



45. JAHRESTAGUNG FÜR AKUSTIK

18. bis 21. MÄRZ 2019



PROGRAMM



Universität
Rostock



Traditio et Innovatio




$$\sum_{f_1}^t \mu_1 \sum_{f_2}^t \mu_2 \sum_{f_3}^t \mu_3 \sum_{f_4}^t \mu_4$$
$$CR_j = \sum_{f_1}^t \mu_1 \sum_{f_2}^t \mu_2 \sum_{f_3}^t \mu_3 \sum_{f_4}^t \mu_4$$
$$EV_j = \sum_{f_1}^t \mu_1 \sum_{f_2}^t \mu_2 \sum_{f_3}^t \mu_3 \sum_{f_4}^t \mu_4$$
$$O_j = \sum_{f_1}^t \mu_1 \sum_{f_2}^t \mu_2 \sum_{f_3}^t \mu_3 \sum_{f_4}^t \mu_4$$
$$(O_j - \bar{O}_j) = \sum_{f_1}^t \mu_1 \sum_{f_2}^t \mu_2 \sum_{f_3}^t \mu_3 \sum_{f_4}^t \mu_4$$

Wir entwickeln die Metriken.

Seit mehr als 30 Jahren aktiv in Forschung, Lehre und Entwicklung: Elektromobilität, Smart Home Testing, Analysen zu Tonhaltigkeit und Impulshaltigkeit, komplexe Schallfeldreproduktionen oder Beurteilungen von Sprach- und Audioqualität sind nur einige unserer aktuellen Themen.

– Programm –

**DAGA 2019 – 45. Deutsche Jahrestagung für Akustik
18. bis 21. März 2019 in Rostock**

www.daga2019.de

Veranstaltungsort

Stadthalle Rostock
Südring 90
18059 Rostock
www.inrostock.de

(Anfahrt sowie Raumpläne siehe Seite 335)

Öffnungszeiten von Ausweisausgabe und Tagungsbüro

18. März 2019: 11:30 - 17:00 Uhr
19. März 2019: 08:00 - 17:00 Uhr
20. März 2019: 08:00 - 17:00 Uhr
21. März 2019: 08:00 - 16:00 Uhr

Veranstalter

- Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA)
- Institut für Nachrichtentechnik, Fakultät für Informatik und Elektrotechnik, Universität Rostock
- Lehrstuhl Strömungsmaschinen, Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik, Universität Rostock

unter Mitwirkung von

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

Wissenschaftliche Tagungsleitung

- Sascha Spors
- Frank-Hendrik Wurm

Organisationsteam

- Sascha Spors
- Frank-Hendrik Wurm
- Candy Kleinvogel
- Kirsten Mau
- Wolfgang Schmiedt

- Frank Schultz
- Matthias Witte
- Teresa Lehmann
- Julia Schneiderheinze

Wissenschaftlicher Beirat

- Daniel Beer
- André Fiebig
- Michael Pfadenhauer
- Alexander Raake
- Uwe Ritschel
- Wolfgang Schmiedt
- Sascha Spors
- Frank-Hendrik Wurm
- Berndt Zeitler

Kontakt

Teresa Lehmann und Julia Schneiderheinze
Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.
Telefon: +49 (0)30 340 60 38-04
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:

LASERLINE GmbH
Bild Titelseite: „beacon“ 357221 / JuliaBoldt / www.pixabay.com
(Titelbild ist lizenziert unter Creative Commons CC-0)

Grußwort der Tagungsleitung

Die Hansestadt Rostock zusammen mit seinem Seebad Warnemünde ist ein beliebtes Urlaubsziel an der Ostsee und eine Stadt mit langer Historie. Im Jahr 2018 feierte Rostock sein 800-jähriges Bestehen. In diesem Jahr darf nun auch die Wissenschaft, die ebenfalls auf eine lange Tradition in Rostock zurückblicken kann, einen runden Geburtstag begehen – 1419 gegründet, ist die Volluniversität Rostock die älteste Universität im Ostseeraum. Wir freuen uns, die DAGA zum 600-jährigen Jubiläum der Universität das erste Mal in Rostock ausrichten zu dürfen. Heute umfasst die Universität neun Fakultäten, die sich in zahlreiche Institute und Kliniken untergliedern. Zusätzlich verbindet die Interdisziplinäre Fakultät als zentrale wissenschaftliche Einrichtung Forschende und Studierende aller Fachrichtungen. Aktuell werden etwa 13.800 Studentinnen und Studenten in über 100 Studiengängen ausgebildet. Die Hochschule für Musik und Theater Rostock, sowie die Seefahrtsschule der Hochschule Wismar ergänzen das lokale Bildungs- und Forschungsangebot.

Veranstaltungsort der DAGA 2019 ist die Stadthalle Rostock. Direkt am Hauptbahnhof gelegen verfügt sie über eine hervorragende Verkehrsanbindung. Das nahe gelegene historische Stadtzentrum sowie der Stadthafen bieten sich für einen Restaurantbesuch oder einen entspannten Spaziergang an. Wir empfehlen Ihnen, die Zeit auch für einen Ausflug nach Warnemünde und dessen weitläufigen Sandstrand zu nutzen. Warnemünde ist leicht mit der S-Bahn zu erreichen. Als besonderes Highlight möchten wir Sie zu einem geselligen Abend in das dortige Kreuzfahrterminal einladen. Der freie Blick auf die Hafeneinfahrt bietet die Gelegenheit zum abendlichen Beobachten des regen Schiffsverkehrs.

Im Namen der Universität Rostock heißen wir Sie herzlich willkommen zur DAGA 2019!

Sascha Spors und Frank-Hendrik Wurm



Inhaltsverzeichnis

Grußwort	3
Zeitpläne	8
Programm und weitere Termine rund um die DAGA	24
Aussteller und Sponsoren	33
Anmeldung zur DAGA	37
Hinweise für Autoren	37
Auszeichnungen der DEGA	40
Plenarvorträge	44
Vorkolloquien am Montag	47
Akustik von Strömungsmaschinen	47
Räumliche Wiedergabeverfahren	50
Fachvorträge und Poster am Dienstag	53
Bauakustik 1	53
Fahrzeugakustik 1	59
Fahrzeugakustik (Poster)	66
Psychoakustik 1	69
Psychoakustik (Poster)	74
Noise emission of wind turbines and turbomachinery systems	78
Strömungskustik 1	82
Lärm am Arbeitsplatz	85
Lärm (Poster)	92
Betrachtung von Unsicherheiten in der Vibro- und Aero- akustik	98
Technische und Physikalische Akustik (Poster)	102
Physikalische Akustik	106
Akustische Messtechnik und Sensorik 1	109
Open Science and Reproducibility	116
Technische Akustik	120
Musikalische Akustik	123
Musikalische Akustik (Poster)	128
Analyse und Synthese der Richtwirkung von Musikinstru- menten	130
Fachvorträge und Poster am Mittwoch	132
Bauakustik 2	132
Raumakustik, Lokalisation und Audiotechnik (Poster)	141
Fahrzeugakustik 2	145

Lärmbewertung 1	153
Psychoakustik 2	156
Strömungsakustik 2	167
Strömungsakustik (Poster)	175
Numerische Akustik 1	176
Sprachverarbeitung	178
Sprachverarbeitung (Poster)	182
Sprach- und Audioqualität	185
Sprach- und Audioqualität (Poster)	190
Infraschall	191
Luftultraschall	192
Ultraschall (Poster)	199
Ultraschall	204
Akustische Messtechnik und Sensorik 2	208
Akustische Messtechnik und Sensorik (Poster)	213
Lärmausbreitung / Windkraftanlagen	214
Meeresakustik und Wasserschall 1	217
Strukturintensität - Berechnung, Messung, Nutzen	220
Strukturintensität - Berechnung, Messung, Nutzen (Poster)	223
Augmented Acoustic Reality	224
Augmented Acoustic Reality (Poster)	229
Binauraltechnik	230
Binauraltechnik (Poster)	234
Geschichte der Akustik / Lehre der Akustik	236
Geschichte der Akustik / Lehre der Akustik (Poster)	239
Philosophie in der Akustik	239
Fachvorträge und Poster am Donnerstag	243
Raumakustik	243
Lärmschutz	251
Audiologische Akustik	256
Überströmte Schallabsorber	259
Lärmbewertung 2	265
Numerische Akustik 2	269
Sprache und Audio im KFZ	279
Fahrbahngeräusche	284
Evaluation of 3D audio reproduction of static and moving sources: Psychoacoustic methods and results	287
Baulärm - Immissionsschutzrechtliche Probleme und aktu- elle Fortentwicklung des Minderungsinstrumentariums .	290
Fluglärm	292
Meeresakustik und Wasserschall 2	296
Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung	301

Schwingungstechnik	305
Körperschall	309
Medizinische Akustik	314
Virtuelle Akustik	318
Verzeichnis der Autoren	324
Anreise, Lagepläne, Verpflegung	335
Anreise zum Tagungsgelände	335
Wegbeschreibungen	336
Hinweise zur Verpflegung und zu Hotels / Tourismus	337
Campus- und Gebäudepläne	338

Regupol® comfort

Besuchen Sie uns
an Stand 14 + 15



Die Trittschalldämmung für geringe Aufbauhöhen

- Einbaudicke 5 mm, 8 mm oder 12 mm
- Trittschallverminderung bis 29 dB
- dynamische Steifigkeit $\leq 10 \text{ MN/m}^3$
- belastbar bis 5 kN/m²



BSW GmbH

Tel.: +49 2751 803-0
Fax: +49 2751 803-109

schwingung@berleburger.de
www.berleburger.com

 BSW

Montag, 18. März 2019

	Vorkolloquium: Akustik von Strömungsmaschinen
	<i>Saal 3 (1. Obergeschoss, siehe S. 339)</i>
13:00	Einführung
13:15	Carolus, Feldmann, Mackowski, Manegar, Stahl, Volkmer: Windturbinenlärm: Vom Hinterkantenschall über die Amplitudens- modulation bis zum wahrgenommenen Störgeräusch (47)
13:45	Rautmann: Wind Turbine Noise – Practical Issues in Turbine Design and Noise Mitigation Measures
14:15	Hinnenthal, Brade, Koopmann: Schall- und Vibration von Querstrahlanlagen auf Schiffen (47)
14:45	Kaffeepause
15:00	Hieke, Sultani, Wurm, von Estorff: Identifikation von kohärenten Strömungsstrukturen und die hydroakustische Schallabstrahlung eines nabenlosen Propellers (48)
15:30	Sultani, Hieke, von Estorff, Wurm: Hydroakustische Untersuchung eines Schaufelprofils in einem nabenlosen Propellersystem basierend auf dem EIF-Verfahren und der "Moving-Least-Squares"-Methode (49)
16:00	Zusammenfassung und Diskussion

	Vorkolloquium: Räumliche Wiedergabeverfahren
	<i>Saal 2 (1. Obergeschoss, siehe S. 339)</i>
13:00	Einführung
13:15	Firtha: Generalization of Wave Field Synthesis theory with application for virtual moving sources (50)
13:45	Winter: Local Sound Field Synthesis - Physics and Perception (50)
14:15	Zotter, Rudrich, Frank: 3D-Audio-Ambisonics-Produktion für großes Publikum (51)
14:45	Kaffeepause
15:00	Pausch, Kohnen, Stienen, Aspöck, Vorländer, Fels: Implementation and Application of Acoustic Crosstalk Cancellation Systems (51)
15:30	Seeber: Psychoacoustics and spatial sound reproduction (52)
16:00	Zusammenfassung und Diskussion

	EARS II Workshop: Perception and impact of infrasound on humans
	<i>Saal 4 (1. Obergeschoss, siehe S. 339)</i>
13:00	Introduction by Christian Koch
13:10	Keynote lecture – Myck: Infrasound: What we know, what we don't know and what we would like to know
13:40	Behler: Loudness and unpleasantness of infrasound: An fMRI study
14:00	Burke: Hearing thresholds for combined audible sound with infrasound
14:20	Marquardt: Cochlear acoustics below 100 Hz: An 3D-finite element model simulation
14:40	Coffee and open discussion
15:30	Ascone Michelis: Impact of infrasound on humans: longitudinal fMRI study
15:50	Hongisto: Annoyance of low-frequency sound
16:10	Krahé: Impact of infrasound on humans
16:30	Open discussion and Closing

Die Teilnahme am Vorkolloquium oder Workshop ist kostenfrei.

Für die Teilnahme am Workshop wird um Registrierung gebeten.

(Siehe: www.daga2019.de/programm/vorkolloquien)

15:00-17:00	„Icebreaker - junge DEGA“ (S. 27, Foyer im 1. Obergeschoss)
17:00	DEGA-Mitgliederversammlung (S. 26, Saal 3)
18:30	Begrüßungsempfang (S. 35, Foyer im Erdgeschoss)

Dienstag, 19. März 2019

Saal 1

9:00 Eröffnung und Preisverleihung

- Grußworte und Musik
- Verleihung der Helmholtz-Medaille an Prof. Diemer de Vries (S. 40)
- Verleihung der DEGA-Ehrenmitgliedschaft
- Verleihung der Rudolf-Martin-Ehrenurkunde des NALS
- Verleihung des Lothar-Cremer-Preises an Dr. Robert Baumgartner (S. 41, Plenarvortrag am Donnerstag um 12:00 Uhr)
- Verleihung der DEGA-Studienpreise an M.Sc. Florian Muralter und an Dipl.-Ing. Jonathan Nowak (S. 42)

10:30 Kaffeepause

11:00 Plenarvortrag Diemer de Vries (Empfänger der Helmholtz-Medaille):
„Vom Helmholtz-Integral bis zur Helmholtz-Medaille“ (44)

11:45 Plenarvortrag Otto von Estorff:
„Berechnungen in der Akustik: Faszination oder Frustration?“ (44)

12:30 Mittagspause

– Vorträge

	Saal 1	Saal 2	Saal 3	Saal 4	Saal 5-a
	Bauakustik 1	Fahrzeug-akustik 1	Psycho-akustik 1	Wind turbines and turbomach.	Lärm am Arbeitsplatz
14:00	Rasmussen: ISO 717 sound insulation (53)	Seidler: Fluid-Struktur-Akustik Fahrz. (59)	Feldmann: Brummen Axialventilatoren (69)	Bergner: Wind turbine noisescapes (78)	Wolff: Ultraschallmess. Arbeitsplatz (85)
14:20	Kaltbeitzel: IGN und Wasserar-maturen (53)	Staron: Instationäres Windgeräusch (60)	Reffgen: Dissonanzwahrnehmung (69)	Hornung: Inflow noise (78)	Hohmann: Schallspektrum im Ohr (86)
14:40	Amann: Flächige Körperschall-quellen (54)	Gollub: Aeroakustik Kfz-Kühlerlüfter (61)	Eberlei: Optim. Schienenschleifen (70)	Martens: Sound prop. wind turbine (79)	Sickert: Kommunikation Gehörschutz (86)
15:00	Schöpfer: Installationsger. Holzbau (55)	Schwendicke: AM-modulierte GKS (61)	Colangeli: Sound annoyance prediction (71)	Preihs: Binaurale WEA-Schallanalyse (80)	Sukowski: Unter Lärm arbeiten (87)
15:20	Meier: Gebäude-technische Anlagen (55)	Caillet: Pedestrian warning simul. (62)	Wadle: Nachhall in Bildungs-räumen I (72)	Meier zu Ummeln: Fan-lärmberechnung (80)	Seidler: Lärm im OP (88)
15:40	Zeitler: Körperschallquellen (56)	Poster-kurzvorträge (Seite 12)	Poster-kurzvorträge (Seite 12)		Poster-kurzvorträge (Seite 12)

	Saal 5-b	Saal 6	Saal 7	Saal 8
	Unsicherheiten Vibro-/Aeroak.	Messtechnik + Sensorik 1	Open Science and Reproducib.	Musikalische Akustik
14:00	Chandra: Vibro-acoustic analysis (98)	Dokhanchi: Travel-time tomography (109)	<i>Interaktive Postersitzung: Alle Beiträge in dieser Sitzung werden parallel präsentiert.</i>	Schädler: Open hearing aid prototype (119)
14:20	Liu: Stochastic vibration of tire (99)	Kujawski: Source estimation with CNN (110)		Winter: Sound field synth. toolbox (117)
14:40	Sun: Vibration of crankshaft (100)	Nowak: Rotierendes Beamforming (110)	Andersson: Parametric speaker (117)	Flipo: Bowing machine (118)
15:00	Gensch: Unsicherheiten RMA (100)	Herold: Async. rotierende Quellen Fan (111)	Schröder: Reproducib. in open sc. (116)	Zotter: Stereo reproducibility (116)
15:20	Ring: Multilevel FEM Freq.-bereich (101)	Döbler: Schallquellen im 3D-Raum (111)	Spors: Workflows for open science (119)	Batke: Simulationen Matlab/Python (118)
15:40	Posterkurzvorträge „Techn. + Physikal. Akustik“ (Seite 13)	Jekosch: Mikrofonarray Neural Network (112)		Ziegenhals: Sind Lauten Gitarren? (126)
16:00				Poster- kurzvorträge (Seite 13)

Dienstag, 19. März 2019

– Poster-Kurzvorträge (S. 38)

	Saal 2	Saal 3	Saal 4	Saal 5-a
	15:40	15:40		15:40
Fahrzeug-akustik	Psychoakustik			Lärm
Doleschal: Fahrzeuginnen- geräusche (66)	Henschke: Beurteilung psychoak. Param. (74)		Dantscher: Schießlärmb Beurteilung (92)	Czuka: Dämpfung Bewuchsstreifen (95)
Müller-Giebeler: Prüfstand E-Maschine (67)	Kroener: Sound localization TCAPS (75)		Kleinhenrich: C-Peak-Kriterium vs AHAH (93)	Reiter: For- schungsprojekt SAFETy (96)
Duvigneau: Frequenzabh. Parameter (67)	Anderson: Pitch matching comparison (75)		Röming: Lärm und Konzentration (93)	Martinez: Tiefe Frequenzen bei WEA (96)
Henneberger: Blocked Forces PMSM (68)	Kim: Folding mirror sound quality (76)		Won: Tactile intensity perception (94)	Schenk: Flug- lärmernerkennung DNN (97)
	Steidle: ITD estimator evaluation (76)		Krimm: Fassadenlabor Ergebnisse (94)	Eggers: Orientierende Lärmkarte (98)
	Netter: Infrasound perception (77)			
	Bujor: Timbre enhances emotions (165)			

16:00 - 16:40 **Poster-Forum**, Foyer im 1. Obergeschoss

– Vorträge (Fortsetzung)

