the front-back confusion rate using individual and individualized HRTFs. The individualization approach for the HRTFs is based on an ITD model for low frequencies and the principal components in combination with the anthropometric dimensions. Hence, not only the individual and individualized HRTFs are tested but also the influence of the ITD model used and reconstructed HRTFs using principal components. Furthermore, to reduce the measurements for the anthropometric dimensions, the symmetry of HRTFs is investigated. The results for six tested directions show especially lower front-back confusion rate for frontal directions for individual HRTFs. For rear positions tested, all variants show similar rates.

Di.-Do.

Binauraltechnik (Poster)

Experiments on localization accuracy with non-individual and individual HRTFs comparing static and dynamic reproduction methodsJosefa Oberem^a, Jan-Gerrit Richter^a, Dorothea Setzer^a, Julia Seibold^b, Iring Koch^b und Janina Fels^a^a*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*; ^b*Institut für Psychologie, RWTH Aachen*

Binaural reproduction can be used in listening experiments under real-life conditions to achieve a high realism and good reproducibility. In recent years a clear trend to more individual reproduction can be observed as the ability to measure individual head-related-transfer-functions (HRTFs) is becoming more widespread. The question of the accuracy and reproduction methods needed for a realistic playback however has not been sufficiently answered. To evaluate an appropriate approach for binaural reproduction via headphones different head-related-transfer-functions (HRTFs) and reproduction methods were compared. In a listening test 14 explicitly trained participants were asked to localize eleven sound sources positioned in the right hemisphere using the proximal pointing method. Binaural stimuli based on individually measured HRTFs were compared to those of an artificial head in a static reproduction of stimuli and in three dynamic reproduction methods of different resolutions (5°, 2.5° and 1°). Unsigned errors in azimuth and elevation as well as front-back-confusions and in-head-localization were observed. Dynamic reproduction of any resolution applied turned out fundamental for a reduction of undesired front-back-confusions and in-head-localization. Individually measured HRTFs showed a smaller effect on localization accuracy compared to the influence of dynamic sound reproduction. They were mainly observed to reduce the front-back-confusion rate.

Di.-Do.

Binauraltechnik (Poster)

Detektion von Windgeräuschen und Windrichtungen: Analyse mit einem acht-kanaligen MikrofonarrayMichael Thiermann^a, Joerg Bitzer^a und Christian Rollwage^b^a*Jade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörtechnik u. Audiologie*; ^b*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie*

Durch turbulente Luftströmungen erzeugte Windgeräusche sind für akustische Messungen oder in Kommunikationssituationen, z. B. bei Mobiltelefonen oder Hörgeräten, ein großes Problem. Windgeräusche verfälschen die Messwerte und mindern die Sprachverständlichkeit. Aus der Literatur sind verschiedene ein- oder mehrkanalige Windgeräuschunterdrückungsalgorithmen bekannt, die eine Windgeräuschreduktion ermöglichen. Für eine erfolgreiche Nutzung müssen die Windgeräusche zunächst richtig detektiert werden, da eine Anwendung der Algorithmen auf nicht windinduzierten Signalen zu Artefakten führen kann. Ziel dieses Beitrags ist es, einen Winddetektionsalgorithmus für ein kleines

acht-kanaliges Mikrofonsystem (Mikrofonarray) zu entwickeln bzw. vorhandene Algorithmen für diese Array- Konfiguration zu testen. Zunächst wird analysiert, wie sich die Windgeräusche in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit und Positionierung des Arrays zur Windrichtung, auf die Aufnahmen der Mikrofone auswirken. Die notwendigen Messungen erfolgen mit und ohne Nutzsignal. Zusätzlich wird untersucht, ob sich auch die Windrichtung durch die Arrayanordnung schätzen lässt. Um valide und vergleichbare Messwerte zu erhalten, wird das Mikrofonarray in einem akustisch optimierten Windkanal aufgebaut und vermessen.

Sitzung „Neue Trends beim VAE-Rendering mit Kopfhörern II“

Di. 16:40 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern II

Comparison of Different Methods to Create an Interactive Augmented Auditory Reality Scenario From Sparse Binaural Room Impulse Response Measurements

Stephan Werner, Annika Neidhardt, Florian Klein und Karlheinz Brandenburg

TU Ilmenau, Institut für Medientechnik

Auditory illusion of a spatial acoustic environment can be created with the help of existing spatial audio systems. Psychoacoustically adequate ear signals can be created by using binaural synthesis approaches. The creation of a plausible auditory illusion is shown coherently in a wide range of research projects. But the occurrence of such a plausible auditory illusion depends on an adequate technical realization and on several context dependent quality parameters like congruence between synthesized scene and the listening environment. A room divergent scenario yields a clear decrease of perceived externalization. Room acoustic divergence can occur if synthesis methods of binaural room impulse response (BRIRs) are used. The contribution presents a binaural synthesis system, which adds a virtual sound source to the real room. The realization is based on BRIRs measured with a sparse distribution in that room. To provide a certain area of action for the listener, a dense grid of BRIRs is generated using energy- and time- based BRIRs synthesis approaches. The evaluation of the system includes the quality features overall impression, localization stability, and externalization under test condition with translation and head movement of the test person. For comparison purposes, a fully measured dataset was included in the test.

Mi. 17:00 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern II

Low-frequency trick to improve externalization with HRIRsFranz Zotter und Matthias Frank*Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik u. Akustik*

For headphone rendering of sounds in virtual acoustic environments, we know that externalization as perfect auditory illusion benefits from individual HRIRs, dynamic rendering with head tracking, from avoiding the room divergence effect, and therefore also from rendering a natural acoustical room. And yet in many cases, it is impossible to implement all of these steps, but simple tricks prove to be useful. Low frequency content often impedes a successful illusion of external sounds, that is why one could just remove them by a high-pass filter. While this may be acceptable in applications supporting speech communication, it is unacceptable in audio application. In this contribution we propose to keep, but decorrelate low frequencies to improve externalization, and we compare the result to the high-pass and studio-auralization reference cases in a listening experiment.

Mi. 17:20 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern II

Investigating continuous adaptation of binaural reproduction to changing listening positionAnnika Neidhardt^a, Kai-Peter Jurgeit^a, Afrooz Nasrollahnejad^a und Johannes Nowak^b^a*TU Ilmenau, Institut für Medientechnik*; ^b*Fraunhofer IDMT*

For virtual and augmented reality using binaural technology it is of interest to reproduce sound scenes based on measurements of real rooms. Furthermore, it has become state of the art to explore a provided scene by walking around. Several methods for interpolation of or extrapolation from measured impulse responses have been proposed in the past to provide a convincing continuous binaural reproduction for position changes. However, there is still a lack of experience regarding the practicability and the perceived quality of the various approaches. Only in rare cases a psychoacoustic evaluation considering interactive listener translation was conducted. In the presented study, a reproduction area of about 1mx3m was created from binaural room impulse response (BRIR) measurements from one loudspeaker to a dummy head at three positions with a distance of 1m in two different rooms. A continuous adaptation of relative source angle, level and direct-to-reverberant energy ratio was applied to achieve a seamless auralization. A listening experiment was conducted to evaluate the continuity of level and timbre as well as sound source stability and plausibility of the resulting virtual auditory scenes. In case of pop music the results were satisfying. The reproduction of noise revealed weaknesses.

Mi. 17:40 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern II

Improved localization in the median plane with cue-preserving headphonesHannes Pomberger^a, Alois Sontacchi^a, Matthias Frank^a, Thomas Gmeiner^b und Michele Lucchi^b^a*Kunstuniversität Graz, Institut für Elektronische Musik und Akustik;*^b*USound GmbH*

Headphone based binaural reproduction of sound sources from directions in the median plane are rarely perceived from the intended direction, as in this case there are no interaural time or level differences. In a real-world scenario, the only perceivable cue is the individual spectral coloration of the source signal, which is mainly caused by the listeners pinna. Typically, the usage of individual head-related transfer functions (HRTFs) improves the conformance of perceived and intended sound source direction. However, the individualization of binaural audio reproduction requires time-consuming measurements of the individual HRTFs for each user. This study examines the localization improvement by activating individual directional cues with tiny loudspeakers in the closest sagittal plane in front and above the ear added to a conventional headphone. In an informal listening test this specific hardware setup has been examined by nine (male) experienced listeners. Since our concept tries to profit from both conventional dynamic loudspeakers (basically low frequencies) and MEMS loudspeakers to activate individual directional cues related to Blauert's directional bands the optimal operation range of the MEMS loudspeakers has been set to the frequency range from 1.6 to 10 kHz.

Mi. 18:00 Interim 1

VAE-Rendering mit Kopfhörern II

Evaluierung einer virtuellen akustischen Umgebung für Hörgeräte

Florian Klein, Stephan Werner und Martin Rekkitt

TU Ilmenau, Institut für Medientechnik

Ziel dieses Beitrags ist die Evaluierung einer virtuellen akustischen Umgebung für Hörgeräte unter Verwendung der Binauralsynthese. Forschungshörgeräte wurden sowohl für die Messung von HATFs ("hearing aid transfer functions") als auch für die Wiedergabe der binaural gerenderten Signale verwendet. Das System wurde mit einer Binauralsynthese basierend auf Kunstkopfaufnahmen mit Kopfhörerwiedergabe verglichen. Dazu wurden perzeptiven Tests zur Lokalisation und Wahrnehmung von Externalität und Distanz durchgeführt. Das gewählte Hörtestdesign erlaubt aufnahmeseitig einen Vergleich von Kunstkopf BRIRs ("binaural room impulse responses") mit Hörgeräte HATFs sowie wiedergabeseitig einen Vergleich zwischen Kopfhörer und Hörgerät. Die Ergebnisse zeigen nur einen geringen Einfluss der Aufnahmemethode auf die Wahrnehmung von Externalität und Distanz aber erwartungsgemäß einen starken Einfluss auf die Lokalisationsfähigkeit. Die verschiedenen

Wiedergabemethoden hatten ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf die getesteten Parameter. Insgesamt zeigt dieser Beitrag die Funktionsfähigkeit der getesteten virtuellen akustischen Umgebung für Hörgeräte. Perspektivisch kann diese Technik zur Emulation und zum Test von Hörgerätealgorithmen genutzt werden. Darüber hinaus bietet die Technologie die Möglichkeit eine Trainingsumgebung für Hörgerätenutzer zu schaffen.

Sitzung „Multi-modal Interaction in Virtual Reality“

Mi. 8:40 Interim 2

Multi-modal Interaction in Virtual Reality

Speech intelligibility in audio-visual environments

Giso Grimm^a, Maartje Hendrikse^a, Gerard Llorach^b, Volker Hohmann^a

^a *Universität Oldenburg*; ^b *Universität Oldenburg and Hörzentrum Oldenburg GmbH*

Virtual acoustic environments are increasingly used for evaluating hearing devices in complex acoustic conditions. For this purpose, we developed an interactive low-delay real-time simulation method via multi-channel loudspeaker systems or headphones. The method focuses on a time-domain simulation of the direct path and a geometric image source model, which simulates air absorption and the Doppler effect of all primary and image sources. To establish the feasibility of the approach, the interaction between reproduction method and technical and perceptual hearing aid performance measures was investigated using computer simulations for regular circular loudspeaker arrays with 4 to 72 channels. Results demonstrate the potential of the method for hearing aid evaluation. Visual content was added to the acoustical simulation using game-engine based real-time multimedia technology, allowing for an assessment of listener performance in interactive audiovisual environments. To demonstrate the approach, speech intelligibility was measured in spatial multi-talker audiovisual conditions, requiring the subject to first identify the target of interest, and then to track it in order to understand the target's utterances. Results show that, in order to achieve ecologically valid data, consistent acoustic and visual information is required, with the visual environment delivering lip-reading cues and consistent gestures such as head movements.

Mi. 9:00 Interim 2

Multi-modal Interaction in Virtual Reality

Effects of room acoustics on speech intelligibilityThomas Biberger^a und Stephan D. Ewert^b^a*CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all';* ^b*CvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik*

In daily life, speech communication often takes place in rooms with interfering sounds, where speech intelligibility (SI) is affected by (i) masking and (ii) reverberation. For both spectral and temporal changes to the signal are relevant. A critical spatial configuration to assess SI is a frontal target speaker and two interfering sources symmetrically placed to either side ($\pm 60^\circ$). Here a spatial release from masking (SRM) is observed in comparison to co-located frontal target and interferers, showing that the auditory system can make use of temporally fluctuating interaural differences. Room reverberation affects the temporal representation of the target and maskers and, moreover, the interaural differences depending on the spatial configuration and room acoustical properties. Here the effect of room acoustical properties (room size, T60), temporal structure of the interferers (stationary and fluctuating), and direct-to-reverberation ratio (DRR) on speech reception thresholds (SRT) and SRM were systematically assessed in a simulated room using headphone-based virtual acoustics. Further, the contribution of short-time better-ear glimpses to SRM for symmetrically placed maskers and different room acoustical properties was assessed by applying an ideal monaural better-ear mask (IMBM). SRTs from stimuli with binaural information are compared to those from diotically presented stimuli based on the IMBM.

Mi. 9:20 Interim 2

Multi-modal Interaction in Virtual Reality

Perception of reverberation with congruent and incongruent visual representation of the sceneMichael Schutte^a, Stephan D. Ewert^b und Lutz Wiegrefe^a^a*Ludwig-Maximilians-Universität München, Department Biology II;* ^b*CvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik*

In everyday environments, sound doesn't only travel directly from a source to a listener, but also bounces off walls and objects. Humans have evolved mechanisms to suppress distracting early reflections, summarized as the precedence effect. Visual information about an acoustic scene influences this mechanism's effectiveness. It has also been shown that similar compensation effects can occur for later, more acoustically complex echoes (i.e., reverberation), and that humans can estimate some important acoustic properties of a room when they see it. Taking these findings together, we hypothesize that the visual impression of a room leads to a reduction in its perceived reverberation.

We test this hypothesis in a highly immersive audio-visual virtual reality environment built upon a ring of loudspeakers and a head-mounted display. In a magnitude estimation paradigm, subjects are asked to judge

the perceived degree of reverberation in conditions where the simultaneously presented acoustic and visual stimuli which either match regarding the room environment, sound source azimuth, and sound source distance, or diverge in one of those aspects. Audio-only control conditions are used as a baseline. Results from twenty normal-hearing subjects will be analyzed to assess whether perceived reverberation changes between audio-visually congruent and incongruent conditions.

Mi. 9:40 Interim 2

Multi-modal Interaction in Virtual Reality

Required spatial resolution for late reverberation in a 3-dimensional loudspeaker array

Josef Poppitz^a, Torben Wendt^a, Steven van de Par^a und Stephan D. Ewert^b

^aCvO Universität Oldenburg, AG Akustik; ^bCvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik

The simulation and auralization of room acoustics can have numerous applications in interactive evaluation environments (e.g., for hearing aid development), psychoacoustic studies or simulation, rehabilitation, and computer games. The fast and perceptually plausible room acoustics simulator RAZR [Wendt et al., J. Audio Eng. Soc., 62, 11 (2014)] synthesizes binaural room impulse responses by using image sources for early reflections and a feedback delay network (FDN) for the late reverberation. For spatial auralization via headphones, HRTFs are used, and the late reverberant sound field is spatially sampled in twelve isotropic discrete directions. Here, the spatial rendering of RAZR was realized for a three-dimensional loudspeaker array in an anechoic chamber. It was assessed which spatial resolution is sufficient for the rendering of the late reverberation. Furthermore, a method was developed to account for different wall absorption coefficients resulting in an anisotropic late reverberant field. It was investigated for which room configurations and which spatial resolution of the late reverberation rendering differences are perceivable. Critical room conditions are elongated rooms (e.g., corridors), listener positions close to walls, and single highly absorbing walls. Listening tests were performed where subjects had to compare reverberated speech and impulse responses in various simulated rooms.

Mi. 10:20 Interim 2

Multi-modal Interaction in Virtual Reality

Multimodal interaction underlying piano playing-based rehabilitation

Ana Alves Pinto, Tobias Blumenstein, Varvara Turova und Renée Lampe
TU München, Klinikum Rechts der Isar

Playing a musical instrument is a complex and demanding activity, that involves the use and interaction of different skills, from motor coordination to hearing and visual perception, proprioception as well as spatial awareness. The multimodal interaction underlying musical instrument

playing, as well as auditory-motor interaction is likely to drive new and promote the recovery of damaged auditory-motor processes and skills. This motivated the use of music instrument playing in the rehabilitation of motor disorders resulting from neuronal damage during development. We will present results of experimental studies investigating the effect of piano playing in the development of sensorimotor skills in patients with cerebral palsy. The contribution of auditory information to rehabilitation will be discussed.

Mi. 10:40 Interim 2

Multi-modal Interaction in Virtual Reality

Chancen von akustischem Feedback für motorische Rehabilitation am Beispiel des "Guidance-Effekt"

Dominik Fuchs, Martin Knauer und Petra Friedrich

Hochschule Kempten

Studien haben gezeigt, dass zu dominantes erweitertes ("augmented") Feedback häufig eine Abhängigkeit erzeugt und negative Auswirkungen auf das motorische Lernverhalten haben kann. Dieser sogenannte "Guidance-Effekt" führt dazu, dass das Lernen mit bestimmtem Feedback an ganz bestimmte Konditionen gebunden ist, wodurch sich eine signifikante Verschlechterung der Performance zeigt, sobald jenes Feedback wieder entfernt oder reduziert wird. Denn aufgrund der Hierarchie der Sinneswahrnehmung stützt sich der Lernende auf das vermeintlich verlässlichste Feedback (meist visuell) und vernachlässigt andere Informationsquellen und Sinnesmodalitäten, wie etwa das "körpereigene", intrinsische Feedback (Propriozeption). Klanginformation wird indes unabhängig von den meisten intrinsischen Feedbackquellen wahrgenommen, so dass sie - anders als visuelle Rückmeldung - den Lerner weniger von seiner natürlichen Bewegungswahrnehmung ablenkt. Die Bandbreite der Rückmeldungen wird bei Klang also erweitert, ohne vorhandene körpereigene Rückmeldungen zu überlagern. In eigenen kürzlich durchgeführten Testreihen mit Gleichgewichtstraining für Gesunde und Schlaganfallpatienten hat die Mehrheit der Probanden berichtet, dass sie in Gegenwart von visuellem Feedback weder auf auditives, noch auf körpereigenes Feedback geachtet haben, während sie bei den Übungen mit Verblindung und akustischem Feedback auch weitere propriozeptive Sinneseindrücke wahrgenommen und einbezogen haben. Darüber hinaus zeigen Studien, dass akustisches Feedback aufgrund der affektiven Komponente zusätzliche Vorteile hinsichtlich Motivation, Aufmerksamkeit und Dauer des Lerneffektes haben kann.

Mi. 11:00 Interim 2

Multi-modal Interaction in Virtual Reality

The effect of head turning on sound localization with hearing-aid satellitesNorbert Kolotzek (DEGA-Studienpreisträger 2018), Gabriel Gomez und Bernhard Seeber*TU München, Audio-Signalverarbeitung*

We investigated whether an eccentric head orientation influences localization performance of hearing-aid (HA) users with in-the-ear (ITE) and behind-the-ear (BTE) HAs. A localization experiment was conducted with three static head orientations, $\pm 30^\circ$ and 0° , for a 0° torso orientation. Fourteen sound directions were tested for each head orientation using a short broadband-noise pulse-train stimulus. The perceived sound direction was indicated with a light pointer. Sounds perceived from behind could also be displayed at the mirrored frontal position. Results from nine normal hearing participants show that an off-center head orientation leads to an overestimation of the extent of laterality for sound sources on the side, away from the head center. Preserving pinna cues (e.g., by ITE microphone position) is beneficial for the localization performance in the frontal plane and reduces the negative influence of off-center head-orientations. For rear sound directions, localization errors increase strongly for BTEs because of frequent front-back reversals. However, an eccentric head orientation tends to decrease the amount of front-back reversals. In summary, we found that localization performance is affected by the microphone position, but an eccentric head orientation is beneficial to resolve front-back confusions with HAs. The talk will be given in German.

Mi. 11:20 Interim 2

Multi-modal Interaction in Virtual Reality

Vibrationen hören? Durch Ganzkörperschwingungen ausgelöster KnochenschallAnna Schwendicke und M. Ercan Altinsoy*TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik*

Viele Anregungsquellen erzeugen Schwingungen, welche wiederum häufig zu einer parallelen Geräuschabstrahlung führen. Geräusch und Vibration stehen damit in direktem kausalen Zusammenhang. Der Mensch nimmt solche Quellen also meist sowohl auditiv als auch taktil wahr. So ist beispielweise der Motor im Fahrzeug nicht nur zu hören, sondern die Insassen nehmen auch die Vibrationen wahr. Besucher eines Konzertes hören die Bässe nicht nur, sondern fühlen sie bei entsprechenden Pegeln am ganzen Körper. Die Wahrnehmung von Schall geschieht jedoch nicht ausschließlich über Luftschall, sondern kann auch über Knochenleitung erfolgen. Dabei werden Schwingungen über den Schädelknochen direkt an das Innenohr übertragen. Bei der Analyse von Untersuchungen zur Wahrnehmung von Ganzkörperschwingungen wird

in der Literatur an verschiedenen Stellen vermutet, dass durch vibratorische Anregung ausgelöster Knochenschall das Untersuchungsergebnis beeinflusst. In dieser Studie wird mit Hilfe von akustisch-vibratorisch ausgelösten Schwebungseffekten die prinzipielle Möglichkeit der Auslösung von Knochenschall durch Ganzkörperschwingungen nachgewiesen. Dieser Effekt ist frequenzabhängig, tritt jedoch erst bei deutlich überschwelligen Vibrationen auf.

Sitzung „Psychoakustik V“

Mi. 14:00 Interim 2

Psychoakustik V

Detektionsschwellen von Infraschall in Kombination mit Hörschall

Elisa Burke^a, Johannes Hensel^a, Thomas Fedtke^a, Stefan Uppenkamp^b und Christian Koch^a

^aPhysikalisch-Technische Bundesanstalt; ^bCvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'

Eingebettet in das Verbundprojekt 15HLT03 Ears II, als Teil des europäischen Metrologie-Forschungsprogramms EMPIR, ist es das Ziel dieser Studie, einen Beitrag zum besseren Verständnis der Wahrnehmung von Infraschall zu leisten. Im Fokus steht dabei die Frage, ob die Wechselwirkung zwischen Infraschall (< 20 Hz) und Schall im "klassischen" Hörfrequenzbereich (20 Hz bis 20 kHz, im Folgenden als Hörschall bezeichnet) die Wahrnehmbarkeit von Infraschall beeinflusst. Umgekehrt wird auch untersucht, ob die Anwesenheit von Infraschall einen Einfluss auf die Detektionsschwellen von Hörschall hat. Zur Untersuchung werden monaurale Schwellenmessungen unter Verwendung eines adaptiven 3-AFC-Verfahren durchgeführt. Für die Stimulation wird eine speziell entwickelte Schallquelle verwendet, mit der sowohl tieffrequenter Schall als auch Hörschall über einen Einsteckhörer dem Gehörgang zugeführt werden kann. Zunächst werden Detektionsschwellen von isolierten Infraschall- und Hörschallstimuli bestimmt. Dann werden Detektionsschwellen für Infraschall in Anwesenheit von Hörschall und Detektionsschwellen für Hörschall in Anwesenheit von Infraschall gemessen. Im Beitrag wird die Eignung des Messaufbaus zur Messung der Detektionsschwellen von kombinierten Infraschall- und Hörschallstimuli gezeigt. Außerdem werden die Ergebnisse der Detektionsschwellenmessungen präsentiert. Dabei werden interindividuelle und intraindividuelle Schwankungen diskutiert.

Mi. 14:20 Interim 2

Psychoakustik V

Taktile Wahrnehmungsmerkmale von Ganzkörperschwingungen und Hand-Arm-Schwingungen im VergleichRobert Rosenkranz, Martin Wilberg und M. Ercan AltinsoyTU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

Im alltäglichen Leben ist der Mensch bei der Benutzung von Werkzeugmaschinen, Küchengeräten oder beim Auto- bzw. Fahrradfahren Hand-Arm-Schwingungen (HAS) ausgesetzt. Diese Vibrationen können ebenso wie Ganzkörperschwingungen (GKS) vom Nutzer taktil wahrgenommen werden. In Abhängigkeit der Eigenschaften der Vibrationen werden bei ihm bestimmte Wahrnehmungsmerkmale hervorgerufen, welche in Form von Deskriptoren verbalisierbar sind. Bisher wurden Wahrnehmungsmerkmale für GKS untersucht. Es stellte sich die Frage, ob HAS im Vergleich zu GKS gänzlich andere Wahrnehmungsmerkmale oder zumindest eine andere Ausprägung gleicher Wahrnehmungsmerkmale hervorrufen. In der vorliegenden Arbeit werden daher Wahrnehmungsmerkmale von HAS näher untersucht. Dazu wurden Sinus- und Rauschsignale (mit unterschiedlichen Bandbreiten) mit unterschiedlichen (Mitten-)frequenzen im Frequenzbereich von 1 Hz bis 500 Hz bei zwei Pegelstufen dargeboten. Zunächst nannten Probanden in einem freien Interview die bei ihnen durch diese GKS hervorgerufenen, signalbeschreibenden Wahrnehmungsmerkmale. Durch Korrelationsanalysen wurden die häufigsten Deskriptoren auf einen kleinen Satz von Deskriptoren reduziert. Schließlich wurden in einem zweiten Versuch bei wiederholter Präsentation der Stimuli diese Wahrnehmungsmerkmale auf ihre Ausprägungsstärke bewertet. Der Versuch zeigte interessante Zusammenhänge und Unterschiede zu den Wahrnehmungsmerkmalen von HAS im Vergleich zu GKS. Diese Erkenntnisse ermöglichen eine genauere Modellierung der taktilen Wahrnehmung von Vibrationen, wodurch gezielt Vibrationen beispielsweise für virtuelle Umgebungen gestaltet werden könnten.

Mi. 14:40 Interim 2

Psychoakustik V

Texture Rendering by Tuning the Frequency and Amplitude of Single Tone Vibrotactile FeedbackUgur Alican Alma und M. Ercan AltinsoyTU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

When a finger moves on a surface of a material, textural information is perceived via the sensory receptors. Although the texture rendering is still not very clear phenomenon, it has become an emerging topic in surface haptics recently. However, it is known that even providing a single tone sinusoidal vibration on a tactile display creates considerable haptic feedback. In this study, a new method is proposed for texture rendering using a single tone vibrotactile feedback. Using an adjustment method, the subjects tuned the frequency and amplitude of single tone sinusoidal

vibration on a tactile display to seek the most similar sensation for the several fabric textures. Then, second experiment is conducted to evaluate the realism ratings of the first experiment. Using a two alternative forced choice method, the subjects are asked to match the pair of textures with the pair of assigned vibratory signals. The results show that one single tone vibrotactile signal using an adjustment method can be used to distinguish the textile textures on a tactile surface.

Mi. 15:00 Interim 2

Psychoakustik V

Perceptual Auditory Display for Two-Dimensional Short-Range Navigation

Tim Ziemer und Holger Schultheis

Universität Bremen

An auditory display for short-range navigation in two-dimensional space is derived, implemented, and verified in an experiment. The auditory display design considers auditory qualities and auditory scene analysis principles. Orthogonal spatial dimensions are mapped to different auditory qualities in ranges at which they can be considered as orthogonal. This way, perceptual interactions are avoided and the auditory display is unambiguous. In particular, perceptual qualities - like perceived duration, loudness and loudness fluctuation, inharmonicity, roughness, noisiness, and pitch - and principles of simultaneous and sequential grouping, known from research in the field of auditory scene analysis, are considered. With the perceptual auditory display, 18 inexperienced users were able to find invisible targets on a computer screen. To quantify their performance, we calculated the length, entropy, box counting, target overshoots, motion interruptions, x- and y-flips of the mouse trajectories and measured the time needed to find the target. We furthermore identified six strategies, which the participants used to approach the target. The results show that they were able to combine the information of the two dimensions to derive the location of the target and approach it directly. But they were also able to find the target by approaching it dimension after dimension.

Mi. 15:20 Interim 2

Psychoakustik V

Automatic control procedure of the sound quality of engine starters in production

Günther Hasna^a, Stephane Molla^b und Pierre Mollon^c

^aOPTIS GmbH; ^bGENESIS; ^cVALEO

Harmonic component analysis, click detection, study of the influence of shocks or resonance are basic tasks in acoustics, for numerous applications. Decomposing a complex signal in several single-component signals is a process which can often make further analysis tasks easier. GENESIS proposed a set of algorithms that allows the decomposition of an acoustic signal into four components: stationary noise, tonal part,

transient part, remainder. For the sake of optimization, GENESIS proposed a sequential use of these computations, and integrated it in a procedure designed for facilitating the tuning task for the end user. In the context of quality assessments in automotive starter production lines, VALEO needs a reliable tool to detect and quantify the presence of high-frequency whistling with a method as non-intrusive as possible. A solution was found using an automatic component separation algorithm: tonal components are detected and extracted, allowing to estimate their contributions to the overall level with respect to the background noise. No tachometric measurement is required. Thus, an acceptance criterion is obtained, based only on the acoustic signal without any assumption over which orders are prominent. This paper describes the chosen algorithms and the tuning method that lead to the final implementation on the production line.

Mi. 15:40 Interim 2

Psychoakustik V

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (s.u.)

Sitzung „Psychoakustik II (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 15:40 (Interim 2)

Poster-Forum: Mi. 16:00, Posterinsel F

Di.-Do.

Psychoakustik II (Poster)

Einfluss von Efferenzen auf die monaurale und binaurale Frequenzselektivität des Gehörs

Felix Dymel, Monika Kordus und Jesko Verhey

Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Abt. f. Experim. Audiologie

Ein wesentlicher Aspekt des Hörsystems ist seine Fähigkeit, den Schall spektral zu analysieren. Psychoakustisch kann diese Frequenzselektivität durch Ergebnisse von Verdeckungsexperimenten charakterisiert werden, z.B., bei dem ein Sinuszielsignal von einem Rauschen verdeckt wird, dass eine spektrale Lücke um das Zielsignal aufweist (engl. Notched-noise). Mehrere physiologische und psychoakustische Studien der letzten Jahre zeigten, dass die für die Frequenzselektivität verantwortliche Dynamik des Innenohres durch efferente Erregung verändert wird. Eine efferente Erregung kann z.B. durch einen zusätzlichen vorgeschalteten Schall (engl. Precursor) ausgelöst werden. Der vorliegende Beitrag untersucht, wie sich die Ergebnisse eines Notched-noise Experiments ändern, wenn dem Signal-Verdecker-Komplex ein Precursor vorangestellt wird. Als Precursor wurde eine Bandpassrauschen mit oder ohne spektrale Lücke an der Signalfrequenz verwendet. Um den Unterschied zwischen monauraler und binauraler Frequenzselektivität zu untersuchen wurden Schwellen für ein diotisches und ein dichotisches

Signal mit einer interauralen Phasendifferenz von π bestimmt; der Verdeckter und der Precursor wurden immer diotisch dargeboten. Eine zusätzliche Bestimmung der Schwellen ohne Verdeckter zeigte eine nur geringe Nachverdeckung des Signals durch den Precursor. Der Vergleich zwischen den Schwellen mit diotischen Signal und denen mit dem dichotischen Signal zeigen, dass die effektive binaurale Frequenzselektivität sich von der monauralen unterscheidet und dass sich beide durch die Anwesenheit von Precursoren verändern.

Di.-Do.

Psychoakustik II (Poster)

Effekt von Ultraschalllautsprechern auf auditorische ereigniskorrelierte Potentiale

Jan Rennies^a, Christian Volkmar^b und Axel Winneke^a

^aFraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie; ^bIAV Automotive Engineering

Der Einsatz von Ultraschalllautsprechern (USL) ist aufgrund der hohen Direktionalität von steigendem Interesse für unterschiedliche Anwendungsfelder. Die Technologie unterscheidet sich allerdings deutlich von der Technologie konventioneller Lautsprecher (KL). Es gibt einige wenige, jedoch unsystematische Hinweise darauf, dass nicht-wahrnehmbare Frequenzen neurophysiologische Prozesse beeinflussen. Ziel dieses Projektes war die Untersuchung des Effekts von USL auf ereigniskorrelierte Potentiale (EKP). Dazu wurde ein klassisches auditorisches Oddball-Paradigma eingesetzt. Die Stimuli bestanden aus kurzem Schmalbandrauschen (600 und 1600 Hz; 80 ms). Bei der Hälfte der Probanden ($n = 9$) wurde das 600 Hz Schmalbandrauschen in 87% der Durchgänge (Standards) präsentiert und das 1600 Hz Schmalbandrauschen in 13% der Durchgänge (Devianten). Bei der anderen Hälfte der Probanden bestanden die Devianten aus 600Hz Schmalbandrauschen. Die Stimuli wurden bei 65 dB(A) über USL oder KL präsentiert und mit (60 dB(A)) oder ohne Hintergrundrauschen. Erste Analysen zeigen schnellere Reaktionszeiten zu devianten Stimuli bei USL im Vergleich zu KL. Die EKP Daten zeigen eine größere Amplitude des auditorischen N1-P2 Komplexes bei Präsentation über USL. Die Daten deuten darauf hin, dass akustische Stimuli, die über US präsentiert werden anders verarbeitet werden als Stimuli aus KL. Möglicherweise beeinflussen nicht wahrnehmbare Frequenzen der Trägerfrequenz des USL (40 kHz) neurophysiologische Prozesse.

Di.-Do.

Psychoakustik II (Poster)

Verringerung der Höranstrengung von TV-Mischungen durch Pre-processing einzelner Spuren

Hannah Baumgartner, Andreas Volgenandt und Jan RENNIES

Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie

Leserbriefe und Beschwerden aufgrund schlechter Sprachverständlichkeit in Film und Fernsehen häufen sich, besonders aufwendig produzierte Fernsehfilme wie "Tatort" oder "Polizeiruf" geraten in die Kritik. Wie eine Studie zeigte, bewerten schwerhörende Probanden die Höranstrengung für eine Original-Fernsehmischung im Mittel so, wie Normalhörende eine Mischung mit einem um 6dB verringerten SNR (DAGA 2017). Würde man auf Hintergrundgeräusche verzichten, wären Dialoge leichter verständlich. Dies liegt aber nicht im Interesse der Filmschaffenden, da der Einsatz von Atmosphären, aufwendigen Soundeffekten und musikalischer Untermalung eine bessere Identifikation der Zuschauer mit der visuellen Szenerie erzielt, für Spannung sorgt und die emotionale Beteiligung fördert. Um die Höranstrengung trotz aufwendiger Untermalung zu verringern wurden in dieser Studie Algorithmen getestet, welche vor dem Mixing sowohl auf Sprache als auch Hintergrundsignale angewandt werden können. Hierbei zielten die Algorithmen darauf ab am Ausgang der Verarbeitung automatisch eine als maximalgesetzte, beliebig definierte Höranstrengung nicht zu überschreiten. Mit Hilfe eines an das MUSHRA-Testdesigns angelehnten Verfahrens bewerteten normal- und schwerhörende Probanden die unterschiedlich prozessierten TV-Mischsignale und signalisierten ihre Präferenzen. Durch den Einsatz der Algorithmen konnte die Höranstrengung für beide Zielgruppen deutlich verringert werden. Außerdem wurden die vorverarbeitete Mischungen mit geringerer Höranstrengung von Probanden aus beiden Zielgruppen gegenüber der Vergleichsmischung in den meisten Fällen bevorzugt.

Di.-Do.

Psychoakustik II (Poster)

Ein Modell zur Abschätzung der Höranstrengung bei Film- und Fernsehproduktionen

Rainer Huber, Andreas Volgenandt, Hannah Baumgartner und Jan RENNIES

Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie

Nicht nur ältere Zuschauerinnen und Zuschauer von Film- und Fernsehproduktionen beschwerten sich des Öfteren über eine schlechte Sprachverständlichkeit der Produktionen. Aufgrund des demografischen Wandels und des damit einhergehenden steigenden Anteils schwerhörender Menschen ist mit einer zunehmenden Verschärfung dieser Problematik zu rechnen. In der Postproduktion arbeiten überwiegend vergleichsweise junge Menschen, die die Sprachverständlichkeit ihrer Produktionen

für ältere Menschen eher schwer abschätzen können. Ein Lösungsansatz wäre ein objektives Messinstrument zur Abschätzung der Sprachverständlichkeit bzw. Höranstrengung. In Hörversuchen wurde für eine Auswahl an Rundfunkmaterial (Sequenzen aus Sprache plus Hintergrund in diversen Mischungsverhältnissen) die Höranstrengung normalhörender und schwerhörender Probanden erhoben und die Daten entsprechend annotiert. Mithilfe dieser Daten wurde ein gehörorientiertes Signalverarbeitungsmodells zur Abschätzung und Vorhersage der empfundenen Höranstrengung entwickelt. Zur Evaluation des vorgeschlagenen Modells wurde die Vorhersagegüte mit den Prognosen etablierter Sprachverständlichkeitsmodelle wie SII und STOI verglichen. Außerdem wurden die Sprach- und Audioqualitätsmaße PESQ und PEMO-Q zum Vergleich herangezogen. Das vorgeschlagene Modell konnte dabei die höchste Korrelation mit den gemittelten subjektiven Bewertungen erzielen.

Sitzung „Binauraltechnik“

Mi. 16:40 Interim 2

Binauraltechnik

3D Virtual Audio with Headphones: A Literature Review of the Last Ten Years

Patrick Nowak^a, Véronique Zimpfer^a und Udo Zölzer^b

^aDeutsch-Französ. Forschungsinstitut Saint-Louis; ^bHelmut-Schmidt-Universität Hamburg

With the increasing number of applications for virtual reality also the research activity on 3D audio through headphones has risen. Thus, different approaches for improving the perception of the virtual experience have been developed. This paper summarizes and evaluates the work done on this topic during the last ten years. The investigations mainly address the individualization of the binaural technologies for improving the virtual source localization and externalization. These strategies can be basically divided into personalized headphone equalization and individualized head-related transfer functions (HRTFs). The former is responsible for getting rid of the coloration introduced by the headphone used during the playback, and the latter for introducing personal anthropometric characteristics into the utilized HRTFs. At the end, selected approaches are implemented and evaluated.

Mi. 17:00 Interim 2

Binauraltechnik

Perceptive Evaluation of Sound Field Rotation Methods in the Context of Dynamic Binaural Rendering of Ambisonics SignalsJorgos Estrella Cazuriaga^a, Jan Plogsties^a und Maximilian Neumayer^b^a*Fraunhofer IIS*; ^b*TU Berlin*

The popularity of Virtual Reality rendering in the recent years made Ambisonics playback become more relevant in the context of headphone reproduction of auditory scenes. In that sense, in order to provide a realistic, plausible, immersive experience, the user's head rotation has to be considered in the rendering process in a way that the virtual acoustic scene appears to remain stable regardless of the listener's head orientation. This is achieved by rotating the virtual scene in the opposite direction to the listener's head rotation. In this paper three ways of performing rotation of Ambisonics content for binaural reproduction are compared regarding perceptual quality: Exchanging HRTFs of the rendering layout, rotating the Ambisonics signal and using VBAP for rotating the virtual rendering layout. The results show that Ambisonics domain rotation and rotation using a VBAP approach achieved the best ratings. Rotation relying on switching HRTF filters received the lowest ratings.

Mi. 17:20 Interim 2

Binauraltechnik

Modelle zur Vorhersage der auditiven Externalisierung virtueller Schallquellen

Robert Baumgartner und Piotr Majdak

Österr. Akademie d. Wissenschaften, Inst. f. Schallforschung

Hörer nehmen Schallquellen in realen Umgebungen normalerweise als externalisierte Objekte außerhalb ihres Kopfes wahr. Über Kopfhörer dargebotene Schallereignisse werden jedoch oftmals im Kopf lokalisiert, wenn die natürlichen Hörgegebenheiten nicht genügend akkurat reproduziert werden. Eine technische Herausforderung stellt hierbei die Reproduktion richtungsabhängiger, spektraler Merkmale dar, welche durch die individuelle Ohrmuschelform des Hörers verursacht werden. Mittels quantitativen Wahrnehmungsmodellen untersuchen wir welche spektralen Eigenschaften besonders relevant sind und wie diese verarbeitet werden. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf binaurale Interaktionen gelegt. Vorhersagen unterschiedlicher Modelle werden mit Ergebnissen aus verschiedenen psychoakustischen Externalisierungsstudien verglichen und mögliche Modellerweiterungen werden diskutiert.

Mi. 17:40 Interim 2

Binauraltechnik

Constrained optimization for binaural sound reproduction using a virtual artificial headMina Fallahi^a, Matthias Blau^a, Martin Hansen^a, Simon Doclo^b, Steven van de Par^c und Dirk Püschel^d^a*Jade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörtechnik u. Audiologie;* ^b*Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Signal Processing Group, Oldenburg;*^c*CvO Univ. Oldenburg, AG Akustik;* ^d*Akustik Technologie Göttingen*

Rasumow et al. (IEEE TASLP 2016) showed that spatial directivity patterns of individual HRTFs can be accurately synthesized in the horizontal plane using a microphone array with 24 microphones. To calculate the filter coefficients, a narrow band least-squares cost function incorporating a white noise gain (WNG) constraint was minimized. Fallahi et al. (DAGA 2017) improved the performance by adding constraints imposing boundaries on the synthesis error. However, the feasibility of finding a solution for this constrained-optimization problem depends on a variety of parameters in particular the array topology as well as the constraints. In this contribution, we modify the constraints until a feasible solution can be found, by relaxing the constraints on the spectral distortion at contralateral directions far from the median plane, by lowering the constraint on the WNG or by decreasing the spatial resolution at certain directions. Simulation results show that with only two parameters (one with respect to spectral distortion and one with respect to the WNG constraint) feasible solutions can be obtained up to high frequencies (8 kHz) in the horizontal plane. The next challenge is to address the constraints for different array topologies and for an increased number of directions in a 3-D scenario.

Mi. 18:00 Interim 2

Binauraltechnik

Onlinefähige kombinierte blinde Quellentrennung und Enthaltung von Sprachmixturen durch RLS-OptimierungTimo Schuster und Stefan Feldes*Institut für Digitale Signalverarbeitung, Hochschule Mannheim*

Menschen mit Hörbeeinträchtigungen haben es insb. in geräuscherfüllter Umgebung schwer, eine gewünschte Audioquelle, meist eine sprechende Person, gegenüber Störgeräuschen oder anderen konkurrierenden Sprechern herauszuhören. Abhilfe können hier Hörgeräte schaffen, die sich in jedem der beiden Ohren befinden und einen drahtlosen Datenlink zueinander besitzen. Dies ermöglicht den Einsatz binauraler Signalverarbeitungsalgorithmen, welche die Signale von linkem und rechtem Ohr kombiniert verarbeiten und verbesserte Signale für jedes Ohr erzeugen mit dem Ziel, die Sprachverständlichkeit des gewünschten Sprechers zu erhöhen. Zur Trennung des erwünschten Signals von den unerwünschten wurden bereits verschiedene Methoden der Blind Source Separation (BSS) auf die Verarbeitung der Mikrofonsignale der

beiden Hörkapseln angewendet. Ebenso wurden dabei Varianten entwickelt, die gemäß der hier erforderlichen Echtzeitfähigkeit online adaptieren. Die Leistungsfähigkeit der BSS sinkt jedoch erheblich, wenn die Signale mit starken Nachhallanteilen an den Hörgeräten ankommen. In diesem Beitrag schlagen wir daher die Kombination der BSS mit einem Enthaltungsalgorithmus vor, die derart realisiert wird, dass sie insb. eine Onlineadaption und damit Echtzeitfähigkeit ermöglicht. Dazu entwickeln wir einen RLS-basierten Algorithmus, der eine Independent Vector Analysis auf Basis von Auxiliary Functions mit einer Multi Channel Linear Prediction zur Enthaltung kombiniert. Die Effektivität dieses Algorithmus wird durch Experimente, sowohl mit simulierten als auch real aufgenommenen Signalen, verifiziert.

Fachvorträge am Donnerstag, den 22.03.2018**Sitzung „Bauakustik II“**

Do. 9:00 MW 2001

Bauakustik II

Schallschutz von KlassenraumtrennwändenRudolf Liegl und Birgit Gasteiger*Möhler + Partner Ingenieure AG*

In früheren Jahren waren Klassenraumtrennwände vergleichsweise einfache Massivbaukonstruktionen mit Schalldämm-Maßen von typischerweise $R'w = 47$ dB und mehr. Heute müssen diese Trennwände eine Vielzahl weiterer Funktionen übernehmen. Fluchtwege müssen hergestellt werden und Versorgungs- oder Kommunikationseinrichtungen sind zu integrieren. Der Vortrag zeigt die Einflüsse auf die resultierend Schall-dämmung. Anhand exemplarischer Beispiele wird die Entwicklung des Schallschutzes seit den 1950er-Jahren dargestellt.

Do. 9:20 MW 2001

Bauakustik II

Verbesserung der Schalldämmung von Gipskarton-Ständerwänden bei tiefen FrequenzenBernd Kaltbeitzel und Lutz Weber*Fraunhofer-Institut für Bauphysik*

Bei gleichem Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes weisen leichte Ständerwände bei tiefen Frequenzen gegenüber Massivwänden konstruktionsbedingt zumeist eine deutlich geringere Schalldämmung auf. Dies erweist sich beim baulichen Schallschutz in der Praxis vielfach als Nachteil. Die derzeit zur Verbesserung der Schalldämmung von Ständerwänden eingesetzten Maßnahmen (mehrfache Beplankung, getrennte Ständer, etc.) entfalten ihre Wirkung vor allem bei mittleren und hohen Frequenzen, wo ohnehin schon eine hohe Schalldämmung vorhanden ist, lösen aber nicht das durch die mehrschalige Bauweise verursachte Grundproblem.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden deshalb unterschiedliche Maßnahmen untersucht, die speziell auf den Bereich tiefer Frequenzen (unterhalb von etwa 200 Hz) abgestimmt waren. Die meisten dieser Maßnahmen erwiesen sich im Vergleich zu herkömmlichen Konstruktionen mit gleicher flächenbezogener Masse als verhältnismäßig wenig wirksam. Eine Ausnahme bildete die Beschwerung der Wandschalen durch ein Raster von periodisch angeordneten Zusatzmassen. Hierdurch wurden deutliche Verbesserungen in der tieffrequenten Schalldämmung erreicht, wobei jedoch bei mittleren und hohen Frequenzen erwartungsgemäß keinerlei Wirkung zu verzeichnen war. In dem Beitrag

werden die theoretischen Berechnungen vorgestellt und über die Ergebnisse der an den unterschiedlichen Verbesserungsmaßnahmen durchgeführten Untersuchungen berichtet.

Do. 9:40 MW 2001

Bauakustik II

Frequenzabhängiger Einfluss von Geometrie und Lastangriffspunkt von Brettsperreholzelementen auf den Energiefluss über die Stoßstelle

Christoph Winter, Paul Müller und Gerhard Müller

TU München, Lehrstuhl für Baumechanik

Für den Einsatz leichter Massivholzkonstruktionen im Geschosswohnungsbau sind die methodischen Grundlagen insbesondere für die Vorhersage der Schallübertragung an Bauteilstößen weiterzuentwickeln.

Im tiefen Frequenzbereich ist die Finite Elemente Methode (FEM) für vibroakustische Prognosen geeignet. Für zunehmende Frequenzen nimmt die modale Dichte zu, wodurch die klassische FEM aufgrund der Sensitivität der Ergebnisse an Grenzen stößt und die Anwendung statistischer Methoden erforderlich wird. Im mittleren Frequenzbereich liefert beispielsweise die Statistische Energie Analyse (SEA) robuste Ergebnisse. Dabei ist die klassische SEA auf die Wellentransmission zwischen plattenartigen Strukturen beschränkt. Bei Holz treten bereits bei relativ niedrigen Frequenzen Moden in Dickenrichtung der Platten auf, die mittels Volumenelementen im FE-Modell abgebildet werden können. Nachdem sowohl SEA als auch FEM in ihrer Anwendbarkeit im Frequenzbereich eingeschränkt sind, werden im Rahmen einer hybriden Methode, der Energieflussanalyse, Mittelungsmethoden der SEA bei der Auswertung der FEM eingesetzt.

Damit können auf die eingebrachte Leistung normierte Energieflüsse zwischen den einzelnen Bauteilen in Form von Energieeinflusskoeffizienten bestimmt werden. Der Einfluss von Abmessungen und Lastangriffspunkt der einzelnen Bauteile auf den Energiefluss wird in Abhängigkeit des Frequenzbereiches untersucht, der mittels modaler Dichte und modalem Überlappungsfaktor sowie durch erste Resonanzen in Dickenrichtung unterteilt werden kann.

Die Ergebnisse basieren auf dem DFG-AIF-Forschungsvorhaben "Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten".

Do. 10:20 MW 2001

Bauakustik II

Bayesian Inference Method to Identification of Random ParametersSourav Chandra, Kheirollah Sepahvand und Steffen Marburg*TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme*

The dynamic and static behavior of the fiber reinforced composite is uncertain in nature due to the inherited randomness in elastic moduli, damping parameter, random fiber orientation, etc. Non-sampling based stochastic methods like, generalized Polynomial Chaos (gPC) expansion is used to model this uncertainty much better way due to its computational efficiency. The gPC expansion involve to construct the orthogonal polynomials of standard random variables with deterministic coefficients. To construct the orthogonal polynomial it is needed to be identify the probability distribution of the random variable which can be empirically identified through the Pearson model or previous references. Identification of the prior distribution always not be best fitted with the experimentally observed data. So it is needed to be identified a suitable model class that can be fitted to experimental data better way. The selection of the best model class can be address by the inference based on the Bayes' Theorem. The success of Bayesian method lies to construct a good the Posterior distribution after taking the less experimental data into account. The aim of this work is to construct an optimal distribution of the random parameters with lesser experimental data through the Bayesian inference.

Do. 10:40 MW 2001

Bauakustik II

Einfluss der Quellimpedanz auf die Trittschalldämmung bei tiefen FrequenzenBerndt Zeitler und Martin Schneider*Hochschule für Technik Stuttgart*

Tieffrequenter Lärm, erzeugt durch Trittschallanregung, gewinnt immer mehr an Bedeutung. Wieviel Körperschallleistung von einer Quelle in ein Bauelement eingeleitet wird, hängt von der Impedanzanpassung der Quelle (z.B. Fuß oder Schuh) und des Empfängers (z.B. Decke) ab. In diesem Beitrag wird rechnerisch untersucht, ob bzw. inwieweit bei tiefen Frequenzen die Impedanz einer Quelle einen Einfluss auf die eingeleitete Körperschallleistung hat. Würde es sich bei den Quellen um Kraftquellen handeln, wäre die eingeleitete Leistung nur von der blockierten Kraft der Quelle abhängig. Messungen im Deckenprüfstand mit genormten Trittschallquellen (Normhammerwerk und Ball) und analytische Simulationen der Quellen auf Decken mit und ohne Estrich werden verglichen. In den meisten Fällen kann dabei gezeigt werden, dass die verwendeten Quellen keinen Unterschied zwischen den Impedanzen der leichten und massiven Decken mit und ohne Estrich sehen, da die Impedanz der Empfänger sehr viel höher sind als die der Quellen.

Do. 11:00 MW 2001

Bauakustik II

Structure-borne Sound Power Characterisation from Single and Multiple Contact Sources at Low Frequencies using Heavyweight Reception PlatesSteffi Reinhold^a, Carl Hopkins^a und Berndt Zeitler^b^a*Acoustic Research Unit, School of Architecture, University of Liverpool;*^b*Hochschule für Technik Stuttgart*

In heavyweight buildings, structure-borne sound from machinery is often problematic at low- and mid- frequencies. A prediction model to predict the sound transmission from machinery to nearby rooms is described in EN 12354-5. As input to this model, the characteristic structure-borne power can be determined using the reception plate method described in EN 15657-1. This paper investigates the influence of single and multiple contact sources using a validated finite element model of a heavyweight reception plate. Comparison of the direct injected power and the reception plate power leads to the lowest differences when the reception plate power is obtained from a regular grid of sampling positions over the whole reception plate using harmonic point forces of randomly distributed single contact sources. A numerical approach is used to assess different sampling strategies in order to minimise the number of measurement positions. The predicted vibrational behaviour of different harmonic point force excitation on the reception plate is compared with measurements on a laboratory reception plate. In practice, building machinery usually consists of more than one contact point. Hence, multiple contact sources such as white goods are taken into account by using different excitation positions on the validated reception plate model.

Do. 14:20 MW 2001

Bauakustik II

Typprüfung von Trittschallhammerwerken an der PTBSylvia Stange-Kölling und Volker Wittstock*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Aus metrologischer Sicht stellen Trittschallhammerwerke Gebrauchsnormale dar, die eine definierte Anregung horizontaler Bauteile ermöglichen. Zur Sicherstellung einer einheitlichen Bauteilanregung werden eine Vielzahl von Anforderungen an Hammerwerke gestellt. An der PTB werden diese Anforderungen im Rahmen von Typ- oder Einzelprüfungen überprüft. Insbesondere bei den kinematischen Größen Fallgeschwindigkeit und Schlagfolgeintervall spielen Wartungszustand und Verschleiß der Hammerwerke durchaus eine Rolle, während andere Größen, wie z.B. die Masse der Hämmer, als langzeitstabil betrachtet werden können und ein verkürztes Prüfverfahren möglich machen. In diesem Vortrag werden vorliegende Daten bezüglich Langzeitstabilität

und Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse verschiedener Hammerwerke ausgewertet. Darüber hinaus ist die Durchführung von Vergleichsmessungen zur Prüfung von Hammerwerken in verschiedenen Institutionen geplant, deren Ergebnisse vorgestellt werden. Schließlich wird die Frage diskutiert, ob der bei der Prüfung verwendete Untergrund die später in der Praxis angetroffenen Untergründe hinreichend repräsentiert.

Do. 14:40 MW 2001

Bauakustik II

Messtechnische Analyse modifizierter Empfangsplattenprüfstände zur Ermittlung der Körperschalleistung haustechnischer Geräte

Michael Hoßfeld, Mathias Kohrmann, Andreas R. Mayr und Ulrich Schanda

Labor für Schallmesstechnik, Hochschule Rosenheim

Die Messung des Körperschalls von haustechnischen Anlagen wird in der Neufassung der DIN 15657:2017 beschrieben. Vorangegangene Forschungs- und Entwicklungsprojekte an der Hochschule Rosenheim haben gezeigt, dass für verschiedene haustechnische Anlagen die Abmessungen des Prüfstandes gemäß obiger Norm für Aussagen bei tiefen Frequenzen durchaus größer sein sollten und für Installationen unter bauähnlichen Bedingungen nicht geeignet sind. Aus diesem Grund wird an der Hochschule Rosenheim ein Empfangsplattenprüfstand mit deutlich größeren Abmessungen sowie Öffnungen zur Befestigungen von z.B. einem Rollladenelement erstellt. In diesem Beitrag soll das Konzept dieses Prüfstandes vorgestellt werden. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Ermittlung des Verlustfaktors aus der Körperschallnachhallzeit sowie auf die Ermittlung der charakteristischen Körperschalleistung von Referenzquellen gelegt.

Do. 15:00 MW 2001

Bauakustik II

Installationsgeräusch nach DIN 4109 - Akustische Beitragsanalyse mit Sensor Arrays und Laser Scanning Vibrometrie

Oliver Wolff^a, Milan Redon^b und Samuel Pasteur^a

^aGeberit International AG; ^bUniversité de Technologie de Compiègne

Die Norm DIN 4109 regelt unter anderem den maximal zulässigen Installationspegel von Sanitäreanlagen innerhalb von Gebäuden. Dabei wird von Komplettinstallationen ausgegangen, die neben der Spüleinrichtung auch die WC Keramik, das Ständerwerk, die Ankopplung an das Bauwerk und das Rohrleitungssystem umfassen. Alle genannten Komponenten tragen potentiell zum Gesamtinstallationspegel bei. Die Komplexität des Geräusches zeigt sich in fehlenden akustischen Modellen der Literatur. So bietet die EN 12354 mit ihren Teilen 1 bis 5 keine Berechnungsmöglichkeit für eine zuverlässige Prognose von Installationsgeräuschpegeln. Internationale Forschungsprojekte zeigen Fortschritte im Bereich massiver Bauweisen, eine Prognose im Leicht- und Holzbau ist noch entfernt von einer praktischen Nutzung.

Die vorliegende Studie präsentiert eine neue Technik, mit der Schallpfade des Installationsgeräusches analysiert werden können. Dazu werden experimentell ermittelte Daten aus Messungen von Arrays aus Körperschallsensoren mit der Technik der Laser Scanning Vibrometrie verknüpft.

Ergebnis ist eine Darstellung, die den Schallfluss im gesamten Installationssystem zu jedem Zeitpunkt und an jedem Ort mit der orts aufgelösten Schallabstrahlung der Wände in Beziehung setzt. Da es sich bei den gemessenen Rohdaten um Zeitdaten handelt, ist die Auswertungsart beliebig und bietet darüber hinaus Möglichkeiten der Auralisierung. Animationen verschiedener Installationsvarianten werden vorgeführt.

Sitzung „Aktive akustische Systeme in Fahrzeugen“

Do. 8:40 MW 0001

Aktive akustische Systeme in Fahrzeugen

Powertrain Sound Quality - Active Sound Technology Development and Deployment

Christian Störig, Ralf Heinrichs und Christoph Becker

Ford-Werke GmbH Köln

Customer expectations on vehicle interior and exterior powertrain sound quality are rising from model year to model year. At the same time target conflicts in vehicle development have been increasing continuously in recent years due to strong market demands for powertrain downsizing and weight and cost reduction. In order to reduce or even eliminate difficult target conflicts the Active Noise Cancellation (ANC) and Active Sound Design (ASD) technologies turned out to be a powerful alternative to conventional (passive) NVH-countermeasures. As a consequence, the stringent NVH and sound quality targets can be met and hence customer expectations can be satisfied. The broad and robust deployment of Active Sound Technology on a global scale is a huge challenge in vehicle development. Here, an intelligent strategy and framework is mandatory, utilizing efficient and well-designed algorithms, development tools, methods and implementation processes. This becomes even more evident in light of an increasing number of product variants (complexity) and - in contrast to this - a decreasing number of prototypes. In this paper, selected aspects of the deployment of active sound technology for ICE-Powertrains will be discussed - e.g. with regard to complexity, pitfalls and tuning results. Finally, selected generic aspects and topics will be examined.

Do. 9:00 MW 0001

Aktive akustische Systeme in Fahrzeugen

ANC-Systeme als Serienanwendung - Organisatorische und technische Lösungen im TuningprozessAndreas SchilpAZL-Technology Center GmbH

An Hand von Beispielen und Erfahrungen aus dem Tuningprozess von ANC Engine Order Cancellation Systemen in der Serienentwicklung werden Lösungsansätze aus Sicht des AZL-Technology Centers als Engineeringdienstleister vorgestellt. Der wesentliche Tuningprozess besteht aus der Messung von Sekundärstrecken, einer Erstausslegung des Systems auf einem Akustik-Rollenprüfstand, einer Tuningverfeinerung und Absicherung auf einem Testgelände, Grenzwertfestlegungen und der Festlegung von End-of-Line-Parametern für die Überprüfung in der Serienfertigung. Entlang der einzelnen Prozessschritte werden wesentliche Herangehensweisen und Erfahrungswerte im Spannungsfeld von Aufwand, Nutzen und Risikomanagement vorgestellt.

Do. 9:20 MW 0001

Aktive akustische Systeme in Fahrzeugen

ActiveSilence for efficient control of exhaust noiseJan Krüger, Peter Wink und Maike WernerEberspächer Exhaust Technology GmbH

Downsizing and downspeeding are important concepts for increasing the efficiency of combustion engines. But they are a challenge in terms of the NVH behavior of vehicles as well. In order to overcome this challenge, Eberspächer is working on the improvement of the acoustic effectiveness of exhaust systems. This article will demonstrate how active components in exhaust systems can help to resolve the conflicting objectives described. In particular with the ActiveSilence(R) technology considerable progress has been achieved over recent years in relation to performance, robustness, and cost benefit. In specific case studies it will be shown what improvements have been reached with these muffler technologies in terms of sound quality, back pressure and with regard to volume as well as weight. Finally, an outlook will be given how this technology can support the development and handling of numerous variants of exhaust lines which are common in modern vehicle platform architectures.

Do. 9:40 MW 0001

Aktive akustische Systeme in Fahrzeugen

Active-Road-Noise-Control (ARNC) - Kausalitäts-Check mittels einfacher Hammer-Tests mit kritischer System LatenzbetrachtungJuergen Zollner, Nikos Zafeiropoulos, Vasudev Kandade Rajan und Markus Christoph*Harman/Becker Automotive Systems GmbH*

Eine aktive Road-Noise-Control (ARNC) hat sehr hohe Anforderungen an die Latenz der Sensorik und der Kontrolleinheit, wobei Beide im unteren einstelligen Millisekunden Bereich liegen müssen. Im Gegensatz zur aktiven Engine-Order-Control (EOC) ist der Erfolg eines ARNC- Systems von einer echt kausalen Gegenschallerzeugung abhängig. Hier besteht das Störgeräusch nicht wie beim EOC aus den Harmonischen der Motor-Ordnungen, sondern das Rollgeräusch ist in der Regel eine Mischung aus stochastischen und impulshaften Signalen. Daher muss gerade im RNC die Kausalität eingehalten werden um einerseits gegenphasige und amplitudentreue Gegenschallsignale erzeugen zu können und andererseits eine Konvergenz bei der Filter-Adaption zu gewährleisten, obwohl beide Systeme meist auf einen Least-Mean-Square-Algorithmus basieren. Um schon im Vorfeld unter geringen Aufwand mögliche Einschränkungen eines ARNC- Systems aufzeigen zu können, hilft ein sogenannter Kausalitäts- Check mittels einfacher Hammer-Tests. Dabei ist es erforderlich die Latenzbedingungen auf elektrischer und akustischer Ebene zu kennen, um diese mit Hilfe geeigneter Analyseverfahren mit den Messergebnissen der Hammer-Tests gegenüberstellen zu können. Aus den Erkenntnisse lässt sich dann ableiten, inwiefern bestimmte Sensor oder Mikrophone-Positionen geeignet sind oder welche System-Architekturen realisierbar sind. Im Vortrag wird anhand eines Fahrzeug-Beispiels ein Kausalitäts-Check exemplarisch dargestellt, dabei werden die Latenzbedingungen betrachtet und die möglichen Auswirkungen und Einschränkungen für ein ARNC System diskutiert.

Do. 10:20 MW 0001

Aktive akustische Systeme in Fahrzeugen

ANC in nichtlinearen Systemen. Viel hilft viel?Robert Henneberger, Dominik Schubert, Simon Hecker und Stefan Sentpali*Hochschule München*

Durch eine geeignete Einspeisung modulierender Signale im d-q Koordinatensystem der Feldorientierten Regelung (FOR) einer Synchronmaschine ist es möglich gezielt Körper- und Luftschallenergie zu erzeugen. Diese Schallenergie kann zum Beispiel mit Hilfe eines FxLMS Algorithmus zum Kompensieren von Störphänomenen im Fahrzeug genutzt werden. Hierbei wirken sich jedoch die Nichtlinearitäten des E-Motors negativ auf die Kompensation aus. In diesem Beitrag wird auf die Effekte der Nichtlinearitäten des Elektromotors als akustischen Aktuator eingegangen. Des Weiteren wird die Wirkung im Fahrzeug objektiv beschrieben

und mit subjektiven Hörtests verglichen. Verschiedene Ansatzpunkte zur Minimierung des Problems werden in Aussicht gestellt.

Do. 10:40 MW 0001

Aktive akustische Systeme in Fahrzeugen

Aktive Geräusch- und Vibrationsreduktion mit Hilfe elektrischer Antriebe

Dominik Schubert, Robert Henneberger, Simon Hecker und Stefan Sentpali

Hochschule München

Um teure und schwere passive Dämpfer einzusparen und trotzdem den immer höher werdenden akustischen Komfortansprüchen in modernen Kraftfahrzeugen gerecht zu werden, sollen bereits verbaute elektrische Antriebe zur aktiven Geräusch- und Vibrationsreduktion eingesetzt werden. Hier wird ein elektrischer Lenkhilfesantrieb verwendet, um Störgeräusche aktiv zu dämpfen. Dieser bietet den Vorteil, dass er direkt am Vorderachsträger montiert ist und somit Störgeräusche, welche über diesen in den Fahrzeuginnenraum gelangen, reduziert werden können. In diesem Beitrag wird gezeigt, dass mit Hilfe adaptiver Algorithmen ein Störgeräusch am Fahrerohr durch die passende Anregung des Lenkhilfesantriebs deutlich reduziert werden kann, ohne die eigentliche Funktion des Aktors zu beeinflussen.

Do. 11:00 MW 0001

Aktive akustische Systeme in Fahrzeugen

Kombinierte Gestaltung von Außen- und Innengeräuschen für Fahrzeuge mit Elektroantrieb

Markus Bodden und Torsten Belschner

neosonic

Fahrzeughersteller werden aufgrund der gesetzlichen Vorschriften verpflichtet, Fahrzeuge mit Elektro- oder Hybridantrieb mit Systemen zur Generierung von Außengeräuschen auszurüsten (AVAS). Diese Geräusche müssen - je nach Vorschrift im Zielland - für Geschwindigkeiten von bis zu 30 km/h erzeugt werden. In diesem Geschwindigkeitsbereich werden die Geräusche in den meisten Fahrzeugen auch innen hörbar sein, so dass für die Insassen ein inhomogenes Geräuscheszenario entsteht. Dies kann vermieden werden, indem auch für den Innenraum Geräusche erzeugt werden, die neben dieser Einbettung der Außengeräusche auch die Funktion der Rückmeldung an den Fahrer sowie der Verbesserung der Geräuschqualität durch Maskierung negativer Komponentengeräusche übernehmen können. Hierzu ist es jedoch erforderlich, Außen- und Innengeräusche aufeinander abgestimmt zu erzeugen. Dies kann nur durch ein Zusammenspiel des AVAS-Systems mit dem Innenraumsystem, das in der Regel in die Audioanlage eingebunden ist, erfolgen. Grundlegende Ansätze des Sound-Designs zur Auslegung der Geräusche sowie Lösungsmöglichkeiten für eine Serienumsetzung werden vorgestellt.

Sitzung „Sprache und Audio im Kfz“

Do. 9:00 MW 1050

Sprache und Audio im Kfz

In-Car Communication - Performance Parameters and Testing Procedures from the Users Point of ViewHans Wilhelm Gierlich*HEAD acoustics GmbH*

Almost any modern car is equipped with microphone(s) and loudspeaker systems intended for high quality audio reproduction and hands-free communication. Signal processing power is getting increasingly cheaper and the algorithms developed for hands-free communication can be adapted in such a way that systems for enhancing in-car communication (ICC) seem to be realizable with just some more signal processing and without adding additional hardware components. Consequently the car industry is increasingly interested in deploying such systems in cars.

However, even if an ICC system in the first view is not so much different to a public address system, in-car communication requires significantly more advanced signal processing and automated control. ICC has to work seamlessly and should preserve the original talkers voice quality and location but enhancing the speech intelligibility the same time.

The contribution will discuss the different quality parameters relevant to the user. Different auditory and instrumental test procedures as developed so far will be introduced. Open issues will be discussed. System stability requirements and associated test methods will be highlighted as well. The work currently ongoing in ITU-T standardization is introduced.

Do. 9:20 MW 1050

Sprache und Audio im Kfz

Man höre und staune - Perzeptive Evidenz für die Funktionalität eines ICC-Systems anhand von Dialogdaten aus einer multimodalen Fahrsimulation

Rabea Landgraf^a, Gerhard Schmidt^a, Marco Gimm^a, Oliver Niebuhr^b und Tina John^a

^a*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*; ^b*Mads Clausen Institute, University of Southern Denmark*

Umgebungsgeräusche im fahrenden Auto beeinflussen die Sprachkommunikation. Bei zunehmender Lärmbelastung steigen z. B. F0 und das akustische Energieniveau, und Sprechaufgaben (Map-Task) werden schneller gelöst. Dieser sogenannte Lombard-Effekt kann durch die Anwendung eines Innenraumkommunikationssystems (ICC) abgeschwächt werden, das zumindest ist die Schlussfolgerung aus den Veränderungen der akustisch-phonetischen Parameter. Was fehlt, ist eine Gegenprobe in der Beurteilung der Sprecher durch andere Hörer in einem Perzeptionsexperiment. Diese Gegenprobe ist Gegenstand unserer Untersuchung, in deren Rahmen 132 Hörer Sprachsignale aus realen

Autoinnenraumkommunikationssituationen bewertet haben. Die Signale wurden bei Stille, 50 km/h und 130 km/h sowie ohne und mit ICC-System aufgenommen. Anhand verschiedener semantischer Bewertungsskalen kann erstens ein akustisch gemessener Lombard-Effekt auch perzeptiv bestätigt werden. Dabei klingen die Sprecher im Auto bei zunehmenden Fahrgeräuschen für außenstehende Hörer zudem emotionaler. Zweitens bestätigen die Ergebnisse, dass ein hinzugeschaltetes ICC-System den Lombard-Effekt auch aus Hörersicht signifikant reduziert, z. B. in Bezug auf die wahrgenommene Sprecherlautstärke und das zuvor genannte Emotionalitätsniveau. Zusammengefasst untermauern unsere Daten einerseits, dass ICC-Systeme die Kommunikation der Fahrgäste verbessern und somit Autofahren sicherer machen. Andererseits haben wir aber auch Hinweise darauf gefunden, dass durch ICC nicht die Kommunikationsumgebung eines stillen Autoinnenraums wiederhergestellt, sondern eine andersartige Kommunikationssituation geschaffen wird.

Do. 9:40 MW 1050

Sprache und Audio im Kfz

ICC Systems Require Multichannel Acoustic Echo Cancellation: How to Perform Efficient Residual Echo Suppression

Jan Franzen und Tim Fingscheidt

TU Braunschweig

In-car communication (ICC) systems support the speech communication between rear and front seat passengers in a car. They typically use the car's existing microphones to acquire speech and send it to the loudspeakers at the listening passenger positions with additional amplification. The main component of an ICC system is an acoustic echo (or feedback) cancellation (AEC). It estimates the impulse response of the loudspeaker-enclosure-microphone (LEM) system in the car to calculate an estimated echo signal and subtract it from the microphone signal. By that, a widely echo-free speech component is obtained. To address the typically remaining residual echo, a postfilter for residual echo suppression is usually applied afterwards.

Most state-of-the-art ICC systems use a single-channel AEC, thereby being able to provide an easier communication inside the car cabin while increased driving noises are present. However, at least one scenario requires the use of a stereo-channel AEC: passengers having a conversation while stereo music is played from the audio player or FM radio. Facing this challenge, we show an efficient residual echo suppression postfilter that can be used in combination with the stereo-channel Kalman Filter AEC, thus allowing to additionally cancel the echoes stemming from the stereo music signal.

Do. 10:20 MW 1050

Sprache und Audio im Kfz

Evaluierung eines Systems zur Verbesserung der Kommunikation zwischen Fahrer und Beifahrer in offenen Fahrzeugen

Philipp Bulling, Florian Aue, Harald Schnepf und Arthur Wolf

Daimler AG

Die Kommunikation zwischen den Insassen eines Fahrzeugs wird oftmals aufgrund lauter Umgebungsgeräusche gestört. Zu den Geräuschquellen zählen beispielsweise Motor- und Windgeräusche sowie die Abrollgeräusche der Reifen. Für geschlossene Fahrzeuge, wie z.B. Vans oder lange Limousinen, gibt es seit einigen Jahren Innenraumkommunikationssysteme (engl. In-Car Communication, ICC). Diese unterstützen die Kommunikation, indem sie die Sprache der Passagiere mittels Mikrofonen aufzeichnen und diese über die Lautsprecher bei den Zuhörern wiedergeben. In offen fahrenden Cabrios ist die Kommunikation zwischen Fahrer und Beifahrer bereits bei moderaten Geschwindigkeiten stark gestört. Auch hier können ICC-Systeme Abhilfe schaffen, allerdings werden die Systeme aufgrund der sehr hohen Hintergrundgeräusche vor spezielle Herausforderungen gestellt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Cabrio mit einem solchen ICC-System aufgebaut und evaluiert. Hierfür wurden in dem Fahrzeug für Fahrer und Beifahrer jeweils mundnahe Mikrofone in den Sicherheitsgurten und ohrnahe Lautsprecher in den Kopfstützen verbaut, um eine optimale Qualität zu erzielen. Die benötigte Echtzeit-Audiosignalverarbeitung beinhaltet unter anderem Verfahren zur Kompensation der Rückkopplung, eine laufzeitoptimierte Geräuschreduktion und Entzerr-Algorithmen. Die hier vorgestellten Messungen zeigen, dass ein ICC-System auch in einem offenen Fahrzeug die Kommunikation verbessert, was sich in einem größeren Signal-Rausch-Verhältnis (engl. Signal-to-Noise Ratio, SNR) äußert. Subjektive Tests bestätigen dieses Ergebnis.

Do. 10:40 MW 1050

Sprache und Audio im Kfz

Acoustic Estimation of the Head Orientation for In-Car Communication Systems

Rasool Al-Mafrachi, Marco Gimm und Gerhard Schmidt

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

In order to overcome the communication difficulties among passengers due to a large amount of background noise in cars driven at high or even moderate speed, so-called In-car-communication (ICC) systems are recently used. Such ICC-systems improve the signal-to-noise ratio (SNR) within the car compartment by record, process, and playback the desired speech signal of the talking passenger over loudspeakers located close to the passengers. However, due to the acoustic directionality of human head, ICC-systems often record a distorted speech signal with degraded intelligibility and quality when the talking passenger turns his/her head. This contribution proposes an acoustic localization and head orientation

estimation of the speaking passenger within a noisy car compartment. Estimating position and head orientation measures in an automotive environment is not trivial task especially with low SNR scenarios when the desired speech is buried in different background noises (engine, wind, tire noise, etc.) and with the presence of other speaking passengers within the car compartment. Those estimated measures would permit the improvement of speech technologies of the ICC-systems such as better microphone signal selection, gain control and equalization. Also, it would allow to decide who is the active speaker among passengers or determining who is talking to whom.

Do. 11:00 MW 1050

Sprache und Audio im Kfz

Real-Time Implementation of an Adaptive Beamformer-Postfilter System for Seat belt Microphones on SHARC ADSP-21489

Mohammed Krini^a, Matthias Herbert^a und Zafar-Baig Mirza^b

^a*Hochschule für angew. Wissenschaften Aschaffenburg;* ^b*paragon AG*
Belt Microphones are an elegant and interesting alternative to conventional microphones used for speech communications in automobile environments. Three microphones are integrated into safety belts of the car, which are placed around the shoulder and chest of the passenger after fastening the belt. Belt microphones offer an improved SNR (signal-to-noise ratio) due to small distance to the passenger's mouth compared to common microphone positions. State-of-the-art systems select only the microphone with the highest SNR on the belt as an input to speech enhancement schemes. The performance can be further improved by combining all belt microphones to generate an enhanced output. However, belt microphones come with their own inherent challenges. Even a slight bodily movement results in significant change in the position of microphones on the belt. Another problem is when the microphones are accidentally touched by fingers or clothing such as jacket zips, ties. Taking these unique challenges into account, this contribution proposes a low-complexity and robust adaptive beamformer-postfilter system with special focus on its real-time implementation on a SHARC ADSP- 21489 hardware. The system's overall performance designed for belt microphones is then evaluated and compared with the single best belt microphone in terms of SNR and SIR (signal-to-interference ratio).

Do. 14:20 MW 1050

Sprache und Audio im Kfz

Subjective Testing of Car Audio Systems With and Without Parallel Task

Magnus Schäfer^a, Jan Holub^b, Jan Reimes^a und Tomáš Drábek^b

^a*HEAD acoustics GmbH;* ^b*FEE CTU Prague*

The sound quality of a car audio system is an important part for many consumers when making their buying decisions. Consequently, it is also of significant interest for car manufacturers. There are some studies

addressing the testing paradigms that can be utilized for an efficient and realistic evaluation of the perceived sound quality. However, there are no investigations that focus on the differences between only listening and listening while performing a realistic parallel task, i.e. in this case, driving a car.

This contribution presents a comparison between listening tests that were conducted in two different simulated listening situations: listening only in a stationary, parked car and listening while driving a (simulated) car. In both tests, identical signals and identical playback configurations were used leaving the situation as the only variable in the test.

The comparative evaluation of the listening tests shows good agreement between the two listening situations for many stimuli. One clear trend can be observed, though: the lower end of the quality scale is not used as frequently when performing a parallel task. This indicates that a car driver may be a less critical listener than a passenger is.

Do. 14:40 MW 1050

Sprache und Audio im Kfz

Semantischer Mehrkanal-Audio-Upmix-Algorithmus für automobile Anwendungen

Johannes Böhm und Dirk Olszewski

paragon AG

Mit zunehmender Automatisierung des Fahrens gewinnt das Automobil steigende Bedeutung als Hörraum. Um ein immersives 3D-Hörerlebnis auch mit herkömmlichen Zweikanal-/Stereo-Inhalten anzubieten, ist ein Signalverarbeitungsverfahren zum räumlichen Upmix erforderlich. Wir geben zunächst einen kurzen Überblick über den Stand der Technik gängiger Verfahren. Ausgehend von einem Signalmodell, bei dem das Zweikanalmaterial aus direktiven (korrelierten) und diffusen (unkorrelierten) Signalen zusammengesetzt ist, lassen sich diese Signale im Zeit-Frequenzbereich extrahieren und dann in mehr als zwei Kanäle neu mischen. Mit Hilfe einer Kovarianz-Analyse lassen sich so ein Richtungssignal, die zugehörige virtuelle Quellenrichtung, ein Maß für die Direktivität (Stärke) des Richtungssignals, sowie bis zu sechs Diffus-Signale gewinnen. Diese Signale und Größen werden in einem Renderer verarbeitet und neu auf das AusgangskanalfORMAT gemischt. Für automobile Anwendungen ist es dabei wichtig, die virtuelle Bühne einstellen zu können. Spezielle Frequenzfilter erhöhen den Eindruck von räumlicher Höhe, ebenso das Einmischen der hinteren Hörsignale als Monosignale in die Surroundkanäle bei fehlenden hinteren Höhenlautsprechern (5.1+2). Abschließend werden die Integration des Verfahrens in ein Entertainment-System und eine Beispielimplementierung in einem Versuchsfahrzeug mit 34 Lautsprechern beschrieben.

Do. 15:00 MW 1050

Sprache und Audio im Kfz

Estimating Implementation Effort from Acoustic "Quick-Check" Tests in VehiclesRadi Serafimov, Frank Kettler und Anuj Sethi*HEAD acoustics GmbH*

The "entrance point" for high quality voice communication from vehicles are the acoustic properties in the vehicle cabin, in particular the quality, position and orientation of acoustic transducers (loudspeakers and microphones) and the ambient noise conditions. This applies to regular comfort hands-free communication (HFT) as well as for eCall applications (In-vehicle Systems, IVS). Adverse acoustic conditions make higher demands on the hands-free signal processing algorithms. This is often a controversial discussion point during a hands-free implementation and tuning process in vehicles. An acoustic "QuickCheck" in a vehicle cabin even without installed hands-free or eCall system, only based on cabin acoustics, may help to verify the suitability of microphone and loudspeaker positions. Such tests can be carried out in a reasonably short time, but provide important information to estimate the later implementation and tuning effort for the HFT or IVS system. The contribution discusses the informative value of such tests using practical examples from existing vehicles.

Do. 15:40 MW 1050

Sprache und Audio im Kfz

Feature Selection for DNN-based Bandwidth ExtensionJonas Sautter^a, Friedrich Faubel^a und Gerhard Schmidt^b^a*Acoustic Speech Enhancement Research, Nuance Communications Deutschland GmbH*; ^b*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Artificial bandwidth extension (BWE) is still an important topic, especially in the automotive domain where consumers experience a dramatic degradation in voice quality when a wideband call suddenly falls back to 8-kHz GSM. This happens e.g. due to poor network coverage in the countryside. The aim of BWE is to bridge the perceived voice quality gap by reconstructing the wideband signal. In this work, we take a Deep Neural Network (DNN) - based approach. We address the problem of selecting a robust feature set from a larger pool of time- and frequency-domain features. This is achieved in a bottom-up fashion. Starting with Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) as a basic feature set, we conduct a sequence of experiments to evaluate the performance improvement that can be achieved by adding a feature from the pool. This is carried out for all features and the one with the highest improvement is selected. The final feature set is obtained by iteratively repeating this procedure until the achievable improvement drops below a threshold. A focus lies on the robustness of frequency-domain features in comparison with time-domain features regarding background noise and channel characteristics.

Do. 16:00 MW 1050

Sprache und Audio im Kfz

Noise-Robust Speaker Identification in CarsAbhijatha Banashankarappa^a, Steffen Kortlang^a, Stephan Werner^b und Thomas Rohdenburg^a^aIAV GmbH; ^bTU Ilmenau, Institut für Medientechnik

Speech is one of the important communication tools between the human and the machine within a car. Besides voice recognition, the speaker identity is an important information extractable from the speech signal. By detecting the speakers, the infotainment system may automatically be personalized or utilized for speaker dependent speech recognition. The main focus of this work lies in audio-based speaker identification in cars using the existing hands-free system. Many different features like Gammatone and Mel Frequency Cepstral Coefficients, Linear Predictive Cepstral Coefficients and corresponding delta and delta-delta features are extracted from the speech. Linear Discriminant Analysis is used to reduce the dimensionality of the features. Gaussian Mixture Models are used as the initial classifier. The system is implemented to operate in real-time. The speech data is collected from 12 different speakers at four different positions inside the car, using the built-in hands-free microphones. The actual driving noise, measured at 60 & 120 km/h, is added to the signals. The classification accuracy is measured for respective test cases to assess the performance of the system under realistic acoustic scenarios.

Sitzung „Eisenbahnakustik“

Do. 8:40 MW 2050

Eisenbahnakustik

Validierung eines Zeitbereichsmodells zur Prognose von Rad-Schiene-RollgeräuschenFriedrich Mangelsdorf^a, Katja Stampka^a, Anders Nordborg^b und Ennes Sarradj^a^aTU Berlin, Fachgebiet Techn. Akustik; ^bSound View Instruments (SE)

Das Rad-Schiene-Rollgeräusch ist der dominante Anteil des Schienenverkehrs-lärms bei mittleren Fahrgeschwindigkeiten (50 bis etwa 300 km/h). Durch Unebenheiten auf der Schiene sowie auf der Lauffläche des Rades, wird das System zu Körperschallschwingungen angeregt. Diese werden frequenzabhängig sowohl von der Schiene und den Rädern als auch von den Schwellen als Luftschall abgestrahlt.

Von Nordborg (DAGA 2015) wurde ein Zeitbereichs-Modell zur Prognose von Rad-Schiene-Rollgeräuschen unter Berücksichtigung der vertikalen Kräfte vorgestellt. Mit Hilfe dieses Modells ist es im Gegensatz zu etablierten Frequenzbereichsmodellen möglich, Nichtlinearitäten des Hertz'schen Kontakts und die nichtstationäre Rückkopplung zwischen

der Kontaktkraft und den Auslenkungen von Rad und Schiene zu berücksichtigen.

Auf Grundlage dieses Modells wurde ein numerisches Berechnungsverfahren implementiert, mit welchem die zeitlichen Verläufe der Kontaktkraft und der Auslenkungen von Rad und Schiene parameterabhängig berechnet werden können.

Die Ergebnisse für das Schwingverhalten der Schiene während einer Zugvorbeifahrt werden Messdaten an einem Nahverkehr-Gleis gegenüber gestellt. Es zeigt sich in weiten Frequenzbereichen eine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen Messdaten und Prognose.