	Saal 1	Saal 2	Saal 3	Saal 4	Saal 5-a
	Bauakustik 1	Fahrzeug- akustik 1	Psycho- akustik 1	Strömungs- akustik 1	Lärm am Arbeitsplatz
16:40	Hoßfeld: Empfangsplatt- enprüfstand (56)	Djurkic: Wirkung Synthesepara- meter (62)	Martin: Nachhall in Bildungs- räumen II (71)	Eisenmenger: Inverse Design Ventilator (82)	Selzer: Lärm im Einzelhandel (89)
17:00	Hettler: Urteile zum Trittschall (57)	Keuchel: Simul. Hochtöner im Pkw (63)	Müller: Psychoakustik Großraumbüros (72)	Dogan: Radial fan noise (83)	Winneke: Listening effort at work (89)
17:20	Pirch: ISO 10140 vs. Diagonalver- fahren (57)	Osterziel: Unterboden- blechschwing. (64)	Hots: Lautheit Primacy-Effekt (73)	Becker: Vorderkante Axialventilator (83)	Heisterkamp: Einfache Umge- bungskorrektur (90)
17:40	Pirch: Automat. Schallfeldabta- stung (58)	Kurch: Akustik E-Achsen (64)	Beinstingel: Bass in 3D-Beschallung (73)	Töpken: Ventila- torggeräusche (84)	Böhm: Umgang mit ASR 3.7 (91)
18:00	Mecking: Dämmstoffe in Prognose (58)	Herrnberger: Akustik Leis- tungselektronik (65)		Czwielong: Akustik von Klimasystemen (84)	

19:00 **Kirchenrallye mit Orgelkonzerten** (S. 30)

	Saal 5-b		Saal 8
	15:40		16:00
	Technische + Physikal. Akustik		Musikalische Akustik
Poster	Burgschweiger: FEM-Schalen in BEM (102)		Behler: Auralisierung von Musikanstr. (128)
	Gürbüz: Schallintensität und Energie (102)		Hyronimus: Richtegenschaft Fagott (128)
	Adams: Evidenzbasierte Modellierung (103)		Schäfer: Plattenmodellierung (129)
	Henke: Abstrahlung strukturierter Bleche (104)		
	May: Defekte Hydrophone (104)		
	Piscoya: Komplexe Multipole (105)		
	Winter: Array design WFS (106)		

	Saal 5-b	Saal 6	Saal 7	Saal 8
	Physikalische Akustik	Messtechnik + Sensorik 1	Technische Akustik	Musikalische Akustik
16:40	Bschorr: Eigenwerte von Stäben (106)	Wijnant: Sound intensity comparison (112)	Langfeldt: Nebenwege Metamaterialien (120)	Hupke: Rhythm. Synchronisationshilfe (126)
				Richtwirkung von Musikanstrumenten
17:00	Melnikov: Willis coupling in meta-atoms (107)	Hoffmann: Membranlose opt. Mikrofone (113)	Hoppen: Modifizierter Helmholtz-Res. (121)	Gilbert: Abstrahlung Musikanstrum. (130)
17:20	Gombots: Inverse scheme source loc. (107)	Tietze: Langzeitmessung U-Bahn (114)	Troll: Geräusch Wärmepumpe (121)	Ackermann: Time-variant directivity (130)
17:40	Kollmannthaler: Akustik Leichtbau- karosserie (108)	Mellert: WEA- Sounddatenbank (114)	Fuchs: Dekotion Riffel Straßenbahn (122)	Brandner: Real-time directivity of singer (131)
18:00	Saati: Inversionscha- rakterisierung (109)	Picker: Primäres Schallleistungs- normal (115)	Kemper: Rückkopplungsunterdrückung (122)	Frank: Perception spatial resolution (131)

Mittwoch, 20. März 2019 (Vormittag)**– Vorträge**

	Saal 1	Saal 2	Saal 3	Saal 4
	Bauakustik 2	Fahrzeugakustik 2	Psychoakustik 2	Strömungs-akustik 2
08:40		Logdesser: Klimaakustik Fluidmodulation (145)	Alma: Surface Roughness Simul. (156)	Lucius: Beamforming aus CAA (167)
09:00	Schödel: Unterdeckenabhänger (132)	Schumann: Geräusche Fahrz.-innenraum (145)	Sottek: Psychoakustische Rauigkeit (156)	Dietrich: Akustik Axialventilatoren (167)
09:20	Neusser: Einfluss von Dübeln (133)	Schneider: Tickergeräuschformel (146)	Sutojo: Auditory glimpse formation (157)	Liberson: CAA-Simul. Axialventilator (168)
09:40	Neubauer: Einzahlangabe Schalldämm. (133)	Pause	Luberadzka: Attentive voice tracking model (158)	Geyer: Tональный Tragflügelschall (169)
10:00	Pause	Mühlbauer: NVH Einspritzsystem (147)	Pause	Pause
10:20	Körper: DIN 4109 und Außenlärm (134)	Neubauer: Optimized inequidistant gears (147)	Rennies-Hochmuth: Binaural speech reflections (158)	Witte: DES Radialpumpe (169)
10:40	Naumann: Schallschutz Ziegelwände (135)	Wegerhoff: In-situ TPA für Strukturen (148)	Oetjen: Spektrale Prominenz (159)	Piepiorka: Strömungsak. in Radialpumpe (170)
11:00	Châteauvieux-Hellwig: Flachdächer in Holzbauweise (135)	Dreier: 6DOF vibroacoustic meas. (148)	Bracklo: BMLD - bandwidth and delay (159)	Coutinho Caldas: Perforated plates flow noise (171)
11:20	Posterkurzvorträge „Raumakustik, Lokalis., Audiotec.“ (Seite 16)	Ohlenbusch: In-Car localization methods (149)	Verhey: Lautheit Töne in Rauschen (160)	Kaltenbacher: Flow acoustic feedback (171)

11:40 Saal 1: **Plenarvortrag Emanuël Habets:**

„Virtual Reality: Beyond Three Degrees-of-Freedom“ (45)

12:30 Mittagspause

	Saal 5-a	Saal 5-b	Saal 6	Saal 7	Saal 8
	Sprachverarbeitung	Luftultraschall	Messtechnik und Sensorik 2	Strukturintensität	Binauraltechnik
08:40	Heute: Vocal tract for PD-dysarthria (178)	Bente: Elektretwandler quantifiziert (192)	Eliseev: SoC für akustische Eissonde (208)		Oberem: Age effects in reverb env. (230)
09:00	Gimm: Surgical systems (179)	Schöneweiß: Messsystem Luftultraschall (193)	Webersen: Polymercharakterisierung (208)	Bräunig: Körperschallintensität (223)	Loh: Stimuli Length in child ASA (230)
09:20	Schwinn: Age Estimation (179)	Liebler: Mess. Luftultraschallfettschicht (194)	Sgrieff: Neue Transmissionsrohre (209)	Rothe: STI mit gekoppeltem Fluid (220)	Doma: HRTF-Rekonstruktion (231)
09:40	Pause	Kling: Ultraschallpeglermesser (194)	Poster-kurzvorträge (Seite xxxii)	Ullmann: Leistungs-basierte Analyse (221)	Poster-kurzvorträge (Seite xxxii)
10:00	Gierlich: Reproduction reverberation (180)	Pause	Pondrom: Ferroelektret-Nanogeneratoren (210)	Pause	Hahne: Noise level threshold BRIRs (232)
10:20	Watzel: NNVQ in speech recogniton (180)	Liebetrau: Detektion von Leckagen (195)	Boonen: Kundt tube four pole matrix (210)	Sicklinger: Fahrzeugbau Workflow Vibroakust. (221)	Fallahi: Virtual artificial head in room (232)
10:40	Mittag: Sprachqualität Paketverluste (181)	Rohringer: Optical mic. hears leaks (195)	Brezas: Sound power substitution (211)	Kokott: Körperschallbarriere (222)	Pomberger: Front out-of-head localization (233)
11:00	Benes: Language model adaptation (181)	Rabe: Akustische Kamera (196)	Heiß: Verteilungsmodellierung (211)	Kleinfeller: Messung Strukturintensität (222)	Wendt: HRIRs and externalization (233)
11:20	Poster-kurzvorträge (Seite 17)	Poster-kurzvorträge (Seite 17)	Wittstock: Unsicherheit Schallabsorption (212)	Poster-kurzvorträge (Seite 17)	Giller: Binaural rendering plug-in (234)

Mittwoch, 20. März 2019 (Nachmittag)**– Poster-Kurzvorträge (S. 38)**

	Saal 1		
11:20			
Raumakustik, Lokalisation, Audientechnik			
Erbes: VR localisation experiment (141)			
Viveros Munoz: Moving masker in room (142)			
Schlesinger: Wellenbasierte Simulation (142)			
Aspöck: Input data room simulation (143)			
Katzberg: NPRQ-Measure (143)			
Beer: Schallausbreitung MEMS (144)			
Schneiderwind: 360° Data set confer. room (144)			
Dziwisi: 7th order microphone array (319)			

– Vorträge

	Saal 1	Saal 2	Saal 3	Saal 4
	Bauakustik 2	Fahrzeugakustik 2	Psychoakustik 2	Strömungs- akustik 2
14:00	Lux: Opt. Decken tiefe Frequenzen (136)	Tsokaktsidis: Äquivalente Kräfte am Kfz (149)	Kolotzek: Entmaskierung bewegter Quellen (161)	Schneehagen: Aeroakustische Simul. SU2 (172)
14:20	Zehetmayr: Prognose Trennbauteile (137)	Venghaus: Überwach. feste Fahrbahnen (150)	Strasser: Expectation in hearing tasks (161)	Masovic: Waves in acoustic spacetime (172)
14:40	Schneider: Stoßstelle Brettsperrholzwand (137)	Lenz: Schwingungen Straßenbahnen (151)	Wegler: Spatial echo thresholds (162)	Gorenflo: Luftströmungen Resonatoren (173)
15:00	Ruff: Stoßstellen Hybridbau (138)	Richter: Schienenmodelle (151)	Schmidt: Lautheit - Sone oder CU? (162)	Poulos: Rotor noise (174)
15:20	Stange-Kölling: Ringversuch Hammerwerke (138)	Thomsen: Kontaktmodelle Rad-Schiene (152)	Behler: fMRI of loudness changes (163)	Kreuzinger: AFSI Trapped Mode (174)
15:40	Worch: VMPA Ver- gleichsmessungen (139)	Kim: Smartph.-based engine sound (152)	Fischenich: Band-spec. loudness weights (164)	Poster-Kurzvorträge (Seite 18)

	Saal 5-a	Saal 5-b	Saal 6	Saal 7	Saal 8
	11:20	11:20	9:40	11:20	9:40
Sprachverarbeitung	Ultraschall	Messtechnik und Sensorik	Strukturintensität	Binauraltechnik	
Hall: Listening effort AdaptDRC (182)	Simon: Haptik auf Touch-Displays (199)	Potchinkov: Multitonmeßtechnik (213)	Klärner: STI Solid-Shell-Modelle (224)	Braren: HRTFs with 3D-printed ears (234)	
Middelberg: Bin. MVDR Beamformer (183)	Kotschate: Hohlkathodenentlad. (200)	Heidemann: Einfluss Windball (213)			Husstedt: Hearing aid direction. (235)
Brümann: Single channel noise red. (183)	Wolf: Schallfeld-basierte Messung (201)				
Postier Cretti: Vergleich von Cl-Algorithmen (184)	Seitz: Wear detection dataset (201)				
Höher: Kehlkopfkrebs-Diagnostik (185)	Abi Raad: Ultrasonic metal welding (202)				
	Stein: US-Impedanzmessrohr (202)				
	Johannesmann: Störeffektunterdrückung (203)				
	Holstein: Hörbarmachung Ultraschall (204)				

	Saal 5-a	Saal 5-b	Saal 6	Saal 7	Saal 8
	Sprach- und Audioqualität	Luftultraschall	Lärmausbreitung / WKA	Augmented Reality	Geschichte / Lehre
14:00	Hübschen: Entzerrung von Kunstköpfen (185)	Steinhausen: Luftultraschall-prüfung (197)	Probst: Berechn. Mehrfachbeugung (214)	Denk: Localization hearing devices (224)	Költzsch: Akustik in Schule von Athen (236)
14:20	Möller: Diagnose von Sprachqualität (186)	Rus: Air-coupled ultras. inspection (197)	Hirsch: Krümm.-radius DIN ISO 9613 (214)	Li: Reverb and externalization (225)	Hoffmann: Raum- und Schiff-Phonetik (236)
14:40	Schiffner: Audio-Qualitäts-dimensionen (187)	Wöckel: Luftultraschall Datenanalyse (198)	Piorr: WEA Noise guidelines (215)	Kohnen: Loudness of reproductions (225)	Schmid: Interaktive Akustik-Apps (237)
15:00	Hübschen: Sprache in Ad-Hoc-Netzw. (187)	Merkel: Ultraschall-Resonatoren (198)	Kühner: Pegelschwankungen WEA (216)	Schlieper: Okklusion Kopfhörer (226)	Rokita: Soundwalk in der Lehre (237)
15:20	Bleiholder: Double talk auditory tests (188)	Bader: Instandhaltung mit Ultraschall (199)	Pies: Wirkung WEA-Geräusche (216)	Brandenburg: Personalized auditory reality (226)	Llorca: Architectural soundscapes (238)
15:40	Poster-kurzvorträge (19)	Pause	Zarnekow: Vibroacoustic model turbine (217)	Poster-kurzvorträge (Seite 19)	Poster-kurzvorträge (Seite 19)

Mittwoch, 20. März 2019 (Nachmittag)

– **Poster-Kurzvorträge** (S. 38)

Poster			Saal 4
			15:40
			Strömungs-akustik
			Borysyuk: Green's Function for Infinite Cylinder (175)

16:00 - 16:40 **Poster-Forum**, Ort : Foyer im 1. Obergeschoß

– **Vorträge**

	Saal 1	Saal 2	Saal 3	Saal 4
	Bauakustik 2	Lärmbewertung 1	Psychoakustik 2	Numerische Akustik 1
16:40	Bietz: Dynamische Steifigkeit (139)	Chudalla: Lärmkumulation (153)	Gottschalk: Harmonics in suppression (164)	Jelich: Greedy-Verfahren BEM (176)
17:00	Maeder: STI-Kartierung Büroraum (140)	Treichel: Gesamt-lärmbewertung (153)	Lindenbeck: Temporal pitch in el. hearing (165)	Kronowetter: Spektral-stochastische IFEM (176)
17:20	Huang: Markgräflisches Opernhaus (141)	Petry: Tieffreq. Geräusche Bahn (154)	Schopf: Effects of irrelevant speech (166)	Lohmann: EFEM in Fahrzeugakustik (177)
17:40		Hoislbauer: Eisenbahnbrücken (154)		Heitmann: Slat Noise with VLES (178)
18:00		Amon: Irritationswurfkörper (266)		

19:30 **Geselliger Abend im Warnemünde Cruise Center** (S. 30)

	Saal 5-a		Saal 7	Saal 8
	15:40		15:40	15:40
	Sprach- und Audioqualität		Augmented Reality	Geschichte / Lehre
Poster	Huber: Höranstrengung TV-Mischung (190)		Sladeczek: 3D audio on cruise ship (229)	Epp: Real-time DSP in teaching (239)
	Sloma: Non-standardized rooms (191)			

	Saal 5-a	Saal 5-b	Saal 6	Saal 7	Saal 8
	Sprach- und Audioqualität	Ultraschall	Meeresakust. + Wasserschall 1	Augmented Reality	Philosophie
16:40	Delgado: Spatial distortions influence (188)	Wasmer: Entwicklung Rohrsensor (204)	Abshagen: Flachwasserausbreitung (217)	Wepner: Movement in HRTF meas. (227)	Fischer: Schallschutz Menschenbild (239)
17:00	Liebl: Sprachqualität TV-Inhalte (189)	Liu: Self-running sliding stage (205)	Stoltenberg: Wasserschall Meeresboden (218)	Leekschat: WFS für Augmented Reality (227)	Ebner: Gehört Alexa zur Familie? (240)
17:20	Sethi: ANC headsets (189)	Dunst: Ultraschall-Stehwellenfelder (206)	von Pein: 3D-Rammschall Bathymetrie (218)	Ahrens: CTC-Array (228)	Haverkamp: Qualia-Problem und Akustik (240)
	Infraschall				
17:40	Krahé: Zuschläge bei tieffreq. Lärm (191)	Cassereau: Bone cortex imaging (206)	Weinrich: Schutz der maritimen Umwelt (219)	Merchel: Drumkit mit Pure Data (228)	Gatt: Die innere Stimme (242)
18:00	Joost: Infraschall-Stimulus-System (192)	Schmidt: Ultraschall-Texturuntersuch. (207)	Klages: Schallmind. bei Rammung (219)	Imran: Building noise auralization (229)	

Donnerstag, 21. März 2019 (Vormittag)**- Vorträge**

	Saal 1	Saal 2	Saal 3	Saal 4
	Raumakustik	Lärmschutz	Überströmte Schallabsorber	Numerische Akustik 2
08:40	Keil: Miniatur-Hallraum (243)	Nojavan: Frequency limits LRAM (251)	Schulz: Impulstransferimpedanz (259)	Seidel: Sensitivitäten in gerippten Strukturen (269)
09:00	Kluth: Vorhersage Schallabsorption (243)	Reichart: Passiver Lärmschutz (252)	Bake: Linerimpedanzbestimmung (260)	Waubke: Greensche Funktion Böden (270)
09:20	Kimmich: Resonanzabsorbersimulation (244)	Luckinger: In-situ Test Lärmschutzwand (252)	Floss: MPA on axial fan (262)	Hörmeyer: Auswirk. atmosph. Turbulenz (270)
09:40	Benkiewski: Simulation Mariendom Linz (244)	Strigari: Wirksamkeit Wandaufsätze (253)	Burgmayer: Period. durchströmter Liner (262)	Baydoun: Dämpfung durch Abstrahlung (271)
10:00	Muralter: Multiple-sloped EDCs (245)	Bartolomaeus: Prüfstand akust. Streuung (253)	Pause	Pause
10:20	Pause	Pause	Berchtenbreiter: Additiv gefertigte Absorber (263)	Henke: Beschleunigtes Transducer-Design (272)
10:40	Lorenz-Kierakiewitz: Flatterechos - phänomenol. (245)	Krimm: Fassadenmessungen (254)	Knobloch: Liner mit flexiblen Strukturen (263)	Fiala: Fast multipole solver (272)
11:00	Dickschen: Raumakustik Pegelmodelle (246)	Göhler: Lärmredukt. textiler Materialien (254)	Buck: Anwendungen Schalldämpfer (264)	Neifeld: FES des Strahlgeräusches (273)
11:20	Schanda: Lärm in Gaststätten (247)	Herrero-Durá: Cavity mode cancellation (255)	Rucz: Helmholtz resonator simulation (265)	Ochmann: Linienquelle über Boden (273)
11:40	Luiizard: Singing adaptation in rooms (247)	Fischer: Verkehrs-lärmspektren (256)		Miksch: Rückschlüsse period. Struktur (274)