Do. 9:00 MW 2050

Eisenbahnakustik

Erstellen eines Leitfadens zum Einsatz von Schallminderungsmaßnahmen an bestehenden und neuen Eisenbahnbrücken im Netz der DB AG

Dorothee Stiebel^a, Christian Gerbig^a und Bernd Asmussen^b

^aDB Systemtechnik GmbH; ^bDB Netz AG

Die Schallabstrahlung von Eisenbahnbrücken beruht darauf, dass die Brückenkonstruktion während der Überfahrt eines Zuges zu Schwingungen angeregt wird und zusätzlich zum Rollgeräusch Luftschall abstrahlt. Diese im Vergleich zum Rollgeräusch der Züge tendenziell niederfrequente Lärmkomponente, auch als Brückendröhnen bezeichnet, kann von Anwohnern als besonders belästigend empfunden werden. Schallschutzwände schirmen nur das seitlich abgestrahlte Rollgeräusch aber nicht das Brückendröhnen ab. Schallschutzfenster mindern aufgrund ihrer frequenzabhängigen Wirkung den von der Brücke abgestrahlten Schall in der Regel ebenfalls nicht ausreichend. Zur Reduktion des Brückendröhne werden daher heute überwiegend elastische Elemente im Bereich des Oberbaus eingesetzt, allerdings existieren auch weitere Maßnahmen wie z. B. Brückendämpfer bzw. konstruktive Maßnahmen. Da bis 2019 insgesamt 875 Brücken im Bereich der DB Netz ersetzt bzw. umfassend saniert werden sollen, soll sichergestellt werden, dass die ersetzten bzw. instand gesetzten Brückenkonstruktionen auch im Hinblick auf die Luftschallemissionen dem Stand der Technik entsprechen. Zur Unterstützung der Fachplaner soll daher im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms (ZIP) mit finanzieller Förderung durch den Bund ein Leitfaden zur Schallminderung von Eisenbahnbrücken erstellt werden. Dabei sollen neben der Bewertung innovativer Maßnahmen auch Empfehlungen für Maßnahmen zur Reduktion des Brückendröhne bestehender und neuer Brücken erstellt werden. Der Vortrag gibt einen Überblick über die bereits durchgeführten Arbeiten.

Do. 9:20 MW 2050

Eisenbahnakustik

Track Noise Reduction - A single value descriptor of noise radiated by a railway track based on Track Decay RateHelmut Venghaus^a und David J. Thompson^b^aACCON GmbH; ^bUniv. of Southampton, Dynamics Group-ISVR (UK)

One of the outcomes of the STARDAMP project was a laboratory testing method for rail dampers based on flexibly mounted rail sections. To achieve an estimate of the performance of the tested rail dampers in the track it is necessary to combine the damping effectiveness of the damper from the laboratory with the existing damping of the track expressed in terms of the Track Decay Rate (TDR). By combining both data sets the reduction of the noise radiated by the track can be determined. To summarise the effect of a rail damper in a particular situation, a reduced calculation procedure has been developed, presenting the acoustic differences of track sections as a single value. This value gives the Track Noise level Reduction (TNR) due to the changes in TDR. This calculation method may now be used to give a better understanding of the noise levels at different railway track sites in the same way as the roughness level. This paper will give a short overview of the calculation method and its sphere of influence to compare the noise radiation at different track sites with the aim of introducing a single value descriptor for the effect of TDR.

Do. 10:00 MW 2050

Eisenbahnakustik

Messung und Beurteilung von Türwarnsignalen bei Schienenfahrzeugen

Christian Czolbe

PROSE AG (CH)

Schienenfahrzeuge müssen für den sicheren Betrieb als Personenzüge z.B. als Stadtbahn oder im Fernverkehr das Türöffnen und Türschließen akustisch signalisieren. So müssen die Türen von Fahrzeugen für den innereuropäischen Betrieb seit 2008 im Rahmen der TSI PRM (Menschen mit eingeschränkter Mobilität) bestimmte Anforderungen an Schalldruckpegel, Frequenz, Zeitfolge und adaptive Lautheitsregelung des jeweiligen Türwarnsignals erfüllen. Die Messungen finden sowohl im Innenbereich als auch im Außenbereich statt. Aktuell wurde ein Normenvorschlag für diese Messungen erarbeitet, welche eine schnelle und einfache Messung am Fahrzeug ermöglichen soll. Obwohl es auf den ersten Blick einfach erscheint, ein Türpiepsen zu messen, wird schnell klar, dass die Messung von pulsierenden Tönen insbesondere im Innenbereich recht anspruchsvoll ist. Für adaptive Türwarnsignale muss ein künstliches Hintergrundgeräusch erzeugt werden, um die Regelung des Systems sowie die den Nachweis der gesetzlichen Anforderungen beurteilen zu können. Eine Diskussion über die eigentliche Messgröße für

dieses Thema und die Wahrnehmung von Warnsignalen im Schienenfahrzeugbereich ist dringend erforderlich, da viel zu gern Mittelungsspiegel und altbekannte hörbare Unterschiede verwendet werden, welche jedoch nicht bei allen Signalen gleichermaßen gut geeignet erscheinen. So kommt es vor, dass Anwohner, Passagiere und auch das Zugpersonal selbst mitunter unnötig belästigt werden, obwohl das Fahrzeug mit den akustischen Anforderungen konform ist.

Do. 10:20 MW 2050

Eisenbahnakustik

Schienenschleifen als Ursache von Tonalitäten und hochfrequenten Schienenschwingungen

Benjamin Lütke

DB Systemtechnik GmbH

Hochfrequente Pfeifgeräusche bei Zugvorbeifahrten, kurz nach dem Schienenschleifen, haben zu vermehrten Anwohnerbeschwerden geführt. Die Instandhaltungsschleifprozesse verändern die akustische Signatur der Schiene signifikant. Im Projekt "Geräuschoptimiertes Schienenschleifen" der DB Netz AG wurden sechs unterschiedlich geschliffene Abschnitte über einen Zeitraum von 4 Wochen akustisch untersucht. Die akustischen Frequenzspektren der einzelnen Abschnitte weisen große Unterschiede auf und korrelieren mit der Welligkeit der Schienenoberfläche. Ergebnisse der ICs bei 200 km/h, der Regionalzüge ET440 bei 140 km/h und der Regionalzüge mit Doppelstockwagen bei 120 km/h werden in dem Beitrag vorgestellt. Zwischen den verschiedenen geschliffenen Abschnitten betragen die Differenzen der globalen Schalldruckpegel bis zu 4 dB bei den Vorbeifahrten der ET440 mit 140 km/h. In einzelnen Frequenzbändern wurden Unterschiede bis zu 10 dB für diese Kategorie gemessen. Die Schienenoberflächen, die starke diskrete Wellenlängen in longitudinaler Richtung aufweisen, führen zu den stärksten Tonalitäten. Die nahezu unveränderten Frequenzspektren der herannahenden und wegfarenden Züge in Bezug auf die Mikrofonebene lassen darauf schließen, dass vor allem die Schienenschwingungen zur Geräuscentwicklung beitragen.

Do. 10:40 MW 2050

Eisenbahnakustik

Zur erschütterungsmindernden Wirksamkeit von Betontrögen mit SchO auf USM

Norbert Breitsamter

imb-dynamik GmbH

Die DB AG setzt seit über 20 Jahren Betontröge mit Schotteroberbau auf Unterschottermatten auf freier Strecke zur Minderung von Erschütterungsimmissionen ein. Zum weiteren Verständnis der Wirkungsweise der Betontröge mit Schotteroberbau auf Unterschottermatten wurden aktuell umfangreiche theoretische Parameterstudien mittels des Rad-Schiene-Interaktionsmodells iSi zur Aufklärung des Oberbauverhaltens

sowie weitere Messungen an einem Bestandstrog durchgeführt. Die Parameterstudien umfassen: - Fahrgeschwindigkeit, unabgefederte Radatzmasse, - Zw-Eigenschaften und USM-Eigenschaften (dyn. Steifigkeit, Dämpfung), - Schotterdicke, - Trogeigenschaften (Sohlplattendicke, Eigenfrequenzen), - Bodensteifigkeit (stark vereinfacht). Die Ergebnisse der modellbasierten Parameterstudien sowie der Messungen (so weit diese schon ausgewertet sind) werden vorgestellt und diskutiert. Abschließend wird ein konservativer Ansatz für die Minderungswirkung (spektrale Einfügdungs-dämmung) empfohlen.

Do. 11:00 MW 2050

Eisenbahnakustik

Akustische Anforderungen an Schienenstegdämpfern und ihr Nachweis

Maria Starnberg^a, Bernd Asmussen^b, Christian Frank^b und Christian Gerbig^a

^aDB Systemtechnik GmbH; ^bDB Netz AG

Schienenstegdämpfer (SSD) reduzieren die Schwingungen und somit die Schallabstrahlung der Schiene während der Vorbeifahrt eines Zuges. Die Wirkung wird von vielen Parametern beeinflusst, die nicht direkt durch die Konstruktion des SSDs bestimmt werden, wie z.B. die dynamischen Eigenschaften des Gleises und die Schallabstrahlung der Räder. Seit der Neufassung der Schall03 (Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege) im Jahr 2015 können SSD als Schallminderungstechnik eingesetzt werden unter die Voraussetzung, dass die festgelegte akustische Wirksamkeit eingehalten ist.

Bisher ist keine akustische Typprüfung von SSD im Regelwerk der DB festgeschrieben. Ein Feldtest zur Prüfung der Minderungswirkung ist mit einem hohen Aufwand bei gleichzeitig hoher Unsicherheit der Ergebnisse verbunden. Im Forschungsprojekt STARDAMP wurde ein Laborprüfverfahren entwickelt und validiert, das für die Produktqualifikation geeignet ist.

Mit Hilfe des in STARDAMP entwickelten Tools zur Prognostizierung der Wirkung von SSD auf Basis der Messung von Abklingraten wurde die im Laborversuch nachzuweisende Mindestdämpfung ermittelt, welche die Einhaltung der Vorgaben nach Schall03 für verschiedene Betriebsfälle sicherstellt. Dieser Beitrag beschreibt die Entwicklung der Anforderungen an die im Prüfstand ermittelten Abklingraten und fasst die neue Typprüfung von SSD der DB zusammen.

Sitzung „Deep Learning for Audio“

Do. 14:20 MW 2050

Deep Learning for Audio

Evaluation of Modulation-MFCC Features and DNN Classification for Acoustic Event DetectionJanek Ebberts^a, Alexandru Nelus^b, Rainer Martin^b und Reinhold Haeb-Umbach^a^a *Universität Paderborn, Fachgebiet Nachrichtentechnik*; ^b *Ruhr-Universität Bochum, Institut für Kommunikationsakustik*

Acoustic event detection, i.e., the task of assigning a human interpretable label to a segment of audio, has only recently attracted increased interest in the research community. Driven by the DCASE challenges and the availability of large-scale audio datasets, the state-of-the-art has progressed rapidly with deep-learning-based classifiers dominating the field. Because several potential use cases favor a realization on distributed sensor nodes, e.g. ambient assisted living applications, habitat monitoring or surveillance, we are concerned with two issues here. Firstly, the recording of audio events may be perceived as intrusive and may violate privacy requirements. Secondly, the sensor nodes usually have limited computational power.

In this contribution we contrast classification performance with memory and computing resources required to achieve a certain performance. Aiming to disclose just enough information for acoustic event detection, and not for anything more intrusive, we experiment with different signal representations and investigate the impact of temporal aggregation and dimensionality reduction. We further compare different deep learning architectures, including convolutional and recurrent models, with regard to their performance and model complexity. Experiments will be carried out on real life everyday audio recordings in realistic, however challenging, multisource conditions.

Do. 14:40 MW 2050

Deep Learning for Audio

Deep Convolutional Recurrent Neural Networks for Rare Sound Event DetectionShahin Amiriparian^a, Sahib Julka^b, Nicholas Cummins^a und Björn Schuller^a^a *Universität Augsburg*; ^b *Universität Passau*

Rare acoustic event detection, as evidenced by the recent IEEE AASP Challenge on Detection and Classification of Acoustic Scenes and Events (DCASE 2017), is a growing field of acoustic classification research. Rare audio events often possess unique spectral and temporal structures which can aid their identification. In this regard, we investigate the advantages of a hybrid combination of convolutional neural network and a recurrent neural network to classify rare occurring sound events

in audio streams. Our developed system uses log-Mel spectrograms, together with their derivatives, fed into convolutional layers to first extract high-level, shift-invariant spectral features. Recurrent layers are then used to learn the long-term temporal context from the obtained high-level features. Finally, using a feed forward neural network with sigmoid activations, a sequence of probability estimations are used to predict the onset and presence of the rare sounds. We develop and test our system on the Detection of Rare Sound Events task of the DCASE 2017 challenge. Key results presented indicate that our proposed approach outperforms the challenge baseline, improving the F-score from 72.7% to 90.3% and reducing detection error rate from 0.53 to 0.18.

Do. 15:00 MW 2050

Deep Learning for Audio

Vergleich von PCA- und Autoencoder-basierter Dimensionsreduktion von Merkmalssequenzen für die effiziente Musiksuche

Frank Zalkow und Meinard Mueller

International Audio Laboratories Erlangen

Die Problemstellung des Audiomatching verfolgt das Ziel, anhand eines kurzen Ausschnitts einer Musikaufnahme alle relevanten Dokumente in einer Musikdatenbank zu finden. So sollen zum Beispiel bei einer Anfrage eines 10- bis 30-sekündigen Ausschnitts einer Audioaufnahme klassischer Musik alle musikalisch entsprechenden Passagen in allen verfügbaren Einspielungen gefunden werden. Aktuelle Verfahren zum Audiomatching basieren auf 12-dimensionalen Chromamerkmale, welche lokale Energieverteilungen eines Musiksignals bezüglich der 12 chromatischen Tonhöhenklassen (C, Cis, ..., H) erfassen. Eine solche Merkmalssequenz korreliert stark mit dem Harmonieverlauf des zugrunde liegenden Musikstücks und zeigt eine hohe Robustheit gegenüber Variabilitäten in Klangfarbe und Dynamik. In diesem Beitrag verwenden wir als Grundbausteine zum Datenabgleich kurze Sequenzen von Chromavektoren, die wir auch als Shingles bezeichnen. Hierbei haben frühere Studien gezeigt, dass Shingles der Länge 20 mit einer Merkmalsauflösung von 1 Hz zu musikalisch sinnvollen Treffern führen. Bei großen Datenbanken ist allerdings der Abgleich von 240-dimensionalen Shingles, gerade auch in Hinblick auf Indexierungstechniken, problematisch. Eine Dimensionsreduktion der Shingles ohne Verlust ihrer semantischen Ausdruckskraft ist daher ein wichtiger Schritt. In dieser Studie vergleichen wir zwei unterschiedliche Strategien der Dimensionsreduktion, basierend auf PCA einerseits und auf Autoencodern andererseits. Dabei untersuchen wir, wie stark die Retrievalqualität von den jeweiligen Strategien und den von der erzielten Dimensionalität abhängt.

Do. 15:40 MW 2050

Deep Learning for Audio

Ansätze zur datengetriebenen Transkription einstimmiger JazzsoliStefan Balke, Christian Dittmar und Meinard Mueller*International Audio Laboratories Erlangen*

Die Transkription von Musiksignalen in symbolische Notendarstellungen stellt eine zentrale Fragestellung in der automatischen Musikverarbeitung dar. Die Herausforderung besteht dabei in der großen Variabilität der Tonerzeugung von Melodieinstrumenten, sowie der Mehrdeutigkeiten im harmonischen Zusammenspiel mehrerer Instrumente. Im Zuge der zunehmenden Popularität von Deep Learning geht der Trend weg von modell- und regelbasierten Ansätzen hin zur datengetriebenen Transkription. Exemplarisch zeigen wir anhand eines qualitativ hochwertigen Korpus manuell transkribierter, einstimmiger Jazzsoli, welche Deep Learning Architekturen für eine solche Aufgabenstellung als geeignet erscheinen. Dabei formulieren wir das Transkriptionsproblem als Klassifikationsaufgabe, bei welcher die Aktivierungen der verschiedenen Tonhöhen über die Zeit als Zielvorgabe für das Training verwendet werden. Ein besonderes Augenmerk richten wir in diesem Beitrag auf den Vergleich verschiedener Merkmalsdarstellungen und häufig in der Literatur verwendeter Metaparameter (z. B. die Netzwerktiefe oder der zeitliche Kontext).

Do. 16:00 MW 2050

Deep Learning for Audio

Learning Acoustic Features from the Raw Waveform for Automatic Speech RecognitionTobias Menne, Zoltan Tüske, Ralf Schlüter und Hermann Ney*RWTH Aachen*

Automatic speech recognition (ASR) usually is performed by using hand crafted preprocessing, which extracts relevant information from the speech waveform, while reducing the redundancy of the resulting feature vectors. Prominent examples are the Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCCs) or the Gammatone (GT) filter bank, originally designed for the use in Gaussian mixture hidden Markov models. However, the successful introduction of neural network (NN) acoustic models has raised the following question: can preprocessing become part of the acoustic modeling and training, taking unprocessed waveforms as direct input? Recent work shows that indeed a fully connected feed-forward NN, is able to learn the feature extraction as part of the acoustic model to a large extent. Introducing convolutional layers in the first stages of the NN further closed the performance gap to hand crafted preprocessing. Improvements, even for multichannel speech input, are reported on top of manually designed preprocessing, using large amounts of training data for a proprietary task. In this work, waveform based ASR modeling

and training is investigated and analyzed for a publicly available medium sized data set, namely the CHiME-4 data set, which supplies real multichannel noisy data for training and evaluation.

Do. 16:20 MW 2050

Deep Learning for Audio

Deep Recurrent Neural Networks for Emotion Recognition in Speech

Maximilian Schmitt und Björn Schuller

Universität Augsburg

Emotion recognition in speech (ERS) is a hot research topic in the field of affective computing. Giving computers the ability to know the emotions from a subject is an important aspect in naturalistic human-computer interaction or user profiling. Recent methods to tackle the complex task of ERS employ deep neural networks. As human emotion is an affective state, which changes over time, the neural network has the task of sequence-to-sequence modelling. This is usually implemented as a recurrent neural network (RNN), such as a long short-term memory RNN. Even though in recent work, the audio signal is directly fed into the network, the most common approach is to feed the RNN with acoustic low-level features, describing prosodic, spectral, or cepstral characteristics of the speech. Instead of using the raw low-level features, they can also be encoded in terms of the bag-of-audio-words approach, where the feature vectors are quantised using a previously learnt codebook of templates and the occurrence of each template is encoded in a sparse histogram vector. In this contribution, we propose a deep learning framework for ERS and compare different feature representations. Results are presented using a state-of-the-art benchmark database from the domain of affective computing.

Sitzung „Numerische Akustik II“

Do. 8:40 MW 0250

Numerische Akustik II

Untersuchung der Anwendung des Abstrahlgrades in der Energiebasierten-Finite-Elemente-Methode

Henning Lohmann^a, Boris Dilba^a, Olgierd Zaleski^a und Otto von Estorff^b

^aNovicos GmbH; ^bTU Hamburg-Harburg

Die Berechnung von hochfrequenter Schallausbreitung und Abstrahlung stellt mit klassischen Methoden wie der Finite-Elemente-Methode (FEM) und der Randelemente-Methode (BEM) auch mit vergleichsweise hohen Rechenkapazitäten derzeit ein Problem dar. Es besteht hier die Möglichkeit auf energiebasierte Rechenmethoden wie die Statistische-Energie-Analyse (SEA), oder die energiebasierte Finite-Elemente-Methode (EFEM) zurückzugreifen. Durch Beschränkung auf Energiegrößen, erhält man ein Gleichungssystem mit einer im Vergleich

zur FEM reduzierten Anzahl an Freiheitsgraden. Dazu werden in diesem Beitrag zunächst die mathematischen Ansätze aufgezeigt. Für die Berechnung der Schallabstrahlung von Strukturen ist die Bestimmung des Abstrahlgrades erforderlich. Hier existieren unterschiedliche Ansätze. Diese wurden untereinander verglichen und auf ihre Eignung in verschiedenen Anwendungsbereichen untersucht. Die Ergebnisse werden im Hinblick auf Genauigkeit und Rechenzeit im Zusammenhang mit der jeweiligen Lösungsmethode beurteilt.

Do. 9:00 MW 0250

Numerische Akustik II

Energiebasierte BEM und Fast-Multipole BEM für Hochfrequenzprobleme: Eine Gegenüberstellung

Matthias Ram^a, Sören Keuchel^b, Joscha Piepiorka^a und Otto von Estorff^a

^a*TU Hamburg-Harburg;* ^b*Novicos GmbH*

Die Boundary-Elemente-Methode (BEM) ist ein etabliertes Verfahren zur Lösung akustischer Fragestellungen. Da nur der Rand eines Berechnungsgebiets diskretisiert werden muss, entfällt die Diskretisierung des Fluids selbst und die Zahl der Freiheitsgrade kann im Allgemeinen gering gehalten werden. Die zur Modellierung eines Problems notwendige Elementgröße und damit die Zahl der Freiheitsgrade hängt sowohl von der Geometrie der untersuchten Struktur als auch vom betrachteten Frequenzbereich ab. Zur Erfassung akustischer Größen bei hohen Frequenzen werden kleinere Elemente benötigt. Da die sich ergebende Systemmatrix des zu lösenden Gleichungssystems zudem im Allgemeinen voll besetzt und nicht symmetrisch ist, wird der Speicherbedarf bei der Berechnung von Hochfrequenzproblemen sehr schnell sehr groß und limitiert den Anwendungsbereich auf niedrige bis mittlere Frequenzen. Es existieren verschiedene Ansätze, diese Limitierung zu verschieben oder gänzlich zu umgehen. Hierzu zählen zum einen die Energiebasierte Boundary-Elemente-Methode (EBEM), bei der die Korrelation zwischen betrachtetem Frequenzbereich und Diskretisierung weitgehend aufgehoben ist und zum anderen die Fast-Multipole Boundary-Elemente-Methode (FMBEM), die eine effiziente Berechnung vieler Freiheitsgrade ermöglicht. Insbesondere bei der EBEM handelt es sich um ein jüngeres Verfahren, dass sich durch den Übergang auf energetische Zustandsgrößen erheblich von anderen Boundary-Elemente-Formulierungen unterscheidet. In dem gegenwärtigen Beitrag sollen die beiden Methoden gegenübergestellt und anhand eines realitätsnahen Anwendungsbeispiels verglichen werden.

Do. 9:20 MW 0250

Numerische Akustik II

Sensitivities in the acoustic modeling of damping materials for automobile applications.Maria Gavila Lloret^a, Ulrich Gabbert^b und Gregor Müller^a^a*BMW Group*; ^b*Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Inst. für Mechanik*

The product design in a virtual phase gains importance as the acoustic requirements become stricter and the development cycles are shortened. Reliable statements at an early stage are only possible when the performance of the different components is described with sufficient mathematical accuracy. Special attention must be paid to the modeling of acoustic treatments containing poroelastic materials, since these media show complex, high-dissipative properties. To evaluate the quality of the available finite element models this paper examines the sound transmission through different spring-mass systems under airborne noise excitation, with a particular focus on the behavior of the poroelastic layers. After the introduction of the selected test setup, several variables that may influence the modeling are examined, including the material formulation, uncertainties in the input parameters as well as the impact of the coupling and boundary conditions. The different configurations are evaluated by comparing their results with experimental. Finally, conclusions on the sensitivities of the models and recommendations on their practical application are given.

Do. 10:00 MW 0250

Numerische Akustik II

Acoustic topology optimization of porous material distribution by FMBEM-based sensitivity analysisWenchang Zhao^a, Steffen Marburg^b und Haibo Chen^a^a*University of Science and Technology of China*; ^b*TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme*

This work applies an acoustic topology optimization technique for structure surface design with porous materials, where the fast multipole boundary element method (FMBEM) is employed for sound scattering analysis. The acoustic absorption characteristics of porous materials are numerically modeled using the Delany-Bazley-Miki empirical model, and are subsequently introduced to impedance boundary conditions in boundary element (BE) simulations. Based on the solid isotropic material with penalization (SIMP) method, the optimization is performed by setting the artificial element densities of porous material as design variables and the minimization of sound pressure at reference points as design objective. In this study, a fast sensitivity analysis approach based on an adjoint variable method (AVM) and fast multipole method (FMM) is developed to calculate the sensitivities of the objective function with respect to a large number of design variables. We validate the proposed topology optimization approach through numerical examples of acoustic scattering over

a single infinite cylinder and multiple cylinders. Remarkable pressure attenuations due to porous material are observed in the simulation results. Furthermore, we demonstrate the ability of the proposed approach to handle large scale problems.

Do. 10:20 MW 0250

Numerische Akustik II

Methoden- und Softwarevergleich zur numerischen Berechnung der Schallausbreitung und -abstrahlung einer Schiffsstruktur

Sandra Buss-Eertmoed, Insa Bech und Gerrit Langer

thyssenkrupp Marine Systems GmbH

Im Schiffbau spielt die Beherrschung der Schallausbreitung im Schiff eine große Rolle, da es einerseits viele Schallquellen gibt, die auch Schall hoher Intensität abstrahlen wie z.B. Antriebsmotoren. Andererseits ist es von Bedeutung, möglichst niedrige Schallpegel in den Aufenthaltsbereichen, insbesondere den Ruhebereichen, der Besatzung zu erzielen. Für die Schallausbreitung ist neben der Luftschallausbreitung die Körperschallausbreitung sehr bedeutend. Maschinenschwingungen werden über das Fundament in die Schiffsstruktur eingeleitet, als Körperschall weitergeleitet und als Luftschall in die Räume abgestrahlt. Aufgrund der Größe und Komplexität eines Schiffes stellt die Prognose von Schallpegeln im Schiff eine große Herausforderung dar. Dabei ist im Schiffbau eine Prognose der Schallausbreitung wichtig, da es keinen Prototypen des Schiffes gibt und akustische Fehler in der Konstruktion daher später kostspielige und zeitintensive Nachbesserungen am fertigen Schiff erfordern. In einem Vergleich verschiedener kommerziell erhältlicher Softwares zur numerischen Schallberechnung wird deren Anwendbarkeit zur Prognose der Schallausbreitung und -abstrahlung im Schiffbau evaluiert. Verschiedene implementierte Berechnungsverfahren werden verglichen. Der Vergleich wird anhand einer beispielhaften Schiffsstruktur durchgeführt. Betrachtet werden sowohl die FEM und BEM als auch energiebasierte Verfahren. Wichtige Randbedingungen sind die Größe des Modells und der betrachtete Frequenzbereich. Untersucht wird u.a., welche Berechnungsmethode geeignet ist und welchen Detaillierungsgrad die Geometrie aufweisen muss/darf.

Do. 10:40 MW 0250

Numerische Akustik II

Ein-Freiheitsgrad System mit Bouc-Hysteresese unter gefilterten weißen Rauschen

Holger Waubke

Österr. Akademie d. Wissenschaften, Inst. f. Schallforschung

Mit Hilfe der Gaussian Closure Technique soll ein System mit einem Freiheitsgrad vorgestellt werden, welches mit gefilterten weißen Rauschen belastet wird. Das System hat ein hysteretisches Verhalten, wie es mit dem Bouc Modell beschrieben wird. Das gefilterte weiße Rauschen wird durch eine Differentialgleichung zweiter Ordnung erzeugt.

Diese Gleichung wird der nichtlinearen Differentialgleichung des Ein-Massenschwingers im Zustandsvektor hinzugefügt, wodurch letztendlich ein einseitig gekoppeltes Zwei-Freiheitsgrad-System entsteht. Zusätzlich kann auch die Amplitude des Rauschens langsamen zeitlichen Veränderungen unterworfen werden. Ebenso ist es möglich auf viskose Dämpfung und elastische Rückstellkräfte zu verzichten und eine Asymmetrie des Systems durch eine konstante Zusatzlast einzuführen. Die Ergebnisse werden mit der Monte-Carlo Methode verglichen und die Stabilität der neuen Methode untersucht.

Do. 11:00 MW 0250

Numerische Akustik II

Bouc Hysterese und die Beta-Verteilung bei stochastischer Anregung mittels weißen Rauschens

Christian Kasess und Holger Waubke

Österr. Akademie d. Wissenschaften, Inst. f. Schallforschung

Zur Beschreibung hysteretischen Verhaltens gibt es unter anderem das Bouc-Modell bestehend aus 3 gekoppelten, teils nichtlinearen Differentialgleichungen erster Ordnung. Um die statistischen Momente unter stochastischer Anregung mittels weißen Rauschens zu bestimmen, wurden in der Vergangenheit Momentengleichungen hergeleitet, die sehr effizient durch eine Gaussian-Closure-Ansatz gelöst werden können. Dabei wird als Näherung eine multivariate Gauss-Verteilung für die Zustandsvariablen angenommen. Aufgrund der Nichtlinearität des Systems können sich bei hoher Anregungsintensität allerdings Abweichungen ergeben unter anderem durch die Beschränktheit der hysteretischen Rückstellkraft. Zur Modellierung dieser Rückstellkraft eignet sich die Beta-Verteilung besser, da diese beschränkt ist. Vergleiche mit Monte-Carlo Simulationen zeigen eine sehr gute Übereinstimmung, für die Closure-Methode muss allerdings noch ein nichtlinearer Zusammenhang von hysteretischer Kraft zu Knotenverformung und Geschwindigkeit angenommen werden. Dieser sigmoidale Zusammenhang kann zum Beispiel durch den Areatangens hyperbolicus (atanh), der durch die Differenz zweier Logarithmen darstellbar ist, modelliert werden. Dadurch lassen sich fast alle auftretenden Integrale analytisch lösen, und es müssen nur vier eindimensionale Integrale numerisch berechnet werden. Vergleiche mit Monte-Carlo und Gaussian-Closure Berechnungen zeigen eine Verbesserung bei den höheren Momenten der hysteretischen Kraft, es gibt aber teilweise größere Abweichungen bei Knotenverformung und Geschwindigkeit, vermutlich aufgrund der relativ fix vorgegebenen Form des atanh , der hier nur gedehnt/gestaucht und verschoben wird.

Sitzung „Körperschall“

Do. 14:20 MW 0250

Körperschall

Numerische Untersuchungen zur Dynamik einer Antriebswelle im Kontakt mit einer PTFE-WellendichtungFlorian Albrecht^a, Suhaib Koji Baydoun^b, Steffen Marburg^b und Thomas Kletschkowski^a^a *Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg*; ^b *TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme*

Die akustischen Eigenschaften industrieller Entwicklungen stehen unter dem immer größer werdenden Anspruch der Kunden. Durch die Zunahme der Elektromobilität werden die Antriebsgeräusche nicht mehr durch den Drehklang des Verbrennungsantriebes dominiert. Vielmehr sind hohe Drehzahlen rotierender Maschinenteile zu berücksichtigen. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf der Betrachtung von Getriebe-geräuschen, bei denen die Welle strukturelle mechanische Schwingungen des Zahneingriffs auf das Gehäuse überträgt, von dem sie nachfolgend als Schall abgestrahlt werden.

Das Ausmaß der Vibration/Schallemission wird dabei maßgeblich durch den dämpfenden Einfluss der Bauteile und der Fügestellen bestimmt. In diesem Beitrag wird im Speziellen der dämpfende Einfluss von PTFE-Wellendichtungen auf die Strukturschwingungen der Antriebswelle untersucht. Dazu wird ein quasi-axialsymmetrisches Vielteilchenmodell einer Wellendichtung mit einem vereinfachten Getriebe-Modell gekoppelt. Die Berechnung der Verformungen der durch Zahneingriff angeregten Wellen erfolgt mit einer Balkenformulierung nach der FEM. Fokus dieser Arbeit liegt auf der Interaktion zwischen Welle und Dichtung und deren Auswirkung auf die strukturelle mechanischen Schwingungen, die zunächst als Bewertungsmaß für die Schallemissionen verwendet werden. Die Kopplung mit dem Gehäuse und die Berechnung der Schallabstrahlung mittels der Randelementmethode sind für weiterführende Arbeiten geplant. Damit soll bereits im frühen Entwicklungsstadium eine Abschätzung der zu erwartenden Getriebe-geräusche möglich sein und die Wirksamkeit verschiedener Mechanismen zur Verringerung der Schallemissionen untersucht werden.

Do. 14:40 MW 0250

Körperschall

Berechnung der Abstrahldämpfung von Lamb-Wellen aufgrund eines angrenzenden FluidsDaniel A. Kiefer, Michael Ponschab und Stefan J. Rupitsch
Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik

Geführte Wellen in Platten, insbesondere Lamb-Wellen, werden zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung eingesetzt sowie in ultraschallbasierten

Messsystemen gezielt angeregt und genutzt. Wesentlich für den Entwurf solcher Systeme ist die Kenntnis der Dispersionskurven, die den Zusammenhang zwischen Frequenz und sich ergebenden Wellenzahlen wiedergeben. Obwohl die Rayleigh-Lamb-Gleichungen diesen Zusammenhang analytisch beschreiben, sind numerische Verfahren zur Lösung stets notwendig, da die Gleichungen transzendent sind.

Während klassischerweise ein Nullstellensuchverfahren angewandt wird, wurden neuerdings Verfahren entwickelt, welche auf der Diskretisierung der Bewegungsdifferentialgleichungen beruhen. Diese arbeiten deutlich stabiler und zuverlässiger. Dabei werden die Rayleigh-Lamb-Gleichungen nicht explizit gelöst, sondern der Dispersionszusammenhang auf ein Eigenwertproblem zurückgeführt. Für den Fall der freien Platte kann dieses mit den üblichen numerischen Methoden einfach und effizient gelöst werden.

In der Praxis grenzt jedoch oft ein Fluid an die Platte an. Eine Lamb-Welle gibt dann Energie an die Umgebung ab, was für viele Anwendungsfälle kritisch ist. Die Lamb-Welle erfährt dadurch eine Abstrahldämpfung, welche durch den Imaginärteil der Wellenzahl beschrieben wird. Die Randbedingungen für die Platte führen in diesem Fall zu einem nichtlinearen Eigenwertproblem, für das kein etabliertes Lösungsverfahren existiert. In diesem Beitrag wird eine Lösungsmethodik im Sinne einer Fixpunktiteration präsentiert, sowie Ergebnisse vorgestellt.

Do. 15:00 MW 0250

Körperschall

Hand-Arm-Vibration: Review

Magdalena Scholz, Lennart Moheit und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Zu einem großen Teil motivieren gesundheitliche Probleme, die bei längerfristiger Nutzung von vibrierenden Geräten aufgetreten sind, die Forschung zu Hand-Arm-Vibrationen. Die Evaluation von Hand-Arm-Vibrationen umfasst drei Teilbereiche und ist bisher beinahe ausschließlich an der Schwelle zwischen unproblematisch und potentiell schädlich orientiert. Einerseits interessiert die Messung der Schwingungen des Gerätes, andererseits die Übertragung der Vibrationen in den Hand-Arm-Bereich und auch die physiologischen Folgen der Vibration, wie etwa Durchblutungsstörungen. Zwischen den Geräten und dem Hand-Arm-System findet auch eine Wechselwirkung statt. Zudem beeinflussen vielfältige Faktoren die Übertragung der Vibration. Diese hängen von dem stark variierenden Faktor Mensch ab, sowohl von Mensch zu Mensch, als auch dessen Inkonsistenz im Laufe der Zeit. Hierdurch kann auch die Simulation von Hand-Arm-Vibrationen beliebig komplex werden. Hinzukommt, dass, je mehr andere Aspekte wie die Akustik oder die Haptik optimiert und damit als von der Vibration ablenkende Störfaktoren minimiert werden, der Faktor Vibration, beispielsweise von einem Lenkrad oder einem Werkzeug, in der Wahrnehmung des Nutzers

zunehmend in den Fokus rückt. In diesem Beitrag werden daher unter anderem werden die bisherige Vorgehensweise und aufkommende Fragestellungen betrachtet. Außerdem werden resultierende Möglichkeiten zur Einschätzung und Simulation eines Vibrationen ausgesetztem Hand-Arm-Systems diskutiert. .

Do. 15:20 MW 0250

Körperschall

Experimentelle Untersuchung der Ähnlichkeit skalierten Plattenstrukturen

Christian Adams, Joachim Bös und Tobias Melz

Fachgebiet SAM, TU Darmstadt

Modellgesetze können in der Maschinenakustik eingesetzt werden, um beispielsweise Messergebnisse eines maßstäblich verkleinerten Prototyps auf die Originalstruktur hochzuskalieren oder das akustische Verhalten von Maschinenbaureihen (z. B. Getriebebaureihen) zu analysieren. Bisher konnte gezeigt werden, dass Modellgesetze dünnwandiger Plattenstrukturen direkt mittels Sensitivitätsanalyse aus Berechnungsmodellen (analytische Gleichungen und Finite-Elemente (FE)-Berechnungen) ermittelt werden können. Eine wichtige Voraussetzung ist dabei, dass die Strukturen ähnlich zueinander sind, d. h. die Eigenschwingformen stimmen überein und der Verlustfaktor ist ähnlich. In diesem Beitrag wird die Ähnlichkeit gelenkig gelagerter Plattenstrukturen mit unterschiedlichen geometrischen Abmessungen experimentell untersucht. Zunächst wird der Aufbau des Prüfstands beschrieben, an dem die Untersuchungen durchgeführt werden. Dabei wird vor allem die Umsetzung der gelenkigen Lagerung der Plattenstrukturen diskutiert. Ziel ist es, die erste Eigenfrequenz in der experimentellen Untersuchung mit einer vorgegebenen Genauigkeit in Bezug auf die mittels FE berechnete erste Eigenfrequenz bestimmen zu können. Die Eigenfrequenzen und Eigenformen der Plattenstrukturen werden mittels experimenteller Modalanalyse ermittelt. Anschließend kann die Ähnlichkeit der Eigenschwingformen durch eine MAC-Analyse bewertet werden. Der Verlustfaktor wird anhand der 3 dB-Bandbreite aus Messungen der Übertragungsfunktionen zwischen zwei Punkten der Plattenstrukturen berechnet. Mittels Varianzanalyse (ANOVA) wird untersucht, ob die Verlustfaktoren der skalierten Plattenstrukturen ähnlich sind.

Do. 16:00 MW 0250

Körperschall

Beschreibung des Körperschallverhaltens als Basis der Auralisation von Industrieprodukten für 3D-VR-Anwendungen

Hannes Münch^a, Stefan-Georg Backhaus^a und Stefan Becker^b

^aBosch Rexroth AG; ^bUniv. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozess-masch. u. Anlagentechnik.

Die rechnergestützte Produktentwicklung ist in vielen Branchen Stand der Technik. Werden die Ergebnisse dieser Methoden in Virtual-Reality

(VR)-Systeme übertragen, liegt der Fokus meist rein auf der visuellen Wahrnehmung. Um auch den Höreindruck von virtuellen Prototypen in einer möglichst frühen Entwicklungsphase präsentieren und bewerten zu können, sollen Maschinengeräusche anhand von geeigneten Modellen auralisiert und in eine visuelle 3D-VR-Technologie integriert werden. Hierfür werden durch Messung oder Simulation Daten zur Abbildung von Schallentstehung und Schallausbreitung benötigt. Am Beispiel einer Axialkolbenpumpe in Schrägscheibenausführung wird die Vorgehensweise für die simulative Datengenerierung zur Beschreibung des Körperschalls vorgestellt. Neben der Erstellung und dem Abgleich eines strukturdynamischen Simulationsmodells wurde vor allem ein Kraftanregungsmodell für das gesamte Kennfeld der Pumpe entwickelt. Die Berechnung der Übertragungsfunktionen zur Beschreibung des generellen Strukturverhaltens erlaubt zusammen mit der Superposition der betriebspunktspezifischen Lasten eine effiziente Auswertung des Körperschallverhaltens für das gesamte Pumpenkennfeld. Zur Bewertung der entwickelten Modelle wurden umfassende Messungen durchgeführt. Für diesen Zweck wurde die Axialkolbenpumpe sowohl vom Fundament als auch vom antreibenden E-Motor entkoppelt und die Strukturantwort an diskreten Oberflächenpunkten ermittelt. Eine abschließende Einordnung der Vorgehensweise liefert der Vergleich zwischen realem und simuliertem Strukturverhalten.

Do. 16:20 MW 0250

Körperschall

Schallabstrahlung der Schiffsstruktur unter Schubanregung

Gerhard Wittek*Büro für Wasserschall + Schiffsakustik*

Die Schiffsakustik umfaßt den Körperschall in der Schiffsstruktur sowie den von der Schiffstruktur abgestrahlten Luft- und Wasserschall. Die Anregung der Schiffsstruktur erfolgt durch (normale) Druckerregung und darüber hinaus aber auch durch (tangentele) Schubanregung. Allgemein wird nur die Druckerregung beachtet, der Beitrag der Schubanregung wird (weil als gering angenommen) vernachlässigt. Dieses erscheint gefühlsmäßig gerechtfertigt, ein Beweis dafür aber fehlt. Deshalb taucht bei Körperschall-Untersuchungen bei Dämmung und Dämpfung häufig die Frage auf, ob die Schubanregung der Struktur nicht doch einen bedeutsamen Einfluß ausübt. Der experimentelle Nachweis fehlt, weil in der Praxis der Beitrag der Schubanregung von der Druckerregung nicht zu trennen ist. Rechnerisch jedoch ist diese Trennung zu bewerkstelligen. Dieses gelingt mit Hilfe des auf der DAGA 2005 vorgestellten Kalküls zur Berechnung der Übertragung von Verschiebungsspannungsverteilungen in elastischen Strukturen. Die Schiffsstruktur

wird als Schiffsaußenhaut mittels einer Stahlplatte (HOOKEsches Medium) modelliert. Diese ist auf einer Seite (Anregungsebene im Schiffsinneren) an Luft angekoppelt und auf der anderen Seite (Schiffsaußenhaut) an Wasser. Einige Berechnungen zum abgestrahlten Luft- und Wasserschall werden vorgestellt.

Do. 16:40 MW 0250

Körperschall

Klassifikation von Körperschallsignalen mit Hidden Markov Modellen

Johann Harmstorf, Rolf Klemm und Karl-Ludwig Krieger

Universität Bremen

Bei der Verwendung unterschiedlicher Werkzeuge auf dünnen Oberflächen oder Platten entstehen Körperschallsignale, die von piezoelektrischen Wandlern in ein elektrisches Signal gewandelt werden können. Die Majorität der Signalenergie wird durch Biegewellen bis zu einem Frequenzbereich von etwa 10 kHz transportiert. Die Körperschallsignale weisen in diesem Bereich eine zeit- und frequenzabhängige Struktur auf, die eine Modellierung der Signale mittels kontinuierlicher Hidden Markov Modelle ermöglicht. Der Klassifikator wird verwendet, um Signale von zerstörenden und nicht-zerstörenden Quellen auf der Außenhaut von Automaten, Fahrzeugen oder ähnlichen isotropen Oberflächen zu differenzieren. Dafür wird ein Universal Background Model aus Hintergrund- und Störgeräuschen trainiert, dass die Hypothese eines nicht-schädigenden Signals gegen seine Antithese eines schädigenden Werkzeugeinsatzes testet. Für die Merkmalsgewinnung wird eine Kurzzeit-Fourier-Analyse durchgeführt und die Cepstral-Koeffizienten auf einer linearen Frequenzskala (LFCC) verwendet, sowie die Energien der Fenster und die Delta- bzw. Delta-Delta-Koeffizienten der LFC-Cs. Aufgrund der geringen Abmessungen der Oberflächen haben frühe Reflektionen, Nachhall und unterschiedliche Übertragungskanäle von Quelle zu Sensor eine entscheidende Auswirkung auf die Performance des Körperschallerkenners.

Sitzung „Akustische Messtechnik und Sensorik II“

Do. 9:00 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik II

Erste Untersuchungen zur Etablierung neuer ReferenzmikrofoneMaria Enge*Spektra Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden*

Die Mikrofonkalibrierung nach dem Reziprozitätsverfahren (IEC 61094-2) wird verwendet, um den Übertragungsfaktor spezieller Labor-Normalmikrofone (IEC 61094-1) mit geringstmöglicher Messunsicherheit für die Verwendung als nationale Normale zu bestimmen. Bisher werden ausschließlich Labor-Normalmikrofone eines Herstellers als nationale Normale verwendet. Um eine Alternative zu den derzeitigen Referenzmikrofonen zu schaffen, wurde die Initiative ergriffen, andere Labor-Normalmikrofone auf deren Verwendbarkeit zu untersuchen. In dem Vortrag wird kurz auf das Reziprozitätsverfahren und die analysierten Mikrofone eingegangen. Es werden Problemstellungen beleuchtet, die während der Durchführung der Kalibrierung sowie der Auswertung auftraten, und schließlich die Ergebnisse und Konsequenzen daraus vorgestellt.

Do. 9:20 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik II

Untersuchungen zur Richtcharakteristik von MessmikrofonenMarvin Rust und Christoph Kling*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Bei Lärmmessungen wird in der Regel davon ausgegangen, dass die Richtcharakteristik der verwendeten Mikrofone vernachlässigt werden kann. Zu hohen Frequenzen ist diese Annahme nicht mehr zulässig, der Einfluss zahlenmäßig jedoch selten belegt. Vor dem Hintergrund von Lärmmessungen im Ultraschallbereich wurden im Rahmen einer Bachelorarbeit Richtcharakteristiken verschiedener Mikrofone experimentell ermittelt. In einer Freifeldumgebung wurden die Prüfobjekte in einem Galgenscanner platziert und mit einem geeigneten Lautsprecher über einer Halbsphäre beschallt. Die Untersuchungen umfassen Messmikrofone verschiedener Größen, den Einfluss von Schutzgittern verschiedener Hersteller und verschiedene MEMS-Mikrofone. Vorgestellt werden die wichtigsten Ergebnisse der Arbeit.

Do. 9:40 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik II

Veränderung der Mikrofonempfindlichkeit vorpolarisierter Kondensatormessmikrofone unter Langzeiteinwirkung erhöhter UmgebungstemperaturenAndré Gerlach^a, Marko Liebler^a und Gerhard M. Sessler^b^aRobert Bosch GmbH; ^bTU Darmstadt - Institut für Nachrichtentechnik

Kondensatormikrofone sind auf Grund ihrer sehr guten elektroakustischen Eigenschaften der anerkannte Stand der Technik in der Luftschallmesstechnik. Sie benötigen als elektrostatische Wandler eine Polarisationsspannung. Zwei Ausführungsformen sind möglich: eine externe Spannungsversorgung oder ein intern angebrachtes vorpolarisiertes Elektret. Das Elektret soll eine dauerhafte elektrostatische Polarisierung gewährleisten. In den letzten Jahren haben Elektretmikrofone durch den geringeren Hardwareaufwand eine große Beliebtheit bei Anwendern erzielt. Aus der Literatur ist generell bekannt, dass polarisierte Elektretmaterialien unter dem Einfluss erhöhter Temperatur ihre Polarisierung verringern bzw. verlieren können. Darüber hinaus kommt es unter thermischem Einfluss zu mechanischen Relaxationsvorgängen der Mikrofonmembran. Der Einfluss dauerhaft erhöhter Umgebungstemperaturen auf die Mikrofonempfindlichkeit soll hier näher untersucht werden. Eingangs werden Arbeiten aus der Literatur zur thermischen Stabilität der Polarisierung kurz zusammengefasst. Insbesondere wird eine Angabe aus einem Brüel & Kjaer Technical Review zur Beschleunigung der Entladung unter Temperatureinfluss ausgewertet. Kommerziell verfügbare Elektret-Messmikrofone von drei verschiedenen Herstellern mit insgesamt vier Typbezeichnungen wurden über einen Zeitraum von mehr als einem bzw. drei Jahren einer isothermen dauerhaften Temperaturbelastung von 87°C bzw. 95°C ausgesetzt. Die Veränderung der Mikrofonempfindlichkeit wurde in regelmäßigen Abständen ermittelt. Während am Anfang die Empfindlichkeit der verschiedenen Mikrofontypen unterschiedlich schnell abfällt, werden nach drei Jahren vergleichbare Mikrofonempfindlichkeiten erreicht.

Do. 10:20 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik II

Von der Messung zur Ergebnis - Reproduzierbare Wissenschaft anhand von Mikrofonarray-DatenverarbeitungSimon Jekosch, Ennes Sarraj und Gert Herold*TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik*

Die Reproduzierbarkeit von Forschungsergebnissen ist ein zentrales Element der Wissenschaft. Wichtig hierfür ist nicht nur die exakte Protokollierung der jeweiligen Messkonfiguration. Die Ergebnisse hängen ebenso von der Wahl der Auswertelgorithmen und deren Parametern ab. Eine genaue Beschreibung der benutzten Algorithmen ist daher von hoher Wichtigkeit. Am Beispiel einer Datenauswertung mit dem freien

Softwarepaket Acoular werden Probleme und Lösungsvorschläge vorgestellt, um die Reproduzierbarkeit einer Messdatenauswertung zu gewährleisten. Acoular liefert hierfür einheitliche Auswertungsabläufe und Algorithmen für Datenauswertung von Mikrofonarrayverfahren. Diese Algorithmen sind objektorientiert aufgebaut und ermöglichen eine Erweiterung der Methoden mit minimalem Aufwand. Die Struktur des Programms erlaubt einfaches skriptbasiertes Auswerten von Messdaten. Der Beitrag zeigt Möglichkeiten auf, wie Open Source Software gestaltet werden kann, damit die Nutzbarkeit und Nachvollziehbarkeit für wissenschaftliches Arbeiten möglich ist.

Do. 10:40 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik II

Vergleich verschiedener Mikrofonarray-Verfahren anhand synthetischer Daten

Ennes Sarradj^a, Gert Herold^a und Thomas Geyer^b

^a*TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik;* ^b*BTU Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Technische Akustik*

Für den Einsatz von Mikrofonarrays zur Charakterisierung von Schallquellen stehen eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden zur Verfügung. Es ist hinlänglich bekannt, dass verschiedene Methoden unter Umständen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Um dieses näher zu untersuchen, wurde durch eine vom American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) unterstützte Initiative ein Benchmark basierend auf geeigneten Testfällen durchgeführt. Im Beitrag wird über Ergebnisse berichtet, die anhand von zwei Testfällen mit synthetisch erzeugten Daten gewonnen wurden. Dabei wurden insgesamt sieben verschiedene Methoden untersucht und die Resultate von fünf Arbeitsgruppen aus Australien, Deutschland, den Niederlanden und den USA verglichen. Wie erwartet, zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Methoden. Überraschenderweise gibt es teilweise auch deutliche Unterschiede zwischen den Implementierungen ein und derselben Methode durch verschiedene Arbeitsgruppen.

Do. 11:00 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik II

Mikrofonarrays im Windkanal unter Berücksichtigung des schallharten Bodens

Dirk Döbler^a und Marie Pelz^b

^a*GFal e.V.;* ^b*TU Berlin*

In Fahrzeugen spielt die Geräuschkulisse im Innenraum als Qualitätskriterium eine immer größere Rolle. Durch stärkere Motorisierungen werden höhere Fahrzeuggeschwindigkeiten erreicht, so dass der Anteil der Windgeräusche am Innengeräusch zunimmt. Bei Elektrofahrzeugen wird sich dieser Effekt durch den weitgehenden Wegfall der Antriebsgeräusche noch verstärken. Deshalb finden im Windkanal neben den aerodynamischen Optimierungen zunehmend auch Messungen mit großen

Mikrofonarrays statt, um aus den kartierten Windaußengeräuschen auf akustische Transferpfade in den Innenraum zu schließen. Hier gibt es bei der Arraygeometrie zur Vermessung der Fahrzeugseiten zwei Ansätze: Gestaltung als Freifeldarray ohne Berücksichtigung des schallharten Bodens oder als Spiegelarray unter Ausnutzen einer angenommenen Totalreflexion. Im Beitrag werden beide Varianten mit verschiedenen Arraygeometrien vorgestellt und in Simulationen miteinander verglichen. Unter Hinzunahme realer Messungen aus dem Windkanal wird eine Abschätzung der Vor- und Nachteile beider Verfahren vorgenommen und die Frage diskutiert, in welchen Bereichen sich eine Verbesserung der Kartierungsergebnisse durch Ausnutzen der Reflexion erzielen lässt.

Do. 14:20 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik II

Charakterisierung tieffrequenter Schallquellen - Eine neue Interpretation der Schallleistung

Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Die Schallleistung wird allgemein als richtungs-, entfernungs- und umgebungsunabhängige Kenngröße betrachtet. Diese Betrachtungsweise stößt jedoch in Räumen bei Quellen mit Einzeltönen und bei tiefen Frequenzen an ihre Grenzen. In diesen Fällen hängt die Schallleistung auch von der Umgebung und von der genauen Lage der Quelle im Raum ab. Dieser Effekt wird anhand von Monte-Carlo-Simulationen qualitativ und quantitativ untersucht, und es wird vorgeschlagen, als kennzeichnende Größe diejenige Schallleistung zu verwenden, die eine Quelle in ein freies Schallfeld abstrahlen würde. Die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Metrologie der Schallleistung und daraus abgeleiteter Kenngrößen, wie etwa dem Schalldämmmaß werden diskutiert.

Do. 14:40 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik II

Theoretical considerations on the sound power substitution method

Spyros Brezas und Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

The acoustic emission of sound sources is characterised today by the sound power. In practice, the assumption of independent sound power from the outer sound field, is frequency limited for sufficiently broad frequency bands. To extend the validity of the current measurement procedures, the characterization of a sound source based on its free-field sound power is proposed. The basic tool for this proposal is the establishment of traceability for the free-field sound power. The implementation of the traceability chain includes the substitution method. By this approach the measured and really existing field quantities, could be referred to the field quantities that would exist in case of free field conditions. The contribution discusses a theoretical study focusing on the factors

that influence the substitution method according to numerical calculations for sound pressure and sound intensity. Reflecting planes have been considered and the mirror source approach has been implemented for both plane and spherical waves. The effects imposed by the translation of the source under investigation and by the reflecting plane impedance has also been studied. The influence of the measurement surface has also been investigated along with that imposed by the numerical settings, which dictate the computational power needed.

Do. 15:00 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik II

Schallfeldbasierte Dämpfungsmessung

Elfgard Kühncke, Anke Burkhardt, Andre Juhrig, Lukas Timmermann und Mario Wolf

TU Dresden, Institut für Festkörperelektronik

Frequenzabhängige Dämpfung ist in der Ultraschallprüfung und medizinischen Diagnostik ein wichtiger akustischer Parameter. Er bestimmt zum einen die maximal mögliche Frequenz, mit der ein Material oder ein Organ durchschallt werden kann, und stellt zum anderen eine mögliche Messgröße dar, die z.B. zur Bestimmung der Viskosität genutzt werden kann. Konventionell wird der frequenzabhängige Dämpfungskoeffizient aus der Amplitudenabnahme in Abhängigkeit der Entfernung zwischen Sender und Empfänger bzw. Schallkopf und Reflektor bestimmt. Da das empfangene Signal jedoch stark von der Position des Reflektors bzw. Empfängers im Schallfeld abhängt, stellen die so bestimmten Dämpfungskoeffizienten keine Materialparameter dar, sondern hängen extrem von der Messanordnung ab. Zur Auswertung von Dämpfungsmessungen wird in diesem Beitrag das Schallfeld mit Hilfe von harmonischen GRENNschen Funktionen, die eine e-Funktion mit einem Dämpfungskoeffizienten enthalten, berechnet. Diese Rechnungen liefern sowohl das Schallfeld als auch reflektierte Signale in Abhängigkeit der Lage des Reflektors bzw. Empfängers im Sendeschallfeld sowie in Abhängigkeit des Dämpfungskoeffizienten. Mithilfe solcher Rechnungen lassen sich Dämpfungskoeffizienten, die von der Messanordnung und dem verwendeten Schallkopf unabhängig sind, ermitteln und Intensitätsverluste durch Reflexion/Transmission und Dämpfung trennen. Neben einer schallfeldbasierten Auswertung der konventionellen Reflektormessung werden Messprinzipien, die die Echosignale von Streuteilchen nutzen, vorgestellt.

Do. 15:40 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik II

Zur Messung des Strömungswiderstands mit dem LuftwechselstromverfahrenMartin Schmelzer und Volker Wittstock*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Das Luftwechselstromverfahren zur Messung des Strömungswiderstands soll bei der aktuellen Überarbeitung der DIN EN 29053 erhalten bleiben. Dafür sollen die Grundlagen, Eigenschaften und Grenzen des Verfahrens weiter herausgearbeitet werden. Der Vortrag zeigt verschiedene Modelle und ihre Lösungen, stellt einen Neubau mit variabler Anregefrequenz vor und diskutiert verschiedene Fragestellungen hinsichtlich der Adiabasie und der Abhängigkeit des Strömungswiderstands von z.B. der Strömungsgeschwindigkeit.

Do. 16:00 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik II

Temperaturabhängigkeit von Klebefestigungen für KörperschallsensorenMarkus Klemm und M. Ercan Altinsoy*TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik*

Fahrzeugmotoren erreichen Temperaturen am Motorblock im Bereich von 80°C und höher. Die zuverlässige Messung des Körperschalls am heißen Motor ist dabei von essentieller Bedeutung - z.B. für Transferpfadanalysen oder der akustischen Schadensfrüherkennung. Körperschallsensoren werden meist mit Wachs, Magnetadaptoren, Klebern oder Verschraubungen an den Prüflingen befestigt. Zuverlässige Messungen in höheren Frequenzbereichen ohne mechanische Eingriffe in die Messstruktur sind jedoch nur durch Kleben realisierbar. Viele Klebstoffe zeigen ein temperaturabhängiges Verhalten. Messtechnisch als sehr kritische einzustufen ist eine Veränderung des viskoelastischen Stoffverhaltens ohne vollständigen Verlust der Klebekraft. Dabei kommt es zu einer (teilweise reversiblen) Veränderung des komplexen Schubmoduls des Klebstoffes in einem temperatur- und lastabhängigen Prozess. Die Folge ist ein nichtlineares mechanisches Übertragungsverhalten des Klebstoffes bei hohen Temperaturen mit entsprechenden Auswirkungen auf das gemessene Signal. Oft kehrt der Klebstoff nach Erkalten der Struktur sogar zu seinem linearelastischen Verhalten zurück, sodass scheinbar kein Grund zur Anzweiflung der Messdaten vorliegt. In der Analyse der Sensorsignale wird die Signalveränderung aufgrund der nichtlinear reagierenden Klebeverbindung dann als Veränderung des Körperschalls fehlinterpretiert. Dieser Beitrag zeigt das Temperaturverhalten von gebräuchlichen Ankopplungsmethoden für Beschleunigungssensoren und dessen Auswirkung auf das Messsignal. Es werden die auftretenden Signalveränderungen diskutiert und mögliche Befestigungsvarianten für unterschiedliche Temperaturbereiche aufgezeigt.

Do. 16:20 MW 1250

Akustische Messtechnik und Sensorik II

On the uncertainty of dynamic stiffness measurementsDaniel Urbán^a, Peter Zatko^b, Bert Roozen^c, Herbert Müllner^d und Christ Glorieux^c^a*STU Bratislava*; ^b*A&Z Acoustics s.r.o.*; ^c*KU Leuven, Dep. of Physics and Astron.*; ^d*Versuchsanstalt TGM, Fachb. Akustik und Bauphysik*

In order to assess the influence of ETICS (external thermal composite insulation composite system) on the sound insulation of walls, it is important to know the dynamic stiffness of the involved resilient material. In this work, the apparent dynamic stiffness (s^t) of a selection of often used thermal insulation materials was characterized. Results are presented of an interlaboratory measurement test performed in accordance to the standard EN 29052-1. Significant differences were found between different laboratories and different measurement techniques. Also an extensive series of 74 samples was systematically characterized by two schemes that made use of shaker and hammer excitation, respectively. From these results an analysis was made concerning the reasons underlying the found measurement uncertainties.

Sitzung „Aktuelle Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung zum Umgebungslärm“

Do. 8:40 MW 0350

Lärmwirkungsforschung zum Umgebungslärm

SIRENE: Short and Long Term Effects of Transportation Noise ExposureMartin Rööslä^a, Danielle Vienneau^a, Maria Foraster^a, Ikenna C. Eze^a, Harris Héritier^a, Emmanuel Schaffner^a, Laurie Thiesse^b, Franziska Rudzik^b, Reto Pieren^c, Manuel Habermacher^d, Micha Köpfli^d, Mark Brink^e, Christian Cajochen^b, Jean Marc Wunderli^c und Nicole Probst-Hensch^a^a*Swiss TPH*; ^b*Centre for Chronobiology, Basel*; ^c*Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science & Technology*; ^d*n-sphere, Zürich*; ^e*Bundesamt für Umwelt (CH)*

Little is known about how acute and short-term noise effects translate into long-term health consequences. In particular, it is unknown which acoustical characteristics are most detrimental for health. The interdisciplinary SIRENE study (short and long term effects of transportation noise) aimed to identify noise exposure patterns that most strongly affect individuals and thus may ultimately result in long-term health consequences. The study included a representative population survey on noise annoyance and sleep disturbance, an experimental study in the sleep laboratory applying contrived noise exposure scenarios, and the analysis of the SAPALDIA Biobank and Swiss National Cohort (SNC) data where cardiometabolic morbidity and cardiovascular mortality risks due

to noise exposure as well as disease pathways were addressed. Further, a nationwide assessment of road, railway and aircraft noise exposure was conducted to estimate noise levels and the degree of noise intermittence for each apartment in Switzerland. Key findings of all aspects of the study are presented as an example for how mutual combination of human experimental and observational epidemiological research contributes to a better understanding of the role of sleep, diurnal variation of noise and extent of intermittence for acute, short- and long-term noise effects on cardiometabolic outcomes.

Do. 9:00 MW 0350 Lärmwirkungsforschung zum Umgebungslärm

Berücksichtigung eines Maximalpegelkriteriums bei der Beurteilung von Schienenverkehrslärm in der Nacht: Definition von Schlafbeeinträchtigung und Ableitung eines psychologischen Wirkungskriteriums für Normen und Verordnungen

Dirk Schreckenberger^a, Uwe Müller^b, Christin Belke^a, Sarah Benz^a und Ulrich Möhler^c

^aZEUS GmbH; ^bDLR Köln; ^cMöhler + Partner Ingenieure AG

Im Auftrag des Hessischen Umweltministeriums wurde ein Gutachten zur Frage erstellt, inwieweit ein Maximalpegelkriterium gegenüber dem Dauerschallpegel die Wirkung von Schienenverkehrslärm in der Nacht wirkungsgerechter beschreiben kann. In diesem Beitrag werden Kriterien des nächtlichen Schlafs, seiner Beeinträchtigung durch Schienenverkehrslärm vorgestellt und daraus die physiologischen und psychologischen Wirkungsgrößen abgeleitet, die zur Bewertung der Eignung von Maximalpegelkriterien herangezogen werden. Weiterhin werden in dem Beitrag das psychologische Wirkungskriterien und hierzu die Beziehung zum nächtlichen Dauerschallpegel, zum höchsten Maximalpegel über alle Zugarten und zur Zugzahl vorgestellt. Die Analysen wurden anhand von Daten zur Schienenverkehrslärmwirkung aus der NORAH-Studie (Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health), erhoben im Rhein-Main-Gebiet, vorgenommen. In einem zweiten DAGA-Beitrag von Müller et al. werden Expositions-Wirkungskurven zu zusätzlichen bahnlärmbedingten Aufwachreaktionen, dem physiologischen Wirkungskriterien, vorgestellt. In einem dritten DAGA-Beitrag von Möhler et al. werden akustische Kenngrößen zur Beschreibung des Maximalpegels dargestellt und ein aus den Analysen abgeleitetes Gesamtschutzkonzept zum nächtlichen Schienenverkehrslärm unter Berücksichtigung von Maximalpegeln präsentiert. Anhand von Fallbeispielen werden dessen Auswirkungen vorgestellt.

Do. 9:20 MW 0350 Lärmwirkungsforschung zum Umgebungslärm

Berücksichtigung eines Maximalpegelkriteriums bei der Beurteilung von Schienenverkehrslärm in der Nacht: Ableitung eines Aufwachkriteriums für Normen und Verordnungen

Uwe Müller^a, Dirk Schreckenberger^b, Manfred Liepert^c und Ulrich Möhler^c

^aDLR Köln; ^bZEUS GmbH; ^cMöhler + Partner Ingenieure AG

Im Auftrag des Hessischen Umweltministeriums wurde ein Gutachten zur Frage erstellt, inwieweit ein Maximalpegelkriterium gegenüber dem Dauerschallpegel die Wirkung von Schienenverkehrslärm in der Nacht wirkungsgerechter beschreiben kann. In diesem Beitrag wird aufgezeigt, dass ein Dauerschallpegel als alleinige Expositionsgröße nicht geeignet ist, um die lärmbedingte Fragmentierung der Schlafstruktur und mit Hilfe einer Expositionswirkungskurve die stärkste physiologische Reaktion in der Nacht auf Lärm, die Aufwachreaktion, angemessen zu beschreiben. Der Mensch reagiert im Schlaf auf das Einzelereignis, welches durch Zuganzahl, Maximalpegel und Zugart nicht ausreichend im Dauerschallpegel berücksichtigt wird. Das vorliegende Gutachten verfolgt das Prinzip, akute Wirkungen (Aufwachreaktionen, psycholog. Gestörtheitsreaktionen) zu minimieren, damit Kurzzeit- (Müdigkeit und erhöhte Unfallgefahr am folgenden Tag) und Langzeitfolgen (Risikoerhöhungen für das Auftreten von Krankheiten) gar nicht erst auftreten. Die Analysen wurden mit Hilfe von Polysomnografiemessdaten bei Bahnanrainern im Rahmen einer Feldstudie im Mittelrheintal (DEUFRAKO/RAPS-Studie) vorgenommen und daraus die Aufwachwahrscheinlichkeit für ein Einzelbahnlärmereignis bestimmt. Die Summe der Aufwachwahrscheinlichkeiten für die Einzelereignisse ergeben die zusätzlichen bahnlärmbedingten Aufwachreaktionen, die in einem Nachtschutzkonzept zu begrenzen sind. Zusätzlich wird aus den psychologischen Wirkungskriterien (siehe Schreckenberger et al.) von Möhler et al. in einem dritten DAGA-Beitrag damit ein Gesamtschutzkonzept für die Nacht unter Berücksichtigung des Maximalpegels entwickelt und deren Auswirkungen anhand von Fallbeispielen dargestellt.

Do. 9:40 MW 0350 Lärmwirkungsforschung zum Umgebungslärm

Berücksichtigung eines Maximalpegelkriteriums bei der Beurteilung von Schienenverkehrslärm in der Nacht: Akustische Kenngrößen und Ableitung von Maximalpegelkriterien für Normen und Verordnungen

Ulrich Möhler^a, Uwe Müller^b, Manfred Liepert^a, Viktor Skowronek^a und Dirk Schreckenberger^c

^aMöhler + Partner Ingenieure AG; ^bDLR Köln; ^cZEUS GmbH

Im Auftrag des Hessischen Umweltministeriums wurde ein Gutachten zur Frage erstellt, inwieweit ein Maximalpegelkriterium gegenüber dem Dauerschallpegel die Wirkung von Schienenverkehrslärm in der Nacht wirkungsgerechter beschreiben kann. In diesem Beitrag werden

die akustischen Kennwerte zur Beschreibung des Maximalpegels beim Schienenverkehr beschrieben und mit dem Mittelungspegel verglichen. Auf der Grundlage der Schall03 wird ein Berechnungsverfahren entwickelt, mit dem der Maximalpegel von Zugvorbeifahrten prognostiziert werden kann. Abgeleitet aus den psychologischen Wirkungskriterien (siehe Schreckenberget al.) und den physiologischen Kriterien (siehe Müller et. al.) werden Möglichkeiten zur zusätzlichen Berücksichtigung des Maximalpegels bei der Beurteilung des Schienenverkehrslärms entwickelt und deren Auswirkungen anhand von Fallbeispielen dargestellt. Schließlich werden die Ergebnisse diskutiert und die praktische Umsetzung in Verordnungen und Normen aufgezeigt.

Do. 10:20 MW 0350 Lärmwirkungsforschung zum Umgebungslärm

Erschütterungen des Eisenbahnverkehrs am Mittelrhein, Messungen in Wohnhäusern und Interviews mit Anwohnern

Frieder Kunz und Nico Petry

TH Bingen

In Wohnungen von Bahnanwohnern wurden nächtliche Erschütterungen und Innengeräuschpegel gemessen. Die Anwohner wurden mit dem ins deutsche übersetzten Fragebogen der Cargovibes-Studie zu Ihren Empfindungen befragt. Alle Anwohner sind ähnlich hohen Außengeräuschpegeln ausgesetzt. Die Erschütterungen unterscheiden sich jedoch. Die Wohnungen und Anwohner konnten in 2 Gruppen nach der Stärke der Erschütterungen aufgeteilt werden. In der einen Gruppe lagen die KBFmax-Werte unter dem Richtwert von 0.6 in der anderen Gruppe darüber. Es zeigten sich Unterschiede in den beiden Gruppen besonders in der Störung des Schlafes durch Erschütterungen. Die Messergebnisse und die Antworten wurden mit den Ergebnissen früherer Studien verglichen, um zu sehen, ob die Erschütterungswerte zunehmen und ob die Erschütterungsbelastung zunimmt. Lärm stellt für die Anwohner immer noch die größere Belastung dar. Auf einer Skala von 1 bis 10 wird Erschütterung eine Stufe niedriger eingestuft. Allerdings sagen die Anwohner der Häuser mit niedriger Erschütterung, dass sich die Lärmsituation in den vergangenen 3 Jahren verbessert hat, die Anwohner hohen Erschütterungen denken die Lärmsituation verschlechtert sich trotz Umrüstungsfortschritte immer weiter.

Do. 10:40 MW 0350 Lärmwirkungsforschung zum Umgebungslärm

Verkehrsgeräusch gegenüber Kinderlärm - Psychoakustische Analyse eines Spielbereiches in einem Schul- und Kita-Areal

M. Ercan Altinsoy und Jürgen Landgraf

TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

In Dresden, in einem Schul- und Kita-Areal, soll ein Spielbereich eingerichtet werden. Das Areal liegt an einer lauten Straße und ist Standort mehrerer Kindereinrichtungen, die ihrerseits als Lärmemittanten wirken.

Ziel dieser Studie ist diesen Spielbereich bezüglich der auditiven Wahrnehmung von Kindern und Pädagogen möglichst angenehm zu gestalten. Um die Entscheidungen zu treffen, wurden akustische Messungen während verschiedener Tageszeiten (exemplarisch) an verschiedenen Orten durchgeführt. Diese aufgenommenen Schallsignale wurden analysiert. Das Wohlbefinden des Betroffenen hängt von weiteren Faktoren wie z.B. Ausgeglichenheit von Pegel und Frequenz, kognitive Faktoren, Einstellung der Person, übertragene Information von dem Geräusch usw. ab. Deswegen wurde ein Hörversuch durchgeführt. In diesem Hörversuch wurden aufgenommene Verkehrsgeräusche und Kinderstimmen den Versuchspersonen dargeboten. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin die Lästigkeit der dargebotenen Geräusche zu bewerten. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der Untersuchung dargestellt.

Do. 11:00 MW 0350 Lärmwirkungsforschung zum Umgebungslärm

Ein Projekt zur Re-Analyse von Fluglärm-Belastigungsdaten:

Leq+X

Rainer Guski^a, Dirk Schreckenberger^b, Mark Brink^c, Ullrich Isermann^d, Rainer Schmid^d, Beat Schäffer^e und Jean Marc Wunderli^e

^a*Ruhr-Universität Bochum*; ^b*ZEUS GmbH*; ^c*Bundesamt für Umwelt*;

^d*DLR Göttingen*; ^e*Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science & Technology*

In der jüngeren Vergangenheit haben mehrere Veröffentlichungen gezeigt, dass die Belästigung der Bevölkerung durch den Lärm von Verkehrsflughäfen bei vergleichbaren Dauerschallpegeln über die Jahre gestiegen ist. Dafür wurden neben methodischen Aspekten der jeweiligen Untersuchungen v.a. Änderungen im Flugbetrieb verantwortlich gemacht, z.B. eine höhere Anzahl von Flugbewegungen und ein geändertes Verhältnis zwischen sehr lauten und leiseren Flugzeugen. Das interdisziplinäre Forschungsprojekt "Leq+X" re-analysiert Daten von Bevölkerungsbefragungen in der Umgebung der Flughäfen Frankfurt, Zürich, Köln/Bonn, Berlin-Schönefeld, Stuttgart, Basel und Genf im Hinblick auf die Zusammenhänge zwischen Belästigungsangaben einerseits und akustischen Variablen andererseits. Dazu werden die Fluglärmkarten hinsichtlich Dauerschallpegeln, Flugbewegungshäufigkeiten, Maximalpegeln, Typenmix, Intermittenz und verschiedene Kombinationen dieser akustischen Variablen für unterschiedliche Zeitabschnitte adressgenau neu berechnet und hinsichtlich ihres Zusammenhangs mit Belästigungs- und Störungsangaben untersucht. Der Vergleich zwischen Ergebnissen von Leq-basierten Zusammenhangsanalysen mit erweiterten akustischen Prädiktoren (Leq+X) soll zeigen, welche Vor- und Nachteile die Hinzunahme weiterer akustischer Variablen (v.a. für die Varianzaufklärung der Befragungsdaten) bietet. Erste Ergebnisse werden auf der Tagung vorgestellt.

NEU: Mi. 17:00 MW 1550

Lärmpolitik

Fluglärmbericht 2017 des Umweltbundesamtes - Einordnung und Empfehlungen

René Weinandy, Jörn Lindmaier und Thomas Myck

Umweltbundesamt

2007 wurde das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) novelliert. Mit der Gesetzesnovelle wurde auch eine regelmäßige Überprüfung des FluLärmG eingeführt. Danach muss die Bundesregierung erstmalig spätestens 2017 und dann spätestens alle zehn Jahre dem Deutschen Bundestag einen Bericht über dieses Gesetz vorlegen. Dabei sollen insbesondere die Schutzzonenwerte der Lärmschutzbereiche unter Berücksichtigung des Standes der Lärmwirkungsforschung und der Luftfahrttechnik bewertet werden. Das Umweltbundesamt hat zur Vorbereitung des Berichts der Bundesregierung zur Evaluation des FluLärmG den "Fluglärmbericht 2017 des Umweltbundesamtes" verfasst. Darin wird eine detaillierte Analyse des FluLärmG sowie weiterer Regelungen zum Schutz vor Fluglärm vorgenommen. Aufbauend auf den dabei gewonnenen Erkenntnissen werden Empfehlungen für eine Weiterentwicklung des FluLärmG und des untergesetzlichen Regelwerks gegeben. Da aber auch außerhalb des Geltungsbereichs des FluLärmG beträchtliche Fluglärmprobleme bestehen, ist ein übergeordnetes Konzept erforderlich. Dieses soll auch andere rechtliche Regelungen, wie beispielsweise das Luftverkehrsgesetz, in einen umfassenden Schutz vor Fluglärm einbeziehen. Das Umweltbundesamt empfiehlt daher eine grundsätzliche Änderung der Konzeption des FluLärmG, und zwar sollte für die Tagzeit von 6:00 bis 22:00 Uhr eine Lärmkontingentierung eingeführt und während der Nachtzeit von 22:00 bis 06:00 Uhr aus Gründen des präventiven Gesundheitsschutzes kein regulärer Flugbetrieb auf stadtnahen Flughäfen stattfinden. Diese sowie weitere Erkenntnisse werden vorgestellt und diskutiert.

Sitzung „Raumakustik III“

Do. 14:20 MW 0350

Raumakustik III

Hoher Anspruch auf kleinem Raum: tieffrequente Herausforderungen bei der akustischen Sanierung eines AufnahmerraumesValentin Huber, Jan Godde und Jamilla BalintTU Graz

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der akustischen Sanierung eines Aufnahmerraums mit einem Volumen von 70 m³, wobei sich die Akustik an einen bestehenden Studioraum anlehnen sollte. Die besonders bei kleinen Räumen auftretenden Herausforderungen wie störende Raummoden im tieffrequenten Bereich stehen hierbei im Fokus. Eine

frequenzunabhängige Nachhallzeit von 0.25 s wurde als Zielwert angestrebt. Mittels eines raumakustischen 3D-Modells wurden Optimierungsmaßnahmen entwickelt. Für die Grunddämpfung im tieffrequenten Bereich kamen Kantenabsorber zum Einsatz und wurden mit Verbundplattenresonatoren ergänzt. Um Flatterechos zu vermeiden sowie um eine ausreichende Absorption und Diffusität zu ermöglichen, wurde eine multifunktionale Deckenkonstruktion entworfen und Vorhänge angebracht. Abschließend wurden Messungen vorgenommen um die Planung in Hinblick auf Nachhallzeit, Raummoden und Reflexionen zu evaluieren sowie mit der Ausgangssituation zu vergleichen. Zudem wird ein großes Augenmerk auf die Krümmung der Abklingkurven sowie die dadurch uneindeutige Bestimmung von Nachhallzeiten mittels Regressionsgeraden gelegt.

Do. 14:40 MW 0350

Raumakustik III

Gesteigerte Bassabsorption von textilen Absorbern bei der Verwendung als Rollbanner

Jonas Schira

Gerriets GmbH

Bassabsorption ist bei textilen Absorbern meist nur unzureichend gegeben. Es gibt jedoch die Möglichkeit, durch den Einsatz des Textils als Membran vor einem geschlossenen Luftraum, die Absorptionsleistung im Bassbereich unter 250 Hz deutlich anzuheben. Anhand einer Messreihe, durchgeführt im Hallraum des Zentrums für Bauphysik (ZFB) der Hochschule für Technik in Stuttgart-Vaihingen nach DIN EN ISO 354, wird in diesem Vortrag gezeigt, mit welchen konstruktiven und architektonischen Mitteln die Bassabsorption in textilen Absorbern deutlich angehoben werden kann. Es werden unterschiedliche Messanordnungen ausgewertet und verglichen. Zudem wird anhand von Praxisbeispielen aufgezeigt, wie sich die theoretischen Überlegungen in der Praxis, explizit am Beispiel eines Absorptions-Rollbanners, umsetzen lassen.

Do. 15:00 MW 0350

Raumakustik III

Variable Raumakustik in musikalischen Probenräumen?

Björn Knöfel und Holger Kunze

Fraunhofer IWU

Musiker, die mit ihrem Instrument ein musikalisches Werk einstudieren, beschäftigen sich zumeist sehr intensiv mit den unterschiedlichsten Aspekten ihrer musikalischen Interpretation. Die Probenräume, in denen sie üben, nehmen sie mit ihrer nicht immer optimalen Raumakustik meist als gegeben hin. In Gesprächen mit Musikern ist häufig der Wunsch geäußert worden, Übungsräume raumakustisch zu verbessern und Räume auch akustisch variabel zu gestalten. Um diesen Bedarf an veränderlicher Akustik besser einschätzen zu können, wurde eine Befragung von 41 Musikern und Musikpädagogen im klassischen Bereich durchgeführt. Dabei wurden die Musiker gebeten, detaillierte Angaben zu den

von Ihnen gespielten Instrumenten, musikalischen Genres und Ensembles zu machen. Ihre regelmäßigen Probenräume sollten die Musiker im akustischen Kontext mit 20 Attributen aus unterschiedlichen Wahrnehmungskategorien beschreiben. Aus diesen mehrdimensionalen subjektiven Einschätzungen werden anschließend mit statistischen Verfahren charakteristische Attribute ausgewählt, um möglichst objektive Parameter für die Kennzeichnung der Übungsräume ableiten zu können. Die Ergebnisse der Studie werden präsentiert, in dem der Schwerpunkt auf der akustischen Beschreibung der Übungsräume und den daraus gewünschten Veränderungen der Musiker liegt. Auf der Basis der Musikerwünsche werden schließlich raumakustisch variable Akustikelemente für Probenräume konzipiert, um jedem Musiker und jedem Instrument einen optimalen Übungsraum zur Verfügung stellen zu können.

Do. 15:40 MW 0350

Raumakustik III

Klassenraumakustik und Absorberverteilung - Messungen

Klaudius Hengst^a, Moritz Späh^b und Xiaoru Zhou^b

^a Knauf Gips KG; ^b Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Um einen Raum akustisch nach DIN 18041 zu konzeptionieren, benötigt der Planer in der Regel im Vorfeld Angaben über das akustische Verhalten der Materialien, die zur Anwendung kommen sollen. Es bedarf somit frequenzabhängiger Absorptionsgrade von Akustikdecken, Wandabsorbern, Bodenbelägen, Einrichtungsgegenständen und dergleichen. Diese werden üblicherweise vom jeweiligen Hersteller im standardisierten Hallraum nach DIN EN ISO 354 gemessen. Für gewöhnlich werden entsprechende Produkte nach DIN EN ISO 11654 bewertet und ihnen damit ein Einzahlwert in Form eines bewerteten Absorptionsgrades und einer entsprechenden Absorberklasse zugeordnet. Oftmals erfolgt die Auswahl der Absorber hinsichtlich der Absorberklasse oder dem bewerteten Absorptionsgrad α_w .

Es kann jedoch größtenteils nicht sichergestellt werden, dass in dem zu konditionierenden Raum ein ideal diffuses Schallfeld wie in einem Hallraum vorherrscht. Die sich daraus ergebenden Nachhallzeiten wurden in einem umfangreichen Projekt in Zusammenarbeit von Knauf mit dem Fraunhofer IBP Stuttgart untersucht. Hierbei wurden Messungen in einem eigens dafür gebauten Musterklassenraum mit Akustikdecken der Absorberklassen A und C (bewerteter Absorptionsgrad $\alpha_w = 1,00$ bzw. $0,70$), mit und ohne Wandabsorber, sowie mit und ohne Möblierung durchgeführt. In diesem Vortrag wird über die Messungen berichtet, im weiteren Vortrag zu diesem Vorhaben wird auf den Vergleich von Berechnung und Messung der Nachhallzeit im untersuchten Klassenraum eingegangen.

Do. 16:00 MW 0350

Raumakustik III

Klassenraumakustik und Absorberverteilung - Messung und BerechnungMoritz Späh^a, Klaudius Hengst^b und Xiaoru Zhou^a^a*Fraunhofer-Institut für Bauphysik*; ^b*Knauf Gips KG*

Die Messung des Schallabsorptionsgrads von absorbierenden Materialien erfolgt in der Regel in Hallräumen mit diffusem Schallfeld. In realen Räumen, wie z.B. Klassenzimmern, kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass ein ideal diffuses Schallfeld wie im Hallraum vorhanden ist. Die sich daraus ergebenden Nachhallzeiten wurden in einem umfangreichen Projekt in Zusammenarbeit von Knauf mit dem Fraunhofer IBP Stuttgart untersucht. Hierbei wurden Messungen in einem eigens dafür gebauten Musterklassenraum mit Akustikdecken der Absorberklassen A und C (bewerteter Absorptionsgrad $\alpha_w = 1,00$ bzw. $0,70$), mit und ohne Wandabsorber, sowie mit und ohne Möblierung durchgeführt. Im weiteren Vortrag zu diesem Vorhaben wird über die Messungen berichtet, in diesem Vortrag wird auf den Vergleich von Berechnung und Messung der Nachhallzeit im untersuchten Klassenraum eingegangen.