12:00 Saal 1: **Plenarvortrag Robert Baumgartner**

(Empfänger des Lothar-Cremer-Preises):

„Richtungshören - Lokalisieren, Externalisieren und Fokussieren“ (45)

12:45

Mittagspause

	Saal 5-a	Saal 5-b	Saal 6	Saal 7	Saal 8
	Sprache und Audio im KFZ	3D Audio Reproduction	Meeresakust. + Wasserschall 2	Schwingungs-technik	Medizinische Akustik
08:40	Al-Mafrachi: Robust head orientation est. (279)	Ahrens: Localization in VR (287)			Stürenburg: Schwellen bei niedr. Pegeln (314)
09:00	Reimes: Listening effort for ICC (279)	Lübeck: Localization experim. in VR (287)	Bohne: Blasenschleiermodell (296)	Beinstingel: Getriebeakustik (305)	Brunnberg: Connected hearing aids (315)
09:20	Zollner: ARNC for hands-free systems (280)	Heeren: Video screen fabrics (288)	Namenas: Piezoel. Dünnschichtsensor (297)	Geweth: Lagerungseinfluss Dämpfung (306)	Probst: Akustik des Vokaltrakts (315)
09:40	Niermann: Listening enhancement (280)	Kuntz: Aufnahme und Wiedergabe (288)	Knabe: Adaptives Beamforming (298)	Kletschkowski: Biegeschwingungen Waffen (306)	Fleischer: Numerik des Vokaltraktes (316)
10:00	Pause	Ewert: Room acoustics simulation (289)	Kaulen: Kognitive Steuereinheit (298)	John: Eigenspannungsmessung (307)	Schraven: Mittelohrimplantate (317)
					Virtuelle Akustik
10:20	Kirstein: Microphone arrays in vehicle (281)	Pause	Pause	Pause	Zagala: Sign change in directivities (318)
		Baulärm - Immissionssch.			
10:40	Wolff: Crosstalk cancellation LCMV (281)	Beronius: Mögl./Grenzen Baulärmprogn. (290)	Wachter: FSAI towed sonar array (299)	Hölscher: Schallfeldreduktion Zylinder (308)	Hahn: Time domain plane wave (318)
11:00	Müscher: eCall tests (281)	Jäcker-Cüppers: EU-Vorschr. Baumaschinen (290)	Wisch: Unterwassertelefonie (299)	Atamer: Dishwasher vibro-acoustics (309)	Du: Sparse method reproduction (319)
				Körperschall	
11:20	Seitz: Envelope estimation Deep-RNN (282)	Lechner: Baulärmregulative Österreich (291)	Nissen: Intra-adaptive-UWK (300)	Kiefer: Abstrahlung Lambwellen (309)	Lemke: Adjoint sound (320)
11:40	Schäfer: Metrics for audio quality (282)	Plangger: Rechtsfragen bei Baulärm (291)	Kochanska: UAC channel estimation (301)	Ponschab: Wellen in vorgespannter Platte (310)	Schultz: Ambisonics and WFS (320)

Donnerstag, 21. März 2019 (Nachmittag)**– Vorträge**

	Saal 1	Saal 2	Saal 3	Saal 4
	Raumakustik	 Audiologische Akustik	Lärmbewertung 2	Numerische Akustik 2
14:20	Baumann: Studios für die Industrie (248)	Löcherer: Loudness in electr. hearing (256)	Nicht: Lärm Open-Air: Ergebnisse (155)	Laila: Rigid frame porous materials (274)
14:40	Plötzner: Akustik mit Deckensegel (248)	Gassenmeyer: Soundfields in human ears (257)	Roy: Lärm Open-Air: Prognose (265)	Ram: Fast-Multipole-EBEM (275)
15:00	Stephenson: Weinberg contra Schuhkarton (248)	Hülsmeier: Predict individual HA benefit (257)	Möllenbeck: Geräusche Hybridleitungen (266)	Dierke: Vergleich CAA Quellmodelle (275)
15:20	Fuchs: DIN 18041-2016 am Ziel? (249)	Hladek: Gaze-controlled beamforming (258)	Pause	Pause
15:40	Pause	Pause	Schröder: Geräuschmind. Freileitung (267)	Roden: Position of vent microphone (276)
16:00	Ruhe: Absorbierende Wandpaneelle (249)	Kayser: Gaze-based attention tracking (258)	Zequeira Jiménez: Survey on environment noise (268)	Zhao: Topology design FSI system (277)
16:20	Oshkai: Gestaltung Musiküberräume (250)	Epp: Masking and ASSR (259)	Fiebig: Umgebungsgeräuschbewertung (268)	Stampka: Unendlicher Balken mit FDM (277)
16:40	Behrens: Gestaltung Orchestergräben (251)			Gillner: Aerogele in Flugzeugkabine (278)

17:00 Saal 1: **Abschlussveranstaltung**
mit Spezialitäten der DAGA 2020 aus Hannover

	Saal 5-a	Saal 5-b	Saal 6	Saal 7	Saal 8
	Sprache und Audio im KFZ	Fluglärm	Elektroakustik + Signalverarb.	Körperschall	Virtuelle Akustik
14:20	Meyer z. A. Borgloh: Adaptive Kalman Filter (283)	Myck: Emissionen von Flugzeugen (292)	Nieland: Automat. Mikrofonmischer (301)	Schneider: Vernetzung in der FEM (310)	Budnik: Auralisierung mit Richtwirkung (321)
14:40	Olszewski: Tiefton-Lautsprecher-system (283)	Isermann: DIN 45689 (293)	Nophut: Multikanal-Echokompensation (302)	Adams: Akustik Getriebebaureihe (311)	Arend: Near-field HRTF synthesis (321)
15:00	Pause	Will: Flughafenlärm in Zukunft (293)	Ehrig: MEMS-Lautsprecher (302)	Meier: Elastomer-Eigenschaften (312)	Pause
	Fahrbahngeräusche				
15:20	Wehr: Lärmmind. SMA-Decken (284)	Pause	Abdul Rawoof: Optim. DML membrane (303)	Pause	Pörschmann: Human speaker directivity (322)
15:40	Saurer: Strategie leise Beläge (284)	Lindmaier: Fluglärmkontingentierung (294)	Blass: Akustische UAV Detektion (303)	Winter: HAV Parameterstudie (312)	Helmholtz: Spherical microph. array (323)
16:00	Bühlmann: Robustheit leise Beläge (285)	Schmid: Gruppierung Luftfahrzeuge (294)	Balazs: Phase in Zeit-Frequenz (304)	Böhm: Quellencharakterisierung (313)	Rudrich: Improving externalization (323)
16:20	Roth: Reinigung leise Beläge (286)	Radestock: TL Sandwichwabenkerne (295)	Tchorz: Scene classification with HHT (304)	Schulze: Einfluss Körperschall auf Schalldämpfer (313)	
16:40		Johannsen: Prüfung Fluglärmereignisse (296)	Tapolczai: Moving source beamforming (305)		

Programm und weitere Termine rund um die DAGA

Die App zur DAGA

Das finale und aktualisierte DAGA-Programm gibt es auch zur DAGA 2019 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 und PC's sichtbar, ein Download ist nicht notwendig. Den Link finden Sie unter www.daga2019.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 Repository ab Frühjahr 2019, unter der Webseite: www.dega-akustik.de/publikationen/tagungsbaende

Wichtige Fristen zur DAGA 2019

- 15. Februar 2019: letzter Termin zur Einreichung eines Late Poster
- 11. März 2019: Einsendeschluss für Bewerbungen für die DAGA-Posterprämierung (siehe S. 39)
- 31. März 2019: letzter Termin zur Manuskript-Einreichung (siehe S. 39)
- Frühjahr 2019: E-Mail-Versand der Zugangsdaten zum Online-Tagungsband

Vorkolloquien

Am Montag, den 18. März 2019, finden zwei Vorkolloquien sowie ein Workshop statt (Übersicht siehe S. 8):

- *Akustik von Strömungsmaschinen*
(Frank-Hendrik Wurm), siehe S. 47
- *Räumliche Wiedergabeverfahren*
(Sascha Spors), siehe S. 50
- *EARS II Workshop: Perception and impact of infrasound on humans*
(Christian Koch, PTB), siehe S. 8

Die Teilnahme am Vorkolloquium oder Workshop ist kostenfrei.

Für die Teilnahme am Workshop wird um Registrierung gebeten.

(Siehe: www.daga2019.de/programm/vorkolloquien)

Eröffnung

Die Eröffnung der DAGA 2019 beginnt am Dienstag, den 19. März 2019, um 9:00 Uhr im Saal 1 (EG mittig) und umfasst Grußworte und Musik. Es folgen die Preisverleihungen; hierzu finden Sie auf den Seiten 40-41 und auf Seite 10 ausführliche Informationen.

Plenarvorträge

Im Rahmen der DAGA 2019 finden vier Übersichtsvorträge statt:

- Diemer de Vries (Empfänger der Helmholtz-Medaille):
„Vom Helmholtz-Integral bis zur Helmholtz-Medaille“ (S. 44)
- Otto von Estorff:
„Berechnungen in der Akustik: Faszination oder Frustration?“ (S. 44)
- Emanuël Habets:
„Virtual Reality: Beyond Three Degrees-of-Freedom“ (S. 45)
- Robert Baumgartner (Empfänger des Lothar-Cremer-Preises):
„Richtungshören – Lokalisieren, Externalisieren und Fokussieren“ (S. 45)

Strukturierte Sitzungen

- *Analyse und Synthese der Richtwirkung von Musikinstrumenten*, S. 130
- Franz Zotter und Malte Kob -
- *Augmented Acoustic Reality*, S. 224
- Stefan Weinzierl und Jürgen Peissig -
- *Baulärm - Immissionsschutzrechtliche Probleme und aktuelle Fortentwicklung des Minderungsinstrumentariums*, S. 290
- Michael Jäcker-Cüppers, Christ. Beckert und Dirk Schreckenberg -
- *Betrachtung von Unsicherheiten in der Vibro- und Aeroakustik*, S. 98
- Kheirollah Sepahvand und Patrick Langer -
- *Evaluation of 3D audio reproduction of static and moving sources: Psychoacoustic methods and results*, S. 287
- Franz Zotter und Bernhard Seeber -
- *Lärm am Arbeitsplatz*, S. 85
- Sandra Dantscher -

- *Luftultraschall*, S. 192
- Christian Koch -
- *Meeresakustik und Wasserschall*, Teil 1 S. 217, Teil 2 S. 296
- Jan Abshagen und Gerhard Schmidt -
- *Noise emission of wind turbines and turbomachinery systems*, S. 78
- Zeinab Gharibi, Bernhard Stoevesandt und Thorsten Lutz -
- *Open Science and Reproducibility in Acoustics*, S. 116
- Sascha Spors und Frank Krüger -
- *Philosophie in der Akustik*, S. 239
- Monika Gatt und Marcus Maeder -
- *Sprache und Audio im KFZ*, S. 279
- Hans-Wilhelm Gierlich und Gerhard Schmidt -
- *Sprach- und Audioqualität*, S. 185
- Alexander Raake und Janto Skowronek -
- *Strukturintensität - Berechnung, Messung, Nutzen*, S. 220
- Joachim Bös -
- *Überströmte Schallabsorber*, S. 259
- Lars Enhardt und Stefan Becker -

Abfotografieren oder Abfilmen der Vortragsfolien ist nicht gestattet.

DEGA-Mitgliederversammlung

Am Montag, den 18. März 2019, findet um 17:00 Uhr die DEGA-Mitgliederversammlung im Saal 3 (siehe S. 339) statt. Die offizielle Einladung und die Tagesordnung werden den Mitgliedern der DEGA mit dem nächsten Akustik Journal 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 28. Die zugehörigen Einladungen werden in der Februar-Ausgabe des „Akustik Journal“ bekannt gegeben. Daneben sind Termine für nicht-öffentliche Sitzungen auf Seite 29 ersichtlich.

Mitgliederversammlung des ALD

Am Donnerstag, den 21. März 2019, findet von 12:45 bis 14:15 Uhr die Mitgliederversammlung des Arbeitsrings Lärm der DEGA (ALD) im Saal 3 (siehe S. 339) statt. Die Einladung mit Tagesordnung wird im Akustik Journal veröffentlicht. (Siehe www.dega-akustik.de/publikationen/akustik-journal/)

DEGA-Studierenden- und Promovierenden-Treffen**• *Meeting der jungen DEGA:***

Dienstag, den 19. März 2019, 12:30 bis 14:00 Uhr
Saal 3 (siehe S. 339)

Das Meeting 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.

• *junge DEGA – Icebreaker:*

Montag, den 18. März 2019, 15:00 - 17:00 Uhr
Foyer im 1. Obergeschoß, (siehe S. 339)

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.

• *Kneipenabend im Braurestaurant „Zum Alten Fritz“*

Montag, den 18. März 2019, ab 19:30 Uhr

Am Montag Abend findet der zur Tradition gewordene Kneipenabend der jungen DEGA statt. Interessierte können sich spontan anschließen. Das Lokal befindet sich am Warnowufer 65, 18057 Rostock. (Webseite: www.alter-fritz.de)

• *Infomesse in der Firmenausstellung*

Mittwoch, den 20. März 2019, ab 12:30 Uhr

Innerhalb der Firmenausstellung bietet am Mittwoch zur Mittagspause diese Infomesse Gelegenheit, um sich über Arbeitsfelder und Jobangebote zu informieren. Die Veranstaltung findet im Foyer im Erdgeschoss, zwischen den Haupteingängen gelegen, statt.

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 veröffentlicht.

Montag, 18. März 2019

15:00 - 17:00	„junge DEGA - Icebreaker“	Foyer 1. Obergeschoss
17:00	DEGA-Mitgliederversammlung	Saal 3

Dienstag, 19. März 2019

12:30 - 14:00	DEGA-Fachgruppe „junge DEGA“	Saal 3
12:30 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Bau- und Raumakustik (Saal 5-b neben Saal 1)	Saal 5-b
12:30 - 13:15	DEGA-Fachausschuss Physikalische Akustik	Saal 6
13:15 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz	Saal 5-a
13:15 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Musikalische Akustik	Saal 8

Mittwoch, 20. März 2019

12:30 - 13:30	DEGA-Fachausschuss Hörakustik	Saal 3
12:30 - 13:30	DEGA-Fachausschuss Ultraschall	Saal 5-b
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Fahrzeugakustik	Saal 2
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Strömungskustik	Saal 4
13:15 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Lehre der Akustik	Saal 8

Donnerstag, 21. März 2019

12:45 - 14:15	Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD)	Saal 5-b
12:45 - 14:15	DEGA-Fachausschuss Elektroakustik	Saal 6
12:45 - 13:30	DEGA-Fachausschuss Sprachakustik	Saal 5-a
13:30 - 14:15	DEGA-Fachausschuss Virtuelle Akustik	Saal 8

Weitere Gremiensitzungen (nicht öffentlich)

Vorläufige Terminübersicht (Stand: Januar 2019); die Angaben können sich ggf. noch ändern. Die endgültigen Anfangszeiten und Räume der Sitzungen werden in den Einladungen an die jeweiligen Gremien bekannt gegeben.

Die Teilnahme an den auf dieser Seite veröffentlichten Sitzungen ist ausschließlich auf Einladung vorgesehen.

Montag, 18. März 2019

09:00 - 12:30	DEGA-Vorstandsrat	Saal 4
14:00 - 16:00	Treffen der Leiterinnen und Leiter der DEGA-Fachausschüsse und -Fachgruppen	Clubraum 1

Dienstag, 19. März 2019

12:30 - 14:00	NALS-Förderkreis	Clubraum 1
---------------	------------------	------------

Mittwoch, 20. März 2019

12:30 - 13:15	DEGA-Hochschulbeirat	Saal 8
16:00 - 16:40	DAGA-Beirat	Clubraum 1
17:00 - 18:00	Beirat der DEGA-Fördermitglieder	Clubraum 1

Rahmenprogramm

- **Begrüßungsempfang im Ausstellungsbereich**

Montag, 18. März 2019, 18:30 - 19:30 Uhr

zur Eröffnung der Firmenausstellung und anlässlich des Jubiläums zu 30 Jahre DEGA (siehe S. 35).

- **Kirchenrallye mit Orgelkonzerten**

Dienstag, 19. März 2019, 19:00 - 20:30 Uhr

Unter dem Titel „10 Minuten Orgel – Kirche für akustische Gourmets“ finden am Dienstag Abend 3 Orgel-Kurzkonzerte in besonderen Rostocker Kirchen statt, die durch eine Stadtführung miteinander verbunden werden. Die Teilnahme ist für alle DAGA-Teilnehmenden frei und ohne Anmeldung möglich. Treffpunkt und weitere Informationen finden Sie in Kürze auf der DAGA-Webseite im Unterpunkt Exkursionen, in der DAGA-App und vor Ort im Tagungsbüro.

- **Geselliger Abend im „Warnemünde Cruise Center“**

Mittwoch, 20. März 2019, Beginn 19:30, Einlass ab 19:00 Uhr

(Wegbeschreibung siehe S. 336). Als besonderes Highlight möchten wir Sie zu einem geselligen Abend in das Kreuzfahrtterminal in Warnemünde einladen. Der freie Blick auf die Hafeneinfahrt bietet die Gelegenheit zum abendlichen Beobachten des regen Schiffsverkehrs. Der Abend wird musikalisch gestaltet durch die Rostock Cowboys und die traditionelle Jam-Session der DAGA Allstars. An der Jam-Session interessierte Mitspieler melden sich zur Koordination bitte bei Malte Kob: kob@hfm-detmold.de

Bitte bringen Sie Ihren DAGA-Tagungsausweis zur Vorlage beim Einlass zum geselligen Abend mit!

Tickets für Begleitpersonen zum Geselligen Abend können zu 50,- € über das Tagungsbüro gekauft werden.



© Rostock Cowboys

„Rostock Cowboys“ nennt sich eine Soul-Formation virtuoser Musiker aus Rostock und Umgebung (und ein paar Musiker, die im Herzen Rostocker sind). Die Band wurde ursprünglich geboren, um einen jährlich stattfindenden Kongress in Österreich zu begleiten. Dank ihrer ausgezeichneten Qualitäten und der großen Spielfreude aller Beteiligten wurden sie schnell zu einem gern gesehenen Gast in Sankt Anton am Arlberg.

Neben Dirk Zöllner mit seiner kampferprobten Rockröhre stehen Soulsister Susi Koch und Jazzlady Jacqueline Boulanger als Frontgeschwader auf der Bühne. Dass diese drei unterschiedlichen Charaktere einen musikalischen Konsens gefunden haben, mag den einen oder andern vielleicht überraschen, erwies sich aber als Geniestreich und entzündete ein Feuerwerk musikalischer Emotionen!

Eigenkompositionen und Klassiker ergeben ein würziges Gemisch, das mal funky, mal rockig und immer sehr groovy anzuhören ist. Ihren jetzigen Namen "Rostock Cowboys" verdankt die Band dem sagenumwobenen Musiker und DJ Didi Diesel vom Arlberg, der sie schon beim zweiten gemeinsamen Wiedersehen herzlich auf diese Weise begrüßte. Ein Ehrentitel, der sich wohl weniger auf nordischen Country & Western oder lockere Schießbeisen bezieht, sondern eher auf eine Atmosphäre, die augenzwinkernd durch Genres galoppiert und kraftvoll und zupackend daherkommt. In Wahrheit dachte DJ Didi Diesel wahrscheinlich einfach nur: "Wo um alles in der Welt liegt Rostock?"

Fachexkursionen

Zur DAGA 2019 werden verschiedene Fachexkursionen angeboten. Weiterführende Informationen finden Sie in Kürze auf der DAGA-Webseite im Unterpunkt Exkursionen, in der DAGA-App und vor Ort im Tagungsbüro.

- **Besuch der Neptun Werft**

Die Neptun Werft GmbH & Co. KG ist eine 1850 gegründete deutsche, in Rostock beheimatete Schiffswerft an der Warnow, die seit 1997 zur Meyer-Neptun-Gruppe gehört. Auf der Neptun-Werft werden Flusskreuzfahrtschiffe und schwimmende Maschinenraummodule gebaut. Während der Besichtigung werden die Fertigungsschritte beim Bau von Flusskreuzfahrtschiffen erläutert und u.a. Themen der Akustik beim Betrieb solcher Schiffe diskutiert.

Termin:

Mittwoch, 20. März, 14-15 Uhr und 15-16 Uhr

Treffpunkt: Neptun Werft, Werftallee 13, 18119 Rostock

Anmeldung vorausgesetzt: Vor Ort im Tagungsbüro

- **Besuch der benntec Systemtechnik GmbH**

Die benntec Systemtechnik stellt u.a. moderne Ausbildungslösungen für komplexe technische Anwendungen statt. Es können Simulatoren für die Schiffsführung besichtigt werden und VR-Lösungen für die Ausbildung.

Termin:

Mittwoch, 20. März, 14-15 Uhr

Treffpunkt: Friedrich – Barnewitz – Str. 11, 18119 Rostock

Anmeldung vorausgesetzt: Vor Ort im Tagungsbüro

- **Hochschule für Musik und Theater Rostock**

Die Hochschule für Musik und Theater Rostock wurde 1994 gegründet. Etwa 500 Studierende aus 42 Nationen erhalten hier ihre künstlerische Ausbildung. Während des Besuchs werden die drei Institute der Hochschule vorgestellt. Diese sind das Institut für Musik, das Institut für Musikwissenschaft und Musikpädagogik und das Institut für Schauspiel.

Termin:

Mittwoch, 20. März, 14-15 Uhr

Treffpunkt: Beim St.-Katharinenstift 8, 18055 Rostock

Anmeldung vorausgesetzt: vor Ort im Tagungsbüro

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:

- **Gold-Sponsor:**

- BSW Berleburger Schaumstoffwerk GmbH, Bad Berleburg



- **Bronze-Sponsor:**

- HEAD acoustics GmbH, Herzogenrath



- **weitere Sponsoren:**

- Messe Westfalenhallen Dortmund GmbH

Tagungsbegleitende Ausstellung

Die Firmenausstellung bietet ein Forum für Kontakte und den Informationsaustausch zwischen Theorie und Praxis. Sie findet vom 19. bis zum 21. März 2019 im erweiterten Foyer der Stadthalle statt (Erdgeschoss, siehe S. 338). Hier finden Sie neben der Firmenausstellung auch Stationen mit Erfrischungsgetränken.

Auf der nächsten Seite finden Sie einen Übersichtsplan zur Ausstellung. Die eingezzeichneten Standnummern entsprechen den Nummern hinter den Namen in der Ausstellerliste.

Bis zum 21. Januar 2019 haben sich folgende Firmen zur Ausstellung angemeldet:

- ACOEM GmbH (52)
- ADMESS Vertriebs GmbH (38)
- Alara-Lukagro GmbH (59)
- AMC S.A. (26, 27)
- Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S (25)
- BSW Berleburger Schaumstoffwerk GmbH (14, 15)
- CAE Software und Systems GmbH (51)
- DataKustik GmbH (22)
- DEWESoft Deutschland GmbH (49)
- EinrichtWerk GmbH (45)
- Engineering System International GmbH (47)
- Fraunhofer IDMT (7)
- G.R.A.S. - Sound & Vibration A/S (12)
- Gerriets GmbH (39)
- Getzner Werkstoffe GmbH (53)
- gfa tech GmbH (29)
- HBT-ISOL GmbH (50)
- HEAD acoustics GmbH (34)
- IAC Acoustics Deutschland GmbH (36)
- KRAIBURG Relastec GmbH & Co. KG (19)
- Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme, TU München (58)
- M Plan GmbH (33)
- Messe Westfalenhallen Dortmund GmbH (44)
- Metecno Bausysteme GmbH (48)
- Microflown Technologies BV (28)
- Microtech Gefell GmbH (20)
- Müller-BBM GmbH (56)
- Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH (57)
- MSC Software Belgium - FFT (42)
- Norsonic AS (13)
- Norsonic-Tippkemper GmbH (11)
- Novicos GmbH / Siemens (40)
- NTi Audio GmbH (31)
- ODEON A/S (24)

- OROS GmbH (32)
- PCB Synotech GmbH (35)
- POLYTEC GmbH (6)
- Sinus Messtechnik GmbH (1)
- Solarlux GmbH (4)
- SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH (23)
- Soundinsight BV (21)
- SoundPLAN GmbH (10)
- Soundtec GmbH (41)
- Spektra Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden (30)
- Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH (37)
- SVANTEK Deutschland GmbH (55)
- Wölfel Engineering GmbH + Co. KG (54)

Eröffnung der Ausstellung mit Begrüßungsempfang

Die Firmenausstellung wird am Montag, den 18.03.2019, mit einem Begrüßungsempfang um 18:30 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 neben dem Tagungsbüro ausgehängt werden, und zwar zu einer Nutzungsgebühr von

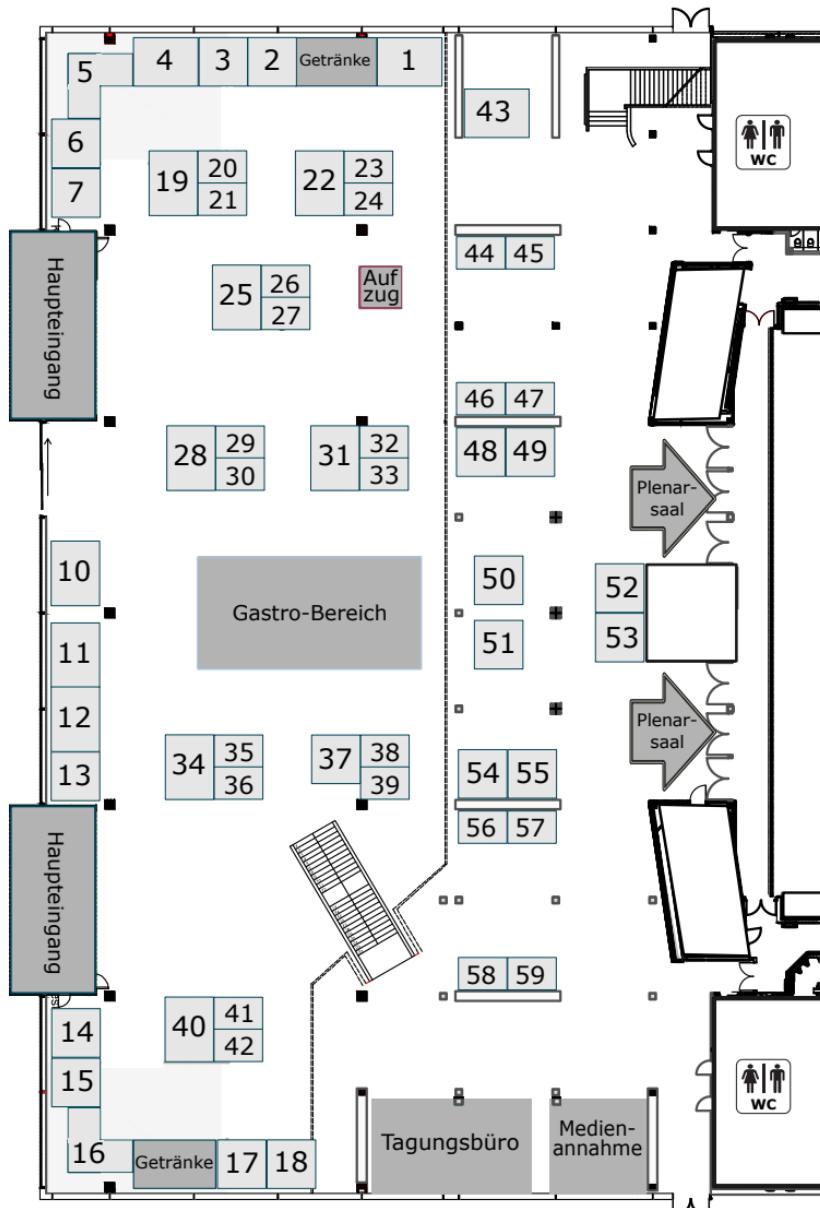
0,- € für Hochschulen,
100,- € für DEGA-Fördermitglieder bzw.

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

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

Übersichtsplan zur Ausstellung

Die Firmenausstellung befindet sich im Foyer des Erdgeschosses.



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 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. Alles, was darüber hinaus an Technik benötigt wird, sollte bis spätestens 20. Februar 2019 per E-Mail an tagungen@dega-akustik.de angemeldet werden.

Es sollten möglichst 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 aufzuspielen (Erdgeschoss, rechte Eingangsseite neben dem Tagungsbüro, S. 338). 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 virenfrei 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 über die DAGA-Webseite hochzuladen, um zeitliche Engpässe vor Ort und den möglichen Verlust von Speichermedien zu vermeiden. Nähere Informationen dazu erhalten die Autoren rechtzeitig per E-Mail.

Poster

Die Poster werden zentral in einer Posterausstellung im Foyer im 1. Obergeschoss des Tagungsgebäudes (siehe S. 339) präsentiert. Die Posterausstellung hat als Diskussionsforum während der Tagung einen hohen Stellenwert. Daher gibt es auch zur DAGA 2019 für alle Posterautor(inn)en die Möglichkeit, auf das Poster in Form einer **Kurzvorstellung** (1 Minute) innerhalb einer thematisch passenden Sitzung hinzuweisen.

Die Posterkurzvorträge sind in den tabellarischen Übersichten ab Seite 12 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 (19.03.2019), 16:00 - 16:40 Uhr (S. 12-13)
Mittwoch (20.03.2019), 16:00 - 16:40 Uhr (S. 16-19)

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

Die Poster werden durchgängig ausgestellt. Wir bitten die Autoren, ihre Poster am Dienstag bis 10:00 Uhr aufzuhängen und am Donnerstag spätestens um 17:00 Uhr abzuhängen. Poster, die nach 17:00 Uhr noch hängen, werden entsorgt.

Das Format der Poster ist DIN-A0 hochkant:

84,1 cm breit x 118,9 cm hoch. In der weiteren Gestaltung sind die Autoren frei. Stellwände und Material zum Anbringen der Poster werden gestellt.

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

Late Poster

Die Frist zur Anmeldung eines mündlichen Vortrags ist bereits am 1. November 2018 abgelaufen. Es besteht aber die Möglichkeit, bis zum 15. Februar 2019 ein „Late Poster“ anzumelden. Dies beinhaltet – wie für Vorträge und Poster auch – einen vierseitigen Beitrag im Tagungsband. Die Anmeldung erfolgt online unter www.daga2019.de → Autoren

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 11.03.2019 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.

Copyshop

Copyshops in Rostock für den A0-Posterdruck:

- Copy and Paste
Öffnungszeit: 9:00 bis 19:00 Uhr
Margaretenstraße 40
www.copypaste24.de
- City Copy
Öffnungszeit: 9:00 bis 18:00 Uhr
Doberaner Straße 160
www.city-copy-hro.de
- Printzentrum
Öffnungszeit: 9:00 bis 18:00 Uhr
Neuer Markt 3
www.printzentrum.de

Einreichung der Manuskripte

Die Manuskripte für den Tagungsband sind grundsätzlich in elektronischer Form über die Webseite

www.daga2019.de → *autoren* → *manuskript*

bis **spätestens zum 31. März 2019** einzureichen. 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 www.daga2019.de unter „Autoren → Hinweise Manuskript“ zur Verfügung.

Auszeichnungen der DEGA

Helmholtz-Medaille für Prof. Diemer de Vries

Die Helmholtz-Medaille der Deutschen Gesellschaft für Akustik wird im Jahr 2019 an Prof. Dr. ir. Diemer de Vries verliehen. Er erhält die Medaille als Anerkennung für sein Lebenswerk zur Raumakustik und Elektroakustik, insbesondere für seine Arbeiten zur Wellenfeldsynthese.

Diemer de Vries, geboren in Friesland (Niederlande), absolvierte sein Physik-Studium und seine Doktorandenzeit an der Delft University of Technology. Dort wirkte er bis zum Jahr 2010 als Professor am Laboratory of Seismics and Acoustics. Neben zahlreichen Aufenthalten als Gastwissenschaftler u. a. in Indonesien und Hong Kong wirkte und wirkt er bis heute als Gastprofessor an vielen Universitäten, beispielsweise in Den Haag und Antwerpen, und er hält über seine Gastprofessuren in Berlin, Ilmenau, Detmold und Aachen einen engen Kontakt zur Akustik in Deutschland.

Diemer de Vries gehört zu den weltweit bedeutendsten Forschern auf dem Gebiet der Elektroakustik und der Raumakustik. Er war maßgeblich an der Entwicklung zentraler Innovationen beteiligt, vor allem im Bereich der Mikrofon-Array-Technik, der Flachlautsprecher und der Wellenfeldsynthese. Anfang der 1990er Jahre hat er, gemeinsam mit Kollegen und Doktoranden in Delft, die grundlegenden Beiträge für das damals revolutionäre Konzept einer holografischen Schallfelderzeugung vorgelegt. In Verbindung mit der objektorientierten Behandlung von Klangquellen hat es die elektroakustische Wiedergabetechnik, vom Kinoton bis zu Großbeschallungsanlagen, nachhaltig verändert. Seine wissenschaftlichen Beiträge zu diesem technischen Paradigmenwechsel gelten bis heute als maßgebliche Referenzen.

Von der Audio Engineering Society (AES) wurde er 1999 für seine Leistungen mit dem Fellowship Award ausgezeichnet. Auch durch die Leitung wichtiger Fachverbände hat er sich um die Akustik verdient gemacht; so war er u. a. Präsident der AES und Vorsitzender der Niederländischen Akustischen Gesellschaft (NAG). Wie viele große Persönlichkeiten der Akustik hat er die wissenschaftliche Leidenschaft mit der Liebe zur Musik verbunden. So hat er sich für den Einsatz der Wellenfeldsynthese auch im Bereich der zeitgenössischen elektronischen Musik engagiert. Als ausgebildeter Kontrabassist spielt er bis heute in verschiedenen Orchestern und Jazz-Ensembles.

Der Deutschen Gesellschaft für Akustik ist es eine große Ehre, Diemer de Vries für seine herausragenden wissenschaftlichen Leistungen auszuzeichnen und die Reihe der Helmholtz-Preisträger durch einen Wissenschaftler mit weltweitem Ansehen fortschreiben zu können.

Der Vorstand der DEGA

Lothar-Cremer-Preis für Dr. Robert Baumgartner

Der Lothar-Cremer-Preis der Deutschen Gesellschaft für Akustik wird im Jahr 2019 an DI Dr. Robert Baumgartner verliehen. Herr Baumgartner erhält diesen Preis für junge Nachwuchswissenschaftler als Anerkennung für seine innovativen und wegweisenden Arbeiten auf den Gebieten der Audiologie und des räumlichen Hörens.

Bereits seine Masterarbeit an der Kunstudienanstalt Graz (Österreich) wurde 2013 mit dem DEGA-Studienpreis ausgezeichnet. Am Institut für Schallforschung (ISF) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien war er nach dem Studium zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Auch nach seiner Promotion an der Kunstudienanstalt Graz (2015) wurde er am ISF in Wien angestellt und ist seit Juli 2018 dort stellvertretender Leiter der Arbeitsgruppe „Experimentelle Audiologie und Psychoakustik“. Im Rahmen eines Auslandsstipendiums als Postdoktorand forschte er 2016/17 am Hearing Research Center der Boston University. Ebenfalls in Boston nahm er in dieser Zeit einen Lehrauftrag an der Northeastern University an.

Robert Baumgartner hat eine Vielzahl von Aspekten des räumlichen Hörens erforscht, u. a. die Richtungswahrnehmung jenseits der interauralen Achse, Lokalisationsdefizite bei Hörschädigungen, Optimierung von räumlichen Wiedergabesystemen sowie die erhöhte Hirnaktivität bei annähernden Schallereignissen. Seine Methoden umfassen sowohl die computergestützte Gehörmodellierung als auch die kognitive Neuroforschung. Vom Österreichischen Bundesministerium wurde er mit dem „Award of Excellence - Staatspreis für die besten Dissertationen“ ausgezeichnet.

Robert Baumgartner hat in einem breiten Themenspektrum wegweisende Leistungen erbracht, und er gilt in der internationalen Forschungslandschaft als anerkannter Kooperationspartner. Die DEGA freut sich, ihn hierfür mit dem Lothar-Cremer-Preis auszuzeichnen.