Do. 16:20 MW 0350

Raumakustik III

Der Einfluss des Streugrades auf raumakustische ComputersimulationenJoshua Dunkel^a, Vanesa Rodríguez Cortés^a und Jörn Hübelt^b^a*Graner + Partner Ingenieure GmbH*; ^b*Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH*

Die Behandlung komplexer raumakustischer Problemstellungen stützt sich heute immer öfter auf Computersimulationen. Mit den Prinzipien der geometrischen Raumakustik wird im Rechner ein vereinfachtes Modell der Realität geschaffen, die Welleneffekte des Schalls werden zur Reduzierung des Rechenaufwandes weitestgehend vernachlässigt. Ergebnisse, die qualitativ mit Messergebnissen vergleichbar sind, können nur mithilfe akustischer Eingangsdaten erreicht werden, welche diese Defizite kompensieren. Dazu sind insbesondere Parameter zur Modellierung der Reflexionsprozesse an Raumbegrenzungsflächen entscheidend. In raumakustischen Computersimulationen wird die Quantität, mit der diffuse Reflexionen an Grenzflächen auftreten, durch den einfallungsrichtungsunabhängigen Streugrad beschrieben. Da Mess- und Produktdaten zum Streugrad jedoch zurzeit nicht üblich sind, greift der Softwareanwender im Allgemeinen auf Schätzwerte zurück, welche z. B. auf der Abmessung der Strukturperiode im Bezug zur Wellenlänge basieren. Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde der Einfluss des Streugrades auf die Ergebnisse raumakustischer Simulationen unter Berücksichtigung der Größe und Positionierung schallstreuender Teilflächen untersucht. Dazu wurde der Streugrad eines exemplarischen Diffusors (QRD)

messtechnisch im Modellhallraum der PTB Braunschweig bestimmt. Mithilfe einer raumakustischen Simulations-Software wurden anschließend sowohl der messtechnisch bestimmte als auch sehr geringe bzw. hohe Streugrade für die Diffusor-Fläche angesetzt, um den Einfluss des Streugrades bewerten zu können. Die Durchführung der Untersuchungen sowie die Ergebnisse werden im Vortrag ausführlich erläutert.

Do. 16:40 MW 0350

Raumakustik III

Messung der Schallabsorption mittels p-p Schallintensitätssonde

Gustav Luckinger^a und Blasius Buchegger^b

^a *Akustik Engineering Luckinger e.U.*; ^b *TU Graz*

Bei der Entwicklung und Durchführung von Optimierungsmaßnahmen an Absorbern ist zumeist die Kenntnis des Frequenzverlaufs der Absorption erforderlich. Aktuell stehen dazu beispielsweise Messungen im Hallraum, in einer Alpha-Kabine oder im Impedanzrohr zur Verfügung. Alle diese Verfahren weisen Vor- und Nachteile auf. Vielfach erfordern die Methoden größere Mengen an Material, haben hohe Anforderungen an den Zuschnitt oder sind im Frequenzbereich eingeschränkt, was die Möglichkeiten in der Anwendung stark begrenzt. Zur Ermittlung der Schallabsorption im Labor oder in situ kann allgemein auch eine Intensitätssonde verwendet werden. In diesem Beitrag wird die Verwendung einer p-p Schallintensitätssonde als Messmittel aufgezeigt, mit der sich nicht nur die Schallintensität, sondern auf Grund der hohen Phasengenauigkeit auch die Absorption und die Impedanz bestimmen lässt. Eine derartige Ermittlung der Schallabsorption bringt viele Vorteile mit sich. So können mehrschichtige Aufbauten einfach auf eine Wirkung in definierten Frequenzbereichen abgestimmt werden. Anhand von Fallstudien wird gezeigt, wie die Intensitätssonde pausible Messungen der Schallabsorption sogar bei tiefen Frequenzen bis 100 Hz ermöglicht. Mit geringem Aufwand lässt sich eine Messung richtungsabhängig oder räumlich gemittelt durchführen.

Sitzung „Lärmschutz II“

Do. 8:40 MW 1450

Lärmschutz II

Fluglärmrechnungen nach CNOSSOS-DE und seine Folgen

Berthold Vogelsang^a und Thomas Myck^b

^a *Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz*;

^b *Umweltbundesamt*

Die Erfassung und Bewertung der Geräuschbelastung nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie soll nach einheitlichen Kriterien erfolgen. Hierzu hat die EU-Kommission in 2015 neue Bewertungsmethoden (Common Noise Assessment Methods in EU, CNOSSOS-EU) veröffentlicht,

die derzeit in Deutschland unter der Bezeichnung CNOSSOS-DE umgesetzt werden. Für Fluglärm wird ein Verfahren verwendet, das auf der 3. Ausgabe des Dokuments 29 der Europäischen Zivilluftfahrt-Konferenz ECAC basiert und an die flugbetrieblichen Gegebenheiten in Deutschland angepasst wurde. Da sich dieses Berechnungsverfahren deutlich von den bestehenden deutschen Fluglärmberechnungsverfahren VBUF und AzB unterscheidet, drängt sich die Frage auf, welche Folgen dies für die Berechnungsergebnisse hat. Diese Frage soll zunächst anhand eines Testflugplatzes untersucht werden, der zur Qualitätssicherung der Software für die Berechnung von Luftverkehrsgeräuschen nach CNOSSOS-DE entwickelt wurde. Die verschiedenen Berechnungsverfahren werden auf den Testflugplatz angewendet, wobei die Flugzustände Start, Landung und Platzrunde betrachtet werden. Die Berechnungsergebnisse werden miteinander verglichen und diskutiert. Anschließend werden an einem realen Verkehrsflughafen (Hannover) die Unterschiede zu aktuellen Berechnungen gemäß 34. BImSchV aufgezeigt und die Auswirkungen erläutert.

Do. 9:00 MW 1450

Lärmschutz II

Qualitätsanforderungen an die Datenbasis für Fluglärmberechnungen nach CNOSSOS-DE

Thomas Myck^a und Berthold Vogelsang^b

^aUmweltbundesamt; ^bNiedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

Die Ermittlung und Bewertung der Geräuschbelastung nach der EU-Umgebungslärmrichtlinie soll nach einheitlichen Kriterien erfolgen. Hierzu hat die EU-Kommission 2015 neue Bewertungsmethoden (Common Noise Assessment Methods in EU, CNOSSOS-EU) veröffentlicht, die derzeit als CNOSSOS-DE in Deutschland umgesetzt werden. Diese Methoden sollen einen europaweit einheitlichen Vollzug der Lärmkartierung gewährleisten. Für Fluglärm wird ein Verfahren verwendet, das auf der dritten Ausgabe des Dokuments 29 der Europäischen Zivilluftfahrt-Konferenz ECAC basiert und an die flugbetrieblichen Gegebenheiten in Deutschland angepasst wurde. Insbesondere wurde das Verfahren zur Erfassung der Eingangsdaten für die Fluglärmberechnung konkretisiert. Dabei wurden Elemente und Verfahrensweisen übernommen, die sich bei der Ermittlung von Lärmschutzbereichen nach dem Fluglärm-schutzgesetz bewährt haben, wie z. B. die Art der Flugstreckenbeschreibung. Eine Besonderheit bei CNOSSOS-DE ist die Erfassung der Flugbewegungen an einem Flughafen, die luftfahrzeugtypenbezogen erfolgt und im Datenerfassungssystem nach einem bestimmten Schema anzugeben ist. Zudem wurden Kriterien zur Qualitätssicherung festgelegt, da die Qualität der Eingangsdaten von wesentlicher Bedeutung für eine realistische Berechnung der Geräuschbelastung ist. So werden beispielsweise nicht nur Empfehlungen zur Festlegung der Korridorbreiten von Flugstrecken gegeben, sondern auch angeraten, dass diese

Angaben durch Auswertungen eines Flugwegaufzeichnungssystems, z. B. FANOMOS, zu begründen sind. Im Beitrag werden die qualitativen Anforderungen an die Datengrundlage für Fluglärmberechnungen nach CNOSSOS-DE erläutert.

Do. 9:20 MW 1450

Lärmschutz II

Lärmbewertung von Flugverfahren durch das Umweltbundesamt

Roman Thierbach

Umweltbundesamt

Flugstrecken und -verfahren - also Lage und Höhenverlauf von An- und Abflügen sowie Platzrunden - in der Umgebung von Flugplätzen können einen großen Einfluss auf die Lärmbelastung der Flughafen-wohnerinnen und -anwohner haben. Die Festlegung der Flugrouten erfolgt per Rechtsverordnung durch das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung. Nach § 32 des Luftverkehrsgesetzes werden Verordnungen über die Festlegung von Flugverfahren, die von besonderer Bedeutung für den Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm sind, im Benehmen mit dem Umweltbundesamt erlassen. Jährlich werden zahlreiche Flugrouten geändert oder neu eingeführt, die in vielen Fällen hinsichtlich ihrer Lärmauswirkungen vom Umweltbundesamt zu bewerten sind. Das Umweltbundesamt hat verschiedene Forschungsvorhaben zu dieser Thematik vergeben. Diese konkretisierten die rechtlichen Rahmenbedingungen und helfen bei der Entwicklung eines praxisgerechten Bewertungsverfahrens. In dem Beitrag wird die Bewertung von Flugverfahren durch das Umweltbundesamt detailliert vorgestellt. Dabei wird auch auf aktuelle Forschungsergebnisse näher eingegangen.

Do. 9:40 MW 1450

Lärmschutz II

Verwendung prozeduraler Flugprofile nach ECAC Doc.29 und CNOSSOS-EU bei Fluglärmberechnungen

Ullrich Isermann

DLR Göttingen

Seit der Implementierung des ECAC Doc.29 "Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports" als harmonisiertes Berechnungsverfahren für Fluglärm in CNOSSOS-EU ("Common Noise Assessment Methods in the EU") gibt es die Möglichkeit, die für eine Fluglärmberechnung benötigten operationellen Datensätze für einzelne Flugzeuge unter flexiblen Randbedingungen auf der Basis von "prozeduralen Profilen" zu generieren. Für viele der mit der deutschen "Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB)" vertrauten Anwender ist diese Funktionalität Neuland, denn die AzB arbeitet mit

standardisierten Datensätzen, für die Flugzeuge mit ähnlichen Immissionswerten gruppiert sind. Das der Berechnung von prozeduralen Profilen zugrunde liegende flugmechanische Massenpunktmodell ist mathematisch sehr einfach zu handhaben, da es keine Momente berücksichtigt. Allerdings erfordert die praktische Anwendung doch relativ umfassende Kenntnisse aus Flugmechanik und Flugsteuerung, über die ein aus dem Bereich der Akustik stammender Anwender nicht immer verfügt. Leider setzt Doc.29/CNOSSOS derartige Kenntnisse zum großen Teil voraus. Zudem sind die dem Modell in der "Aircraft Noise and Performance Database ANP" hinterlegten Daten z.T. widersprüchlich bzw. für eine sachgerechte Anwendung nicht voll ausreichend. Im Rahmen des Vortrages werden einige derartige Problemstellen identifiziert und einfache Lösungsansätze aufgezeigt. Außerdem werden exemplarisch Vorgehensweisen zur Erstellung von operationellen Datensätzen auf der Basis von prozeduralen Profilen vorgestellt.

Do. 10:00 MW 1450

Lärmschutz II

Einzelereignisbasierte Abrechnung von lärmabhängigen Start- und Landeentgelten

Kai Johannsen

Flughafen Berlin Brandenburg GmbH

Die Berliner Flughäfen erheben seit dem Jahr 2005 vom gemessenen Lärm abhängige Landeentgelte. Hierbei werden die an den Berliner Flughäfen verkehrenden Flugzeugtypen über Jahresmittelwerte der Maximalpegel bestimmter Referenzmessstellen in sieben Lärmklassen eingeteilt. Die erhobenen Entgelte liegen je nach Flugzeugtyp zwischen 50u€ und 7500p€ pro Start und Landung. Die Mittelung erfolgt hierbei zwischen Start und Landung und auch zwischen den Flughäfen Tegel und Schönefeld. Die Zuordnung der Flugzeugtypen zu den Lärmklassen erfolgt in der Regel einmal jährlich.

Nachdem, wie erwartet und gewünscht, in den Anfangsjahren der Anteil der leisen Flugzeugtypen anstieg und der Anteil der besonders lauten sank, wird in den letzten Jahren eine zunehmende Umgruppierung der Flugzeugtypen in höhere Lärmklassen beobachtet. Mögliche Gründe für diese Tendenz werden dargestellt, Anpassungen der Lärmentgeltsystematik diskutiert und der von den Berliner Flughäfen gewählte Weg vorgestellt.

Do. 10:20 MW 1450

Lärmschutz II

Tieffrequente Geräusche auf verglasten LoggienAndreas Hock und Christian Eulitz*Möhler + Partner Ingenieure AG*

Im Rahmen einer Ba.-Thesis wurden Schallfelder auf (teil-)verglasten Loggien untersucht, um die Qualität des Außenwohnbereichs für Bewohner von lärmbelasteten Wohngebäuden zu bewerten. Bei den Abwerteten Hörschallpegeln wurden die bisherigen Untersuchungen bestätigt, dass eine nennenswerte Pegelminderung bereits bei teilverglastem Außenwohnbereich möglich sein kann, jedoch insbesondere bei Loggien mit geringeren Grundflächen jedoch keine wesentliche Änderung der Geräuschimmissionen mit der Lage im Raum einhergeht (Diffusfeldbedingungen). Eine ergänzende Auswertung der Messdaten zeigte für den tieffrequenten Bereich gerade ein umgekehrtes Verhalten: Bei Frequenzen unter ca. 90 Hz ist sowohl die Schalldämmung des Außenlärmpegels gering wie auch eine Änderung des Schallfeldes in Abhängigkeit von der Lage auf der Loggia wesentlich ausgeprägter. Vor dem Hintergrund, dass einerseits im modernen Wohnungsbau an lärmbelasteten Stellen zunehmend Außenwohnbereiche mit Verglasungen passiv geschützt werden und andererseits gefordert wird Außenwohnbereiche zukünftig weitergehend auch gegen tieffrequenten Lärm zu schützen, stellt sich die Frage nach technischen Lösungsmöglichkeiten. Die Ergebnisse der Schallpegelmessungen werden vorgestellt, die Auswirkungen und Lösungsansätze diskutiert.

Do. 10:40 MW 1450

Lärmschutz II

Fortschritte in der Berechnung von Schalldämpfungen von Waldbeständen aus deren forstlichen ParameternMattias Trimpop^a und Peter Mann^b^a IfL Institut für Lärmschutz GmbH; ^b Bundesanst. f. Immobilienaufgaben

In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl von Waldbeständen mittels Messungen untersucht, um einen Zusammenhang zwischen den forstlichen und den akustischen Parametern dieser Bestände zu finden. Die zur Verfügung stehenden forstlichen Parameter wurden mit den aus den Messungen sich ergebenden frequenzabhängigen Schalldämpfungen mittels Regressionen auf ihre Relevanz hin untersucht. Allein mit drei der untersuchten forstlichen Parametern konnte ein hoher Bestimmtheitsgrad bei multipler Regression erreicht werden.

Anhand der Messergebnisse kann außerdem gezeigt werden, dass das in der ISO 9613-2 angegebene Eingangskriterium zur Waldberücksichtigung nur bedingt tauglich ist. Hier könnte die über die Regression erstellte "Walddämpfungsformel" eine relativ einfach anzuwendende Alternative darstellen.

Do. 11:00 MW 1450

Lärmschutz II

Schallstreuung an achsenparallelen ZylindernWolfram Bartolomaeus*Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach*

Streuung, Beugung und Reflexion beeinflussen das Schallfeld in der Ausbreitung. In dieser Studie wurde die Streuung von Schallwellen an einer Anzahl (periodisch) angeordneter achsenparalleler Zylinder (a) analytisch berechnet, (b) mit einem FEM-Programm simuliert und (c) in einer Akustikhalle (skaliert) gemessen. Neben den Fragestellungen der Vergleichbarkeit und Genauigkeit von Rechen- und Messergebnissen werden besondere physikalische Effekte behandelt und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit als neuartige Lärmschutzmaßnahmen im Schallausbreitungsweg an Verkehrswegen (Straße und Schiene) untersucht. Zwar sind für den Nachweis der akustischen Wirksamkeit und des Lärminderungspotentials solcher neuartigen Konstruktionen noch umfangreiche Praxistests in situ notwendig. Jedoch können die hier vorgestellten Methoden erste Anhaltswerte für erzielbare Geräuschpegelminderungen im Schallausbreitungsweg liefern. Die drei Methoden sind nicht auf die Analyse von Streuungen beschränkt. Auch Phänomene der Schallbeugung und Reflexion sowie ihre Kombination können grundsätzlich damit untersucht werden.

Do. 14:20 MW 1450

Lärmschutz II

Entwicklung eines Messverfahrens der Schallemissionen von Kleinwindenergieanlagen mit 5 kW bis 30 kW LeistungOliver Bunk und Jürgen Weinheimer*KÖTTER Consulting Engineers GmbH & Co.*

Schon lange existieren erprobte Messvorschriften für "große" Windenergieanlagen (WEA) mit denen deren Schallemission bestimmt wird. Für Kleinwindenergieanlagen (KWEA) mit Nennleistungen kleiner 30 kW ist die Anwendung dieser Vorschriften im Vergleich zu deren Anschaffungskosten relativ aufwändig. Des Weiteren sind Kleinwindenergieanlagen (KWEA) aufgrund ihrer Anlagenvielfalt dadurch gekennzeichnet, dass die Anlagen in punkto Bauweise, Leistungsregelung, Drehzahl, Rotordurchmesser als auch Nabenhöhe untereinander große Unterschiede aufweisen. Derzeit gibt es nur sehr wenige KWEA, zu deren Geräuschverhalten ein belastbarer Emissionsmessbericht vorliegt. Dadurch entsteht ein behördliches Vollzugsproblem, da ohne einen derartigen Messbericht eine verlässliche Geräuschprognose nach TA Lärm nicht möglich ist. Dies hatte oftmals die Folge, dass ein Nachtbetrieb der KWEA bis zur Vorlage belastbarer Emissionsdaten und einer darauf basierenden Ausbreitungsrechnung untersagt wurde. Anhand von drei Einzelmessungen wird untersucht, wie ein vereinfachtes, praxistaugliches Messverfahren für Kleinwindenergieanlagen, das sich im Wesentlichen an den bestehenden Normen orientiert, entwickelt werden kann, welches einerseits

kostengünstig ist und andererseits dennoch zu verlässlichen Emissionsdaten führt. Die Untersuchungen waren Bestandteil eines vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern ausgeschriebenem Forschungsprojektes.

Do. 14:40 MW 1450

Lärmschutz II

Amplitudenmodulation bei Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen - Beispiele und Einflussgrößen

Kai Pies^a, Pol Daleiden^a, Florian Kemmer^a, Sergio C. Martinez^b und Dan Pies^a

^a *Schallt. Ing.-Büro Pies GbR*; ^b *TÜV Rheinland Energy GmbH*

Der als Amplitudenmodulation beschriebene Effekt eines an- und abschwellenden Geräusches stellt eine Auffälligkeit dar, die von betroffenen Anwohnern häufig als störend beschrieben wird. Dabei werden Begrifflichkeiten wie "Fauchen", "Wuschen" oder "Floppen" aufgeführt. Anhand einer Vielzahl von Immissionsmessungen von Windparks konnte die Amplitudenmodulation für verschiedene Anlagentypen und an mehreren Standorten untersucht werden. Im Ergebnis zeigen sich Einflussgrößen auf die Amplitudenmodulation. Es wird z.B. aufgezeigt, dass die Drehzahl der Anlagen eines Windparks eine Einflussgröße auf den zeitlichen Verlauf des Phänomens darstellt. Des Weiteren kann aufgrund der umfangreichen Datengrundlage auch auf eine Abhängigkeit von meteorologischen Randbedingungen eingegangen werden. Abschließend wird ein Datensatz mit Hörproben von Anlagen bei unterschiedlichen meteorologischen Randbedingungen vorgestellt, der Grundlage einer subjektiven Bewertung der Amplitudenmodulation werden kann.

Do. 15:00 MW 1450

Lärmschutz II

AM bei Geräuschen von Windenergieanlagen - Messungen an Windparks

Sergio C. Martinez^a, Florian Fennel^a und Kai Pies^b

^a *TÜV Rheinland Energy GmbH*; ^b *Schallt. Ing.-Büro Pies GbR*

Die Geräusche von Windenergieanlagen (WEA) werden aktuell in allen Aspekten der Emission - Transmission - Immission untersucht. Das Phänomen der Amplitudenmodulation (AM) wird auch in diesen drei Bereichen bearbeitet. Wichtige Aspekte zur Quantifizierung der AM sind: die dominierende Modulationsfrequenz, die effektive Amplitude und bei Immissionsbetrachtungen der korrespondierende Mittelungspegel. Der erste Aspekt ist mit der Rotordrehzahl verknüpft, wie es für rotierende Schallquellen zu erwarten ist. Der zweite und dritte Aspekt beinhalten eine Kombination aus diversen Ursachen: konstruktive Eigenschaften der Rotorblätter und ihr aerodynamisches Verhalten, die Betriebseinstellung der Rotorblätter als Flügelprofile, die Richtcharakteristik, die effektiven turbulenten Windanströmungsprofile und letztlich die Verhältnisse der

Schallausbreitung einer sehr hohen Quelle in einer inhomogenen Atmosphäre über (mehr oder weniger) absorbierendem Boden. Es werden eigens durchgeführte Langzeitmessungen und Auswertungen zur AM bei Windparks vorgestellt. Methodisch werden die Messreihen in Zeitintervalle von ca. 2 Minuten unterteilt. Die Auswertung der AM erfolgt anhand des Wavelet-Verfahrens (s. DAGA 2017). Ziel ist es, die Problematik der Quantifizierung der AM vor allem beim Einwirken von mehreren WEA zu verdeutlichen. Andere aktuell angewandten Verfahren zur Messung der AM (aus UK, Japan, USA) werden kommentiert.

Do. 15:20 MW 1450

Lärmschutz II

Erste Erfahrungen mit den LAI-Hinweisen zum Schallimmissionsschutz bei Windkraftanlagen

Detlef Piorr

LANUV NRW

Bezüglich der Prognose von Geräuschimmissionen verweist die TA Lärm auf die DIN ISO 9613-2. Der Anwendungsbereich dieser Richtlinie ist auf bodennahe Quellen beschränkt. Mit Nabenhöhen von bis zu 150 m und Gesamthöhen von über 200 m sind moderne Windenergieanlagen nicht als bodennahe Schallquellen zu betrachten. Sowohl Messungen als auch theoretische Betrachtungen zeigten, dass die Anwendung der DIN ISO 9613-2 zur Prognose der Geräuschimmissionen von Windkraftanlagen ab bestimmten Entfernungen des Immissionsortes zu der Windenergieanlage zu systematischen Unterschätzungen der real auftretenden Geräuschimmissionen führt. Diese Entfernungen, ab denen nicht zu vernachlässigende Fehler durch die Prognose nach dem Alternativen Verfahren auftreten, hängen unter anderem von der Höhe der Schallquelle über dem Boden ab. Der DIN/VDI-Normenausschuss für Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) erarbeitete und publizierte zur Vermeidung von unzureichenden Prognosen das "Interimsverfahren", welches eine Anpassung der DIN ISO 9613-2 an die Besonderheiten hochliegender Quellen darstellt. Der Arbeitskreis Physikalische Einwirkungen der Bund/Länder- Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) überarbeitete aufgrund der neuen, abgesicherten wissenschaftlichen Erkenntnisse seine aus dem Jahr 2005 stammenden "Hinweise zum Schallimmissionsschutz bei Windenergieanlagen". Über erste Erfahrungen mit den überarbeiteten Hinweisen wird berichtet.

Do. 16:00 MW 1450

Lärmschutz II

Ein Konzept für eine Doppelwand mit reduzierter Luftschichtsteifigkeit

Felix Langfeldt und Wolfgang Gleine

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Doppelwände sind eine weit verbreitete Schallschutzmaßnahme, die z.B. häufig in der Bau- und Fahrzeugakustik vorgefunden werden kann.

Das volle akustische Potential einer Doppelwand wird erst oberhalb der so genannten Doppelwandresonanzfrequenz ausgeschöpft. Für tiefere Frequenzen gibt es gegenüber einer Einfachwand mit gleicher Flächenmasse keinen akustischen Vorteil. Deshalb ist es in vielen technischen Anwendungen von Doppelwänden erforderlich, eine möglichst niedrige Doppelwandresonanzfrequenz zu erhalten. Diese Resonanzfrequenz kann (ohne eine oftmals unerwünschte Erhöhung der Wandflächenmassen) herabgesenkt werden, indem der Abstand zwischen der Wänden vergrößert wird. In Anwendungsfällen, in denen der verfügbare Bauraum für Lärmschutzmaßnahmen begrenzt ist, ist es jedoch häufig nicht möglich, diesen Lösungsansatz umzusetzen.

In dem vorliegenden Beitrag werden erste Untersuchungsergebnisse für ein neuartiges Doppelwandkonzept vorgestellt, mit dem eine deutliche Absenkung der Doppelwandresonanzfrequenz ohne signifikante Erhöhung der Luftschichtdicke und Wandflächenmassen erreicht werden soll. Die prinzipielle Wirkungsweise des Konzepts wird zuerst anhand einfacher theoretischer Betrachtungen abgeschätzt. Anschließend wird anhand größer skalierter Modelle die Funktionsweise des Konzepts unter realitätsnäheren Anregungs- und Einbaubedingungen evaluiert.

Do. 16:20 MW 1450

Lärmschutz II

Bandgap Broadening in a Membrane Acoustic Metamaterial with Multiple Resonators and Membrane Layers

Aidin Nojavan und Sabine Langer

TU Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik

Locally resonant acoustic metamaterials (LRAM) are known as an innovative solution to acoustic insulation, which possess a high efficiency in sound attenuation besides compactness and low weight. However, they present their outstanding functionality at a narrow frequency range, known as bandgap. This tightly limited operation range of LRAMs is considered as their most important disadvantage. In this study, the performance of a membrane type acoustic metamaterial in presence of a concentrated force is examined numerically by calculating its velocity level using Finite Element Method (FEM). Also, its bandgap is attempted to be extended by multiplying local resonances within the LRAM by using multiple resonators, multiple membrane layers and combination of these two methods.

Do. 16:40 MW 1450

Lärmschutz II

Verbesserte tieffrequente akustische Absorptionseigenschaften von strukturierten GlaswollisolierungenHannah Hoppen^a, Wolfgang Gleine^a und Otto von Estorff^b^a*Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg;* ^b*TU Hamburg-Harburg*

Mit dem Ziel, kraftstoffsparender zu fliegen, werden Triebwerke mit gegenüber heutigen Antrieben noch größerem Nebenstromverhältnis entwickelt. Durch ein hohes Nebenstromverhältnis der Triebwerke verändert sich deren Schallemission und damit das Schallspektrum in der Kabine, sodass ausgeprägte tieffrequente Töne mit hohen Schallpegeln im Vergleich zum Hintergrundgeräusch auftreten, die den Komfort für die Passagiere erheblich beeinträchtigen können. Die übliche Flugzeugdoppelwand, bestehend aus der Flugzeugstruktur sowie der Kabinenwandverkleidung und einem innenliegenden Absorber aus Glaswolle, stellt die derzeitige Schallisolation dar. Sie liefert gute Eigenschaften im Frequenzbereich über 1000 Hz. Bei tieferen Frequenzen ist sie jedoch, in akustischer Hinsicht, unzureichend.

Auf der DAGA 2016 wurden in die Glaswolle eingebaute Maßnahmen zur Verbesserung der Schallisolation im Frequenzbereich unter 1000 Hz vorgestellt. Aufbauend darauf wird in diesem Beitrag das Potenzial dargestellt, den Absorptionsgrad der Isolierung durch gezielte Strukturierung der Glaswollisolierung zu erhöhen. Bei einer Massenerhöhung der Glaswolle zwischen 3 und 10 Prozent konnte im Impedanzrohr bei senkrechtem Schalleinfall eine Verdoppelung des Absorptionsgrades im tiefen Frequenzbereich zwischen 150 und 250 Hz gemessen werden. Im Beitrag werden die gewonnenen Ergebnisse vorgestellt und diskutiert.

Sitzung „Experimentelle Strömungsakustik“

Do. 8:40 MW 1550

Experimentelle Strömungsakustik

Vergleich von Mikrofon-Array Beamforming Methoden angewendet auf aeroakustische WindkanalmessungenCarsten Spehr
DLR Göttingen

In dieser Arbeit werden verschiedene Mikrofonarray-Auswertelgorithmen auf zwei existierende aeroakustische Windkanalmessungen angewendet. Die erste Messung wurde vom DLR in der geschlossenen Messtrecke des Niedergeschwindigkeitskryokanal (DNW-KKK) an einem Halbmodell in Hochauftriebskonfiguration durchgeführt. Die zweite Messung wurde in der offenen Messtrecke des NASA Langley Windkanals (Quiet Flow Facility -QFF) an einem klappenlosen Flügel durchgeführt. Die Messdaten wurden für ein Benchmark zur Verfügung gestellt und von verschiedenen Forschergruppen mit unterschiedlichen

Methoden ausgewertet [1]. Der Vortrag präsentiert die Ergebnisse unterschiedlicher Implementierungen verschiedener Forschergruppen als auch die Ergebnisse unterschiedlicher Auswertemethoden.

[1] Bahr, Christopher, Humphreys, Jr, William M., Ernst, Daniel, Ahlefeldt, Thomas, Spehr, Carsten, Pereira, Antonio, Leclere, Quentin, Picard, Christophe, Porteous, Ric, Moreau, Danielle J., Fischer, Jeoffrey, Doolan, Con J., (2017) A Comparison of Microphone Phased Array Methods Applied to the Study of Airframe Noise in Wind Tunnel Testing, 23rd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, 5 - 9/06/2017, Denver, USA

Do. 9:00 MW 1550

Experimentelle Strömungsakustik

Charakterisierung von Schallquellen am Rotor im Strömungskanal mithilfe eines Mikrofonarrays

Gert Herold^a, Tom Gensch^a, Benjamin Pardowitz^b und Ennes Sarradj^a
^aTU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik; ^bDLR - Institut für Antriebs-technik

Axialventilatoren werden häufig in zylindrischen Strömungskanälen verbaut, z. B. in Lüftungsanlagen, als Verdichterstufe einer Turbomaschine oder als Fan im Triebwerk. Während etablierte Mikrofonarraymethoden zur Detektion rotierender Quellen sich bei frei stehenden oder in kurzen Gehäusen untergebrachten Ventilatoren erfolgreich anwenden lassen, stellt ihr Einsatz im Strömungskanal aufgrund veränderter Randbedingungen und der Ausbildung von Moden besondere Anforderungen an die Arraygeometrie sowie die Quell- und Ausbreitungsmodelle. Im Rahmen einer Messkampagne wurde die Schallausbreitung in einem Strömungskanal mit eingebauter Rotor-Stator-Stufe untersucht. Dabei wurden Schalldrücke mit wandbündigen, ringförmig angeordneten Mikrofonen gemessen. Am Rotor auftretende Schallquellen werden mittels geeigneter Datenverarbeitung identifiziert und quantifiziert. Unterschiede zu Verfahren zur Betrachtung frei abstrahlender rotierender Schallquellen werden herausgestellt und Voraussetzungen für eine korrekte Quellrekonstruktion im Strömungskanal werden diskutiert.

Do. 9:20 MW 1550

Experimentelle Strömungsakustik

Rotierendes Beamforming zur Schallquellenlokalisation an Axialventilatoren aus experimentellen und simulatorischen Daten

Marius Lehmann, Marc Schneider und Philipp Dietrich
ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG

Bei der akustischen Optimierung von Ventilatoren ist es von Interesse, Einzelschallquellen zu lokalisieren und deren Stärke zu bestimmen. Dadurch können die dominierenden Quellen identifiziert und Ansätze zur Verringerung der Gesamtschallleistung erarbeitet werden.

Bei der Fa. ebm-papst werden zu diesem Zweck Beamforming-Verfahren eingesetzt. Die Auswertung ist dabei sowohl im stehenden als auch im rotierenden Bezugssystem möglich.

Es werden Messergebnisse mit Simulationsergebnissen verglichen. Die experimentellen Daten sind mit einem Mikrofonarray im Luft- und Geräuschprüfstand der Fa. ebm-papst gemessen worden. Sie werden mit Daten aus Large-Eddy-Simulationen verglichen. Die Ausbreitung zu den Receivern des virtuellen Mikrofonarrays erfolgt mittels der Ffowcs-Williams-Hawkings Methode.

Die Untersuchungen werden an einem Axialventilator gemacht. Dabei soll unter anderem der Einfluss saugseitiger Versperrungen, die einen typischen Einbaufall darstellen, untersucht werden. Dazu wird zunächst ein kastenförmiger Vorbau betrachtet.

Bei der Auswertung werden verschiedene Parameter wie Beamforming-Algorithmen, Messabstand und Mikrofonanordnung variiert. Weiterhin werden die Ortungsgenauigkeit und das Auflösungsvermögen mittels Schallabstrahlung von definierten Quellpositionen überprüft.

Do. 9:40 MW 1550

Experimentelle Strömungsakustik

Tailored Green's Function Beamforming in Numerical Data

David Evans und Michael Hartmann

Volkswagen AG

In this paper the use of the tailored Green's function as a steering vector for conventional beamforming in numerical data is presented. The beamforming algorithm is described and examples with analytical and numerical data provided by an unsteady computational fluid dynamics (CFD) simulation are compared to traditional beamforming techniques. As a developing field, numerical beamforming is validated through experimental beamforming, though it is however not bound by many of the restrictions that experimental beamforming possesses and this can be used to provide more physical beamforming results. Traditionally, a variant of the free field Green's function has been used as a steering vector for experimental beamformers with the assumption that the sources radiate in a free field manner and uniformly in all directions. Even though beamforming with these assumptions has delivered valuable information, these assumptions can lead to large errors when either is not fulfilled. Through the use of the tailored Green's function as a steering vector, calculated numerically with the boundary element method (BEM), physical sources are able to be located as the tailored Green's function provides the physical radiation of the source in the system.

Do. 10:00 MW 1550

Experimentelle Strömungsakustik

Reduzierung der Schallemission von Axialventilatoren durch VorderkantenmodifikationenFlorian Krömer und Stefan Becker*Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentechn.*

Die Schallabstrahlung von Axialventilatoren wird maßgeblich von der Geometrie der Laufradschaufel und den Einströmrandbedingungen bestimmt. Insbesondere bei einer Zuströmung mit hohen Turbulenzgraden ist eine verstärkte Schallabstrahlung zu erwarten. Basierend auf Untersuchungen an Tragflügeln gibt es Ansätze, um insbesondere den Schallentstehungsmechanismus, der mit solchen Zuströmbedingungen verknüpft ist, den sog. Zuströmturbulenzschall, zu verringern. Dabei wird die üblicherweise gerade Vorderkantengeometrie sinus- oder zackenförmig ausgeführt. Die Schallabstrahlung von Tragflügeln konnte dadurch maßgeblich verringert werden. Um die Wirksamkeit solcher Vorderkantenmodifikationen im rotierenden System zu überprüfen, wurde eine Parameterstudie an einem generischen Axialventilator durchgeführt. Bei diesem wurden anstelle profilierter und verdillter Laufradschaufeln gerade Platten verbaut. Neben dem Referenz-Ventilator wurden vier weitere Konfigurationen mit sinusförmigen Vorderkanten und unterschiedlichen Parametern für Wellenlänge und Amplitude der Sinusfunktion hinsichtlich ihrer aerodynamischen und akustischen Eigenschaften untersucht. Die Experimente wurden bei zwei verschiedenen Einströmrandbedingungen - mit und ohne Turbulenzgitter - durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl der Druckaufbau als auch der Wirkungsgrad durch die modifizierten Vorderkanten verbessert wird. Des Weiteren wird die Schallemission durch die modifizierten Vorderkanten deutlich verringert. Dies zeigt sich in einer Reduzierung der breitbandigen und auch der tonalen Schallanteile. Die Verbesserung der aerodynamischen und auch der akustischen Eigenschaften ist dabei vor allem von der Wellenlänge der Sinusfunktion abhängig.

Do. 10:20 MW 1550

Experimentelle Strömungsakustik

Aeroakustische und aerodynamische Analyse eines Niederdruck-Axialventilators mit Leading Edge SerrationsNils Hintzen^a, Till Biedermann^a, Frank Kameier^a und Oliver Paschereit^b^a*Hochschule Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering;*^b*TU Berlin*

Unter hochturbulenter Anströmung stellt breitbandiger Vorderkantenlärm der Schaufeln eine signifikante Schallquelle von Axialventilatoren dar.

Zur Reduktion der abgestrahlten Schallemissionen zeigen Leading Edge Serrations ein vielversprechendes Potential. Zur experimentellen Untersuchung eines Niederdruck- Axialventilators mit Leading Edge Serrations wurde ein Rohrprüfstand nach DIN-ISO-5136 zur simultanen Messung aerodynamischer und aeroakustischer Phänomene entworfen. Zusätzlich wird eine hochturbulente Anströmung durch Gitter äquidistanter Maschenweite innerhalb des Rohrprüfstandes erzeugt. Der Ventilator ist ein selbst entworfener und per Rapid Prototyping gefertigter Axialventilator, dessen Blätter gemäß dem NACA65(12)-10 Profil ausgelegt und mit Leading Edge Serrations versehen wurden. Zur Untersuchung der aerodynamischen und aeroakustischen Eigenschaften können fünf verschiedene und voneinander unabhängige Parameter eingestellt werden. Dazu gehören der Anstellwinkel der Blätter, der Turbulenzgrad der Anströmung, die Drehzahl des Ventilators sowie die Wellenlänge und die Amplitude der Serrations. Ziel dieser Arbeit ist, den Einfluss von Leading Edge Serrations auf die aeroakustischen und aerodynamischen Eigenschaften eines Niederdruck Axialventilators bei turbulenter Anströmung zu ermitteln. Erste Messungen einer einfachen Blattgeometrie zeigen vielversprechende Ergebnisse im Hinblick auf aeroakustische Eigenschaften, die durch Serrations verkleinerten Blattflächen bewirken jedoch eine Verringerung der aerodynamischen Leistung. Die Blattgeometrie wird in der präsentierten Arbeit sukzessiv in ihrer Komplexität erhöht und Parameter wie Verdrehung, Sichelung und Neigung der Blätter in weiteren Messreihen untersucht.

Do. 10:40 MW 1550

Experimentelle Strömungsakustik

Untersuchungen der Wanddruckpulsationen, der Betriebsschwingungen und der Luftschallabstrahlung einer Radialpumpe

Matthias Witte, Ole Kranz und Frank-Hendrik Wurm

Universität Rostock, Lehrstuhl Strömungsmaschinen

Für Grundlagenuntersuchungen der Hydro- und Luftschallentstehung und Abstrahlung sowie des gekoppelten Schwingungsverhaltens einer einstufigen Radialpumpe wurde ein komplexer experimenteller Aufbau entwickelt und in einen reflexionsarmen Halbraum des integriert. Gegenstand der aktuellen Untersuchungen bildet zum einen die experimentelle Erfassung der für die Gehäuseanregung maßgeblich verantwortlichen Wanddruckfluktuationen aus dem turbulenten Strömungsfeld der Pumpe. Hierfür wurden dynamische Wanddrucksensoren eingesetzt, welche an mehreren Positionen der Pumpe verbaut sind. Synchron dazu wurden die Betriebsschwingungen und die Luftschallemissionen der Pumpe erfasst. Zur Bestimmung der Betriebsschwingungen wurden die Oberflächenbeschleunigungen an mehr als 300 Positionen auf dem Gehäuse der Pumpe sowie der Druck- und Saugleitung gemessen. Begleitend zu den experimentellen Untersuchungen wurde die turbulente Strömung in der Radialpumpe numerisch simuliert, wobei das skalenauflösende k-omega SST-SAS Turbulenzmodell verwendet wurde. In Kombination mit

einen FEM Strukturmodell des experimentellen Aufbaus sind die in den Frequenzraum transformierten Wanddruckfluktuationen aus der CFD Simulation als Anregungskräfte verwendet worden, um eine numerische Betriebsschwingungsanalyse durchzuführen. Die umfangreichen experimentellen Untersuchungen dienen dabei gesamtheitlich der Bereitstellung von Validierungsdaten für die numerische Prozesskette bestehend aus CFD Strömungssimulation, FEM Struktursimulation und einer BEM gestützten Simulation der Luftschallabstrahlung der Radialpumpe. Die BEM Abstrahlungsrechnung werden dabei vom "Institut für Modellierung und Berechnung" der TUHH durchgeführt.

Do. 11:00 MW 1550

Experimentelle Strömungsakustik

Zur Schallentstehung an dreidimensionalen wandgebundenen Tragflügelprofilen

Thomas Geyer^a, Danielle J. Moreau^b, Ennes Sarradj^c und Con J. Doolan^b

^aBTU Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl Technische Akustik; ^bUniversity of New South Wales; ^cTU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik

Die Schallentstehung an Tragflügelprofilen ist ein klassisches Problem der Aeroakustik. Dabei wird die Umströmung oft vereinfacht als zweidimensional, also um ein Profil mit unendlicher Spannweite, betrachtet. Abhängig von den Zuströmbedingungen sowie der Form und Dimension des Profils entsteht dann Schall an der Vorderkante oder Hinterkante des Tragflügels. Bei der Schallentstehung an der Hinterkante hängt es zudem von den Eigenschaften der profileigenen Grenzschicht ab, ob der entstehende Schall breitbandig oder tonal ist. In vielen technischen Anwendungen haben die eingesetzten Tragflügel oder Schaufeln eine im Verhältnis zur Sehnenlänge nicht sehr große Spannweite, so dass die Strömung einen deutlich dreidimensionalen Charakter hat. Es ergibt sich eine zusätzliche Schallentstehung durch Umströmungseffekte an der Seitenkante.

Im Beitrag werden die Strömungsverhältnisse und die Schallentstehung an einfachen dreidimensionalen, wandgebundenen Profilen vorgestellt. Das geschieht anhand von akustischen Messergebnissen und Strömungsvisualisierungen, die im aeroakustischen Windkanal der BTU Cottbus an unterschiedlichen dreidimensionalen Tragflügeln gewonnen wurden. Da die Oberfläche der Modelle glatt ist und kein künstlicher Übergang von laminarer zu turbulenter Grenzschicht erzwungen wird, weisen die entstehenden Schalldruckpegelspektren deutliche tonale Charakteristiken auf. In der Studie werden Effekte wie eine unterschiedliche Dicke oder eine Wölbung des Tragflügelprofils berücksichtigt, die sowohl den Ort der Schallentstehung als auch die Form der resultierenden Spektren beeinflussen.