Der Vorstand der DEGA

DEGA-Studienpreise

Mit dem DEGA-Studienpreis zeichnet die DEGA herausragende Abschlussarbeiten (Master, Bachelor, Diplom, Magister etc.) auf dem Gebiet der Akustik aus. Die Preisträger im Jahr 2019 sind:

- **M.Sc. Florian Muralter** für seine Master-Arbeit
„Analysis tools for multiexponential energy decay curves in room acoustics“ an der Technischen Universität Graz
(siehe Vortrag S. 245)
- **Dipl.-Ing. Jonathan Nowak** für seine Diplomarbeit
„Schallquellenortung an rotierenden Systemen“
an der Technischen Universität Wien (siehe Vortrag S. 110)

DEGA Student Grants

Die DEGA vergibt wieder Zuschüsse zum Besuch der DAGA-Tagung, um jungen Akustikerinnen und Akustikern die Teilnahme zu erleichtern. Zur DAGA 2019 werden einen „DEGA Student Grant“ erhalten:

- Ramona Beinstingel, Deggendorf (Vortrag S. 73)
- Lucas Heidemann, Göteborg (Poster S. 213)
- Karl-Alexander H. Hoppe, München (Vortrag S. 310)
- Adam Kujawski, Berlin (Vortrag S. 110)
- Tanjina Laila, München (Vortrag S. 274)
- Niklas Löcherer, München (Vortrag S. 256)
- Kirsten Netter, Oldenburg (Poster S. 77)
- Ina Richter, Berlin (Vortrag S. 151)
- Johannes Schmid, München (Vortrag S. 237)
- Jonas Schmid, München (Vortrag S. 123)
- Daniel Sgrieß, Braunschweig (Vortrag S. 209)
- Laurin Steidle, Wien (Poster S. 76)
- Jeffrey Thomsen, Berlin (Vortrag S. 152)

For reliable and repeatable measurements the first time, every time!

High-performance NVH microphones from GRAS cover all your needs



www.gras.dk

GRAS Sound & Vibration

Plenarvorträge

Di. 11:00 Saal 1

Plenarvorträge Dienstag

Vom Helmholtz-Integral bis zur Helmholtz-Medaille

Diemer de Vries

(Empfänger der Helmholtz-Medaille)

Ex-TU Delft, Ex-Gastprofessur TU Berlin / TU Ilmenau / RWTH Aachen

In diesem Vortrag werden die Grundlagen und Anwendungen der Array-Technologie im Bereich der Raumakustik aufgezeigt und zusammengefasst. Es lässt sich dabei alles zurückführen auf das Kirchhoff-Helmholtz-Integral, das mit Hilfe von Lord Rayleigh und später vom ehemaligen TU Delft-Gruppenleiter Prof. Guus Berkhouwt in den Algorithmus der Wellenfeldsynthese überführt wurde. Mit diesem Konzept wird eine ganz natürliche räumliche Schallwiedergabe ermöglicht. Reziprokerweise, beim Empfang von Schall, führt dieses Konzept zu Mikrofon-Array-Messungen, die einen hervorragenden Einblick in den räumlichen Charakter des Schallfelds ermöglichen. Mit sehr viel Freude habe ich zur Weiterentwicklung und zu vielen Anwendungsmöglichkeiten dieses Konzepts beigetragen.

Rückblicke auf meine Gastprofessuren in Deutschland werden meinen Vortrag komplettieren. Herzlich danke ich meinen deutschen Kollegen, die mir die Gelegenheit geboten haben, meine raumakustischen Erfahrungen, Ideen und Ergebnisse mit ihnen zu teilen und voranzubringen. Dass mir dafür die Helmholtz-Medaille verliehen wird, stimmt mich sehr dankbar!

Di. 11:45 Saal 1

Plenarvortrag Dienstag

Berechnungen in der Akustik: Faszination oder Frustration?

Otto von Estorff

Technische Universität Hamburg (TUHH)

In vielen technischen Bereichen äußern die Kunden den Wunsch nach besserer Klangqualität, höherem akustischen Komfort oder geringerer Lärmbelastung. Vor diesem Hintergrund sind viele Unternehmen gezwungen, sich ständig nach neuen Möglichkeiten umzusehen, ihre Produkte akustisch zu verbessern. Dabei werden physikalische Zusammenhänge, die viele Jahre ausschließlich mit Hilfe von Messungen untersucht wurden, heute vielfach mittels numerischer Berechnungen erforscht. Letztere haben sich bereits sehr gut etabliert, da sie die Möglichkeit bieten, erste Aussagen zur Akustik schon im frühen Entwurfsstadium eines technischen Systems zu machen, lange bevor ein Prototyp verfügbar ist. Zu den eingeführten Verfahren gehören die Finite-Elemente-Methode (FEM) und die Boundary-Elemente-Methode (BEM), die sich gerade in den letzten Jahren enorm weiterentwickelt haben und

mittlerweile ein faszinierendes Anwendungsspektrum bieten. Oder sind die Anwender auch frustriert?

Im Rahmen des Vortrags wird der Einsatz numerischer Berechnungsverfahren für unterschiedlichste Fragestellungen gezeigt und ausführlich erläutert: Was leisten diese Verfahren heute? Wo liegen ihre Einsatzgrenzen? Welche aktuellen Herausforderungen gilt es noch zu meistern? Nicht nur neueste Entwicklungen, sondern auch kritische Vergleiche zwischen Messung und Rechnung werden dazu diskutiert.

Mi. 11:40 Saal 1

Plenarvortrag Mittwoch

Virtual Reality: Beyond Three Degrees-of-Freedom

Emanuel Habets

AudioLabs Erlangen

Virtual Reality (VR) makes it possible to experience anything, anywhere, anytime. The ultimate goal is to convince the human brain that it is in a different environment. Head-mounted displays, headphones, and hand controllers are commonly used to provide a fully immersive and multimodal experience. To explore the VR environment, the physical orientation and position of the user are tracked in six degrees-of-freedom (i.e., three rotational and three translational degrees-of-freedom). In this talk, recent developments in spatial audio for VR beyond the traditional three rotational degrees-of-freedom are discussed. Firstly, approaches to evaluate the audio quality in a VR environment based on scaling, ranking, and behavioral patterns of the listeners are discussed. Secondly, techniques that allow small or large translational movements of the listener in a sound scene that is recorded at one or multiple positions are discussed. Thirdly, results of a recent perceptual study related to the minimum-audible angle in a virtual reality environment are summarized. Finally, some thoughts on future research challenges and opportunities are provided.

Do. 12:00 Saal 1

Plenarvortrag Donnerstag

Richtungshören - Lokalisieren, Externalisieren und Fokussieren

Robert Baumgartner

(Empfänger des Lothar-Cremer-Preises)

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

Hörer sind häufig komplexen akustischen Umgebungen mit mehreren Schallquellen ausgesetzt. Richtungshören ermöglicht dabei das Lokalisieren einzelner Schallquellen sowie das Fokussieren der Aufmerksamkeit darauf. Dieser Prozess basiert auf der Auswertung zahlreicher akustischer Merkmale und kann entweder bewusst vom Hörer gesteuert sein oder aber auch reflexartig auftreten, um den Hörer beispielsweise vor Gefahrenquellen zu schützen. Unter künstlichen Hörbedingungen kann

es zu unplausiblen Reizkombinationen kommen, welche die natürliche Externalisierung des Gehörten, also deren empfundene Abbildung in den umgebenden Raum, beeinträchtigen. Eine möglichst effiziente Interaktion mit einer veränderbaren Umgebung erfordert zudem Prozesse, die fortlaufend Prognosen über zukünftige Ereignisse erstellen.

Dieser Vortrag fasst Erkenntnisse der letzten Jahre zum Richtungshören zusammen und legt ein besonderes Augenmerk auf akustische Merkmale, die basierend auf der Ohrmuschelform starke individuelle Unterschiede aufweisen. Mittels psychoakustischem Modell wird gezeigt, wie diese Merkmale für das Lokalisieren jenseits der Links-Rechts-Dimension verarbeitet werden. Auch zur Externalisierung werden jüngste Modellanalysen präsentiert, und es wird das Konzept der aktiven Inferenz verwendet, um die Vielschichtigkeit dieses Problems zu verdeutlichen. Weiters werden EEG-Studien berichtet, welche die neurale Implementierung näher beleuchten. Zum einen werden reflexive Vorgänge untersucht, die zu Wahrnehmungsverzerrungen zwischen sich annähernden und sich entfernenden Schallreizen führen. Zum anderen wird gezeigt, inwiefern inkonsistente Richtungsmerkmale Aufmerksamkeitsmechanismen beeinträchtigen. Richtungshören ist facettenreich.

Vorkolloquium: Akustik von Strömungsmaschinen

Mo. 13:00 Saal 2 Vorkolloquium: Akustik von Strömungsmaschinen

Begrüßung und Einführung

Mo. 13:15 Saal 3 Vorkolloquium: Akustik von Strömungsmaschinen

Windturbinenlärm: Vom Hinterkantenschall über die Amplitudens modulation bis zum wahrgenommenen Störgeräusch

Thomas Carolus, Carolin Feldmann, L. Mackowski, Farhan Ahmed Manegar, Kathrin Stahl und Kevin Volkmer

Universität Siegen

Die Lärmreduzierung von Windturbinen ist ein aktuelles Forschungsgebiet. Die Wirkkette von der Schallemission an der räumlich extrem großen Maschine „Windturbine“ bis hin zum normgerecht gemessenen und schließlich wahrgenommenen Schall umfasst verschiedene Glieder, an denen Lärmreduzierungsmaßnahmen ansetzen können. Ausgehend vom Schall, der von der umströmten Hinterkante einer Vielzahl gedachter schmaler Blattsegmente herrührt, wird die Entstehung der amplitudensmodulierten Schallsignatur einer Windturbine an einer typischen Hörerposition erläutert. Das prinzipielle Potential von Modifikationen der eigentlichen Schallquelle (hier z.B. durch Zackung der Blattunterkanten) oder einer zyklischen Pitchverstellung wird diskutiert. Abschließend wird auf den normgerechten Gesamtschallleistungspegel und die psychoakustische Wahrnehmung amplitudensmodulierter Schallsignale eingegangen.

Mo. 14:15 Saal 3 Vorkolloquium: Akustik von Strömungsmaschinen

Schall- und Vibration von Querstrahlanlagen auf Schiffen

Jörn Hinnenthal

Jastram GmbH & Co. KG, Naval Architecture and Ocean Engineering
Querstrahlanlagen (QSA) erzeugen ein breites Spektrum an Schall und Vibration, welches sowohl im Schiff wie auch in der maritimen Umwelt wahrnehmbar ist und zu einer beträchtlichen Belastung für Mensch und Tier werden kann. Anders als beim Entwurf eines Schiffshaupitantriebes, wo der Zustrom zum Propeller optimiert und der Propeller für den spezifischen Zustrom entworfen wird, wurde bislang beim Entwurf einer QSA wenig auf die Verbesserung der hydrodynamischen Eigenschaften geachtet. Solange keine gravierenden Schubeinbußen zu erwarten waren, wurden oft Geräusch- und Vibrationsentwicklung hingenommen. Mit der zunehmenden Anwendung der QSA als Positionierantrieb im Dauereinsatz anstelle der gelegentlich genutzten Manövrierhilfe ändert sich jedoch auch der Anspruch an Laufruhe und Geräuscheintrag in das Schiff. Kavitationsgeräusche und Vibrationen durch den in gestörter Anströmung arbeitenden Propeller haben sich als die vornehmlichen Störquellen erwiesen. Sie werden im ersten Schritt über die Tunnelwandlung,

über den Propeller und Teile des Antriebs in das Schiff übertragen, um sich dann als Raumschall oder Strukturschwingung weiter auszubreiten. Beides, Kavitation wie auch Vibration, steht im Zusammenhang mit der Propellerbelastung und mit der Ungleichförmigkeit der Zuströmung und ist damit ein Resultat der Anlagenauslegung und der geometrischen Einbindung in das Schiff. Ähnlich wie bei Pumpen hat die Formgebung des Einlaufes einen starken Einfluss auf den Wirkungsgrad. Zudem erzeugt die QSA einen großen Anteil des Schubes am Einlass, ähnlich wie ein Düsenpropeller. Mit der Gestaltung des Propellerzustromes und des Propellers eröffnen sich hier wirkungsvolle Möglichkeiten der Geräusch- und Vibrationsminderung. Ein erster Schritt zu wirksamen Auslegungsstrategien und einer Relation von Auslegungsparametern und Vibrationserregung ist durch einen einfachen Ansatz mit CFD-Studien (RANS-E+SST) gelungen, der zeigt, wie mit gezielten Maßnahmen eine wirkungsvolle Strömungsverbesserung erreicht werden kann.

Mo. 15:00 Saal 3 Vorkolloquium: Akustik von Strömungsmaschinen

Identifikation von kohärenten Strömungsstrukturen und die hydroakustische Schallabstrahlung eines nabenlosen Propellers

Max Hieke^a, Hoshang Sultani^b, Frank-Hendrik Wurm^a und Otto von Estorff^b

^aUniversität Rostock, Lehrstuhl Strömungsmaschinen; ^bTechnische Universität Hamburg (TUHH)

Neben Nabenpropellern etablieren sich zunehmend auch nabenlose Propeller für maritime Anwendungen. Insbesondere durch ihre kompakte Bauweise eröffnen diese Antriebssysteme neue Möglichkeiten zur Integration in Schiffen, AUV's oder auch ROV's als Hauptantrieb oder zur Positionsstabilisierung. Systematische Untersuchungen bezüglich der Topologie der instationären Nachlaufströmung und der daraus resultierenden Schallabstrahlung nabenloser Propeller existieren bislang noch nicht. Im Rahmen eines DFG-Verbundvorhabens zwischen der Universität Rostock und der Technischen Universität Hamburg werden die Hydromechanik und die Hydroakustik eines nabenlosen Propellers mit numerischen und experimentellen Methoden untersucht. Für die Berechnung der Strömungsfelder wird eine Variation der Detached Eddy Simulation (DES), die Stress Blended Eddy Simulation (SBES), verwendet. Die Validierung DES erfolgt mittels experimenteller Daten für die integralen Leistungskennzahlen, Wanddruckfluktuationen und Schalldrücke. Die Auswertung der transienten DES Ergebnisse beinhaltet die Analyse zeitgemittelter Druck- und Geschwindigkeitsfelder, der Korrelationen der Schwankungsgrößen sowie punktueller Frequenzanalysen. Für eine tieferführende Analyse wurde die Proper Orthogonal Decomposition Methode (POD) auf die transienten Druckfelder angewendet. Hierdurch können Rückschlüsse auf die kohärenten Strömungsstrukturen und die hydroakustische Schallabstrahlung gezogen werden. Die Berechnung der hydroakustischen Schallabstrahlung erfolgt durch den

DFG-Projektpartner auf Basis der transienten Druck- und Geschwindigkeitsfelder der DES Simulation.

Mo. 15:30 Saal 3 Vorkolloquium: Akustik von Strömungsmaschinen

Hydroakustische Untersuchung eines Schaufelprofils in einem nabelosen Propellersystem basierend auf dem EIF-Verfahren und der "Moving-Least-Squares"-Methode

Hoshang Sultani^a, Max Hieke^b, Otto von Estorff^a und Frank-Hendrik Wurm^b

^a *Technische Universität Hamburg (TUHH)*; ^b *Universität Rostock, Lehrstuhl Strömungsmaschinen*

Nabenlose Propeller induzieren sowohl aus strömungsmechanischen als auch aus konstruktiven Gründen im Vergleich zu klassischen Propellerantrieben eine wesentlich geringere Schallabstrahlung. Eines der Strömungsphänomene, die für die Gesamtschallemission des Propellersystems verantwortlich sind, ist die Interaktion der Strömung mit dem Schaufelprofil. Im Sinne einer ersten Erforschung des Gesamtsystems erfolgt in diesem Beitrag eine Untersuchung des strömungsinduzierten Schalls eines Schaufelprofils in einem nabelosen Propellersystem. Die Berechnung der Akustik erfolgt dabei mit dem sogenannten "Expansion about Incompressible Flow" (EIF) - Ansatz nach Hardin und Pope beziehungsweise Shen und Sørensen. Dieser stellt ein hybrides Verfahren dar und gehört der Gruppe der "hydrodynamic/acoustic splitting" (HAS) - Ansätze an. Zur räumlichen Diskretisierung der EIF-Gleichungen wird die "Moving-Least-Squares" (MLS) - Approximation nach Lancaster und Salkauskas herangezogen. Die MLS-Methode verspricht besonders vorteilhafte Eigenschaften im Zusammenhang mit unstrukturierten Netzen. Zur Simulation des Strömungsschalls wird die Finite-Volumen Simulationssoftware OpenFOAM® eingesetzt. Die Ergebnisse einer zweidimensionalen Akustiksimulation des Schaufelprofils, basierend auf dreidimensionale Strömungssimulationsdaten, werden vorgestellt und analysiert. Hierbei wird auf die Besonderheiten gegenüber der Umströmung von isoliert-betrachteten Schaufelprofilen eingegangen. Untersucht werden auch die Unterschiede, die sich bei der Anwendung der MLS-Methode im Vergleich zu den Standardinterpolationsmethoden aus OpenFOAM® ergeben. Abschließend findet ein erster Vergleich der Simulationsergebnisse mit Messdaten anhand eines Kreuzleistungsspektrums statt.

Vorkolloquium: Räumliche Wiedergabeverfahren

Mo. 13:00 Saal 3 Vorkolloquium: Räumliche Wiedergabeverfahren

Begrüßung und Einführung

Mo. 13:15 Saal 2 Vorkolloquium: Räumliche Wiedergabeverfahren

Generalization of Wave Field Synthesis theory with application for virtual moving sources

Gergely Firtha

Budapest University of Technology

Wave Field Synthesis (WFS) aims at the reconstruction of a desired target wavefront by driving a set of densely spaced loudspeaker distribution with properly chosen secondary source driving signals. WFS theory fundamentally relies on the stationary phase approximation (SPA), allowing the evaluation of integrals around critical points. The present contribution discusses the physical interpretation of the SPA of boundary and spectral integrals in the context of sound field reproduction, leading to a generalized WFS theory. This theory allows the synthesis of arbitrary 3D wavefronts by applying an arbitrary convex contour of secondary loudspeakers and ensures an optimal synthesis over a freely chosen convex reference curve. Besides highlighting the relation of the generalized WFS theory and the existing approaches the contribution presents a complex application example: the reproduction of moving point sources including the possibility of proper anti-aliasing filtering, required in practical synthesis scenarios.