Sitzung „Musikalische Akustik“

Do. 8:40 MW 1801

Musikalische Akustik

Klärende Messungen zu gegensätzlichen Argumenten der OrgelfachleuteJudit Angster^a und András Miklós^b^a*Fraunhofer-Institut für Bauphysik*; ^b*Steinbeis Transferzentrum Angewandte Akustik, Stuttgart*

In der Orgelwelt werden viele gegensätzliche Argumente von Orgelfachleuten diskutiert. Dazu gehören zum Beispiel die folgenden Fragen: - Ist die Tonkanzellenlade (Schleiflade) klanglich besser, als die Kegellade, da durch die gemeinsame Tonkanzelle eine Kopplung zwischen den Pfeifen auftritt? - Hat das Stimmfenster (die Expression-Öffnung), das für das Stimmen der Lippenorgelpfeifen benutzt wird, neben der Tonhöhenänderung auch einen weiteren Einfluss auf den Klang? - Sind die Kernstiche (Feine Kerben, die in die Kernspalte der Lippenpfeifen gefeilt werden) bei der Ansprache der Pfeifen nützlich? - Wird der Pfeifenklang durch das Pfeifenmaterial beeinflusst? Diese und ähnliche Fragen werden im Vortrag anhand von Messergebnissen beantwortet und diskutiert.

Do. 9:00 MW 1801

Musikalische Akustik

Untersuchungen zur Ansprache von Zupfinstrumenten

Gunter Ziegenhals

Institut für Musikinstrumentenbau e. V., Klingenthal

Im Falle der Blasinstrumente gilt die Ansprache seit Jahrzehnten unwiderrprochen als wichtiges Qualitätsmerkmal, für das auch akustische Merkmale, gewonnen aus Eingangsimpedanzmessungen, zur Verfügung stehen. Im Falle der Zupfinstrumente existiert zunächst eine plausible Beschreibung des Phänomens: Beim Anzupfen der Saite und der Übertragung des Zupfimpulses auf den Korpus werden zunächst dessen Eigenschwingungen angeregt. Die Einschwingphase beinhaltet das Abklingen der Eigenschwingungen und den Übergang zur erzwungenen Schwingung durch die periodischen Saitenkräfte auf den Korpus. Der Vorgang beinhaltet gleichzeitig die Beschleunigung der Korpusmassen durch die Saitenkräfte. Beide Vorgänge gestalten sich bei kleineren Massen im Sinne einer schnellen Reaktion auf die Anschläge (das Anzupfen) des Musikers günstig. Dies sollte sich auch in der Frequenzkurve widerspiegeln. Die Frage ist: empfindet es auch der Musiker so, sind die entsprechenden akustischen Merkmale relevant? Hinzu kommt eine zweite Fragestellung. Will man Dinge anhand von Merkmalen beschreiben, so sollen diese Merkmale möglichst (linear) unabhängig sein. Die Frage stellt sich sowohl für die subjektive Beschreibung als auch für die aus den Messungen gewonnenen Merkmale. Der Beitrag widmet sich

diesen Fragen anhand von Untersuchungen an Gitarren. Die Basis der Untersuchungen bilden Spieltests.

Do. 9:20 MW 1801

Musikalische Akustik

Observations of Torsion on Bowed Strings

Robert Mores

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Translational and torsional vibrations on bowed strings are well investigated, leaving the torsion with the less important role. Present models and simulations of the stick-slip interaction gain fidelity while incorporating limited bow hair elasticity, string stiffness, or bow width, but they do not explain some recent observations of collaboration between translational and torsional vibrations on the string. Torsion is measured on both sides of the bow contact point for a variety of bridge-bow distances on a cello string. Torsional vibrations decline over the course of the stick phase but then regain strength when the next release comes near. Phase relations between torsional impulses and instants of release / sticking suggest a rather important role: torsional impulses strongly co-determine the stick-slip action.

Do. 10:00 MW 1801

Musikalische Akustik

Acoustical evaluation of a novel flute head construction

Péter Rucz

Budapest University of Technology

Most modern flutes are designed based on the construction proposed by Theobald Boehm in the middle of the 19th century. Since the appearance of Boehm's reformed flute several flautists and flute makers suggested minor improvements to compensate certain imperfections of the instrument. Recently, a new flute head construction was proposed and patented by an expert flute player. The novel flute head family introduces a revised geometry of the tuning plug and uses different materials for the tuning and crown plugs.

In this contribution the results of measurements performed on different flute heads are presented. During the measurements sound samples played using one traditional flute head and five novel tuning plugs made of different materials were recorded in a semi-anechoic chamber. Spectral and transient properties of the recordings were evaluated and it was found that by means of the novel construction significantly different and enhanced sound characteristics can be produced by the flute. An acoustical model of the flute is also elaborated and predictions based on this model are compared to the measurement results.

Do. 10:20 MW 1801

Musikalische Akustik

Instrumentalakustische Messungen im Tieftonbereich

Jörg Mühlhans und Christoph Reuter

Universität Wien, Musikwissenschaftliches Institut

Die tiefsten spielbaren Töne etlicher großer Musikinstrumente liegen in der Contra-Oktave mit Grundfrequenzen zwischen 32,7-65,4 Hz (gleichschwebende Stimmung). Einige erreichen sogar das obere Ende der Sub-Contra-Oktave (Klavier, Kontrafagott, Kontrabasstuba, Harfe), während das untere Ende, ein Sub-Contra C mit 16,35 Hz Grundfrequenz lediglich von großen Kirchenorgeln mit 32-Fuß Register und dem Boesendorfer Imperial 290 (Konzertflügel) gespielt werden kann. Wenn die Grundschrwingungen überhaupt ausgeprägt sind, liegen sie meist deutlich unterhalb der Hörschwelle, können aber durch Residualtonwahrnehmung dennoch erkannt werden. Bereits in der Contra Oktave fällt es Absoluthörern schwer, Tonhöhen exakt zuzuordnen, bis zu einer Grenze von 30-35 Hz sind Hörer in der Lage, Änderungen eines Ganztons in einen Halbton (und umgekehrt) wahrzunehmen. Darunter können primär Helligkeitsunterschiede erkannt werden. Zudem kommt es im Bereich um 20 Hz je nach Schwingungsform zu Oktavverwechslungen. Bisher wurden Hörversuche im Tieftonbereich meist mit artifiziellen Stimuli wie Sinustönen oder Dreieckschwingungen durchgeführt. Ziel des Projekts ist eine Sammlung realer Instrumentalklänge beider Oktaven, die sowohl akustische bzw. klangfarbliche Analysen wie auch Hörversuche mit größerer externer Validität ermöglichen. Korrelationen zwischen akustischen Parametern und subjektiven Urteilen können neue Erkenntnisse zur Wahrnehmung tiefster Tonhöhen liefern und einen besseren Einblick in die Rolle dieser Basstöne in der musikalischen Praxis gewähren.

Do. 10:40 MW 1801

Musikalische Akustik

Bestimmung der Körperschalleistung von Streichinstrumenten durch Eintrag über den Stachel in den BodenAlexander Lee^a, Robert Mores^b, Steffi Reinhold^c und Berndt Zeitler^a*^aHochschule für Technik Stuttgart; ^bHochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg; ^cAcoustic Research Unit, School of Architecture, University of Liverpool*

Aus der Bauakustik ist die Empfangsplattenmethode bekannt, mit der die eingeleitete Körperschalleistung einer stationär betriebenen Quelle in eine massive Baustruktur ermittelt wird. Diese Daten können als Eingangswerte für die Prognose der Direkt- und Flankenschallübertragung in angrenzende Räume eingesetzt werden. Zur Ermittlung der Körperschalleistung wird die Schallquelle auf einer Empfangsplatte aus Beton aufgebaut, deren akustischen Eigenschaften bekannt sind. In dieser Studie wurde diese Methode aus der Bauakustik für die musikalische Akustik eingesetzt, womit eine Prognose der Körperschallübertragung

für das Musizieren in Gebäuden, wie beispielsweise in einem Mehrfamilienhaus, möglich ist. Gegenstand der Untersuchung ist die Charakterisierung des eingeleiteten Körperschalls über einen Stachel, wie sie bei den Streichinstrumenten Violoncello oder Kontrabass vorzufinden sind. Aus den Messwerten wird gezeigt, welche Parameter Einfluss auf die eingeleitete Leistung über den Stachel des Streichinstruments haben.

Do. 11:00 MW 1801

Musikalische Akustik

Erkennung von Musikinstrumenten in polyphoner Musik mithilfe neuronaler Netze

Jutta Schierling^a, Jörg Becker-Schweitzer^a und Michael Oehler^b

^a*Hochschule Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering;*

^b*Univ. Osnabrück, Inst. für Musikwissenschaft und Musikpädagogik*

Die Instrumentierung eines Musikstückes bzw. einer Audioaufnahme zu kennen, ist in vielerlei Hinsicht von Vorteil. So ermöglicht dieses Wissen zum Beispiel die Musiksuche nach einem bestimmten Instrument, hilft bei der Suche nach einem musikalischen Genre oder erleichtert die Bearbeitung eines Musikstückes. In diesem Beitrag wird ein Verfahren vorgestellt, welches mithilfe neuronaler Netze die vorherrschenden Musikinstrumente in realer polyphoner Musik automatisch erkennt. Zahlreiche Ansätze im polyphonen Bereich beruhen auf einer Vorverarbeitung der Audiodaten gefolgt von einem maschinellen Lernverfahren. Zur Vorverarbeitung werden aus den Eingabedaten, die teilweise vorher einer rechnerischen Quellentrennung unterzogen werden, bekannte Merkmale des Music Information Retrieval (MIR) extrahiert. Die Identifikation der Instrumente erfolgt dann anhand der ermittelten MIR-Merkmale durch Support Vector Machines. Der hier vorgestellte Ansatz verzichtet auf diese beschriebene Vorgehensweise und wendet stattdessen das Prinzip des End-to-End-Lernens an. Dabei werden die Eingabedaten ohne jegliche Vorverarbeitung einem maschinellen Lernverfahren übergeben, welches in diesem Fall ein neuronales Netz ist. Da das End-to-End-Lernen in der Bildverarbeitung bzw. der Bilderkennung schon seit längerer Zeit mit großen Erfolgen angewandt wird, wird dieses Prinzip in Bezug auf die Instrumentenerkennung im Audibereich untersucht. Die Ergebnisse werden mit den Standardverfahren der Instrumentenerkennung im polyphonen Bereich verglichen.

Do. 14:20 MW 1801

Musikalische Akustik

The Musician's Bowing Hand as a Bowing Parameter and Related Sound

Geza Horvath^a und Robert Mores^b

^a*TU Wien;* ^b*Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg*

This work uses an existing precise bowing pendulum to measure the impact of the musician's bowing hand during sustained tones in the Helmholtz regime. Current models of the bowed string usually employ the

three playing parameters normal bow force, bow velocity and relative distance to the bridge, but do not account for varying states of tension in the players bowing hand. In order to emulate a relaxed bowing hand, the bow is mounted to the bowing pendulum with the help of soft foam, alternative to a more rigid leather-cladded mounting. The alternative mounting audibly influences the sound produced on a cello's open G string. In particular, the spectral centroid is shifted to lower or higher frequencies, depending on the three playing parameters. This is a step towards understanding the playability of bowed instruments, which is of interest to string and bow makers, luthiers and players/teachers alike.

Do. 14:40 MW 1801

Musikalische Akustik

Die physikalischen Korrelate von Instrumentalklangfarben

Saleh Siddiq^a, Christoph Reuter^a, Isabella Czedik-Eysenberg^a und Denis Knauf^b

^a *Universität Wien, Musikwissenschaftliches Institut*; ^b *TU Wien*

Hintergrund: In der Klangfarbenforschung wurde immer wieder die Frage nach den perceptiven Dimensionen von Instrumentalklangfarben und ihren physikalischen Korrelaten aufgeworfen. Viele Studien fanden übereinstimmend die gleichen Klangfarbenparameter (Schärfe, Einschwingzeit). Allerdings wurden Musikinstrumente in den meisten Studien auf jeweils einen einzigen Ton reduziert, sodass die Klangfarbenparameter folglich an Einzelklängen und nicht an Musikinstrumenten ermittelt wurden.

Fragestellung: Studien mit verschiedenen Tonhöhen zeigen, dass mehrere Töne pro Instrument zu anderen Klangfarbendimensionen führen. Dies wirft die Frage auf, welche physikalischen Klangeigenschaften den Eindruck bzw. die Unterscheidung von Instrumentalklangfarben unter Einbeziehung von Tonhöhe und Spieldynamik bestimmen.

Methoden: Im Hörversuch (Paarvergleich) wurden subjektive Unterschiede von Instrumentenklängen auf verschiedenen Tonhöhen und Dynamikstufen zueinander ermittelt und in Unähnlichkeitsmatrizen festgehalten. Mittels multidimensionaler Skalierung wurde eine mehrdimensionale Konfiguration errechnet, die Klangfarbenunterschiede als Distanzen darstellt. Mit den Möglichkeiten des Music Information Retrieval wurden relevante psychoakustische Features der Klänge extrahiert und anschließend deren Korrelation mit den Hauptachsen der Konfiguration berechnet, um auf die physikalischen Korrelate der Klangfarbendimensionen schließen zu können.

Ergebnisse: Die Ergebnisse zeigen, (1.) dass v.a. die Tonhöhe ein starker Ähnlichkeitsbestimmender Faktor ist (man bedenke z.B. verschiedene Register) und (2.) Musikinstrumente folglich über weite Bereiche des virtuellen Ähnlichkeitsraums streuen. Im Detail werden die Ergebnisse auf der DAGA im März vorgestellt.

Do. 15:00 MW 1801

Musikalische Akustik

Klangverhalten von passiven KapselgehörschützernHarald Altmann und Gerhard Krump*Technische Hochschule Deggendorf*

Lärmschwerhörigkeit ist ein Problem, das im Wesentlichen auf die fortschreitende Technisierung in den modernen Industriegesellschaften zurückzuführen ist und damit eine Thematik, die zukünftig deutlich an Brisanz und Relevanz gewinnen wird. Es existieren Prognosen, wonach jeder dritte der heute Heranwachsenden in höherem Alter ein Hörgerät benötigt, da eine Schädigung des Gehörs bisher medizinisch nicht heilbar ist. Einen großen Anteil an cochleären Hörschäden haben Wiedergabegeräte, aber auch zu laute Beschallungen. Zur Risikogruppe für Gehörschäden zählen daher oft auch Musiker, insbesondere Schlagzeuger, die ohne Gehörschutz musizieren. Das allgemeine Bewusstsein über eine mögliche Gehörschädigung ist zudem nicht sehr ausgeprägt. Vor diesem Hintergrund wurden verschiedene passive Kapselgehörschutzmodelle aus den Anwendungsbereichen "Industrie" und "Musik" hinsichtlich ihres klangästhetischen Verhaltens untersucht und mittels Hörversuchen evaluiert. Zur Prävention von Hörschäden bei Musikern kann damit nicht nur (negativerweise) mit der Gefahr einer irreversiblen Gehörschädigung, sondern auch (positiverweise) mit einem klangästhetischen Gewinn beim Musizieren argumentiert werden.

Do. 15:20 MW 1801

Musikalische Akustik

"Bridging the Semantic Gap" - Kann der semantische Ausdruck von Musik mithilfe von akustischen Signaleigenschaften vorhergesagt werden?Jochen Steffens^a, Steffen Lepa^a, Martin Herzog^a, Andreas Schönrock^a und Hauke Egermann^b^a*TU Berlin, FG Audiokommunikation;* ^b*York Music Psychology Group, Department of Music, University of York, UK*

Inwieweit kann der subjektiv wahrgenommene semantische Ausdruck von Musik mithilfe ihrer akustischen Signaleigenschaften erklärt und vorhergesagt werden? Welchen Einfluss haben dabei Charakteristika des Hörers, wie z.B. soziodemografische und kulturelle Faktoren? Ein Ziel des EU-geförderten Projektes ABC_DJ ist es, den Zusammenhang zwischen akustischen und semantischen Eigenschaften von Musik im Kontext des Audio Branding zu untersuchen, um Softwarelösungen zu entwickeln, die eine automatische Identifikation markenrelevanter Musikstücke aus großen Archiven ermöglicht. Daher wurden zunächst 549 Musikstücke aus 10 verschiedenen Genres und 61 Stilistiken mithilfe von Audio Features in Bezug auf Klangfarbe, Harmonie, Rhythmus und Struktur analysiert. Dazu wurden neuartige Features, beispielsweise zur Beschreibung der Verteilung von Dur- und Mollakkorden oder der

Häufigkeit spezifischer Akkordfolgen und Kadenzen entwickelt. Im Rahmen zweier Online-Experimente mit insgesamt 10.047 Teilnehmern aus Deutschland, England und Spanien wurden die Stücke dann hinsichtlich ihres musikalisch-semantischen Ausdrucks bewertet. Die Bewertung erfolgte anhand eines selbstentwickelten Inventars (General Music Branding Inventory), welches die vier Faktoren Easy-Going, Joyful, Authentic und Progressive umfasst. Ergebnisse aus Random-Forest-Regressionsanalysen zeigen, dass der subjektiv wahrgenommene semantische Musikausdruck mithilfe der Audio Features verlässlich vorhergesagt werden kann, wobei Hörerattribute eine untergeordnete Rolle bei der Vorhersage spielen. Die Ergebnisse stellen die Basis für einen Musikempfehlungsalgorithmus dar, welcher derzeit in ein Softwaremodul implementiert wird.

Do. 16:00 MW 1801

Musikalische Akustik

Influence of Early Recording and Playing Devices on Voice Sounds: Modification of singing voice formants

Malte Kob^a, Sebastià Vicenç Amengual Garí^a, Boris A. Bolles^a, Doris Maria Ritter^a und Polina Pirch^b

^a*Hochschule für Musik Detmold*; ^b*Holzforschung Austria*

Historic voice recordings suffer from numerous artefacts such as bandwidth limitations, noise and distortions. Apart from these unwanted effects voice signals also exhibit changes in the timbre due to interaction of the uneven transfer characteristics with voice formants. Such modifications are responsible for the characteristic timbre of historic recordings and could help to explain why some singers could profit from timbre changes induced by the recording technology. This paper describes the effect of the interaction of device transfer functions and voice formants. Our approach is the analysis and perceptual evaluation of timbre changes of singing voice signals due to modelled transfer functions based upon simple resonators as found in the acoustic path of historic recording devices.

Do. 16:20 MW 1801

Musikalische Akustik

Influence of Early Recording and Playing Devices on Musical Sound: FRF Measurements of Horn, Soundbox and Tonearm

Tobias Andreas Weege, Dorota Habasinska und Malte Kob

Hochschule für Musik Detmold

The development of sound recording techniques had dramatic consequences, that were often discussed from the media revolution perspective. Not much attention has been given, however, to understanding the influence of the early recording and playing devices on the musical sound and possibly on the singing practice. On our way to a deeper level of understanding in this matter, the influence of different elements in the

chain from musician to listener, passing through recording and reproducing processes, has been objectively assessed. In this paper, the acoustically most relevant parts of a gramophone (soundbox, tonearm and horn) as well as replicas of elements in the recording chain were investigated using frequency transfer function measurements with sweeps. The results confirm the major influence of the soundbox as a bandpass filtering element in both reproducing and recording setups. For the reproducing soundbox, the first three radial modes with major influence have been identified. The horn resonances, as well as resonances introduced by tonearms and ducts, the elements linking horn and soundbox, are responsible for characteristic shapes in the frequency response curves.

Do. 16:40 MW 1801

Musikalische Akustik

'... wenn das Gute liegt so nah' - Instrumentale Formantnähe und Klangfarbenähnlichkeit aus menschlicher und rechnerischer Perspektive

Christoph Reuter^a, Isabella Czedik-Eysenberg^a, Saleh Siddiq^a und Michael Oehler^b

^a *Universität Wien, Musikwissenschaftliches Institut;* ^b *Universität Osnabrück, Institut für Musikwissenschaft und Musikpädagogik*

Hintergrund: Für die Beschreibung von Instrumentalklangfarben wurde auf der DAGA2017 auf der Grundlage von 586 Instrumentalklängen ein zweidimensionales Formantenfeld vorgestellt, in das sich besonders Doppelrohrblatt- und Blechblasinstrumente auf der Basis der ersten beiden Formanten (X-/Y-Achse) nach Instrument, Dynamik und Register einordnen lassen. Die im Formantenfeld ermittelten Formantpositionen entsprechen größtenteils den in der Literatur zu findenden Beschreibungen. Fragestellung: Werden im Formantenfeld nahe beieinanderliegende Klangfarben auch als ähnlich klingend empfunden? Bietet das Formantenfeld eine genügend große Genauigkeit, um Instrumentenklänge anhand ihrer Formantpositionen rechnerisch zu unterscheiden und klassifizieren? Welche zusätzlichen Timbre-Features können das Klassifikationsergebnis verbessern? Methode: Im Hörversuch wurden 40 lautheitsangeglichene Klangpaare mit sehr nahen oder weit voneinander entfernten Formantpositionen von 22 Versuchspersonen auf einer (Un-)ähnlichkeits-Skala von 1-8 bewertet (8 = maximale Unähnlichkeit). Mit Hilfe von Support-Vector-Machines (SVM), k-Nearest-Neighbor (KNN) u.ä. Klassifikationsverfahren wurde die Genauigkeit errechnet, mit der Instrumentalklänge anhand ihrer Formantbereiche richtig klassifiziert werden können. Durch Korrelation der Hörerbewertungen mit knapp 90 Signaldeskriptoren konnten ergänzende Featurebündel für eine möglichst hohe Klassifikationspräzision ermittelt werden. Ergebnisse: Die Formantpositionen korrelieren stark mit der Klangfarbenähnlichkeitsbewertung ($r=0,759$; $p<0,001$; je näher die Formantpositionen desto ähnlicher die Klangfarbenempfindung). Auf der Grundlage von For-

mantbereichen und in Kombination mit weiteren Timbre-Features wird eine Klassifikationspräzision von 84,6% erreicht.

Sitzung „Beiträge der Münchner Schule der Psychoakustik“

Do. 8:40 Interim 1

Münchner Schule der Psychoakustik

Die großen Münchner Drei der Psychoakustik

Helmut Fleischer

Akustik + Schwingungstechnik

Die Münchner Schule der Psychoakustik nahm ihren Anfang an der Technischen Universität München mit der Gründung des Instituts für Elektroakustik im Jahr 1967. Eberhard Zwicker (Jahrgang 1924), Ernst Terhardt (Jahrgang 1934) und Hugo Fastl (Jahrgang 1944) sind ihre akademischen Lehrer und Wissenschaftler, die mit der Helmholtz-Medaille der DEGA ausgezeichnet wurden. Aus dem subjektiven Blickwinkel eines Schülers dieser Denkschule werden diese drei Professoren vorgestellt und einige Aspekte ihrer Schaffensgebiete und Vorgehensweisen beleuchtet. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit werden sie als Hochschullehrer, Buchautoren, Forscher betrachtet und insbesondere ihre Beziehung zur Musik diskutiert. Aus der Sicht eines Weggefährten werden vor allem die Persönlichkeit und das Werk von Hugo Michael Fastl umrissen und gewürdigt.

Do. 9:00 Interim 1

Münchner Schule der Psychoakustik

Zwischen Psychoakustik und experimenteller Lärmwirkungsfor- **schung**

Jürgen Hellbrück

KU Eichstätt-Ingolstadt

Professor Hugo Fastls Interesse geht weit über die reine Psychoakustik hinaus. Unter anderem ist ihm auch der Lärm, unter dem Menschen zunehmend leiden, ein zentrales Anliegen. Er ist sich der Verantwortung des Wissenschaftlers gegenüber den Menschen und der Gesellschaft immer bewusst gewesen. Seit dem Ende der 1970er Jahren, als ich Prof. Fastl zum ersten Mal traf, kreuzten sich unsere Wege ständig, nicht nur in München und Eichstätt, oft auch bei unseren gemeinsamen Freunden, den Professoren Seiichiro Namba und Sonoko Kuwano von der Universität Osaka und natürlich auch bei den Oldenburger Symposien von Prof. August Schick. Zu Beginn war es die Kategorienskalierung der Lautheit, zu der ich das Gespräch mit Professor Fastl suchte, vor allem deswegen, weil sie von Anhängern der neuen Psychophysik "kategorisch" abgelehnt wurde, da sie im Widerspruch zu Stevens' Power Law stand. Damals lernte ich von Prof. Fastl den (ingenieurwissenschaftlich)

unverkrampften Umgang kennen mit (scheinbar) widersprüchlichen wissenschaftlichen Theorien und Methoden. Darüber, und auch über Untersuchungen zum Einfluss des Bedeutungskontextes auf Lautheit und beurteilte Lästigkeit von Alltagsgeräuschen werde ich berichten; ferner auch über Studien zum Einfluss der Schwankungsstärke bei der Störwirkung von Geräuschen auf die Leistung des sprachlichen Kurzzeitgedächtnisses.

Do. 9:20 Interim 1

Münchener Schule der Psychoakustik

Psychoakustische Prädiktoren für den Irrelevant Sound Effect

Armin Kohlrausch^a, Toros Senan^b und Sam Jelfs^b

^a*TU Eindhoven, Human Technology Interaction (NL);* ^b*Philips Forschungslabor Eindhoven*

Der Irrelevant Sound Effect (ISE) beschreibt die Beobachtung, dass die Verarbeitung von geordneten Items im Kurzzeitgedächtnis durch bestimmte Hintergrundgeräusche messbar beeinträchtigt wird. Gemessen wird in den Experimenten die Fähigkeit einer Versuchsperson, die willkürliche Reihenfolge von bis zu 9 Ziffern zu erfassen, und nach einer kurzen Pause exakt wiederzugeben. Sprache ist in diesen Experimenten ein besonders störendes Hintergrundsignal, wobei allerdings der semantische Gehalt der Sprache nur einen geringen Einfluss hat, der Effekt tritt ebenso auf bei rückwärts abgespielter Sprache. In einigen Arbeiten, z.B. in einer Kooperation zwischen der Münchener Psychoakustik und der Umgebungspsychologie in Eichstätt, wurde versucht, die Verringerung der Gedächtnisleistung aus Eigenschaften des Störgeräusches abzuleiten, z.B. durch Bestimmung der Fluktuationsstärke. In meinem Vortrag möchte ich über eigene Arbeiten zur Kurzzeitgedächtnisleistung berichten, in denen ein Signalparameter analysiert wird, der ein Maß für die spektrale Variabilität darstellt. Hiermit versuchen wir, über rein zeitliche Parameter wie die Fluktuationsstärke oder den Speech Transmission Index hinaus zu gehen.

Do. 9:40 Interim 1

Münchener Schule der Psychoakustik

Unerwartete Effekte in der Lautheitswahrnehmung

Jan Rennies^a, Jan Hots^b und Jesko Verhey^b

^a*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie;* ^b*Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Abt. f. Experim. Audiologie*

Dieser Beitrag soll psychoakustische Effekte in Bezug auf Lautheit beleuchten, die in den vergangenen Jahren beobachtet wurden und die so nicht erwartet worden waren, d.h. mit langjährigen Theorien nicht im Einklang waren. Der Fokus liegt dabei auf Effekten, die insbesondere auch in der Münchener Schule und bei Hugo Fastl zu Verwunderung führten. Zum einen wird die Lautheit schmalbandiger Rauschsignale mit festem Pegel betrachtet, die nach bestehender Theorie dieselbe Lautheit haben sollten, solange ihre Energie in eine einzige Frequenzgruppe fällt.

Dass dies nicht zwingend der Fall ist, wurde zwar bereits anhand eines einzelnen Datenpunkts in einer Veröffentlichung von Zwicker 1974 sichtbar, jedoch wurde die Diskussion dieses Datenpunkts augenscheinlich "vergessen", bis ihm neuere Studien in systematischer Weise auf den Grund gegangen sind. Ein weiterer Teil dieses Beitrags befasst sich mit dynamischer Lautheitswahrnehmung, deren Modellierung ganz wesentlich auf Münchener Arbeiten rund um das Dynamic Loudness Model zurückgeht, das nach seiner Veröffentlichung in verschiedener Weise angewandt, herausgefordert und erweitert wurde. Dass trotz Dekaden von Forschung zu Lautheit und ihrer Modellierung noch immer Forschungsbedarf besteht, wird anhand von aktuellen Daten zu binauraler Lautheitswahrnehmung veranschaulicht.

Do. 10:00 Interim 1

Münchener Schule der Psychoakustik

Modellbildung der neuronalen auditiven Verarbeitung kombiniert mit Psychoakustik als Werkzeug in der Hörimplantatforschung

Werner Hemmert, Siwei Bai, Jörg Encke, Sonja Karg, Michele Nicoletti, Miguel Obando Leitón, Marek Rudnicki, Florian Völk und Christian Wirtz
TU München, Bioanaloge Informationsverarbeitung

Schallsignale werden im Innenohr in Nervenaktionspotentiale kodiert und entlang des auditiven Pfades weiterverarbeitet. Die fortschreitende Kenntnis der neuronalen Verarbeitungsstufen und ihre von Prof. Zwicker wesentlich geprägte Beschreibung in Modellen ermöglicht zunehmend präzise Vorhersagen auditiver Teilleistungen und stellt somit der klassischen Psychoakustik ein quantitatives Fundament zur Seite. So kann beispielsweise die Verarbeitung interauraler Zeitdifferenzen (ITDs) mithilfe eines Modells der Neurone im medialen Olivenkern repliziert werden (siehe Beitrag Encke et al.). Dabei führten neue Erkenntnisse über die neuronale Verschaltung zur Hypothese, dass dort Phasen- statt Zeitdifferenzen ausgewertet werden. Solche quantitativen Hypothesen können wiederum durch psychoakustische Experimente manifestiert werden (siehe Reimann et al.). Ein interessanter Aspekt dieser Modelle ist zudem, dass bei Austausch z.B. des Modells des intakten Innenohrs durch das eines geschädigten, mit einem Cochlea-Implantat versorgten (Schäfer et al.), mit gewissen Einschränkungen wieder Vorhersagen über höhere Verarbeitungsleistungen (z.B. reduzierte Empfindlichkeit bei der ITD-Verarbeitung) möglich sind. Weitere Forschungsbereiche unserer Gruppe sind die modellbasierte Evaluation und Verbesserung von Kodierungsstrategien von Cochlea-Implantaten, insbesondere bei der Schalllokalisation, und die Entwicklung sensitiver audiologischer Testverfahren. Hier schließt sich der Bogen zu Prof. Fastl, denn in diesem Bereich konnten wir bestätigen, dass das nach ihm benannte modulierte Rauschsignal ein geeignetes Störgeräusch ist, um Kodierungsstrategien von Cochlea-Implantaten weiterzuentwickeln.

Do. 10:20 Interim 1

Münchener Schule der Psychoakustik

Räumliches Hören mit Cochlea Implantaten in komplexen HörsituationenBernhard Seeber*TU München, Audio-Signalverarbeitung*

Die Arbeitsgruppe von Hugo Fastl forscht seit vielen Jahren an virtueller Akustik und hat u.a. zum "Binaural Sky", zum "Binaural Room Scanning" und zur Wellenfeldsynthese beigetragen. Für die Forschung zum räumlichen Hören wurde bereits vor ca. 18 Jahren ein Lautsprecherhalbkreis geschaffen, mit dem frühe Studien zur Lokalisationsfähigkeit von bilateralen Cochlea Implantat (CI)-Trägern durchgeführt wurden und gezeigt wurde, dass interaurale Pegeldifferenzen dominant zur Lokalisation verwendet werden. Ausgehend von den historischen Arbeiten werde ich aktuelle Entwicklungen in der virtuellen Akustik am AIP mit dem neuen reflexionsarmen Raum und der real-time Simulated Open Field Environment (rtSOFE) vorstellen, welche auf einer DAGA Exkursion besichtigt und erfahren werden können. Die rtSOFE ist ein Forschungssystem aus 60 Lautsprechern mit maßgeschneiderter Software, mit dem Schallfeld von Räumen interaktiv simuliert und auralisiert werden können, so dass sich der Proband in einem virtuellen akustischen Raum bewegen und die Schallquellen manipulieren kann. Das System bildet die Grundlage für Forschung zum räumlichen Hören mit bewegten Quellen und mit naturgetreuen interaktiven akustischen Szenen. Im letzten Teil stelle ich die neueste Variante des Onset Enhancement Algorithmus für bilaterale CIs vor, der interaurale Zeitdifferenzen kodiert und mit dem die Lokalisation von Schallen in Situationen mit Raumhall ermöglicht wird.

Do. 10:40 Interim 1

Münchener Schule der Psychoakustik

Akustik und Psychoakustik für die Praxis - Hugo Fastls Beitrag zur IngenieurakustikJoachim Scheuren*Müller-BBM GmbH*

Mit seiner jahrzehntelangen Lehr- und Forschungstätigkeit an der TU München hat Hugo Fastl entscheidend dazu beigetragen, die dort begründete Psychoakustik weiter zu entwickeln und für die praktische Ingenieurakustik erfolgreich anwendbar zu machen. Trotz vieler Vorurteile und anfänglicher Widerstände hat das schließlich dazu geführt, dass die wahrnehmungsbezogene Bewertung von Schallereignissen vielfältigen Eingang in die Praxis der Beurteilung und Zielsetzung akustischer Kenngrößen und Maßnahmen gefunden hat. Die Methoden und Werkzeuge der Psychoakustik sind heute ein unverzichtbarer Bestandteil der Analyse und gezielten Beeinflussung der Qualität von Klängen (Sound Design) wie auch der Beurteilung von Lärm und seiner Wirkungen. Neben vielen exemplarischen Anwendungsnachweisen gelang dies auch über

seine äußerst fruchtbare Lehrtätigkeit. Mit ihr konnte Hugo Fastl Generationen von nachwachsenden Akustikingenieuren eine solide Grundlage nicht nur für die vielen Fragestellungen der Technischen Akustik und Lärmbekämpfung, sondern insbesondere auch für die Ermittlung und Zugrundelegung subjektiver Klangqualitätsparameter in Forschung und Entwicklung sowie in der ingenieurakustischen Praxis vermitteln.

Do. 11:00 Interim 1

Münchner Schule der Psychoakustik

Über die Bedeutung von "Psychoacoustics, Facts and Models"

Jesko Verhey^a und Florian Völk^b

^a*Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Abt. f. Experim. Audiologie;* ^b*TU München, Bioanaloge Informationsverarbeitung*

Der vorliegende Beitrag soll die große Bedeutung des Buches "Psychoacoustics, Facts and Models" von Eberhard Zwicker und Hugo Fastl würdigen, das in den Entwicklungsstufen "Das Ohr als Nachrichtenempfänger" (1956/1967), "Psychoakustik" (1982) und "Psychoacoustics, Facts and Models" (1990/1999/2007) aus der Forschungs- und Lehrtätigkeit der Autoren, ihrer Lehrer und ihrer Arbeitsgruppen gewachsen ist. In seiner dritten und aktuellsten Auflage, bei der Prof. Fastl Erstautor ist, wurden dem englischsprachigen Buch, wie früher schon der deutschen Ausgabe, Hörbeispiele mit Erläuterungen beigelegt, die die im Buch vorgestellten Aspekte der Hörwahrnehmung veranschaulichen. Der Beitrag beschreibt zum einen, wie sich das Buch gut in der Lehre einsetzen lässt, insbesondere für Fragen der angewandten Psychoakustik, welche neben den Grundprinzipien der Hörverarbeitung die Charakterisierung der Schallwahrnehmung beinhaltet. Die Beschreibung der psychoakustischen Empfindungsgrößen findet sich in keinem anderen Buch so ausführlich wie im Buch von Fastl und Zwicker. Der vorliegende Beitrag beleuchtet zum anderen die große Bedeutung, die dieses Buch bis heute in Forschung und Entwicklung hat und zeigt anhand von Beispielen aus der aktuellen Arbeit die hohe Relevanz der dort gezeigten Ergebnisse für die heutige Forschung. Nicht zuletzt wird die Bedeutung des Buches in der Kommunikation zwischen universitärer Forschung und Industrietätigkeit beleuchtet.

Sitzung „Augmented Acoustic Reality“

Do. 14:20 Interim 1

Augmented Acoustic Reality

Personalized Auditory Reality

Karlheinz Brandenburg^a, Estefania Cano Ceron^b, Florian Klein^a, Thomas Köllmer^b, Hanna Lukashevich^b, Annika Neidhardt^a, Johannes Nowak^b, Ulrike Sloma^a und Stephan Werner^a

^a*TU Ilmenau, Institut für Medientechnik*; ^b*Fraunhofer IDMT*

In this work, we introduce Personalized Auditory Realities, a new research field that investigates methods for manipulation of acoustic surroundings. Within such an auditory reality, users would be able to freely modify their acoustic scene by enhancing relevant sounds, suppressing irrelevant ones, or adding new ones. The perceived acoustic environment will follow the paradigm of augmented realities where real sounds are combined with added sound sources. While previous research in the fields of video and audio analysis has addressed similar topics, no method or system exists today that allows the realization of perceptually convincing Personalized Auditory Realities. To achieve this ambitious goal, we combine and extend interdisciplinary research involving acoustics, digital signal processing, and data sciences (machine learning), all in close relation with auditory perception and quality. To achieve high-quality integration of these technologies, the ideal system requires methods to: 1) decompose real-world acoustic scenes, 2) represent audio scenes as audio objects that can be manipulated, and 3) recompose scenes with added audio objects. Our research tackles both headphone-based and loudspeaker-based reproduction of sound. In this work, we initially describe the state-of-the-art, system requirements, and first results of a system for headphone auralization.

Do. 14:40 Interim 1

Augmented Acoustic Reality

Investigations on the Impact of Listener Movement to the Perception of Source Directivity in Virtual Acoustic Environments

Ulrike Sloma und Annika Neidhardt

TU Ilmenau, Institut für Medientechnik

An authentic and plausible simulation of virtual acoustic environments requires, among many other aspects, a thorough understanding of how a listener perceives the directivity of a sound source. State-of-the-art VR applications allow the user to explore a virtual scenario while walking around freely. We assume that the translation of the listener in the scene contributes to the understanding of the scene and the source directivity. The aim of the research is to examine this impact of listener translations to the perception more closely. In this contribution, we present a new test method to evaluate the perception using listener translation in virtual acoustic environments. The experiment was conducted with binaural

real-time auralisation for tracked listener movements. As test conditions a free-field scenario and a simulated room were chosen. The derived results show, that the test method is suitable to determine the assumed perceptual influences.

Do. 15:00 Interim 1

Augmented Acoustic Reality

Untersuchung zum Einfluss des direkten Schallanteils auf die Richtung von Hörereignissen in Wiedergabeszenarios mit projizierten Schallquellen

Tom Wühle, Maria Mareen Maravich, Sebastian Merchel und M. Ercan Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

Die richtungsbezogene Wiedergabe ist ein wichtiger Bestandteil der Implementierung akustischer Szenen. Eine Realisierungsmöglichkeit ist hier die Projektion von Schallquellen. Das Prinzip der Schallquellenprojektion basiert auf der gezielten Abstrahlung von fokussiertem Schall auf reflektierende Flächen mit Hilfe stark richtender Schallquellen. Das Ziel ist hierbei die Verschiebung der wahrgenommenen Richtung des Hörereignisses weg von der Richtung der realen Quelle hin zur Richtung der entstehenden projizierten Quelle. Durch die begrenzte Fokussierungsleistung realer Schallquellen, wie z.B. Lautsprecherarrays, wird die Wahrnehmung des Nutzers jedoch nicht nur von Schall aus Richtung der projizierten Quelle, sondern auch von Schall direkt aus Richtung der realen Quelle beeinflusst. Vorangegangene Studien haben gezeigt, dass dieser direkte Schallanteil neben der Hörereignisrichtung verschiedene weitere Wahrnehmungsmerkmale der Hörereignisse verändern kann. Dabei erscheint der Effekt der Schallquellenprojektion gegen ein bestimmtes Ausmaß bereits wahrnehmbarer Änderungen robust. Es können z.B. Änderungen in Raumeindruck, Klangfarbe oder der Ausdehnung der Hörereignisse auftreten. Darüber hinaus können sich die Hörereignisse in bestimmten Fällen in Teile auftrennen, die sich in verschiedenen Richtungen befinden. Die vorliegende Studie untersucht den Einfluss der spektralen Zusammensetzung des direkten Schallanteils auf die Richtung der resultierenden Hörereignisse bei der Schallquellenprojektion. Dabei wird insbesondere das Phänomen der Hörereignisauftrennung berücksichtigt.

Do. 15:20 Interim 1

Augmented Acoustic Reality

Database of individual HRTFs measured at the eardrum and multiple hearing device microphone locations

Florian Denk^a, Stephan Ernst^a, Jan Heeren^a, Stephan D. Ewert^b und Birger Kollmeier^a

^aCvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'; ^bCvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik

Sound transmission effects through the external ear, which are described by the head-related transfer function (HRTF), are individual to each

ear and relate closely to sound localization and timbre perception. How well this information is preserved in the microphone signal of a hearing device depends heavily on its style and the exact microphone position in the individual ear. Therefore, knowledge about transfer functions to the device's microphone and their quality is highly relevant for the design and evaluation of hearing aids and consumer products like hear-through headsets. We present measurements of individual HRTFs recorded at the eardrum and the microphones of a comprehensive set of hearing device styles including a total of 14 recording locations. The data was obtained from 16 individual subjects and 3 dummy heads for 91 sound incidence directions, including 48 in the horizontal plane. In addition, corresponding headphone transfer functions were measured for all microphone locations where this was possible. Variations of the head position after changing earpieces as a particular source of error were limited to less than 0.5° by utilizing a head tracker system with graphical feedback, and individually measured microphone and loudspeaker responses were spectrally deconvolved. The database will be publicly available.

Do. 16:00 Interim 1

Augmented Acoustic Reality

Datenstrukturen und Methoden zur Darstellung räumlicher akustischer Simulationen

Johann-Markus Batke

Hochschule Emden-Leer

Räumliche akustische Simulationen lassen sich gut in numerischen Umgebungen wie Matlab/Octave, Scilab oder NumPy darstellen. Entsprechend existiert eine Vielzahl von Simulationsumgebungen und Toolboxen für etwa Raumakustik- oder Schallfeldsyntheseaufgaben, die sehr speziell auf das adressierte Problem zugeschnitten sind.

Der Unterschied der hier vorgestellten Simulationsumgebung zu vielen der existierenden Lösungen besteht in einem möglichst generischen Schnittstellenentwurf. Dieser Schnittstellenentwurf orientiert sich an der mathematischen Formulierung der akustischen Probleme und soll gleichzeitig auch eine einfache Visualisierung des Problems zulassen. Beispielsweise wird der Druck eines Schallfelds abhängig vom Ort berechnet. Übergibt man der Routine zur Druckberechnung ein Objekt mit den Orts-Koordinaten einer Fläche, lässt sich unter Verwendung des gleichen Objekts auch eine Visualisierung der Druckverhältnisse einfach umsetzen. Durch Objektorientierung wird eine Implementierung erreicht, die die Umsetzung der akustischen Probleme durch geeignete Datentypen umsetzt, deren Bearbeitung mit bekannten aus Matlab/Octave bereits bekannten Befehlen und Sprachkonstrukten ermöglicht.

Allen räumlichen akustischen Problemen gemeinsam, dass sie im Anschauungsraum R^3 darstellbar sind. Dieser Beitrag hat daher das Ziel,

neben der vorgestellten Simulationsumgebung prinzipiell geeignete Entwurfsmuster für räumliche akustische Programmier-Aufgaben herauszuarbeiten, die eine Interoperabilität verschiedener Simulationsumgebungen ermöglichen können.

Do. 16:20 Interim 1

Augmented Acoustic Reality

5G-Enabled Augmented Audience Services for Live Events

Robert Hupke, Marcel Nophut, Stephan Preihs und Jürgen Peissig

Leibniz Universität Hannover, Institut für Kommunikationstechnik

PMSE-xG is a research project studying 4G+/5G technologies and their usage in wireless equipment for "Programme Making and Special Events" (PMSE) applications. The PMSE-xG project has the vision of delivering important advancements in the creative industry ecosystem, focusing on audio and video applications as well as potential new audience services. This paper presents these services and proposes different use cases of innovative audio applications for listeners at live events that were developed within the project. Using an augmented reality audio headset that is able to provide both environmental sounds and supplemental audio content, the applications and services are aiming at improving or enhancing the listening experience without losing the auditory spaciousness of a live event. With the possibility of blending additional content into the existing sound experience of every single listener, the services provide individualized live content to audiences at concerts, sport or voice-based events. This is enabled by the low-latency transmission of future 4G+/5G technologies. In this paper the opportunities, challenges and requirements of different use cases are discussed and a prototype of an audience service is introduced in order to prove the concept and its benefits.

Do. 16:40 Interim 1

Augmented Acoustic Reality

Real-Time Estimation of Propagation Delays for Temporal Alignment of Audio Signals in Augmented Reality Applications

Marcel Nophut, Robert Hupke, Stephan Preihs und Jürgen Peissig

Leibniz Universität Hannover, Institut für Kommunikationstechnik

In augmented reality audio applications a superposition of environmental sounds and supplementary audio content is used to create auditory enhancements for the listener in a broad range of use cases. In some use cases environmental sounds and supplementary content may be highly correlated, for example in audience services at live events, where a live playback through PA speakers is enhanced by augmented reality audio content, e.g. to create an individualized live mix. Without temporal alignment of those signals a superposition causes comb filtering effects or confusing echoes. This contribution proposes an efficient method that is able to robustly detect a temporal offset of correlated audio signals. It is based on a recursive cross-correlation estimation and a peak detection

algorithm. The method focuses on indoor music and speech events with their typically occurring problems like room reflections, crosstalk, tonal components and a large number of correlation lags. The obtained temporal offset is used to delay the supplementary audio content in order to achieve a temporal alignment of the signals.

Sitzung „Charakterisierung des Hörvermögens oberhalb der Hörschwelle: Cocktailparty und 'hidden-hearing loss'“

Do. 8:40 Interim 2

Hörvermögen oberhalb der Hörschwelle

Kriterien von Cochlea-Implantat-Nutzern zur Beurteilung der Raten- tonhöhe

Sonja Karg, Manuela Huber, Werner Hemmert und Florian Völk

TU München, Bioanaloge Informationsverarbeitung

Durch Variation der Stimulationsrate bei Cochlea-Implantaten (CIs) kann sich die vom Nutzer berichtete Tonhöhe ändern, typischerweise bei Raten unterhalb von 300pps, in manchen Fällen auch bis 900pps. Zusätzlich kann die Position der Stimulationselektrode das Tonhöhenurteil beeinflussen. In dieser Studie beurteilten dreizehn CI-Nutzer mittels freier Größenschätzung die Tonhöhe von Impulsfolgen, die sich in Rate (156, 313, 625, 1250pps) und Elektrodenposition unterschieden (fünf Einzel-elektroden, über das gesamte Array verteilt). Die Ergebnisse deuten für die Elektrodenposition auf eine überwiegend tonotopische Anordnung der Tonhöhenurteile hin, aber auf ein uneinheitliches Bild hinsichtlich der Ratenabhängigkeit und Interaktion: elf der dreizehn CI-Nutzer schienen in der Lage, Stimuli mit 156 und 313pps zu unterscheiden, zehn CI-Nutzer auf mindestens einer Elektrode auch bei höheren Raten. Der Zahlenbereich, der zur Beurteilung der Tonhöhe durch Ratenänderungen verwendet wurde, war in sechs Fällen größer als für Elektrodenänderung über das komplette Array. Ein für die Unterscheidung der Stimulationsraten 156pps und 313pps auf einer mittleren Elektrode erhobenes semantisches Differential identifizierte folgende Gegensatzpaare als relevant (absteigend sortiert): rau/glatt, hell/dunkel, piepsig/brummend, hoch/tief bzw. (vergleichbar relevant) ein Ton/mehrere Töne. Zusätzlich ergaben sich für 313pps verglichen mit 625pps: hell/dunkel, rau/glatt, hoch/tief. Insgesamt deuten die Ergebnisse auf verschiedene, teils mehrere Kriterien für die Tonhöhenbeurteilung hin.

Do. 9:00 Interim 2

Hörvermögen oberhalb der Hörschwelle

Level-growth functions of auditory steady state responses (ASSR) as indicator of cochlear synaptopathy

Bastian Epp und Gerard Encina Llamas

Hearing Systems Group, Technical University of Denmark

Recent animal studies showed that acoustic overexposure with subsequent temporal threshold shift leads to a synaptic damage between the inner hair cell the auditory nerve. It is unclear if this phenomenon also exists in human listeners. The main difficulty to investigate this "cochlear synaptopathy" in humans is the requirement to use noninvasive techniques rather than invasive electrophysiology. One measure to quantify neural activity in human listeners is the electrical steady-state response of the auditory system to a modulated sound (ASSR). The present study investigated ASSR level-growth functions as a potential biomarker of synaptopathy. It is hypothesized that ASSR amplitudes decrease for high stimulus intensities and shallow modulation depths where it is assumed that the in cases of synaptopathy affected low-spontaneous-rate fibers encode intensity fluctuations. The data of normal-hearing and hearing-impaired listeners was compared to simulated ASSRs using a modified state-of-the art model of the auditory nerve (AN). The results indicate that not only a narrow but a broad frequency region, and not only one but a large proportion of all types of AN fibers need to be affected by synaptopathy in order to account for the data. The findings also imply that off-frequency contributions are important for processing of supra-threshold sounds.

Do. 9:20 Interim 2

Hörvermögen oberhalb der Hörschwelle

Einfluss von Störschall-Modulationscharakteristika auf das Sprachverstehen von Cochleaimplantat-NutzernTobias Weißgerber^a, Uwe Baumann^a und Florian Völk^b^a*Audiologische Akustik, Universitätsklinikum Frankfurt am Main;* ^b*TU München, Bioanaloge Informationsverarbeitung*

Normalhörende (NH) erfahren durch Einführung zeitlicher Lücken in kontinuierlichen Störgeräuschen meist eine Verbesserung des Sprachverstehens, während Nutzer von Cochlea-Implantaten (CIs) häufig nicht profitieren oder sich verschlechtern. In bisherigen Studien unterschieden sich die verglichenen Störgeräusche neben ihrer zeitlichen Struktur auch spektral. Ziel dieser Studie war die Untersuchung des Sprachverstehens in Abhängigkeit der zeitlichen Modulation und des Spektrums von Störgeräuschen. Die Sprachverständlichkeitsschwelle (SVS) im Oldenburger Satztest wurde für 14 NH und 12 bilaterale CI-Nutzer bei frontaler Darbietung von Stör- und Nutzsignal für verschiedene Störgeräusche ermittelt: das zeitlich kontinuierliche Oldenburger Rauschen

(Olnoise), drei unterschiedlich zeitlich modulierte Olnoise, das ISTS-Störgeräusch und ein männlicher japanischer Sprecher (JS). Die NH-Gruppe erreichte durch Modulation des Olnoise eine mittlere Verbesserung der SVS um bis zu 19 dB. Im ISTS-Störgeräusch betrug die Verbesserung 11,4 dB, beim JS 8,3 dB. Die CI-Gruppe erreichte verglichen zur NH-Gruppe im Olnoise eine um 4,6 dB schlechtere SVS. Diese verbesserte sich bei Modulation um 2,2 dB, verschlechterte sich aber im ISTS-Störgeräusch um 2,2 dB und JS um 4,2 dB. Zusammenfassend zeigte sich eine geringfügige Verbesserung des Sprachverstehens von bilateral versorgten CI-Nutzern durch Modulation eines Störgeräuschs. Im Gegensatz zu NH verschlechterte sich das Sprachverstehen bei sprachähnlichen Störgeräuschen mit vom kontinuierlichen Referenzschall abweichendem Spektrum signifikant.

Do. 9:40 Interim 2

Hörvermögen oberhalb der Hörschwelle

Individuelle Unterschiede beim Sprachverstehen im Störschall: Welche Rolle spielt der Irrelevant Sound Effect?

Katharina Rost^a, Wolfgang Ellermeier^b, Florian Kattner^b und Daniel Oberfeld-Twistel^a

^aJohannes Gutenberg-Univ. Mainz; ^bTU Darmstadt - AG Angewandte Kognitionspsychologie

Selbst normalhörende Personen unterscheiden sich deutlich in ihrer Fähigkeit, Sprache im Störschall zu verstehen ("Cocktail-party listening"). Unsere Studie ging der Frage nach, ob die Wirkung von Hintergrundschall auf die Gedächtnisleistung eine Rolle für die individuellen Unterschiede im Sprachverstehen spielt. Langjährige Forschung zum Irrelevant Sound Effect (ISE) zeigt, dass bestimmter aufgabenirrelevanter Hintergrundschall die Leistung in einer Gedächtnisaufgabe (serial recall) beeinträchtigt und dass auch hier deutliche individuelle Unterschiede bestehen. Im Experiment wurde bei 67 normalhörenden Versuchspersonen (Alter 17-37 Jahre) die Satzidentifikationsleistung in einer Situation mit zwei räumlich vom Zielsprecher getrennten Störsprechern gemessen. Mit demselben Störschall wurde der Rückgang der Gedächtnisleistung (ISE) für visuell und für auditiv präsentierte Zahlenlisten erfasst. Im Ergebnis zeigte sich kein wesentlicher Zusammenhang zwischen der Satzidentifikationsleistung im Störschall und der Reduktion der Gedächtnisleistung unter demselben Hintergrundschall. Personen mit hoher genereller Kurzzeitgedächtnisleistung zeigten jedoch eine signifikant bessere Satzidentifikationsleistung im Störschall. Für zwei mit auditiver Lokalisation verknüpfte Parameter (binaurale Asymmetrie der Hörschwellen, binaurale Sensitivität für die zeitliche Feinstruktur) gab es

einen schwachen Zusammenhang zum Cocktail-party listening. Die Daten bestätigen die in früheren Studien gefundene Bedeutung von überschwelligen Hörleistungen und kognitiven Fähigkeiten für das Sprachverstehen im Störschall. Die individuelle Anfälligkeit des verbalen Kurzzeitgedächtnisses für Hintergrundschall scheint jedoch keine wichtige Rolle zu spielen.

Do. 10:20 Interim 2

Hörvermögen oberhalb der Hörschwelle

Evaluation of Speech Intelligibility in Noise in Bilateral Cochlear Implant Users under Realistic Sound Environments

Waldo Nogueira^a, Tomas Gajecik^a, Volker Hohmann^b, Giso Grimm^b und Andreas Büchner^a

^a *Medizinische Hochschule Hannover*; ^b *Universität Oldenburg*

This work investigates the benefit of bilateral cochlear implantation in terms of speech intelligibility in realistic noise environments. Speech reception thresholds (SRTs) were measured in 10 bilateral cochlear implant (CI) subjects and 10 normal hearing (NH) listeners using the Oldenburg sentence test. SRTs were assessed in different conditions: binaural summation (BS), spatial release from masking symmetric (SRM-S) and asymmetric (SRM-A) and squelch (SQ). Finally, SRTs were measured in two realistic sound environments rendering a cafeteria noise with the TASCAR library using third-order Ambisonics decoded to a 16 loudspeakers. Each condition was measured for unilateral and bilateral CI use or in NH listeners using one or both ears. Bilateral CI users obtained an SRT benefit using the second implant only in the SRM-A condition. NH listeners however obtained SRT benefits when using both ears in the SRM-A, SRM-S and SQ conditions. The overall speech intelligibility improvements in the realistic environment show modest improvement in bilateral CI users and demonstrate a clear benefit in NH listeners. These results demonstrate the limitations of binaural hearing with CIs and the good correspondence between the lab settings and the realistic environments. This work received funding from the DFG Cluster of Excellence EXC 1077/1 Hearing4all

Do. 10:40 Interim 2

Hörvermögen oberhalb der Hörschwelle

The Effects of Environmental Noise Exposure on the Perception of Temporal Fine-Structure

Clara Hollomey, Mantas Navikas und John David Moore

Glasgow Caledonian University

This research investigates the influence of urban noise on temporal hearing loss. Current research [e.g. Kujawa and Liberman, 2009] links the loosening of the synapses that connect the hair cells to the tectorial membrane to "hidden hearing loss". This term refers to people suffering from difficulty in perceiving complex signals, particularly in the presence of background noise, while performing well in conventional pure tone audiometry tests. This same loosening of the hair cell synapses could also

contribute to temporal hearing loss, caused by every day exposure to a noisy environment. Two listening tests were designed to monitor the pure tone and speech perception capabilities of nine younger, normal hearing participants before and after their daily commute to work. Although the results of the auditory threshold before and after exposure to a noisy environment did not differ, the performance of most participants decreased for the speech intelligibility test. This points to the degrading effect of even short over-exposure to environmental noise on the perception of temporal fine-structure.

[Kujawa and Lieberman, 2009] Sharon G. Kujawa and M. Charles Lieberman Adding Insult to Injury: Cochlear Nerve Degeneration after "Temporary" Noise-Induced Hearing Loss *Journal of Neuroscience* 2009, Nov. 11; 29(45): 14077-14085

Do. 11:00 Interim 2

Hörvermögen oberhalb der Hörschwelle

Individual Fitting of Spatial and Temporal Electrically Evoked Auditory Responses with a Phenomenological Nerve Fiber Model for CI Users

Kauê Werner^a, Christian Leibold^b und Bernhard Seeber^a

^a*TU München, Audio-Signalverarbeitung;* ^b*Ludwig-Maximilians-Universität München*

Individually fitted models of the electrically stimulated auditory nerve might play an important role in improving cochlear implants (CI) speech perception. A fitted model must be able to represent the response of the neural population based on individual patients' electrophysiological data. Most CIs can be used for measuring the nerve's compound activity in the vicinity of every channel-related neural cluster, resulting in a recorded response known as electrically evoked compound action potential (ECAP). In the present work, the auditory nerve was modelled as a population of nerve fibers positioned along the cochlear length. The electrically evoked neural activity of each fiber was modelled using a novel phenomenological model for pulse train stimulation, taking into account the effects of refractoriness and facilitation. All parameters were fitted based on individual ECAP measurements of spatial (spread of excitation) and temporal (refractory recovery) responses. The ECAP amplitude was assumed to be proportional to the total number of spikes obtained with the modelled response. This study shows the feasibility of the novel phenomenological nerve fiber model for an individual fitting procedure. In future work, extending the fitting to psychophysical behavior will enable the evaluation of individual stimulation parameters with the aim to improve CI strategies.

Sitzung „Audiologische, medizinische und physiologische Akustik“

Do. 14:20 Interim 2

Audiologische, med. und physiol. Akustik

30 Jahre Cochlea-Implantat: Einsatz von psychoakustischen Methoden zur Untersuchung und Verbesserung der HörleistungenUwe Baumann*Audiologische Akustik, Universitätsklinikum Frankfurt am Main*

Gegen Mitte/Ende der 1980er Jahre begann der klinische Einsatz des transkutanen Mehrkanal Cochlea-Implantats. Anfangs konnten nur wenige universitäre klinische Zentren die CI-Versorgung inklusive Nachsorge anbieten. Inzwischen bieten in Deutschland 120 Einrichtungen Versorgung mit Hörimplantaten an. Schätzungen zufolge sind in Deutschland 40.000 Patienten mit einem CI versorgt worden. Während in den Anfängen nur völlig ertaubte Patienten einseitig versorgt wurden, ist heute auch bei Restgehör (besonders im Tieftonbereich) die Versorgung möglich, wenn eine Versorgung mit Hörgeräten kein ausreichendes Ergebnis zeigt. Ebenso konnte bei beidohriger Indikation die bilaterale Versorgung etabliert werden, wie auch seit 2006 die Versorgung einseitig ertaubter Patienten etabliert wurde.

Im Beitrag werden die Entwicklung des CI Programms am Beispiel der HNO-Universitätsklinik Frankfurt dargestellt und der Einsatz und die Ergebnisse von psychoakustischen Methoden zur Einstellung der Hörimplantate sowie zur Untersuchung spezieller Hörleistungen (Frequenz-Diskrimination, komplexe Störgeräusche, Richtungshören) beschrieben.

Do. 14:40 Interim 2

Audiologische, med. und physiol. Akustik

Ein Verfahren zur präzisen Bestimmung der elektrischen Hörschwelle bei Cochlea-Implantat-Patienten (precT)Tobias Rader^a, Philipp Doms^b, Tobias Weißgerber^b und Uwe Baumann^b^a*Audiologische Akustik, Universitätsmedizin Mainz;* ^b*Audiologische Akustik, Universitätsklinikum Frankfurt am Main*

Bei der Anpassung von Cochlea-Implantaten (CI) ist eine möglichst genaue Bestimmung der Hörschwelle (threshold, T-Wert) für elektrische Reize erforderlich. Vielfach ist eine präzise Festlegung des T-Werts aufgrund unsicherer Angaben der CI-Nutzer nicht möglich.

Die im Beitrag vorgestellte T-Wert-Bestimmung (precT) beruht auf einem "forced-choice" Verfahren mit zwei Intervallen und drei Antwortalternativen. In den beiden Darbietungsintervallen werden zwei Signale mit unterschiedlicher Amplitude präsentiert. Der CI-Nutzer kann je nach Intensität der beiden Reize entweder zwei, eine, oder keine Hörwahrnehmung angeben. Die Differenz des Pegels der beiden Reize und der gesamte Strompegel werden stufenweise adaptiv angepasst, um eine genaue Bestimmung des T-Wertes zu erreichen.

Es wurden bei 20 CI-Nutzern drei verschiedene Einstellungen des T-Wertes (gewohntes Programm, precT, PrecT-10CL) geprüft und mehrere Sprachtestverfahren bei unterschiedlichen Präsentationspegeln durchgeführt. Zusätzlich wurde die individuelle Lautheitsfunktion bei verschiedenen Prüffrequenzen mit der Methode der Lautheitsskalierung bestimmt.

Die mit dem precT-Verfahren bestimmten T-Werte lagen im Mittel 9CL über der bisher vom CI-Nutzer benutzten Einstellung. Das Sprachverstehen in Ruhe stieg im Vergleich zur bisher benutzten Einstellung um 23%, im Störgeräusch verbesserte sich die Sprachverständnisschwelle von -0.8 auf -1.8dB SNR.

Do. 15:00 Interim 2

Audiologische, med. und physiol. Akustik

A Finite Element Approach to Evaluate the Validity of Real-Ear Measurements as an Auditory Reference in Occluded Human Ears

Felix Gassenmeyer^a, Hendrik Husstedt^a und Manfred Kaltenbacher^b

^aDeutsches Hörgeräte Institut; ^bTU Wien, Institut f. Mechanik und Mechatronik

For audiological applications, real-ear measurements of the sound pressure at a single point in front of the eardrum are often used as reference, e.g. for hearing aid fitting. After sound is guided through the ear canal, acoustic energy is transduced to mechanical movement in the middle ear via the tympanic membrane. Due to the movement of the eardrum, the sound field in its direct vicinity might be strongly inhomogeneous. Additionally, standing wave patterns due to reflections at both ends of the canal occur. Hence, a well-known consequence is that the positioning of the microphone may have a significant impact on the measurement result. In addition, the characteristic of the sound field depends on the setup, e.g. with and without hearing aid. Thus, the dependency between the sound pressure at the reference point and the movement of the tympanic membrane can be different. In this work, this effect is analyzed with a simplified 3D finite element model. Therefore, requirements on an acoustical reference point are defined, and boundary conditions for closed hearing aid fitting are introduced. By analyzing the relation between sound pressure at varying reference points and mechanical displacement of the eardrum, the validity of single reference points is rated.

Do. 15:40 Interim 2

Audiologische, med. und physiol. Akustik

Impedance Measurements of the Human Basilar Membrane

Stefan Raufer und Hideko Heidi Nakajima

Dept. Otolaryngology, Harvard Med. School, Massachusetts Eye & Ear

The cochlea is a mechanical frequency analyzer, owing its characteristics to the impedance of the basilar membrane (BM). In humans, the acoustic impedance of the BM has never been measured and the stiffness (or elasticity) of the human BM has not been revised since von

Bekesy's experiments. We measured intracochlear pressures in scala vestibuli and velocities of the BM 1.2 mm from the base of the cochlea. By taking the ratio of the pressure and velocity measurements, the specific acoustic impedance (Z) is calculated. At low frequencies, where the BM impedance is stiffness-dominated, the stiffness is extracted by multiplying the imaginary part of Z by the angular frequency. Our results show that the specific acoustic impedance of the BM is decreasing by 6 dB per octave at frequencies between 100 - 10,000 Hz, with a phase close to -90 degrees. The real part of the impedance is positive and slightly increasing at low frequencies. The imaginary part is negative and dominating Z at low frequencies. The specific acoustic stiffness at the measurement location amounts to $0.85 \text{ GPa/m} \pm 0.3 \text{ GPa/m}$, which is about one order of magnitude higher than von Bekesy's estimates of the static stiffness.

Do. 16:00 Interim 2

Audiologische, med. und physiol. Akustik

Grenzschichtdämpfung von Wanderwellen in der Cochlea und parametrische Verstärkung durch äußere Haarzellen

Frank Böhnke, Christian Scheunemann und Maximilian Sigloch

TU München, HNO-Klinik

Die Cochlea ist der wichtigste Teil des Hörsystems da sie den Schall, zunächst durch Luft geführt, über Knochen und Lymphe auf das Corti-Organ mit seinen sensorischen Transduktoren (innere und äußere Haarzellen) leitet. Diese wandeln das mechanische Signal in Aktionspotentiale auf den Hörnervenfasern, die im Gehirn zum Höreindruck verarbeitet werden. Der Beitrag stellt zunächst die Schallausbreitung in luft- und wassergefüllten Kanälen mit starren Wänden unter Berücksichtigung der viskosen Grenzschichtdämpfung dar. Daraufhin wird ein Kastenmodell der humanen Cochlea mit den flüssigkeitsgefüllten Kanälen (Scala vestibuli und Scala tympani), getrennt durch eine trapezförmige orthotrope elastische Wand (Basilarmembran), betrachtet und mit der Methode der Finiten Elemente ausgewertet. Die berechneten Wanderwellen entsprechen bei geeigneter Wahl einer Vielzahl von Parametern den wenigen Messungen an menschlichen Felsenbeinpräparaten. In Vorbereitung auf ein nichtlineares Modell der Schallwellenausbreitung in der Cochlea, in dem die Nichtlinearität durch die nichtlineare Steife (N/m) äußerer Haarzellen berücksichtigt ist, wird die parametrische Verstärkung durch zeitabhängige schnelle Modulation der Steife implementiert. Es wird ein Ausblick auf die parametrische Wanderwellenverstärkung gegeben, um Erklärungen für die hohe Empfindlichkeit des Hörorgans und den Entstehungsmechanismus von otoakustischen Emissionen zu geben.

Do. 16:20 Interim 2

Audiologische, med. und physiol. Akustik

10 Jahre Tinnitusprojekt - Praxis an der TH IngolstadtJosef PöppelTechnische Hochschule Ingolstadt

Das mittlerweile recht umfassende Tinnitusprojekt mit grob 1000 Probanden startete zufällig 2006, als eine Besucherin der anechoischen Kabine für Funk- und Schallmessungen zurückmeldete: "Ihr Tinnitus ist weg". Nach weiteren positiven Rückmeldungen zum Tinnitus, ging es 2008 mit ersten HNO-Ärzten los, zu erkunden, wie vielen geholfen werden kann - rein passiv, durch bloßen Aufenthalt. Die Erfolgsrate liegt bei 10%/30% bei einem global/als Brummtönen wahrgenommenen Tinnitus. Jedoch, es gab erstaunlicherweise viele positive Rückmeldungen in ganz anderen Themengebieten, wie Arthrose, Asthma, Allergien bis hin zu "Schübe beruhigen" / "wieder laufen seit 8 Jahren nach 9 Monaten Rollstuhl" - ohne Medikamente bei Multipler Sklerose/MS, unbekannte, bis zu 15 Jahren währende Autoimmunthemen, die nach wenigen Aufenthalten über Jahre hinweg stabil ruhig sind - auch ein Schwerpunkt des Tinnitusprojekts. Faszinierend sind simultane Verbesserungen in mehreren Themen an Probanden in einer Sitzung: beispielsweise Asthma und Arthrose oder chronische Schmerzen und Hautthemen. Offenbar breite Wirkungen auf das Hör-, Gehirn/Nerven-, Immun-, Hormon-, Verdauungssystem lassen günstigere Kabinen bundesweit entstehen - seit 8 Jahren erste bei MS-Betroffenen, bei Heilpraktikern, Umweltärzten sowie in Wellness-bereichen. An der THI gibt es Sonntags-/Mittagsöffnungen für Bedienstete/Studenten/Externe... - 1000 Schüler waren auch schon drin.

Do. 16:40 Interim 2

Audiologische, med. und physiol. Akustik

Sonifikation als innovativer Therapieansatz in der neurologischen RehabilitationMartin Knauer, Dominik Fuchs und Petra FriedrichHochschule Kempten

Folgen eines Schlaganfalls sind häufig Störungen der Motorik und des Gleichgewichts bzw. der posturalen Kontrolle. Hier ist es für die Betroffenen wichtig, frühestmöglich die eingeschränkte Balance durch Gleichgewichtsübungen in der Rehabilitation zu trainieren. In dem Kooperationsprojekt BalThaSAR haben wir ein spezielles Training unter Verwendung eines zertifizierten medizinischen Rehabilitationsgerätes entwickelt. Inhalte des Trainings sind eine Zielfindungsübung, ein akustisches Memory und eine musikalische Improvisationsübung, jeweils gesteuert durch Schwerpunktverlagerung. Dem Patienten wird dabei je nach Trainingsfortschritt und Schwierigkeitsgrad visuelles und/oder auditives Feedback gegeben. Die aktuellen Positionsdaten des Körperschwerpunktes werden durch einen Bluetooth-Sensor gemessen und in Echtzeit weiter verarbeitet. Da es bisher noch kein universell anwendbares Framework

zur Bestimmung optimaler Sonifikationsparameter gibt, wurde in zwei Testreihen mit insgesamt 30 Probanden die Effektivität verschiedener Modelle untersucht. Akustische Parameter waren unter anderem Tonhöhe, Tonfarbe und Rhythmik. Das resultierende Training wurde anschließend in einer Akzeptanzstudie mit 4 Patienten über mehrere Sessions klinisch erfolgreich getestet. Künftige Schwerpunkte dieser Arbeit sind die, 1.) Anpassung des Audiosignals an die Hörschwelle der Nutzer um die Wirkung des akustischen Feedbacks zu optimieren, 2.) binaurale Filterung um einzelne Klänge räumlich zu trennen, 3.) dynamische Anpassung der Schwierigkeit an die Leistung des Trainierenden um die Motivation und damit den langfristigen Trainingserfolg zusätzlich zu steigern.

Verzeichnis der Autoren

Abeßer, Jakob	92	Bagheri, Eman	173
Abshagen, Jan	227	Bai, Siwei	254, 387
Achs, Günther	93	Balazs, Peter	115
Ackermann, David 137, 143, 145, 293, 293		Balbekov, Marlen	183
Adachi, Seiji	62	Balde, Nina Maimuna	181
Adams, Christian	344	Balint, Jamilla	282, 358
Adelman-Larsen, Niels Werner .. 283		Balke, Stefan	336
Ahnert, Wolfgang	46, 278	Banashankarappa, Abhijatha 329	
Ahrens, Jens	286, 290	Barriac, Vincent	86
Al-Abadi, Ali	105, 106	Bartolomaeus, Wolfram . 91, 204, 204, 367	
Al-Mafrachi, Rasool	325	Batke, Johann-Markus	392
Alaimo Di Loro, Alexander ... 112		Baumann, Uwe ... 395, 399, 399	
Albrecht, Florian	342	Baumgartner, Hannah .. 309, 309	
Alma, Ugur Alican	305	Baumgartner, Robert ... 138, 311	
Altinsoy, M. Ercan 165, 210, 238, 264, 303, 305, 305, 352, 356, 391		Bay, Karlheinz	133, 134
Altmann, Harald	382	Baydoun, Suhaib Koji .. 200, 342	
Alves Pinto, Ana	301	Bech, Insa	340
Amengual Garí, Sebastià Vicenç . 383		Becker, Benjamin	113, 166
Amiriparian, Shahin	334	Becker, Christoph	319
Andersson, Carl	286	Becker, Julian	73, 246
Andreisek, Gaetano	259	Becker, Stefan . 74, 80, 173, 176, 180, 182, 344, 374	
Angerpointner, Leonhard 163		Becker-Schweitzer, Jörg 247, 380	
Angster, Judit	377	Beer, Daniel .. 117, 119, 196, 196	
Aoki, Yohko	62	Begoff, Philipp	213
Appel, Percy	273	Behn, Maximilian	183
Arend, Johannes M. 141		Behrens, Tobias	278
Arendt, Ilka	172	Belke, Christin	354
Arsic, Dejan 72, 75, 80, 164		Bellmann, Christian 113, 119	
Asmussen, Bernd 330, 333		Belova-Magri, Valentina 190	
Aspöck, Lukas	293	Belschner, Torsten	322
Atamer, Serkan	264	Benen, Stephan	230
Attenberger, Alexander 205		Benz, Sarah	354
Aue, Florian	325	Berchtenbreiter, Benedikt 180	
Ausili, Sebastian	53	Bergner, Jakob	263, 291
Baasch, Christin	251	Berzborn, Marco	215, 288
Bacher, Stefan	159	Beyer, Friedrich	210
Backhaus, Stefan-Georg 344		Biberger, Thomas	300
Bader, Nicki	215	Biedermann, Till	181, 374
Baer, Tom	151	Biedermann, Wieland	240
		Bienert, Jörg	168
		Biermeier, Thomas	74

Bietz, Heinrich	157	Bunk, Oliver	367
Bitzer, Joerg	295	Burgschweiger, Ralf	202
Blau, Matthias	312, 253	Burke, Elisa	304
Blech, Christopher	202	Burkhardt, Anke	351
Bleiholder, Stefan	85	Burkhardt, Martin	164
Blessing, Steffen	155	Burkhart, Christian	156
Blumenstein, Tobias	301	Buß, Matthias	230
Bock, Eckhard	154	Buss-Eertmoed, Sandra	340
Bock, Florian	80	Caillet, Arnaud	55
Bodden, Markus	322	Cairós, Carlos	190
Bögelein, Silke	145	Cajochen, Christian	353
Böhm, Christoph	143, 293	Carolus, Thomas	173
Böhm, Johannes	327	Cebulla, Holger	62, 100
Böhm, Michael	124	Ceron, Estefania Cano	390
Böhnke, Frank	401	Chandra, Sourav	316
Bös, Joachim	212, 217, 218, 218, 262, 344	Châteauvieux-Hellwig, Camille	69
Bohne, Tobias	89, 89	Chen, Haibo	339
Bolles, Boris A.	383	Christoph, Markus	321
Bomhardt, Ramona	140, 294	Chudalla, Michael	91, 274
Brandao, Eric	223, 213	Claes, Leander	184
Brandenburg, Karlheinz	296, 390	Clapp, Samuel	144, 287
Brandstätt, Peter	133, 134	Clauß, Tobias	92, 263, 291
Brandstetter, Markus	165	Colangeli, Claudio	76
Braren, Hark	139, 294	Conrad, Holger	194
Breitsamter, Norbert	332	Conter, Marco	272
Brenner, Gunther	190, 191	Cortés, Vanesa Rodríguez	361
Breuss, Simon	207	Côté, Nicolas	86
Brezas, Spyros	350	Creutzburg, Lukas	114
Brink, Mark	353, 357	Cummins, Nicholas	334
Brinkmann, Fabian	81, 137, 145, 288, 293	Curdtt, Oliver	222
Brix, Sandra	291	Czedik-Eysenberg, Isabella	238, 239, 381, 384
Brockmeyer, Dieter	270	Czolbe, Christian	80, 331
Brocks, Tobias	119	Dahlheimer, Niklas	142
Brockt, Georg	121	Dahmen, Johannes C.	50
Brodbeck, Matthias	244	Daleiden, Pol	368
Brodersen, Michael	267	Dantscher, Sandra	127
Brum, Ricardo	213	De Kruiff, Jasper	167
Buchegger, Blasius	362	De Muynke, Julien	291
Buck, Jan	266	de Obaldia, Carlos	227
Büchner, Andreas	397	Dempwolf, Kristjan	236
Bühlmann, Erik	206, 207	Denk, Florian	391
Bürgi, Paul	70	Dettmar, Sabine	136
Buhl, Mareike	248, 252	Deuschl, Günther	251
Bulling, Philipp	325	Dietrich, Philipp	372
		Dietz, Mathias	53, 145

Dilba, Boris	337	Faulhaber, Peter	61
Dittmar, Christian	336	Fedtke, Thomas	304
Dobmeier, Verena	75	Feldes, Stefan	312
Doclo, Simon	87, 312	Feldmann, Nadine	188
Döbler, Dirk	349	Feldmann, Robert	275
Dogan, Hakan	110, 180	Fels, Janina . 138, 139, 247, 250,	
Domke, Matthias	215	255, 283, 294, 295	
Doms, Philipp	399	Fennel, Florian	275, 368
Doolan, Con J.	376	Fernández Gallardo, Laura ...	98
Drábek, Tomáš	326	Fiala, Péter	203, 240, 284
Drexler, Peter	260	Fiebig, André	246, 291
Düchting, Julia	184	Fiedler, Felicitas	137
Dunkel, Joshua	361	Fingscheidt, Tim	324
Duvigneau, Fabian	95	Firtha, Gergely	284
Dymel, Felix	307	Fischer, Andreas	268
Ebbers, Janek	334	Fischer, Balthasar	257, 258
Eberlei, Geske	264	Fischer, Georg	117
Ebert, Johannes	217	Fischer, Heinz-Martin	65, 161
Ebner, Andrea	233	Fischer, Isabel	161
Egermann, Hauke	382	Fischer, Peer	96, 96
Eggenschwiler, Kurt	162	Fleischer, Helmut	385
Ehrig, Lutz	194	Floss, Sebastian	175
Eichas, Felix	236	Fonseca, William D'Andrea .	213,
Eisener, Julian	191, 192	223, 254	
Eisenhart, Johannes	189	Foraster, Maria	353
Eisenmenger, Chris	180	Frank, Christian	333
Ellermeier, Wolfgang	396	Frank, Matthias ... 139, 140, 147,	
Encina Llamas, Gerard	395	297, 298	
Encke, Jörg 50, 52, 148, 149,		Frank, Stefan	180, 279, 280
149, 150, 254, 387		Franzen, Jan	324
Enge, Maria	347	Freudenberger, Jürgen	83
Engel, Margret Sibylle	247	Friedrich, Petra	302, 402
Epe, Christian	142, 142	Frutos-Bonilla, Javier	290
Epp, Bastian	395	Fuchs, Andreas	272
Erbes, Vera	237, 288	Fuchs, Dominik	302, 402
Ernst, Stephan	391	Fuchs, Helmut	276
Ertsey, Maximilian	204, 209	Fuß, Alexander	282
Estrella Cazuriaga, Jorgos ..	311	Gaal, Mate	265
Eulitz, Christian	112, 366	Gabbert, Ulrich	339
Evans, David	373	Gaerner, Felix	262
Ewert, Stephan D. 300, 300, 301,		Gagewi, Maximilian	290
391		Gajda, Christian	269
Eze, Ikenna C.	353	Gajecki, Tomas	397
Fallah, Mina	312	Gamil, Ahmed	105, 106
Fard Afshar, Nima	179	Gamper, Jakob	258
Faubel, Friedrich	328	Gassenmeyer, Felix	400

Gasteiger, Birgit	314	Guist, Christian	102, 103
Gatt, Monika	232	Guski, Rainer	357
Gaudet, Matthieu	194	Haase, Thomas	219
Gavila Lloret, Maria	95, 339	Habasinska, Dorota	383
Gensch, Tom	372	Habermacher, Manuel	353
Georgi, Tom	135	Haeb-Umbach, Reinhold	334
Gerbig, Christian	330, 333	Häge, Miriam	116
Gerlach, André	62, 100, 348	Häuser, Franz	92
Geweth, Christian A.	103	Häußler, Andreas	286
Geyer, Thomas	135, 197, 349, 376	Hagedorn, Josua	290
Gharibi, Zeinab	183	Hahn, Nara	287
Gibson, Samuel	98	Hammer, Emanuel	207
Gierga, Michael	67	Hank, Stefan	246
Gierlich, Hans Wilhelm	323	Hansen, Martin	312
Giese, Thorsten	196	Harmstorf, Johann	346
Gieß, Michael	78	Hartmann, Benedikt	273
Gimm, Marco	83, 323, 325	Hartmann, Christian	221, 222
Gipperich, Marius	170	Hartmann, Michael	373
Gleine, Wolfgang	60, 369, 371	Hasener, Jörg	211
Gleiss, Helge	50	Hasenpflug, Hans	225
Gloor, Hanspeter	207	Hasna, Günther	306
Glorieux, Christ	353	Haverkamp, Lena	249
Gmeiner, Thomas	298	Haverkamp, Michael	74
Gnauck, Marco	164	Hayashi, Daiki	79
Godde, Jan	358	Hecker, Simon	163, 321, 322
Gombots, Stefan	204	Heeren, Jan	391
Gomez, Gabriel	303	Heine, Thomas	257
Goossens, Sebastian	121	Heinrich, Matthias	170
Gottschalk, Martin	151	Heinrichs, Ralf	319
Graber, Gerhard	282	Heisterkamp, Fabian	172
Graef, Tanja	278	Hellbrück, Jürgen	385
Gräfe, Robert	92	Hemmert, Werner	52, 148, 149, 149, 150, 254, 256, 387, 394
Grager, Jan-Carl	258	Hendrikse, Maartje	299
Gramlich, Sebastian	171	Hengst, Klaudius	360, 361
Grebel, Antje	212	Henneberg, Johannes	62, 100
Grimm, Giso	299, 397	Henneberger, Robert	163, 262, 321, 322
Grimm, Simon	83	Hennig, Dominik	135
Groba, Peter	217, 218	Henning, Bernd	184, 188
Gröninger, Alexander	171	Hensel, Johannes	304
Grollmisch, Sascha	211, 256	Herbert, Matthias	326
Groschup, Robin	258	Herfert, Daniel	216
Grosse, Christian	258, 258, 260	Herff, Sohel	111
Grothe, Benedikt	47, 50	Herget, Wolfgang	133
Grüner, Korbinian	94	Héritier, Harris	353
Gsell, Stephan	80		

Hermann, Ricardo	132	Isemura, Junki	79
Hermann, Sascha	99	Isermann, Ullrich	364, 357
Herold, Gert	348, 349, 372	Jäckel, Rainer	242
Herring Jensen, Mads J.	100, 174	Janssens, Karl	76
Herrnberger, Maximilian	71	Jatzlau, Philipp	258
Herweg, Andreas	246	Jegham, Mohamed	56
Herzog, Martin	382	Jekosch, Simon	348
Hessinger, Joachim	159	Jelfs, Sam	386
Hettler, Steffen	155	Jelich, Christopher	199
Heute, Ulrich	251	Jenei-Kulcsar, Dora	240
Hils, Thomas	67	Johannesmann, Sarah	184
Hintzen, Nils	374	Johannsen, Kai	365
Hirsch, Karl-Wilhelm	90, 91	John, Sebastian	102
Hochmuth, Sabine	249	John, Tina	323
Hock, Andreas	366	Jüngert, Anne	260
Höber, Sven	267	Juhrig, Andre	185, 186, 351
Höldrich, Robert	141, 146	Jukkert, Sergej	266
Hörmeyer, Jasmin	89	Julka, Sahib	334
Hoffmann, Rüdiger	242	Jurgeit, Kai-Peter	297
Hohmann, Beat W.	128	Kaak, Thorben	228, 228, 231
Hohmann, Volker	299, 397	Kaiser, Bert	194
Hoislbauer, Heinz	271	Kaltbeitzel, Bernd	314
Hold, Christoph	292	Kaltenbacher, Manfred .	106, 109, 175, 204, 400
Hollomey, Clara	397	Kameier, Frank	181, 374
Holstein, Peter	192, 213, 215	Kandade Rajan, Vasudev	321
Holub, Jan	326	Karg, Sonja	256, 387, 394
Homm, Anton	225	Kasess, Christian	63, 341
Hopf, Barbara	260	Kattner, Florian	396
Hopkins, Carl	317	Kauer, Markus	190
Hoppen, Hannah	371	Kaulen, Bastian	83
Horoshenkov, Kirill	95	Kelz, Philipp	123
Horvath, Geza	380	Kemmer, Florian	368
Hoßfeld, Michael	318	Kempinger, Thomas	264
Hots, Jan	152, 386	Kepper, Jörg	270
Huber, Manuela	256, 394	Kersten, Holger	265
Huber, Rainer	309	Kettler, Frank	85, 328
Huber, Valentin	358	Keuchel, Sören	55, 105, 168, 338
Hübelt, Jörn .	134, 135, 241, 273, 361	Kidd, Gerald	253
Hübschen, Tobias	83	Kiefer, Daniel A.	342
Hülsmeier, David	248	Kimmich, Jan Michael ..	279, 280
Hupke, Robert	393, 393	Kirch, Christoph	161
Husstedt, Hendrik	251, 400	Kisler, Roman	135
Huth, Christine	264	Klähn, Lukas	183
Imran, Muhammad	285	Klein, Florian	296, 298, 390
Inanli, Sinan	238	Klein, Johannes	288