Mo. 13:45

VK - Räumliche Wiedergabeverfahren

Local Sound Field Synthesis - Physics and Perception

Fiete Winter

Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik

The avoidance of spatial aliasing is a major challenge in the practical implementation of Sound Field Synthesis (SFS). Such methods aim at a physically accurate reconstruction of a desired sound field inside a target region using a finite ensemble of loudspeakers. In recent years, conventional methods for SFS have been extended towards so-called Local SFS: The reproduction is actively prioritised inside a downsized region in order to improve the synthesis accuracy within this area. This contribution compares the physical properties of different (Local) SFS approaches with a dedicated focus on the achievable aliasing-free frequency range. A geometric model is used to predict spatial aliasing artefacts as a function of the listening position and the desired sound field. The findings are discussed in conjunction with results from listening experiments. They evaluate the mentioned approaches with respect to humans' azimuthal localisation and perception of timbre.

Mo. 14:15 Saal 2 Vorkolloquium: Räumliche Wiedergabeverfahren

3D-Audio-Ambisonics-Produktion für großes Publikum

Franz Zotter, Daniel Rudrich und Matthias Frank

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

Seit den 1970ern gibt es die Grundlagen für Ambisonics als flexibles Format für Aufnahme und Wiedergabe. Doch erst in den vergangenen Jahren ist sein Potential so ausgeschöpft worden, dass es einer breiteren Masse als Werkzeug für Produktionen zur Verfügung steht. Dieser Vortrag umreißt die aktuellen Entwicklungen in Bezug auf Theorie, umfangreicher Wahrnehmungsstudien und freier Software-Werkzeuge, die eine Produktion und Wiedergabe für großes Publikum außerhalb von Laborbedingungen ermöglichen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf den wahrnehmungsoptimierten, praktischen Entwurf von Systemen mit überschaubarer Anzahl an ungleichmäßig verteilten Lautsprechern gelegt, der anhand von Beispielen für Publikum bis zu 300 Personen veranschaulicht wird.

Mo. 15:00 Saal 2 Vorkolloquium: Räumliche Wiedergabeverfahren

Implementation and Application of Acoustic Crosstalk Cancellation Systems

Florian Pausch, Michael Kohnen, Jonas Stienen, Lukas Aspöck, Michael Vorländer und Janina Fels

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Binaural signal playback over loudspeakers requires the integration of well-designed acoustic crosstalk cancellation filters for achieving sufficient channel separation. Static implementations might, however, entail considerably decreased sound field quality owing to mismatched binaural spatial playback transfer functions and distorted perceptual cues. As common countermeasure, although putting increased demands on filter robustness, processing power and real-time convolution efficiency, these transfer functions are selected based on the listener's current real-world position and orientation, captured through motion tracking. Even when adapting the sweet spot, other shortcomings of this reproduction technique are well known from the literature including coloration, audible phase information, or dynamic range overflow. On the plus side, acoustic crosstalk cancellation enables plausible sound field synthesis in a wide frequency range based on a small number of loudspeakers. Especially these properties make it suitable for home entertainment and virtual reality environments in restricted space while also facilitating applications in the scope of auditory research and clinical practice with optional room acoustic simulations for increased validity. This talk will provide an overview on different static and dynamic system implementations, discuss advantages and shortcomings including counterstrategies, as well as system applications and extensions based on recent projects.

Mo. 15:30 Saal 2 Vorkolloquium: Räumliche Wiedergabeverfahren

Psychoacoustics and spatial sound reproduction

Bernhard Seeber

TU München, Audio-Signalverarbeitung

Spatial sound reproduction via loudspeakers has received heightened attention in recent years in the audio engineering community. There, the focus is to develop systems capable of reproducing sound with perceived spatial and timbral fidelity. The psychoacoustics community is likewise tending towards spatial techniques in the free field as they allow creating the listening situations with multiple distributed sound sources and reverberation that are difficult for hearing impaired listeners. However, the systems are there used for measurement purposes and should hence adhere to strict requirements on the accuracy and predictability of the received ear signals. Starting from an overview of our real-time Simulated Open Field Environment (rtSOF) to interactively simulate and auralize sound sources in rooms, I will discuss design choices made to accommodate the requirements of psychoacoustic research. I will present results from the technical evaluation of the system which foster ongoing development. The system's focus is on the accurate reproduction of moving sound sources, and I will present first results on how movement impacts masked thresholds. Besides simulating the sound in rooms, real sound fields can be captured with microphone arrays for reproduction. Issues with recording and reproducing sound scenes in higher order Ambisonics will be discussed.

Fachvorträge und Poster am Dienstag, den 19.03.2019

Sitzung „Bauakustik 1“

Di. 14:00 Saal 1

Bauakustik 1

Use of ISO 717 low-frequency sound insulation descriptors in acoustic regulations and recommendations for housing in Europe

Birgit Rasmussen

Danish Building Research Institute

Most countries in Europe have acoustic regulations for housing, including airborne and impact sound insulation requirements expressed using ISO 717 descriptors. Most requirements use the default frequency range starting from 100 Hz. However, in some of the Nordic countries low-frequency (LF) spectrum adaptation terms 50-80 Hz are included in the regulations and in others recommended.

In addition to regulations, national acoustic classification schemes for housing exist in more than ten countries in Europe. The schemes specify a number of quality classes, reflecting different levels of acoustic protection, and include class criteria concerning several acoustic performance areas like in regulations. For the airborne and impact sound insulation criteria in the classification schemes, all five Nordic countries as well as Lithuania and Austria use LF descriptors in the upper classes, but other countries do not.

When a high acoustic protection is requested by a builder, one of the upper classes could be recommended as design basis, and use of LF descriptors or not will depend on which national acoustic classification scheme is referred to.

The paper will summarize the specific descriptors and limit values for low-frequency descriptors applied in regulations and recommendations for housing, including the higher classes in acoustic classification schemes.

Di. 14:20 Saal 1

Bauakustik 1

IGN und Wasserarmaturen im akustischen Vergleich

Bernd Kaltbeitzel, Sinja Schmid, Sven Öhler und Lutz Weber

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Nach DIN 4109:1989, Ziffer 7.3 konnte die akustische Eignung von Wasserarmaturen nach der Beziehung $L_{ap} \leq 72 \text{ dB} - L_{IGN}$ nachgewiesen werden, wobei L_{IGN} den am Bau mit dem Installationsgeräuschnormal (IGN) gemessenen Installations-Schallpegel und L_{ap} den nach DIN EN ISO 3822 im Prüfstand ermittelten Armaturengeräuschanpegel bezeichnen. Die obige Beziehung ist in der neuen DIN 4109 nicht mehr enthalten, wird aber in der Praxis noch immer verwendet. Grundlegend ist die Beziehung korrekt, wenn Armatur und IGN das gleiche Geräuschspektrum aufweisen. Weichen die Spektren hingegen voneinander ab,

so sind - abhängig davon, wie stark sich die Übertragungswege im Prüfstand und am Bau unterscheiden - mehr oder weniger große Unterschiede zu erwarten. Im Rahmen einer BSc-Thesis wurde untersucht, wie groß diese Unterschiede für übliche Armaturen und Bauten ausfallen können. Hierzu wurden Messungen in verschiedenen Prüfständen des Fraunhofer IPB in Stuttgart durchgeführt. Dies umfasste Vergleichsmessungen zwischen dem IGN und verschiedenen Armaturen im Prüfstand nach DIN EN ISO 3822-1 sowie Messungen im Installationsprüfstand des IPB als Musterbau. Dabei wurde die Körperschallübertragung unterschiedlicher Armaturen ins Bauwerk bei Variation des Rohrmaterials, der Rohrschellen sowie der Montagebedingungen untersucht.

Di. 14:40 Saal 1

Bauakustik 1

Charakterisierung von Körperschallquellen mit flächigem Kontakt zum Bauwerk

Jasmin Amann, Agostino Troll und Lutz Weber

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

Für Sanitärinstallationen gelten strenge bauaufsichtliche Schallschutzanforderungen. Daher lassen viele Sanitärhersteller die Geräuschentwicklung ihrer Produkte vorab in einem bauakustischen Prüfstand testen. Allerdings beschränken sich die Untersuchungen in Deutschland fast ausschließlich auf Gebäude in Massivbauweise. Für den Leichtbau liegen demgegenüber bislang kaum Messdaten vor. Aus diesem Grund wurden vom Fraunhofer Institut für Bauphysik im Rahmen eines vom BBSR geförderten Forschungsvorhabens Untersuchungen dazu durchgeführt.

Ziel der Untersuchungen war es, am Beispiel von Holzbalkendecken genaueren Einblick in die Einleitung und Übertragung von Körperschall durch Sanitärobjekte im Leichtbau zu gewinnen und daraus - wenn möglich - ein einfaches Verfahren zur überschlägigen Prognose des resultierenden Installations-Schallpegels abzuleiten. Einen zentralen Bestandteil der durchgeführten Untersuchungen bildete die Charakterisierung der vorhandenen Quellen, bei denen es sich (wie z. B. bei den betrachteten Duschwannen und bodenebenen Duschflächen) überwiegend um Installationen mit flächigem Kontakt zum Bauwerk handelte.

Bei Flächenquellen stellt die Bestimmung der maßgebenden akustischen Eigenschaften - im vorliegenden Fall der komplexen Admittanz und der freien Schnelle - eine erhebliche messtechnische Herausforderung dar. Es wird ein Ansatz zur Quellencharakterisierung vorgestellt, der einerseits auf Messungen der Schnelle mit einem Laser-Vibrometer und andererseits auf dem Vergleich der unter definierten baulichen Bedingungen gemessenen Körperschallleistung beruht.

Di. 15:00 Saal 1

Bauakustik 1

Prognose von Installationsgeräuschen im Holzbau

Fabian Schöpfer, Andreas R. Mayr und Ulrich Schanda

Technische Hochschule Rosenheim

Für den gesetzlich geforderten Schallschutznachweis ist eine Prognose der Schallemissionen von Installationsgeräuschen und gebäudetechnischen Anlagen sowie der Köperschallübertragung im Gebäude erforderlich. Für den Massivbau steht hierfür mit der DIN EN 12354-5:2009-10 ein validiertes Berechnungsverfahren zur Verfügung. Für den Holzbau, der in den vergangenen Jahren auch im mehrgeschossigen Wohnungsbau zunehmende Bedeutung gewinnt, ist dies bislang nicht der Fall. Somit kann der Nachweis des geforderten Schallschutzes im Holzbau formal nur durch bauakustische Messungen im ausgeführten Gebäude erbracht werden. Die schalltechnische Beratung beruht hier aktuell fast ausschließlich auf vorhandener Projekterfahrung der Fachplaner. Dies hat häufig Überdimensionierungen der Baukonstruktionen und doppelte Sicherheiten bei der Auswahl und Montage der Anlagen zur Folge. Ein möglicher Prognoseansatz für den Holzbau, basierend auf gemessenen Übertragungsfunktionen, wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts in den vergangenen beiden Jahren an der Technischen Hochschule Rosenheim untersucht. Der Schwerpunkt des Vorhabens lag in der messtechnischen Erfassung von möglichen Übertragungsfunktionen in Holzhäusern. In diesem Beitrag werden die gesammelten Messdaten zusammengefasst und das vorgeschlagene Prognoseverfahren aufgezeigt.

Di. 15:20 Saal 1

Bauakustik 1

Kennzeichnende Größe für gebäudetechnische Anlagen im HochbauAndreas MeierMüller-BBM GmbH

Aufgrund von Handlungsempfehlungen einschlägiger Kreise sind messtechnisch ermittelte Schalldruckpegel LAF,max von gebäudetechnischen Anlagen in Gebäuden einheitlich auf eine Referenzabsorptionsfläche zu beziehen. Das Verfahren zur Ermittlung von LAF,max,n ist seit 2016 auch in die DIN 4109 aufgenommen worden. Was für häufig anzutreffende Wohnräume mit Grundflächen von 8 - 15 m² noch einigermaßen geeignet ist, scheint in größeren Wohnräumen z.B. im hochpreisigen Segment zum Nachteil sowohl von Planern als auch Herstellern von gebäudetechnischen Anlagen zu führen. Der Beitrag erörtert die Hintergründe, Ursachen und erläutert, für welche gebäudetechnischen Anlagen die eingeführte Kennzeichnung problematisch ist. Basierend hierauf wird ein Vorschlag für eine zukünftig verbesserte schalltechnische Kennzeichnung erörtert.

Di. 15:40 Saal 1

Bauakustik 1

Charakterisierung von Körperschallquellen auf der Empfangsplatte mit Hilfe von orthogonalen Funktionen

Berndt Zeitler^a, Steffi Reinhold^b, André Jakob^c, Christoph Höller^d, Carl Hopkins^b und Elmar Zeitler^e

^a Hochschule für Technik Stuttgart; ^b Acoustic Research Unit, School of Architecture, University of Liverpool; ^c Beuth Hochsch. für Technik Berlin;

^d National Research Council Canada; ^e Fritz-Haber Institut (emeritiert)

Im Massivbau existieren Prognosemethoden (z.B. EN 12354), um den durch Körperschallquellen erzeugten Schalldruckpegel in benachbarten Räumen zu bestimmen. Eingangsdaten für diese Prognosemethoden sind unter anderem die Körperschallleistung der Quellen. In diesem Beitrag wird eine zunächst akademische Methode beschrieben, wie mit Hilfe orthogonaler Funktionen die Körperschallleistung dieser Quellen aus Messungen auf der Empfangsplatte gewonnen werden kann. Die potentielle Anwendbarkeit und erreichbare Genauigkeit der Methode werden anhand eines validierten FE Models dargestellt.

Di. 16:40 Saal 1

Bauakustik 1

Untersuchungen zur Ausweitung des Verfahrens zur Ermittlung der charakteristischen Körperschallleistung haustechnischer Anlagen mittels Empfangsplatten gemäß DIN EN 15657:2017-10 auf Anregungen in Plattenebene

Michael Hoßfeld^a, Fabian Schöpfer^b, Andreas R. Mayr^b und Ulrich Schanda^b

^a Labor für Schallmesstechnik, Hochschule Rosenheim; ^b Technische Hochschule Rosenheim

In der DIN EN 15657:2017-10 werden Messverfahren zur Ermittlung der charakteristischen Körperschallleistung von haustechnischen Anlagen beschrieben. Das sogenannte indirekte Verfahren beruht auf der Verwendung von Empfangsplatten. Das Verfahren ist aus messtechnischer Sicht vergleichsweise robust für den Fall, dass die Admittanz der Quelle (haustechnische Anlage) deutlich höher als die Admittanz der Empfangsplatte ist. Dies wurde in früheren Untersuchungen gezeigt; dabei waren die haustechnischen Anlagen direkt auf der Empfangsplatte montiert. Es gibt jedoch Befestigungssituationen in der Baupraxis, bei der die Montage der haustechnischen Anlage in einer Aussparung der Wand erfolgt, wie zum Beispiel bei Rollladenköpfen in Fensteröffnungen. Die Anregung des Baukörpers erfolgt damit stirnseitig, also in Plattenebene. Somit ist zu erwarten, dass in der Empfangsplatte primär nicht Biegewellen, sondern Longitudinalwellen angeregt werden. Diese Befestigungssituation wurde an einer Empfangsplatte im Rosenheimer Technologiezentrum Energie & Gebäude (roteg) nachgestellt. Der Beitrag zeigt

Messergebnisse als Grundlage zur Beurteilung, ob das Verfahren gemäß der DIN EN 15657:2017-10 auch in diesem Fall anwendbar ist, insbesondere wie die Bestimmung der Körperschallleistung bei stirnseitiger Anregung in der Platte zu erfolgen hat.

Di. 17:00 Saal 1

Bauakustik 1

Mangelhafter Trittschall u.a. unter 100 Hz!

Steffen Hettler

Jahn Hettler und Partner Rechtsanwälte

Als regelmäßiger Teilnehmer der DAGA ist festzustellen, dass der Trittschall unter 100 Hz und seine dort auftretenden Probleme regelmäßiger Gegenstand von Vorträgen und Lösungsansätzen sind. Je nach Problemstellung wird ein schlechter Trittschallschutz - i.d.R. dann unter 100 Hz - in Fachkreisen auch als "Estrichdröhnen" bezeichnet. Auch den Juristen ist dieses Thema bereits aufgrund zahlreicher und regelmäßig aufkommender Beratungsanfragen betroffener Wohnungserwerber bekannt. Regelmäßig sind die Erwerber mit diesen Fällen mit Schallschutzbüchern konfrontiert, die von den Verkäufern der Wohneinheiten beauftragt werden und beste Trittschalldämmwerte ergeben. Auf Nachfrage zeigt sich jedoch, dass diese Werte sich unter Einhaltung der Regelwerke aus dem bauakustischen Frequenzbereich ab 100 Hz herleiten. Salopp gesagt geht jedoch unter 100 Hz akustisch dann die Post ab. Da hilft es auch nicht, darauf zu verweisen, dass der Mensch unter 100 Hz bei tiefen Frequenzen schlechter hört. Denn auch ein schlecht hörender Mensch ist gestört, wenn nur das Störgeräusch laut genug ist. Die Konstruktionen mit schlechter Trittschalldämmung (Estrichdröhnen) unter 100 Hz sind bei üblicher Vertragslage mangelhaft. Der Beitrag versucht sich hierzu an einer ausführlichen rechtlichen Herleitung.

Di. 17:20 Saal 1

Bauakustik 1

Ermittlung der Schalldämm-Maße im tiefen Frequenzbereich nach EN ISO 10140 im Vergleich zum Diagonalverfahren

Polina Pirch und Bernd Nusser

Holzforschung Austria

In der Fachwelt steigt der Bedarf nach einem Messverfahren, welches zuverlässig die Schalldämm-Maße von Bauteilen ab 50 Hz liefert. Die übliche Messmethode nach EN ISO 10140-2 führt in einem modalen Schallfeld, welches im normativen bauakustischen Prüfstand bis 200 Hz herrschen kann, zu einer Überschätzung der Schalldämmwerte im tiefen Frequenzbereich. Im Gegensatz hierzu kann das Diagonalverfahren eingesetzt werden, bei welchem festgelegte Messpositionen entlang einer Raumdiagonale verwendet werden. Hierdurch wird der Einfluss des modalen Schallfeldes reduziert. Die vorliegende Untersuchung vergleicht die Messergebnisse nach EN ISO 10140-2 und dem Diagonalverfahren. Um die Tauglichkeit der ausgewählten Messdiagonale zu beurteilen, wurde die aus dem Diagonalverfahren gewonnenen mittleren Schalldruckpegel mit dem Raum-Pegelmittelwert aus einer Rastermessung

verglichen. Für die angestellten Methodenvergleiche wurden verschiedenen Wand- und Deckenbauteile untersucht. Es zeigt sich, dass das bewertete Schalldämm-Maß Rw (ab 100 Hz) mit einer Differenz von bis zu 2 dB nur gering von der Messmethode beeinflusst wird. Der Kennwert $Rw+Ctr,50-3150$, welcher die tiefen Frequenzen ab 50 Hz mitberücksichtigt, zeigt je nach Bauteil hingegen Unterschiede zwischen den Messmethoden von bis zu 5 dB. Ebenso ausgeprägte Differenzen wurden beim Vergleich der Trittschallpegel aus den beiden Messmethoden ermittelt, was im Beitrag ebenfalls gezeigt wird.