Kleinfeller, Nikolai	218	Kreuer, Oliver	142
Kleinhenrich, Christian	90, 91	Kreuzer, Wolfgang	63, 138
Klemm, Markus	352	Kreuzinger, Johannes	107
Klemm, Rolf	346	Krieger, Karl-Ludwig	346
Kletschkowski, Thomas	265, 342	Kriegisch, Martin	207
Kling, Christoph ..	129, 130, 131, 347	Krini, Mohammed	326
Klingler, Maike	133	Krömer, Florian ...	176, 178, 374
Klippel, Wolfgang .	113, 114, 119, 237	Kropp, Wolfgang	209
Kluth, Sebastian	134	Krüger, Jan	320
Knauer, Martin	302, 402	Kruh-Elendt, André	291
Knauf, Denis	239, 381	Krujatz, Felix	185, 186
Kniesburges, Stefan	173	Krump, Gerhard ...	152, 261, 382
Knöfel, Björn	243, 359	Kühn, Christian	92
Kob, Malte	383, 383	Kühner, Till	88
Koch, Christian	304	Kühnicke, Elfgard .	185, 186, 351
Koch, Iring	295	Küller, Jan	290
Koch, Max	189	Kuewen, Henning	286
Kochan, Kay	113, 166, 214	Kummert, Anton	230
Köllmer, Thomas	390	Kunz, Frieder	356
Költzsch, Peter	242	Kunze, Holger	359
König, Florian M.	118	Kurz, Roland	66
Köpfli, Micha	353	Kuttner, Markus	251
Körper, Steffen	156	Lachenmayr, Winfried	281
Köster, Friedemann	86	Lamotte, Lucille	76
Kohlenberg, Hans-Fleming ...	78	Lampe, Renée	301
Kohlrausch, Armin	386	Landgraf, Jürgen	356
Kohlsche, Thomas	105	Landgraf, Rabea	323
Kohnen, Michael	140	Langer, Gerrit	340
Kohrmann, Mathias .	57, 158, 318	Langer, Patrick	102
Kokabi, Omid	81	Langer, Sabine	202, 220, 370
Kokott, Alexander	219	Langfeldt, Felix	60, 369
Kollmeier, Birger ..	248, 249, 252, 391	Lanslots, Jeroen	76
Kolotzek, Norbert	303	Lautenbach, Margriet ...	277, 277
Komorek, Nicolas	136	Lauterborn, Werner	189
Kordus, Monika	307	Leão, Artur Zorzo	223
Kortlang, Steffen	329	Lechner, Christiane	189
Kotschate, Daniel	265	Leckschat, Dieter	142, 142
Koutsovasilis, Panagiotis	179	Lee, Alexander	379
Krahé, Detlef	112	Lehmann, Marius	372
Kranz, Ole	375	Leibold, Christian	50, 398
Kraus, Dieter	229, 230	Leistner, Philip	125, 158, 244
Kreh, Jasmin	148, 149	Leontopoulos, Marina	237
Krehl, Karola	168	Lepa, Steffen	382
		Lerch, Reinhard	178
		Lesnik, Sergey	190, 191
		Letens, Uwe	78

Liebetrau, Judith	211, 256	Mareze, Paulo Henrique	213, 223
Liebig, Marian	114	Marhenke, Torben	211
Liebl, Andreas	125	Marschner, Holger	216
Liebl, Theresa	221, 222	Martens, Susanne	89
Lieblang, Peter	160	Martin, Rainer	334
Liebler, Marko	348	Martinez, Sergio C.	275, 368, 368
Liegl, Rudolf	314	Masovic, Drasko	175
Lielens, Gregory	165	Materne, Daniel	135
Liepert, Manfred ..	264, 355, 355	Matthies, Hermann G.	202
Lindmaier, Jörn	268, 358	Maue, Jürgen	79
Lindner, Paul	135, 273	Mayr, Andreas R.	70, 318
Lingner, Andrea	50	Maysenhölder, Waldemar .	62, 63
Linke, Julian	147	Mecking, Jens	284
Lippert, Stephan	226	Mecking, Simon	69, 158
Llorach, Gerard	299	Meier, Andreas	69
Lodermeyer, Alexander	173	Meier, Peter	261
Logdesser, Andreas	74	Melde, Kai	96, 96
Loh, Karin	283	Melz, Tobias .	212, 217, 218, 218,
Lohmann, Henning	55, 337		262, 344
Lohmann, Timo	71	Menne, Tobias	336
López Cortés, Joaquín	132	Merchel, Sebastian	210, 391
Lorenz-Kierakiewicz, K.-Hendrik ..	278, 282	Mettin, Robert	189, 190, 190,
			191, 191, 192
Lozo, Carina	82	Michael, Thilo	84
Lucchi, Michele	298	Miklós, András	377
Luckinger, Gustav	362	Miksch, Matthias	60, 170
Lübeck, Tim	141	Mirza, Zafar-Baig	326
Lütke, Benjamin	332	Mittag, Gabriel	83, 86, 97
Lukashevich, Hanna	92, 211, 390	Mix, Sabrina	161
Lykartsis, Athanasios	245	Möhler, Ulrich	112, 354, 355, 355
Mach, Michael	93	Möller, Sebastian .	83, 84, 86, 97,
Mäder, Marcus	177, 232, 241		98
Männchen, Andreas ...	117, 119,	Mohamady, Samira	120
	196, 196	Moheit, Lennart	71, 198, 241, 343
Männel, Manuel	209	Molla, Stephane	306
Mair, Georg	102	Mollon, Pierre	306
Majdak, Piotr	138, 311	Monner, Hans Peter	219
Majima, Ryo	79	Moore, Brian C. J.	151
Manegar, Farhan Ahmed	173	Moore, John David	397
Mangelsdorf, Friedrich	329	Moosmüller, Sylvia	82
Mann, Peter	366	Moosrainer, Marold	56
Maravich, Maria Mareen	391	Moreau, Danielle J.	376
Marburg, Steffen	62, 95, 100,	Mores, Robert	378, 379, 380
	101, 102, 103, 104, 177, 198, 199,	Morschel, Christopher	216
	200, 232, 241, 316, 339, 342, 343	Moscoso Cires, Rodrigo	103
Marchi, Gabriele	260	Movahed, Ali	187

Mroz, Bartłomiej	140	Nowak, Johannes	117, 119, 196, 196, 211, 256, 297, 390
Mühlhans, Jörg	379	Nowak, Patrick	120, 310
Müller, Franz	98	Nusser, Bernd	160
Müller, Gerhard	56, 60, 170, 315	Nyga, Sebastian	170
Müller, Gregor	339	Obando Leitón, Miguel	387
Müller, Jens	192	Oberdorfer, Phillip	100
Mueller, Meinard	335, 336	Oberem, Josefa	295
Müller, Paul	315	Oberfeld-Twistel, Daniel	152, 396
Müller, Uwe	112, 354, 355, 355	Ochmann, Martin	110, 180, 200, 202, 279, 280
Müller, Uwe	60, 61, 170	Oddershede, Jens	100
Müller-Giebeler, Mark	167	Oehler, Michael ...	380, 384, 238
Müllner, Herbert	353	Ohl, Claus-Dieter	97
Münch, Hannes	344	Ohl, Siew-Wan	193
Musser, Chadwyck	55	Olbrich, Markus	164
Myck, Thomas	358, 362, 363	Olszewski, Dirk	327
Mysore Guruprasad, Shreyas	202	Osterziel, Johannes	178
Naderi, Babak	97	Ostrowski, Stefan	282
Nakajima, Hideko Heidi	400	Otto, Thomas	194
Namenas, Alexej	228, 231	Paas, Bastian	247
Namenas, Anton	267	Paillasser, Sebastien	76
Nasrollahnejad, Afroz	297	Pape, Christian	267
Navikas, Mantas	397	Papsdorf, Gunther	215
Nebel, Adelheid	251	Pardowitz, Benjamin	372
Neher, Jochen	132	Paschereit, Oliver	181, 374
Neidhardt, Annika	296, 297, 390, 390	Pasteur, Samuel	318
Nejedl, Volkmar	227	Paul, Seedo Eldho	267
Nelke, Christoph	85	Pausch, Florian	250, 283
Nelus, Alexandru	334	Pausch, Konrad	111
Netzband, Dennis	221	Pecka, Michael	50
Neubauer, Philipp	262	Peeters, Bert	208
Neubauer, Reinhard O.	65	Peiffer, Alexander	57, 60, 170
Neumayer, Maximilian	311	Peinke, Joachim	183
Ney, Hermann	336	Peissig, Jürgen	393, 393
Nicht, Andreas	210	Pelz, Marie	349
Nicoletti, Michele	387	Pena Fernandez, Juan Jose ..	174
Niebuhr, Oliver	323	Peng, Zhao Ellen	255
Niekiel, Florian	196, 196	Petry, Nico	356
Nierla, Michael	189	Pfändner, Benjamin	278, 282
Nissen, Ivor	230	Pfaffelhuber, Klaus	48
Nocke, Christian	122, 126	Pfaffenbach, Carmella	247
Nogueira, Waldo	397	Piepiorka, Joscha	108, 108, 338
Nojavan, Aidin	370	Pieren, Reto	353
Nophut, Marcel	393, 393	Pies, Dan	368
Nordborg, Anders	329	Pies, Kai	275, 368, 368
Nordheim, Friederike	70		

Pigasse, Gilles	100	Renz, Tobias	125
Piorr, Detlef	369	Rettberg, Till	285
Pirch, Polina	160, 383	Reuter, Christoph .	238, 239, 379, 381, 384
Piscoya, Rafael	200	Reuter, Fabian	190, 191
Plogsties, Jan	311	Richter, Jan-Gerrit	138, 295
Pöppel, Josef	402	Riedel, Jörg	176
Pörschmann, Christoph	141	Rindel, Jens Holger	122
Pohl, Matthias	75, 80	Ritter, Doris Maria	383
Pomberger, Hannes	298	Ritterstaedt, Uwe	154
Ponschab, Michael	342	Rivera Benois, Piero	120
Poppitz, Josef	301	Römer, Ulrich	202
Potchinkov, Alexander	235	Röösli, Martin	353
Pottgiesser, Uta	161	Rohdenburg, Thomas	329
Preihs, Stephan	393, 393	Rohringer, Wolfgang ...	257, 258
Probst, Christian ..	192, 213, 215	Rolfes, Raimund	89, 89
Probst, Wolfgang	124	Rollwage, Christian	295
Probst-Hensch, Nicole	353	Roos, Michael	171
Pucher, Michael	82	Roozen, Bert	353
Püschel, Dirk	312	Rosello, Juan M.	189
Pusch, Arne	87	Rosenkranz, Robert	305
Putner, Jakob	72	Roßberg, Sebastian	169
Qiao, Ziliang	229	Rost, Katharina	396
Qin, Chuan	113	Rothe, Sebastian	220
Raake, Alexander	85, 292	Roths, Johannes	260
Rabe, Ute	170, 187	Rucz, Péter	203, 378
Rabenstein, Rudolf	234	Rudnicki, Marek	387
Rabold, Andreas	69, 158	Rudrich, Daniel	144
Rader, Tobias	399	Rudzik, Franziska	353
Ram, Matthias	55, 338	Rückerl, Andreas	144
Rath, Katharina	185, 186	Ruff, Andreas	68
Raufer, Stefan	244, 400	Ruhnau, Mirko	134, 135
Raumer, Hans-Georg	100	Rupitsch, Stefan J.	189, 342
Rebbe, Katharina	228	Ruppert-Pils, Eva	125
Redeker, Julian	220	Rusconi Clerici, Andrea	195
Redon, Milan	318	Rust, Marvin	347
Reimann, Diana	149, 150	Ruz, Janes	260
Reimes, Jan	85, 326	Saati Khosroshahi, Ferina	95
Reinhard, Riccardo	142	Saati Khosroshahi, Kiana	84
Reinhold, Steffi	317, 379	Sachau, Delf	93, 266, 275
Reinink, Fred	208	Saeidi, Nooshin	194
Reiter, Paul	64	Saitis, Charalampos	245
Reithmeier, Eduard	267	Salminen, Nelli H.	146
Rekitt, Martin	298	Sarac, Ekim	191
Rennies, Jan .	87, 253, 308, 309, 309, 386	Sarradj, Ennes ...	135, 175, 176, 197, 329, 348, 349, 372, 376
Renz, Andreas	182		

Saß, Bernd	66	Schneider, Christoph	247
Saurer, Tina	206, 207	Schneider, Felix	56
Sautter, Jonas	328	Schneider, Marc	372
Schaab, Maximilian	263	Schneider, Martin	67, 68, 316
Schaal, Clarissa	218	Schneider, Martin	116, 137
Schädler, Marc René ..	248, 249,	Schnelle, Frank	66
	252	Schnepp, Harald	325
Schäfer, Friederike	254	Schoder, Stefan	106, 109
Schäfer, Ingo	202	Schön, Eckhardt	85
Schäfer, Ingo	224	Schöneweiß, Robert ...	129, 130
Schäfer, Magnus	326	Schoenmaker, Esther	51
Schäfer, Maximilian	234	Schönrock, Andreas	382
Schäfers, Martin	68	Schoenwald, Stefan	162
Schäffer, Beat	357	Schöpfer, Fabian	70
Schäl, Stefan	225	Schörkhuber, Christian	141
Schärer Kalkandjiev, Zora ...	163	Scholz, Magdalena	343
Schaffner, Emmanuel	353	Schoppa, André	102
Schanda, Ulrich	70, 318	Schreckenber, Dirk ...	112, 354,
Schatzl, Franz	105, 106		355, 355, 357
Scheck, Jochen	161	Schröder, Elmar	121
Scheel, Henning	59	Schröder, Jens	252
Schelle, Florian	126, 127	Schröder, Sven	229
Schenk, Harald	194	Schröder, Thorben	108, 108, 111,
Schenk, Hermann	194		178
Schenk, Konrad	271	Schröder, Wolfgang	111
Schenk, Thomas	271	Schubert, Dominik	163, 321, 322
Schepker, Henning	87	Schubert, Stefan	204
Scheunemann, Christian	401	Schuffenhauer, David	194
Scheuren, Joachim	388	Schuller, Björn	334, 337
Schierling, Jutta	380	Schultheis, Holger	306
Schilp, Andreas	320	Schulz, Jens-Uwe	161
Schira, Jonas	359	Schulz, Katharina	192
Schlesinger, Anton	279, 280	Schulz, Melanie	98
Schlittenlacher, Josef	151	Schulze, Christian .	134, 135, 273
Schlüter, Ralf	48, 336	Schulze, Henning	213
Schmelzer, Martin	352	Schuster, Timo	312
Schmid, Jonas	102	Schutte, Michael	300
Schmid, Rainer	357	Schwarzenbacher, Florian ...	238
Schmid, Roman	93	Schwendicke, Anna	303
Schmidt, Christoph	82, 87	Schwertfirm, Florian	107
Schmidt, Gerhard ..	83, 228, 228,	Seeber, Bernhard ..	53, 144, 146,
	231, 251, 267, 323, 325, 328		259, 287, 303, 388, 398
Schmidt, Lothar	269	Seibold, Julia	295
Schmidt, Michael	165	Seidel, Johannes	166
Schmitt, Maximilian	337	Seidler, Hannes	224
Schneehagen, Erik Wilhelm .	197	Seitz, Steffen	192

Selbmann, Franz	194	Steinbach, Lisa	165
Selzer, Jan	126, 127	Steiner, Elisabeth	233
Senan, Toros	386	Steiniger, Yannik	230
Sentpali, Stefan ..	163, 241, 262, 321, 322	Stephens, Dwayne	192
Sepahvand, Kheirollah .	104, 316	Stiebel, Dorothée	330
Serafimov, Radi	328	Stienen, Jonas	289
Sessler, Gerhard M.	348	Stiller, Dietmar	227, 230, 231
Sesterhenn, Jörn	110, 174	Stöber, Uwe	225
Sethi, Anuj	328	Störig, Christian	319
Setzer, Dorothea	295	Stöbel, Rainer	258
Shaposhnikov, Kirill	174	Stoevesandt, Bernhard	183
Sharma, Sparsh	176	Stoewer, Torsten	217
Shinn-Cunningham, Barbara	249	Stoltenberg, Arne	224
Sickert, Peter	129	Stolz, Michael	194
Sicklinger, Stefan	58	Stoppel, Fabian	196, 196
Siddiq, Saleh	381, 384	Strigari, Fabio	91, 204
Siedenburg, Kai	245	Stumpner, Roman	121
Sigloch, Maximilian	401	Sukalo, Drazenko	223
Silkeit, Patrick	108, 108, 178	Sultani, Hoshang	111
Skoda, Sabrina	247	Sunkel, Manuel	90
Skowronek, Janto	85	Sutojo, Sarinah	51, 153
Skowronek, Viktor	355	Svensson, Elin	174
Sladeczek, Christoph ..	114, 263, 291	Szczepaniak, Mariusz	102
Sloma, Ulrike	390, 390	Takanen, Marko	53, 146
Slomski, Elena Maja	212	Talbot, Alexis	165
Smeha, Laís	254	Tapken, Ulf	183
Soloducha, Michal	85	Tarr, Irmtraud	233
Sommerhuber, Ryan	257	Tauböck, Georg	115
Sontacchi, Alois	298	Tautz, Matthias	173
Sottek, Roland ...	73, 76, 77, 291	Tetzlaff, Ronald	192
Späh, Moritz	158, 360, 361	Tharandt, Andreas	213, 215
Spannan, Lars	95	Thavam, Sinthiya	145
Spehr, Carsten	371	Theuerkauf, Nils	229
Sperdin, Vincent	162	Thiemann, Joachim	153, 286
Spielhofer, Roland	207	Thierbach, Roman	364
Spitz, Finn	251	Thiermann, Michael	295
Spors, Sascha	285, 287, 290	Thiesse, Laurie	353
Stadtschnitzer, Michael ...	82, 87	Thomas, Christian	59
Stahl, Kathrin	173	Thompson, David J.	331
Stampka, Katja	329	Thomsen, Frank	225
Stange-Kölling, Sylvia	317	Tietze, Thomas	93
Starnberg, Maria	333	Timmermann, Lukas ...	185, 186, 351
Steffens, Jochen	98, 382	Töpken, Stephan	263
Stein, Lewin	110	Tollenaar, Christiaan	205
		Trimpop, Mattias	366

Tröbst, Steffen	75	Wagner, Bernhard	196, 196
Troge, Jan	135	Wagner, Philipp	71
Troll, Agostino	158	Wagner, Udo	215
Tüske, Zoltan	336	Wakan, Sebastian	222
Turner, Richard E.	151	Wallaschek, Jörg	211
Turova, Varvara	301	Wallmeier, Ludwig	51
Twiefel, Jens	211	Walter, André	205
Ullisch-Nelken, Christian	129, 130	Walter, Florian	167
Ungnad, Steffen	93	Wardenga, Nina	248
Uppenkamp, Stefan	304	Warzybok, Anna	46, 248, 249
Urbán, Daniel	353	Waschkies, Thomas	187
van de Par, Steven .	51, 153, 263, 286, 301, 312	Wasmer, Paul	201
Van Hal, Willem	55	Wassermann, Eva	121
Van Loon, Ronald	205	Waubke, Holger	340, 341
Van Munster, Bjorn	114	Weber, Lutz	314
Van Vliet, Willemjan	208	Weber, Martin	187
Varela, Macarena	116	Weber, Matthias	214
Velizhanina, Serafima	76	Weber, Tilo	234
Venghaus, Helmut	94, 331	Webersen, Manuel	184
Vercammen, Martijn	277, 277	Weege, Tobias Andreas	383
Verhey, Jesko	151, 152, 307, 386, 389	Wegerhoff, Matthias	77
Vermeulen, Markus	167	Wehr, Reinhard	207, 272
Vienneau, Danielle	353	Weinandy, René	358
Viveros Munoz, Rhoddy	255	Weinheimer, Jürgen	367
Völk, Florian ..	52, 148, 149, 149, 150, 256, 387, 389, 394, 395	Weinzierl, Stefan ...	81, 137, 143, 145, 163, 245, 288, 293, 293
Vogel, Klaus	194	Weisheit, Konrad	101
Vogel, Stefan	216	Weiß, Bernhard	93
Vogelsang, Berthold	362, 363	Weißgerber, Tobias	395, 399
Vogl, Steffen	253	Weitnauer, Michael	137
Voigt, Peter	85	Wendt, Florian	140, 146, 147
Voit, Christian	67	Wendt, Torben	301
Volgenandt, Andreas ...	309, 309	Wenzel, Sören	212
Volkmann, Johannes	210	Werner, Kaue	398
Volkmar, Christian	308	Werner, Maike	320
von Estorff, Otto ...	55, 105, 108, 108, 111, 166, 168, 178, 226, 337, 338, 371	Werner, Stephan .	296, 298, 329, 390
Von Pein, Jonas	226	Westphal, Torsten	270
Vorländer, Michael	140, 167, 215, 284, 285, 288, 289, 293	Westphalen, Thomas	170
Wächtler, Moritz	131	Wichary, Sebastian	230
Wagner, Alexandra	278	Wiegrebe, Lutz	51, 300
Wagner, Andreas	269, 280	Wiemer, Maik	194
		Wierstorf, Hagen	292
		Wilberg, Martin	305
		Wilkens, Volker	187
		Wink, Peter	320

Winneke, Axel	308	Yerramada, Mamatha	168
Winter, Christoph	56, 315	Yoshida, Junji	79
Winter, Fiete	290	Zafeiropoulos, Nikos	321
Winter, Philipp	178	Zaleski, Olgierd	55, 168, 337
Wirth, Wu	116	Zalkow, Frank	335
Wirtz, Christian	387	Zatko, Peter	353
Wisch, Tim Owe	228, 231	Zaunschirm, Markus ...	140, 141
Witte, Matthias	375	Zeitler, Berndt	68, 161, 316, 317, 379
Wittek, Gerhard	345	Zeng, Qingyun	97
Wittstock, Volker ..	157, 317, 350, 350, 352	Zequeira Jiménez, Rafael	98
Wöckel, Sebastian	185	Zerle, Karl	104
Wolf, Arthur	325	Zhao, Wenchang	339
Wolf, Carmen	185, 186	Zhou, Xiaoru	158, 360, 361
Wolf, Mario	185, 186, 351	Ziegelwanger, Harald	64
Wolf, Thomas	73	Ziegenhals, Gunter	377
Wolff, Andrea	127, 129, 130, 131	Ziemer, Tim	306
Wolff, Oliver	70, 318	Zimpfer, Véronique	310
Woschke, Elmar	95	Zinner, Maximilian	198
Wu, Datong	260	Zölzer, Udo ..	120, 227, 236, 310
Wühle, Tom	391	Zollner, Juergen	321
Wüst, Michael	189	Zollner, Manfred	235, 237
Wunderli, Jean Marc ...	353, 357	Zotter, Franz ..	139, 140, 144, 147, 297
Wurm, Frank-Hendrik	375		

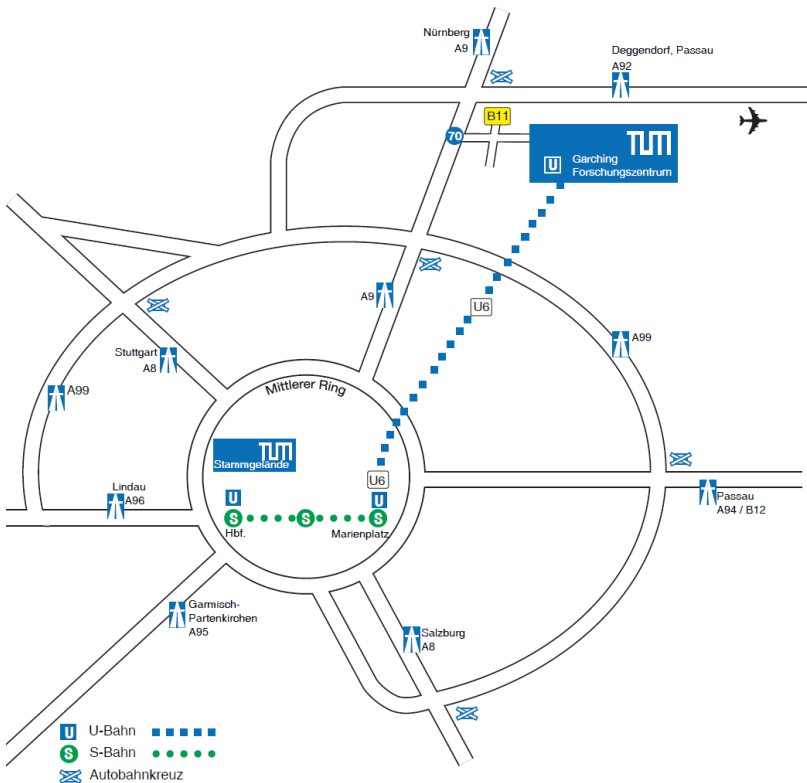
Anreise zum Tagungsgelände

Anreise mit dem Pkw:

- sowohl vom Süden (z.B. von München) als auch vom Norden (z.B. Flughafen) her vorzugsweise die Autobahn (A9) bis zur Ausfahrt Garching Nord (Ausfahrt 70)
- nach der Ausfahrt in Richtung *Forschungsinstitute* über die Kreuzung mit der B11 hinweg in die Ludwig-Prandtl-Straße (siehe Buchrücken)

Parkmöglichkeiten

Linkerhand in der Ludwig-Prandtl-Straße erstreckt sich ein Parkplatz nach Norden bis zur Lichtenbergstraße. Zum Tagungsgebäude überqueren Sie von dort den Wiesäckerbach Richtung Osten (obere Brücke). Weitere Parkplätze finden Sie in der Boltzmannstraße südlich des Tagungsgeländes zu 0,50 € pro Tag (siehe hinterer Umschlag).



Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln:

Vom Hauptbahnhof München:

- jede S-Bahn zum Marienplatz, anschließend U6 bis Garching-Forschungszentrum (ca. 30 Minuten) oder
- U1/U2 zum Sendlinger Tor, anschließend U6 bis Garching Forschungszentrum (ca. 35 Minuten)

Vom Flughafen München:

- S1 bis Neufahrn, anschließend Regionalbus 690 bis Garching Forschungszentrum (ca. 45 Minuten) oder
- S8 bis Ismaning, anschließend Regionalbus 230 bis Garching Forschungszentrum (ca. 50 Minuten)

Fahrtickets für öffentliche Verkehrsmittel:

vom Flughafen nach Garching:	Tagesticket Außenraum (6,70 €)
von der Innenstadt nach Garching:	Tagesticket XXL (8,90 €)
von der Innenstadt nach Garching:	Einzelticket Zone 1+2 (5,80 €)
vom Tagungsort zur Stadt Garching:	Einzelticket Kurzstrecke oder 1 Streifen der Streifenkarte

Als preisgünstige und flexible Möglichkeit empfehlen wir den täglichen Kauf des Tagestickets XXL zu 8,90 €, das den gesamten Münchner Innenstadtbereich inklusive Garching Forschungszentrum (Zonen 1+2) beinhaltet. Für Anreisende vom Flughafen mit Hotel im Innenstadtbereich München empfehlen wir für die Reisetage den Kauf des Tagestickets Gesamtnetz zu 13,00 €.

Alle Tickets erhalten Sie an den Automaten sowie an den Verkaufsstellen an vielen U- und S-Bahn-Stationen. Zusätzlich können Sie sich im Web informieren und die Tickets auch online erwerben:

www.mvv-muenchen.de ⇒ Ticketshop

U-Bahn-Linie 6:

Die U-Bahn-Linie 6 startet am Halt der Tagung (Nordosten Münchens), direkt neben dem Eingang zum DAGA-Tagungsgebäude MW: Station „Forschungszentrum Garching“.

Ohne Umsteigen gelangen Sie mit der U6 im Verlauf der Linie von hier zu den Stationen

- „Garching“ (Stadt Garching, 1 Station bis zur Tagung)
- „Freimann“ (Geselliger Abend am 20. März, s. nächste Seite)
- „Münchner Freiheit“ (Englischer Garten)
- „Marienplatz“ (Münchener Innenstadt, Umstieg Stadtbahn)
- „Klinikum Großhadern“ (Endstation, im Südwesten Münchens)

Wegbeschreibung zur Abendveranstaltung

*Geselliger Abend am Dienstag, 20. März, Kesselhaus und Kohlebunker
Adresse: Lilienthalallee 35, 80939 München*

Mit dem Auto (vom Tagungsort aus)

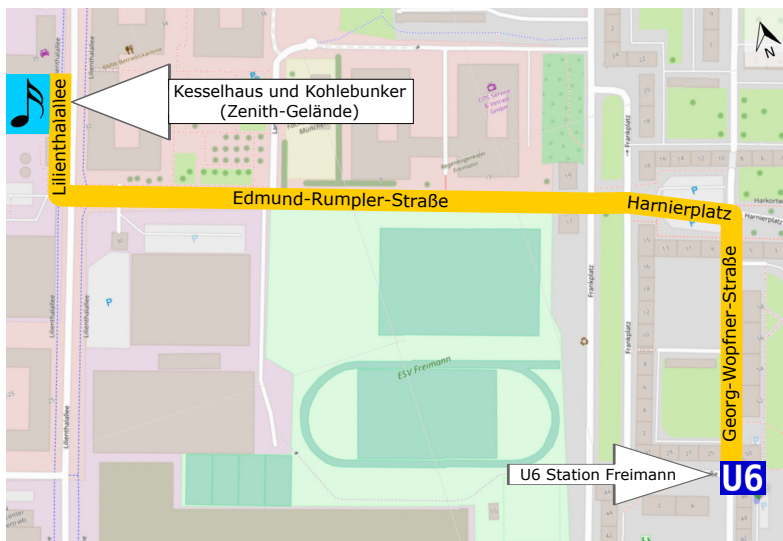
- Ludwig-Prandtl-Straße Richtung Westen
- anschließend A9 Richtung Süden bis Ausfahrt „Freimann“
- Rechts in die Heidemannstraße, dann links in die Lilienthalallee
- nach 500 m Ziel auf der rechten Seite. (11km, 20 Min.)

Website der Location: www.kesselhaus.org

Mit der U-Bahn

- Linie U6 bis Station „Freimann“
- dort Ausgang Richtung Georg-Wopfner-Straße
- nach links zum Harnierplatz einbiegen
- dem Straßenverlauf folgen (Edmund-Rumpler-Straße)
- nach rechts in die Lilienthalallee einbiegen
- das Gelände befindet sich linkerhand

Fußweg Station Freimann (U6) ⇒ Zenithgelände (Kesselhaus)



Quelle: www.openstreetmap.org (CC BY-SA) / © OpenStreetMap-Mitwirkende

Wir empfehlen die Anreise mit der U-Bahn, damit Sie unser DAGA-Bier „Akustiner“ mit gutem Gewissen genießen können.

Hotels und Tourismus

Alle wesentlichen Angaben zu Unterkünften und Hotels finden Sie auf der DAGA-Webseite unter www.2018.daga-tagung.de/tagungsort/.

Dort können Sie direkt ein Hotelzimmer über das hrs-Partnerprogramm buchen. Eine frühzeitige Reservierung wird empfohlen. Geografisch vorteilhaft liegen Unterkünfte in Nähe der U-Bahnlinie 6.

Jungen und preisbewussten Teilnehmern, die sich bereits im Hotel vernetzen wollen, wird empfohlen im Jaeger's Hostel (www.jaegershotel.de) zu übernachten und bei der Reservierung „junge DEGA“ anzugeben. Das Hotel bietet Mehrbettzimmer mit unterschiedlichsten Bettenanzahlen an.

Exkursionen und Ausflugsvorschläge für Begleitpersonen

- **Stadtinformation**

Nutzen Sie die Zeit, um München und seine Umgebung zu erkunden: Angefangen vom Hofbräuhaus und Marienplatz nebst Viktualienmarkt und zahlreichen Cafes, über den Englischen Garten und Schloss Nymphenburg bis hin zur BMW-Welt und Allianz-Arena finden Sie viele Attraktionen und Sehenswürdigkeiten mit bayerischem Charme. Anregungen finden Sie unter www.muenchen.de.

- **Stadtführung in München bei „Weis(s)er Stadtvogel“**

Beim Weis(s)en Stadtvogel finden Sie kreative thematische Stadtführungen für wortwörtlich jeden Geschmack und verschiedenste Interessen, darunter die „Kulinarische Tramtour“, die „Viktualienmarkt-Probiertour“ und die „Stadtführung zum Tatort München“. Die Führungen können auch spontan gebucht werden, die Anmeldung ist für Einzelpersonen und für Gruppen möglich.

Anmeldung und Information:

<https://www.stadtvogel.de> ⇒ *Kalender*

Tel. 089-2032 453 60

- **Münchens Top Ten**

Vorschläge für Unternehmungen in jede erdenkliche Richtung finden Sie unter www.radiogong.de/muenchen/top-10-fuer-muenchen

Aufgelistet sind dort unter anderem die 10 schönsten Münchener Isar-Plätze, Spaziergänge, Eisdielen, Kneipen, Dachterrassen, Wellness-Oasen, Aktivitäten für Familien... und viele weitere Ideen für einen gelungenen Münchenbesuch.

Hinweise zur Verpflegung

Während der Tagung stehen Ihnen durchgängig Kaffee, Tee und Erfrischungsgetränke zur Verfügung. Auf dem Campus Garching finden Sie zahlreiche fußläufige Möglichkeiten für Snacks und Mittagsverpflegung:

- *A - Bistro in der Fakultät Mathe/Informatik*
Mittagsgerichte für 3 bis 7 € / Snacks
Öffnungszeit: 07:00 bis 19:00 Uhr, Mittag ab 11:30 Uhr
Ort: Boltzmannstraße 3 (unterhalb des Interim-Gebäudes)
- *B - Kantine des Max-Planck-Institutes*
Mittagsgerichte für 3 bis 7 €
Öffnungszeit: 11:15 bis 13:30 Uhr
Ort: Boltzmannstraße 2 (im IPP - bitte Tagungsausweis vorzeigen)
- *C - Gate Kitchen*
Traditionelle/Internationale/Thaiküche für 4 bis 8 €, Backwaren
Öffnungszeit: 08:00 bis 17:00 Uhr, Mittag ab 11:45 Uhr
Ort: Lichtenbergstraße 8 (im Gate Garching)
- *D - Herr Lichtenberg*
Brotzeit und Süßes / Snacks
Öffnungszeit: 08:00 bis 17:00 Uhr
Ort: Lichtenbergstraße 6 (Entrepreneurship-Zentrum)
- *E - Campus Cneipe C2*
Brotzeit und Salate
Öffnungszeit: 12:00 bis 14:00 Uhr, Donnerstag bis 14:30 Uhr
Ort: Lichtenbergstraße 2 (neben der Mensa)
- *F - Mensa und StuCafé*
Mittag zu rund 5 €, Bezahlung per Legic-Karte (dort erwerbbar)
Öffnungszeit: ab 12 Uhr
Ort: Lichtenbergstraße 2
- *G - Crazy Bean*
Pizza und Burger für 4 bis 7 €
Öffnungszeit: 10:00 bis 15:00 Uhr
Ort: Lichtenbergstraße 2a (beim TUM-IAS)
- *H - StuCafé*
Mittag zu rund 5 €, Bezahlung per Legic-Karte (dort erwerbbar)
Öffnungszeit: ab 12 Uhr
Ort: direkt im Tagungsgebäude MW

- *J - Chicco di Caffè*
belegte Brötchen, Joghurt, Snacks
Öffnungszeiten: 07:00 bis 17:00 Uhr
Ort: direkt im Tagungsgebäude MW

Übersicht Verpflegung



Auch in der Stadt Garching (1 Station mit der U6, Richtung: Klinikum Großhadern) finden Sie auf kurzem Weg zahlreiche Restaurants und Cafés für die Mittagsverpflegung.

Geldautomat

Einen Geldautomaten finden Sie nördlich des Tagungsgebäudes in der Lichtenbergstraße 4. Innerhalb der Fakultät für Chemie befindet sich ein Automat der Kreissparkasse München, er ist rund um die Uhr zugänglich.

Familien- und Kinderzimmer während der Tagung

Im Maschinenwesen-Gebäude gibt es ein Familien- und Kinderzimmer. Der Raum ist eine Einrichtung der Fakultät für (werdende) Mütter und Väter, die mit ihren Kleinen ein ruhiges Fleckchen zum Spielen, Essen, Wickeln, Schlafen oder Arbeiten suchen – egal ob Studierende, Mitarbeitende oder Gäste.

Eine Zutrittskarte kann ohne Voranmeldung jederzeit bei der Pforte entliehen werden. Den Raum MW 0807 finden Sie im EG seitlich rechts neben dem StuCafé.

WLAN Zugangsdaten

Nutzer, die einen eduroam-Zugang haben, können diesen auf dem Universitätsgelände verwenden.

Exklusiv für die DAGA-Tagung wird ein WLAN-Netz bereitgestellt:

Netzwerkname: mwn-events
Benutzername: DAGA
Passwort: XLrN14Ff

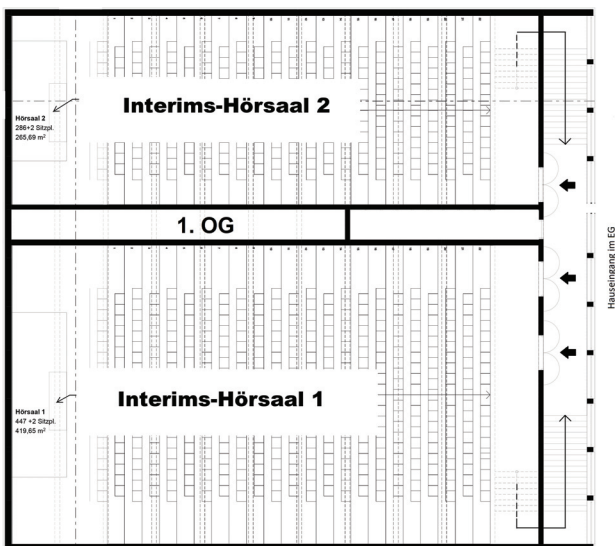
Als weitere Variante steht das „BayernWLAN“ zur Verfügung:

Netzwerkname: @BayernWLAN
Log-In: über Anmeldeseite im Webbrowser

Alle drei Zugangsmöglichkeiten sind kostenfrei.

Gebäudepläne

Interimsgebäude

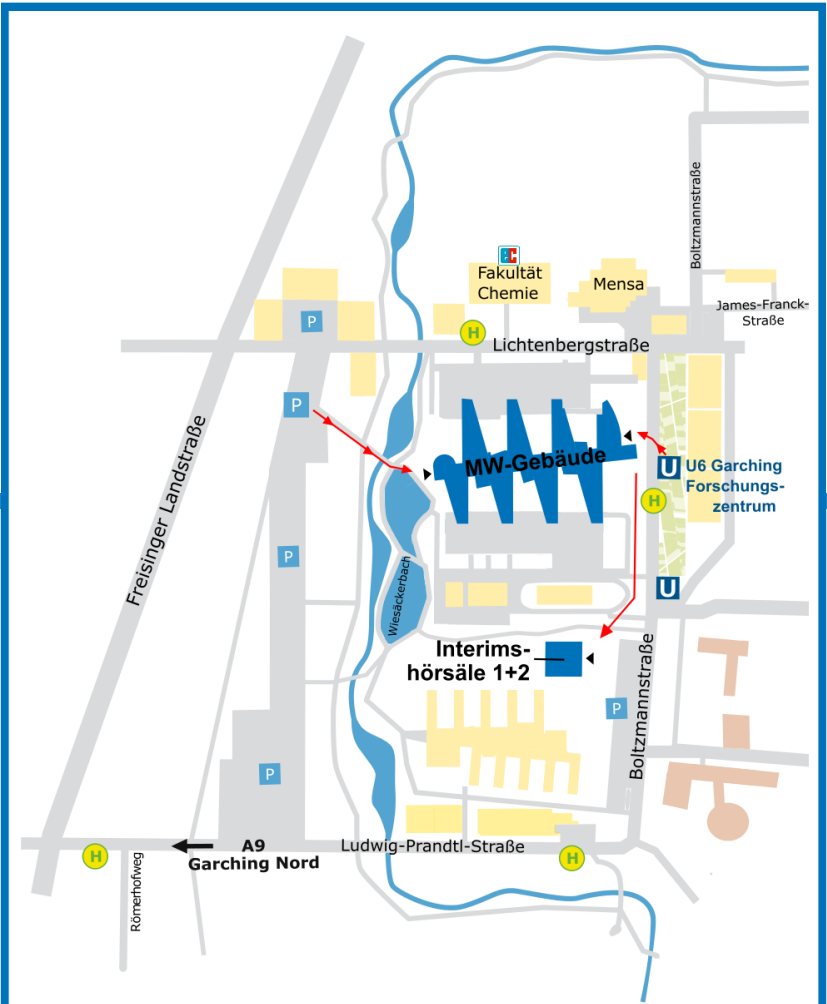


Gebäude Maschinenwesen - Übersicht siehe rechte Seite





Campus Garching



Legende

 Tagungsort: Fakultät für Maschinenwesen (MW) & Interims-Hörsäle	 Öffentliche Parkplätze
◀ Haupteingang Tagung	 U-Bahn-Station
 weitere Gebäude der TUM	 Bushaltestelle
	 Geldautomat (Sparkasse)

Raumpläne S. 424, Anreise S. 418
Übersicht Mittagsverpflegung S. 422