Di. 17:40 Saal 1

Bauakustik 1

Entwicklung einer automatisierten Schallfeldabtastung für bauakustische Untersuchungen im Frequenzbereich unter 400 Hz

Polina Pirch und Bernd Nusser

Holzforschung Austria

Für die Messung der Schalldämmung von Bauteilen nach EN ISO 10140 werden mindestens fünf feststehende Mikrofonpositionen (oder ein bewegtes Mikrofon) im Sende- und Empfangsraum gefordert. Entsprechend dem informativen Anhang A derselben Norm wird für die Messung im tiefen Frequenzbereich (allgemein unter 400 Hz und speziell unter 100 Hz) empfohlen die Anzahl an Mikrofonpositionen zu erhöhen. Diese Empfehlung resultiert aus dem modalen Schallfeld, welches bei den üblichen Prüfraumabmessungen bereits unter 400 Hz entstehen kann und somit zu einer erhöhten Unsicherheit bei der Ermittlung des mittleren Schalldruckpegels führt. Durch die Verwendung einer größeren Anzahl an Mikrofonpositionen kann der mittlere Schalldruckpegel bei modalen Schallfeldern zuverlässiger ermittelt werden. Entsprechend Anhang A werden deshalb mindestens sechs Mikrofonpositionen für Messungen im tiefen Frequenzbereich empfohlen.

Im gegenständlichen Beitrag wird die Entwicklung einer automatisierten Schallfeldabtastung in Prüfräumen für bauakustische Untersuchungen vorgestellt. Mit Hilfe der entwickelten Automatisierung können die Schalldruckpegel in den Prüfräumen in einem beliebigen Raster, d.h. mit einer nahezu beliebigen Anzahl an Mikrofonpositionen, ohne Nutzereingriff ermittelt werden. Im Beitrag wird auch gezeigt, dass durch die erhöhte Anzahl an Mikrofonpositionen die Zuverlässigkeit des mittleren Schalldruckpegels für Bauteiluntersuchungen im Frequenzbereich unter 400 Hz deutlich erhöht wird.

Di. 18:00 Saal 1

Bauakustik 1

Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen in der Bauteilprognose

Simon Mecking, Andreas Rabold und Anton Huber

Technische 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. Die Prognose der Luft- und Trittschallübertragungen der Bauteile erfolgt, um den Einfluss der unterschiedlichen Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen im Vergleich zu konventionellen Dämmstoffen zu untersuchen. Begleitende Bauteilmessungen weisen darauf hin, dass eine Charakterisierung der Hohlräumdämmung allein durch den Strömungswiderstand unzureichend ist. Durch einen semi-analytischen Berechnungsansatz mit einem äquivalenten Fluid können weitere Dämmstoffeigenschaften bei der Prognose von zweischaligen Bauteilkonstruktionen berücksichtigt werden. Die Eingangsdaten für die Prognoserechnung werden durch Messungen der Übertragungseigenschaften der Dämmstoffe an der PTB Braunschweig ermittelt und mit Ergebnissen anderer semi-empirischen Berechnungsmodelle auf Basis des Strömungswiderstandes verglichen. Anhand der Validierung der Prognoseergebnisse gegenüber Bauteilmessungen kann überprüft werden, inwiefern die konventionellen Messgrößen (Strömungswiderstand, dynamische Steifigkeit und Rohdichte) für die Materialbeschreibung ausreichend sind. Im Vortrag wird der bauakustische Schwerpunkt des Projektes sowie erste Ergebnisse der Prognoseberechnungen vorgestellt.

Sitzung „Fahrzeugakustik 1“

Di. 14:00 Saal 2

Fahrzeugakustik 1

Entwicklung und Validierung einer Simulationsmethodik zur Berechnung der Fluid-Struktur-Akustik Interaktionen an einem vereinfachten Fahrzeugmodell

Marcel Seidler, Katrin Nusser und Stefan Becker

Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentech.
Im heutigen aeroakustischen Fahrzeugdesign spielt die Turbulenzentstehung und -ausbreitung hinter den Seitenspiegeln eine große Rolle. Da das Seitenfenster unmittelbar durch die Spiegel-turbulenzen angeregt wird und dadurch Schall in den Fahrzeuginnenraum abstrahlt, ist das Verständnis und die effiziente Rekonstruierbarkeit aller beteiligten Prozesse entscheidend für die Abschätzung des von den Insassen wahrnehmbaren Schallspektrums. Während bisherige Arbeiten den Fokus auf einzelne Teilprozesse legten, soll mit dieser Untersuchung eine ganzheitliche Simulationsmethodik eingeführt und validiert werden. Dadurch soll eine realitätsnahe Vorhersage des resultierenden Geräuschspektrums ermöglicht werden. Dabei liegt der Fokus insbesondere auf der Implementierung einer Kopplungsmethodik, da die Auflösung der

Fluid-Struktur-Akustik Wechselwirkung an der Seitenscheibe entscheidend für die Ergebnisqualität ist. Letztendlich wird für die Fluid-Struktur Interaktion eine einfache Kopplung verwendet, während die akustische Ausbreitungsrechnung im Fahrzeuginnenraum gemeinsam mit der Simulation der Scheibenschwingung erfolgt. Zusätzlich konnten die Elastizität der Fensterlagerung sowie die akustischen Eigenschaften der Fahrzeuginnenverkleidung im Modell integriert werden. Der Abgleich der Simulationsergebnisse mit Windkanalmessungen zeigt eine gute Übereinstimmung, weist allerdings lokale Abweichungen auf, deren Diskussion Teil dieses Beitrags ist. Insgesamt beschreibt diese Arbeit damit einen vollständigen Simulationsansatz, der es ermöglicht schon früh im Automobildesign den Einfluss der Spiegelgeometrie auf die wahrnehmbare Akustik im Fahrzeuginnenraum abzuschätzen.

Di. 14:20 Saal 2

Fahrzeugakustik 1

Einfluss turbulenter Anströmung und fahrzeugerregter Turbulenz auf das Windgeräusch im Fahrzeug

Domenic Staron, Matthias Riegel, Reinhard Blumrich und Jochen Wiedemann

FKFS, Stuttgart

Die aeroakustische Entwicklung von Fahrzeugen findet vorrangig in Aeroakustik-Windkanälen bei stationärer Anströmung statt. Auf der Straße erfahren Fahrzeuge allerdings instationäre, turbulente Strömungsverhältnisse. Es resultieren Schwankungen des Windgeräusches, die den subjektiven Eindruck der Insassen beeinflussen und somit bei der Fahrzeugentwicklung zu berücksichtigen sind. Da Straßenmessungen mangels Reproduzierbarkeit für gezielte Untersuchungen nur bedingt geeignet sind, werden Methoden zur reproduzierbaren Bestimmung des instationären Windgeräusches entwickelt. Hierzu zählen quasistationäre Simulationsverfahren auf Basis von stationären Akustikmessungen im Windkanal und Strömungsmessungen auf der Straße sowie aktive Böengeneratoren. In diesem Beitrag werden die Methoden genutzt, um das instationäre Windgeräusch der Entstehung nach zu unterteilen und zu analysieren. Unterschieden werden Anteile aus der Turbulenz der Anströmung und aus fahrzeugerregter Turbulenz. Letztere wird durch die Geometrie des Fahrzeugs erregt, auch bei stationärer Anströmung. Mit steigender Modulationsfrequenz im Windgeräusch werden ein anteilig sinkender Einfluss der Anströmturbulenz und dementsprechend ein steigender Einfluss der fahrzeugerregten Turbulenz gefunden. Die jeweilige Bedeutung der Anteile für das Geräuschempfinden im Fahrzeug wird in einem weiteren Schritt untersucht.

Di. 14:40 Saal 2

Fahrzeugakustik 1

Bedeutung der Anströmung für die Aeroakustik eines Kfz-Kühlerlüfters

Maren Gollub^a, Dieter Gnannt^b, Reinhard Blumrich^a, Christoph Semmler^b und Jochen Wiedemann^a

^a*FKFS, Stuttgart*; ^b*Daimler AG*

In der Abkühlphase von Fahrzeugen aber auch im Ladebetrieb von Elektrofahrzeugen wird das Außengeräusch eines Kraftfahrzeugs vom Kühlerlüfter besonders deutlich dominiert. In diesen Betriebszuständen fehlen maskierende Geräusche, wodurch das Lüftergeräusch in den Vordergrund tritt. Besonders störend werden tonale Komponenten des Lüftergeräusches empfunden, die zudem auch pegelbestimmend sein können. In einem Prüfstandsaufbau, der die Einbausituation im Fahrzeug mit den strömungsmechanisch relevanten Bauteilen berücksichtigt, wurden die Ursachen der tonalen Komponenten eines Serienlüfters detailliert experimentell analysiert. Bei dem vorliegenden Lüfter, der schon übliche Maßnahmen zur Reduktion der Rotor-Stator-Interaktion aufweist, zeigte sich die Anströmsituation als effiziente Möglichkeit, tonale Komponenten zu reduzieren. Es wurde hierdurch ein deutlich angenehmeres Geräusch erreicht.

Di. 15:00 Saal 2

Fahrzeugakustik 1

Rattert es noch oder summt es schon? Unterschiede in der Wahrnehmung amplitudenmodulierter Ganzkörperschwingungen

Anna Schwendicke und M. Ercan Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

In vielen Situationen des Alltags sind Menschen nicht nur Geräuschen sondern auch Vibrationen ausgesetzt. Sind nicht nur einzelne Körperteile der Vibration ausgesetzt, sondern wird die Vibration in den kompletten Körper eingeleitet, spricht man von Ganzkörpervibrationen. Insbesondere sitzende Menschen in Fahrzeugen sind Ganzkörperschwingungen ausgesetzt, aber auch beispielsweise Besucher von Konzerten.

Sowohl bei der Bewertung von Vibrationen in Alltagssituationen als auch in Virtuellen Umgebungen ist es wichtig die Wahrnehmung dieser Vibrationen durch den Menschen beschreiben zu können analog zu den bekannten psychoakustischen Größen wie z.B. Rauigkeit oder Schärfe. Ein Großteil der Forschung konzentriert sich vor allem auf den wahrgenommenen Komfort der Schwingungen. Komfort ist jedoch stark kontextbezogen und die Erwartungen an den Komfort eines Fahrzeuges unterscheiden sich von einem Kleinwagen zu einer Luxuslimousine erheblich. Frühere Untersuchungen mit einer Auswahl von Signalarten haben ein größeres Set an möglichen Attributen zur Beschreibung von Ganzkörperschwingungen geliefert.

Mit Hilfe eines semantischen Differentials wird die Ausprägung verschiedener besonders häufiger genannter und als gut geeignet bewerteter Attribute von Ganzkörperschwingungen untersucht. Dabei werden für

mehrere Vibrationspegel systematisch über einen breiten Frequenzbereich sowohl Grundfrequenz als auch Modulationsfrequenz variiert und die Wahrnehmung mit einem großen Probandenkollektiv getestet.

Di. 15:20 Saal 2

Fahrzeugakustik 1

Full frequency simulation of performance of audible pedestrian safety warning system

Arnaud Caillet^a, Massimiliano Calloni^b, Oussema Fatmi^a und Abderrazak Mejdī^c

^a*ESI GmbH*; ^b*ESI Group*; ^c*ESI R&D USA*

With the advent of electric vehicles, the usual audible sources from internal combustion engine has been removed, affecting pedestrian safety. New audible signals to inform them of the approach, presence, direction and/or departure of electric and hybrid road vehicles are required to alert the pedestrians. The use of the alert sound is required by several regulations all around the world normally at speeds below 30 km/h. To design properly the audible pedestrian warning systems and make sure they conform to regulations, measurements can be done. However, it needs a lot of manpower and hardware. BEM simulations are capable to predict accurately the transfer function between the source and the microphones used for the certification of the vehicle and evaluate the performances of the pedestrian safety device. The BEM model provides the flexibility to investigate design changes in terms of position of the loud speaker, type and variations in the sound package. Therefore, ray tracing technique can be used as an alternative for mid and high frequency analysis and can be used for faster prediction (from hours to minutes) and to reach higher frequency range. This paper aims to present a test case and comparison of the BEM and Ray Tracing predictions.

Di. 15:40 Saal 2

Fahrzeugakustik 1

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 66)

Di. 16:40 Saal 2

Fahrzeugakustik 1

Die Wirkung von Syntheseparametern auf Wahrnehmungsgrößen bei der aktiven Klanggestaltung im Fahrzeug

Mirko Djukic und André Fiebig

HEAD acoustics GmbH

Im Zuge der zunehmenden Elektrifizierung von Kraftfahrzeugen und den damit verbundenen neuen Herausforderungen in der Fahrzeugakustik finden verstärkte Entwicklungstätigkeiten im Zusammenhang mit "Active Sound Design" (ASD) statt. Das ASD bzw. die aktive Klanggestaltung beschreibt eine Methode, bei der gezielt synthetische Geräuschanteile zur bestehenden Geräuschsituation hinzugefügt werden. Damit wird angestrebt, die wahrgenommene Produktqualität zu optimieren. Zudem ist man in der Lage, die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine zu

beeinflussen. Zur Umsetzung von aktiver Klanggestaltung stehen grund-sätzlich zahlreiche Werkzeuge zur Verfügung, die situativ im Kontext der Geräuschumgebung und in Abhängigkeit verschiedener Rahmenbedingungen parametrisiert werden müssen. Durch psychoakustische Untersuchungen und Erkenntnisse können diese Parameter für spezifische Szenarien sinnvoll dimensioniert werden. Aus zielgerichteten Untersuchungen zur Wechselwirkung von synthetischen Schallereignissen mit spezifischen Empfindungen, wie der intuitiven Wahrnehmung von Geschwindigkeit oder Beschleunigung, können Zusammenhänge exploriert werden, die eine fundierte Grundlage zur aktiven Klanggestaltung bilden. Im Rahmen des Beitrags werden spezifische Wirkungen verschiedener Syntheseparameter auf Wahrnehmungsgrößen im Fahrzeug diskutiert und Implikationen für die Auslegung von ASD im Fahrzeug abgeleitet. Im Fokus steht hierbei die Tonhöhe bzw. der Grad der Tonhöhenänderung als Indikator der intuitiven Geschwindigkeitswahrnehmung. Hierzu werden Ergebnisse von Untersuchungsreihen vorgestellt, in denen die Wirkung von verschiedenen synthetischen Signalen unter variierenden Bedingungen untersucht wurde.

Di. 17:00 Saal 2

Fahrzeugakustik 1

Validierung der Simulation von Fahrzeug-Lautsprecher-Systemen im hohen Frequenzbereich

Sören Keuchel^a, Henning Lohmann^a, Matthias Ram^b, Olgierd Zaleski^a und Otto von Estorff^b

^aNovicos GmbH; ^bTechnische Universität Hamburg (TUHH)

Die Analyse und Simulation von Lautsprecher-Systemen in Fahrzeugen ist eine komplexe Problemstellung. Um eine Aussage über die Klangeigenschaften in einem frühen Entwicklungsstadium tätigen zu können, müssen verschiedene physikalische Disziplinen miteinander gekoppelt werden. Die Simulation beginnt beim Elektromagnetismus und wird von der mechanischen Abbildung gefolgt, die wiederum über die Membrangeschwindigkeit mit dem akustischen Modell in Verbindung steht. Hierbei können mitunter über 20 Lautsprecher gleichzeitig zum Einsatz kommen, die für die jeweils unterschiedlichen Frequenzbereiche ausgelegt werden. Eine grobe Einteilung erfolgt hierbei in den Tiefton-, Mittelton- und Hochtonbereich, wobei jeder der Bereiche unterschiedliche Schwierigkeiten für die Simulation aufweist. Der Fokus des vorgestellten Beitrags liegt auf dem hohen Frequenzbereich, der insbesondere durch die kurzen Wellenlängen große Anforderungen an die Akustiksimulation mit klassischen Diskretisierungsverfahren, wie zum Beispiel der Finite-Elemente-Methode oder der Boundary-Elemente-Methode, stellt. Um die Vorhersage im gesamten Frequenzbereich bis 20.000Hz zu erhalten, müssen entweder beschleunigte Verfahren, wie z.B. die Fast-Multipole-Methode, oder energetische Verfahren, wie die Energie BEM/FEM, eingesetzt werden. Ihre Gültigkeit soll anhand eines generischen PKW-Messaufbaus validiert werden. Neben der numerischen Herausforderung gibt es in diesem Bereich auch besondere Ansprüche an den

Messaufbau, da nur kleine Änderungen in der Mikrofonposition durch die kurzen Wellenlängen zu erheblichen Unterschieden führen können.

Di. 17:20 Saal 2

Fahrzeugakustik 1

Korrelation von Unterbodenblechschwingungen und Innenraumakustik

Johannes Osterziel^a, Andreas Businger^b, Marco Fritzsche^c und Reinhard Lerch^a

^aUniv. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik; ^bAudi AG; ^cPolytec GmbH

Durch die stetig steigende Lärmbelästigung, insbesondere durch den signifikanten Einfluss von Verkehrslärm, steigt das Bedürfnis nach akustischer Distanzierung und Separation. Bei Automobilen ist in den letzten Jahren vor allem im oberen Preissegment eine Entwicklung im Klangbild auszumachen. Die bei hohen Fahrgeschwindigkeiten dominierenden Umströmungsgeräusche wurden im hochfrequenten Bereich bereits so weit dezimiert, dass früher übertönte tieffrequente Geräusche primär in den Vordergrund rücken. Eine Ursache hierfür ist die Anregung flächiger Strukturen, wie sie beispielsweise bei Unterbodenblechen auftritt. Um die Gesamtschwingungen trotz lokal eingeschränkter Zugänglichkeit messtechnisch erfassen zu können ohne dabei weder die Strömung noch die Blechschwingung zu beeinflussen, müssen neue Ansätze verfolgt werden. Die bereits etablierte Methodik der Laser-Scanning-Vibrometrie wird im Windkanal S2A in Paris um ein Anwendungsfeld erweitert, da hier erstmals die Bleche eines Fahrzeugunterbodens durch Panzerglassscheiben abgescannt werden. Dieses neue Verfahren wurde mittels Beschleunigungssensoren validiert. Zudem wurden Korrelationen zwischen Blechschwingungen und Innenraumakustik hergestellt und dabei gezielt gewisse Randbedingungen modifiziert, um deren Auswirkungen wahrnehmen und interpretieren zu können. Ergebnisse zeigen, dass in bestimmten Frequenzbereichen Wechselwirkungen und Zusammenhänge zwischen Blechschwingungen und Innenraumakustik zu erkennen sind. Durch den Vergleich von Kohärenzen werden diese genauer erläutert. Darüber hinaus existieren von den Unterbodenblechschwingungen unabhängige Schallentstehungsmechanismen, deren Ursachen durch weitere Messungen ermittelt werden sollen.

Di. 17:40 Saal 2

Fahrzeugakustik 1

Akustik-Herausforderungen und -Lösungen für elektrische Achsen

Matthias Kurch, Johannes Blickendorff, Alexander Holz und Sven Satzinger

Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Die Transformation von Fahrzeugen mit Verbrennungskraftmaschinen zu solchen mit elektrischen Antrieben stellt eine Herausforderung für die Entwickler in der Automobilindustrie dar. Schaeffler adressiert diese Herausforderung mit seiner Strategie "Mobilität für morgen". Ein Fokusfeld

dieser Strategie behandelt umweltfreundliche Antriebe, wie zum Beispiel elektrische Achsen. Eine Kernaufgabe in deren Produktentwicklungsprozess ist erfahrungsgemäß die Beherrschung der Akustik. Dabei müssen neben den Geräuschen des E-Motors und des Inverters auch die des Getriebes sowie deren subjektive Wahrnehmung fokussiert betrachtet werden. Aufgrund der fehlenden Verdeckung durch die Geräuschkulisse des Verbrennungsmotors können diese Geräusche deutlich in das Zentrum der Wahrnehmung des Anwenders rücken. Für die akustische Optimierung eines Getriebes und das Gesamtsystemverständnis müssen alle beteiligten dynamischen Anregungsmechanismen von E-Maschinen, Zahneingriffen, Überrollfrequenzen und Parameter wie Resonanzen der verbauten Wälzlager und Gehäuse, modale Effekte von Teil- und Gesamtsystem bis hin zu Ankopplungen an die umgebenden Fahrzeugstrukturen betrachtet werden. Die daraus resultierenden Anforderungen können mit zeitgemäßen numerischen und experimentellen Analysemethoden erfüllt werden. Der Vortrag stellt anhand aktueller elektrischer Achsantriebe Lösungsansätze für die obengenannten Herausforderungen dar. Es werden speziell die anwendungsspezifischen Merkmale der E-Achsen-Getriebe betrachtet.

Di. 18:00 Saal 2

Fahrzeugakustik 1

Akustische Anregungsquellen in hochintegrierten Leistungselektroniken mobiler Antriebe

Maximilian Herrnberger^a und Moritz Hülsebrock^b

^aBMW Group; ^bFachgebiet SAM, TU Darmstadt

Im Zuge der weiteren Elektrifizierung des Antriebsstranges entstehen neue Herausforderungen im Bereich der Akustik. Durch das Wegfallen des Verbrennungsmotors rücken andere Geräuschquellen in den Vordergrund, die bislang durch dessen Klang maskiert wurden. Hierzu zählen unter anderem hochfrequente tonale Störgeräusche, die durch die Wechselrichter-Steuerung entstehen. Die Ursache dieser Störgeräusche lässt sich auf die Schaltvorgänge der Leistungselektronik zurückführen, die sowohl Komponenten innerhalb der Leistungselektronik als auch Rotor und Stator des Elektromotors elektromagnetisch anregen. Die Untersuchungen in dieser Arbeit fokussieren sich auf die Anregungen innerhalb der Leistungselektronik. Hierfür wird unter anderem der Einfluss von Spannungs-Oberschwingungen auf Komponenten im Wechselrichter untersucht. Der Einfluss dieser Anregungen wird am Beispiel des Zwischenkreiskondensators, der zum Schutz der Hochvolt-Batterie als Zwischenpuffer dient und somit starken Spannungsschwankungen ausgesetzt ist, analysiert. Zu diesem Zweck erfolgen Untersuchungen, bei denen ein Rippelgenerator verschiedene Folien-Kondensatoren zu mechanischen Schwingungen anregt. Die Messergebnisse zeigen vielversprechende Einblicke in von Kondensatorkräften verursachte interne elektromechanische Schwingungen.

Sitzung „Fahrzeugakustik (Poster)“

Kurzvorträge: Di. 15:40 (Saal 2); Poster-Forum: Di. 16:00

Di.-Do.

Fahrzeugakustik (Poster)

Trennung, Zuordnung und psychoakustische Bewertung von Fahrzeugginneräuschen

Florian Doleschal^a, Christian Schumann^b, Jesko Verhey^a und Stefan Pischinger^b

^a*Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Abt. f. Experim. Audiologie;* ^b*VKA der RWTH Aachen*

Zur automatisierten Detektion von Störgeräuschen im Fahrzeugginneraum werden Techniken der Mustererkennung herangezogen. So ermöglichen Bildverarbeitungsalgorithmen die Detektion und Extraktion von tonhaltigen Motorkomponentengeräuschen. Mittels der segmentweisen Schwellwertanwendung auf das Amplitudenspektrum werden effektiv geschlossene Liniensstrukturen im Amplitudenspektrum erfasst. Neben auffälligen Motorordnungen können so auch motordrehzahlunabhängige Geräuschphänomene (z.B. das Turboladerheulen) automatisiert getrennt werden. Impulshaltige Störgeräusche werden aufgrund der zeitlich ausgeprägten Wiederholrate mittels der nicht-negativen Matrixfaktorisierung detektiert. Die extrahierten Störgeräusche werden anschließend mittels zuvor trainierter Klassifikatoren Motorkomponenten zugeordnet. Anschließend wird die Angenehmheit des Gesamtgeräusches sowie der einzelnen Geräuschkomponenten durch ein psychoakustisches Modell ermittelt, welches auf einer multiplen linearen Regression basiert. Dabei dienen berechnete psychoakustische Parameter als Prädiktoren (z.B. Lautheit nach DIN 45631, Schärfe nach DIN 45692). Die Schätzung der Prädiktoren erfolgt durch Vergleich mit den experimentell erhobenen Angenehmheitswerten. Diese wurden mit einer Kategorienskala abgefragt, die sich an die kategoriale Lautheitsskalierung (z.B. "sehr angenehm") anlehnt. Die Hörbarkeit der einzelnen Komponenten wird mit Hilfe eines auditorischen Verdeckungsmodells betrachtet: Die Abschätzung der Mithörschwelle erfolgt durch Simulation eines typischen psychoakustischen Verdeckungsexperiments, wobei das Modell als virtuelle Versuchsperson agiert. Somit können Komponenten, deren Pegel unter der jeweiligen Mithörschwelle liegt, erkannt und für die Bewertung der Angenehmheit vernachlässigt werden.

Di.-Do.

Fahrzeugakustik (Poster)

Aufbau eines Maschinenprüfstands für akustische Messungen an elektrischen AntriebenMark Müller-Giebeler^a, Pascal Drichel^b, Markus Jaeger^c und Michael Vorländer^a^a Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen; ^b Institut für Maschinenelemente und Systementwicklung, RWTH Aachen; ^c Institut für Elektrische Maschinen, RWTH Aachen

Zur Validierung von Simulationsmodellen des NVH-Verhaltens elektrischer Antriebe bedarf es Messungen in kontrollierter Umgebung, welche sowohl eine ausreichende Körperschallisolierung des Prüflings als auch die Schalldämmung gegenüber unerwünschten Umgebungsgeräuschen sicherstellt. Dieser Beitrag beschreibt Aufbau, Anpassung und akustische Ertüchtigung eines entsprechenden Maschinenprüfstands am Elektromobilitätslabor der RWTH Aachen. Der Prüfstand, welcher über ein luftgelagertes Maschinenbett zur Minimierung des Einflusses äußerer Schwingungsanregungen verfügt, wird ergänzt durch eine speziell angepasste Schallschutzkabine zur Abschirmung umgebender Störquellen (Schaltschränke, Lastmaschine, Luftkühler etc.). Nach Aufbau des Prüfstandes werden dessen Dämmwirkung und die Güte der so geschaffenen Prüfumgebung durch geeignete Messungen charakterisiert. Abschließendes Ziel ist der Vergleich zwischen den am Prüfstand gewonnenen Messdaten mit Simulationen und Auralisierungen einer domänenübergreifenden Modellkette, die ausgehend von der elektromagnetischen Kraftanregung, über das strukturdynamische Verhalten des Antriebs letztlich die Schallabstrahlung des Maschinengehäuses berechnet.

Di.-Do.

Fahrzeugakustik (Poster)

Bestimmung frequenzabhängiger Materialparameter von akustischen Dämmmaterialien

Fabian Duvigneau, Lars Spannan, Elmar Woschke und Daniel Juhre

Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Institut für Mechanik

Die zuverlässige Voraussage des akustischen Verhaltens komplexer Systeme ist für die moderne Industrie von sehr großem Interesse, stellt jedoch eine ebenso große Herausforderung dar. Ziel ist eine belastbare Prognose, die bereits früh im Entwicklungsprozess zur Verfügung steht (ohne die Verfügbarkeit und Notwendigkeit von Prototypen). Dazu können diverse Simulationsmethoden zum Einsatz kommen. Ein zentraler Punkt aller Modellierungsalternativen ist die Beschreibung der mannigfaltig eingesetzten akustischen Dämmmaterialien, die sich teilweise sehr stark in ihren Eigenschaften unterscheiden und oft starke Frequenzabhängigkeiten in ihren Materialparametern aufweisen. In diesem Beitrag steht die Bestimmung der frequenzabhängigen Steifigkeiten und

Dämpfungen verschiedener Dämmwerkstoffe im Fokus, die anschließend beispielsweise für die numerische Modellierung von vibroakustischen Systemen auf Basis der Finite-Elemente-Methode genutzt werden können. Im Rahmen dieses Beitrags werden verschiedene Möglichkeiten für die experimentelle Materialcharakterisierung diskutiert und hinsichtlich der Ergebnisse sowie des Aufwandes verglichen. Darüber hinaus werden mögliche Einflussfaktoren auf die Ergebnisse der Charakterisierung untersucht. Die abschließende Bewertung der aus den unterschiedlichen Charakterisierungsmethoden resultierenden Materialparameter hinsichtlich ihrer Eignung als Eingangsparameter für numerische Simulationen erfolgt durch den Vergleich von Simulationsergebnissen mit Messdaten für ein einfaches vibroakustisches Testproblem bestehend aus einer metallischen Rechteckplatte mit appliziertem Dämmmaterial.

Di.-Do.

Fahrzeugakustik (Poster)

Charakterisierung der aktiven Geräuscherzeugung an einer Synchronmaschine mit Hilfe des "Blocked Forces" Konzepts

Robert Henneberger^a, Dominik Schubert^a, Stefan Sentpali^a und Steffen Marburg^b

^aHochschule München; ^bTU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Im Zuge der Elektrifizierung von Fahrzeugantrieben stellt sich auch die Frage nach der akustischen Wahrnehmung von Elektrofahrzeugen durch die Insassen und Passanten. Unabhängig von den unterschiedlichsten Akustik Konzepten der Fahrzeughersteller, wurde von uns in der Vergangenheit eine Methode vorgestellt, die es ermöglicht gezielt Geräusche und Vibrationen durch die Synchronmaschinen (PMSM) selbst zu erzeugen. Diese sogenannte Active Sound Generation Funktion (ASG) wird in dieser Veröffentlichung mit Hilfe eines Komponentenprüfstandes nach dem "Blocked Forces" Konzepts näher beschrieben. Hierzu wird kurz die Methode der blockierten Kräfte erläutert und die Anforderungen an den Komponentenprüfstand definiert. Anschließend wird gezeigt, wie die von der ASG Funktion verursachten dynamischen Schnittstellenkräfte an einem geeigneten Prüfaufbau bestimmt werden können. Mit Hilfe dieser Kräfte wird eine Geräuschprognose im und außerhalb eines Fahrzeugs gegeben, hinsichtlich Lautstärke und Frequenzbereich. Die Bewertung hinsichtlich existierender Vorschriften schließt diesen Beitrag ab.

Sitzung „Psychoakustik 1“

Di. 14:00 Saal 3

Psychoakustik 1

“Brummen” oder “Rauschen”? - Störende Phänomene in der Geräuschbeurteilung eines AxialventilatorsCarolin Feldmann^a, Marc Schneider^b und Thomas Carolus^a^aUniversität Siegen; ^bebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG

Wärmepumpen stellen nach Angaben des Bundesverbandes Wärme pumpe e.V. mittlerweile die am zweitstärksten nachgefragte Heizungs technologie dar. Damit steigt die Lärmbelästigung durch diese Anlage immer weiter an. Insbesondere der vom Ventilator emittierte Schall sorgt häufig für Beschwerden der Umgebung. Hörversuche mit dem semantischen Differential konnten zeigen, dass neben der psychoakustischen Schärfe auch die zeitlichen Veränderungen im Signal einen wesentlichen Einfluss auf die Qualitätsbewertung von Ventilatorgeräuschen haben. Akustikexperten beschreiben eine auffällige Zeitstruktur, die bei Axialventilatoren mit einer Drehtonfrequenz $f < 100$ Hz auftritt, häufig mit dem Begriff "helikopterartig". Modulationsanalysen zeigen, dass diese "helikopterartige" Empfindung besonders dann auftritt, wenn tonale Signaturen im Geräusch mit der Drehtonfrequenz amplitudenmoduliert sind. Obwohl nach Terhardt ganzzahlige Verhältnisse von Tönen zu einer kaum bis gar nicht wahrnehmbaren zeitlichen Struktur führen, scheint das Verhältnis der Drehtonamplituden eine deutliche Auswirkung auf das Qualitätsurteil zu besitzen. Im Rahmen einer Hörversuchsstudie wurde auf Basis von synthetisch erzeugten, ventilatornahen Geräuschen ermittelt, wie sich das Amplitudenverhältnis auf die Qualitätsbeurteilung auswirkt. Als Ergebnis des Hörversuches wurden zwei unterschiedliche Beurteilungsgruppen bestimmt, die einerseits das "Brummen des Elektromotors" und andererseits das "Rauschen des Ventilators" bevorzugen. Im an den Versuch angeschlossenen Interview merkte eine kleine Teilnehmergruppe an, dass ein "harmonisches Verhältnis" der beiden genannten Anteile als ideal angesehen wird.

Di. 14:20 Saal 3

Psychoakustik 1

Die Grenzen der Rauigkeit zur Beschreibung der DissonanzwahrnehmungMatthias Reffgen und André FiebigHEAD acoustics GmbH

Zur systematischen Beschreibung spezifischer auditiver Empfindungen stellt die Psychoakustik Parameter wie Lautheit, Rauigkeit, Schwan kungsstärke, Schärfe oder Tonalität bereit, mit deren Hilfe Geräusch bewertungen nachvollzogen bzw. partiell vorhergesagt werden können. Dabei wird aktuell bei technischen Geräten die detaillierte Betrachtung

des Zusammenspiels auftretender tonaler Geräuschkomponenten bezüglich der Geräuschqualität zunehmend bedeutsam. Die (abendländische) Musiktheorie besitzt für das Zusammenwirken von mindestens zwei Tönen die Parameter Konsonanz und Dissonanz. Sie beschreiben den aufgrund der verwendeten Tonkombinationen hervorgerufenen Wohlklang bzw. die resultierende "Unstimmigkeit", die Dissonanz. Während in der Musik eine permanente Veränderung der tonalen Komponenten in einer zeitlichen Abwechslung konsonanter und dissonanter Passagen resultiert und hier bewusst als stilistisches Mittel verwendet wird, finden insbesondere bei technischen Geräuschen häufig nur geringfügige und langsame Änderungen statt. Bezugnehmend auf die Möglichkeiten und Grenzen veröffentlichter Dissonanzkonzepte werden grundlegende Untersuchungen durchgeführt, welche die Konsonanz- und Dissonanzwahrnehmung tonaler Komponenten einfacher und komplexer stationärer Klänge eruieren. Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen werden unterschiedlichen Definitionen der Begriffe erörtert. Zur Übertragung der Versuchsergebnisse auf die Beurteilung synthetischer und realer technischer Geräusche werden grundlegende Fragen zur Wahrnehmung komplexer Klänge diskutiert.

Di. 14:40 Saal 3

Psychoakustik 1

Subjektive Bewertungen von Zugvorbeifahrten nach geräuschoptimiertem Schienenschleifen

Geske Eberlei^a, Christine Huth^a, Manfred Liepert^a, Thomas Kempinger^b und Bernd Asmussen^b

^a*Möhler + Partner Ingenieure AG; ^bDB Netz AG*

Im Rahmen des Projekts "Geräuschoptimiertes Schienenschleifen" der DB Netz AG wird anhand von subjektiven Kriterien der Vorgang des instandhaltenden Schienenschleifens optimiert, um die nach dem Schleifvorgang üblicherweise vorhandenen Pfeifgeräusche bei Zugvorbeifahrten möglichst zu reduzieren. Hierzu wurden auf der DAGA 2018 bereits erste Ergebnisse der im Ausgangszustand durchgeführten Hörversuche präsentiert. Inzwischen wurde auf Basis der subjektiven Ergebnisse der Schleifvorgang angepasst und die modifizierten Verfahren in neuen Schleif- bzw. Messkampagnen dokumentiert. Die nun nach dem optimierten Schleifvorgang auftretenden Geräusche bei Zugvorbeifahrten werden wie im Ausgangshörversuch subjektiv beurteilt. Die Ergebnisse der Ausgangs- und Endbeurteilung werden im vorliegenden Beitrag dargestellt und erläutert.

Di. 15:00 Saal 3

Psychoakustik 1

Subjective and Objective Sound Quality Predictive Models for the Assessment of a Propeller Aircraft Interior Noise

Claudio Colangeli, Bernardo Lopes, Agnieszka Mroz, Karl Janssens und Herman van der Auweraer

Siemens Industry Software NV

The interior sound of an aircraft is generally not optimized for passenger acoustic comfort because its assessment often occurs in the late stages of the development cycle. To improve these aspects, the design philosophy should shift to a human-centered paradigm and the study of the sound quality aspects front-loaded. In this paper we discuss a data-driven method for the evaluation of a propeller aircraft interior noise on the basis of objective and subjective psychoacoustic attributes. Such approach, combined with virtual prototyping and sound synthesis tools, paves the way for the inclusion of the human perception in the aircraft design optimization process. The developed instrument grounds on a modular approach capable of classifying in terms of objective sound quality attributes and of subjective passenger annoyance the inputted propeller aircraft in-cabin sound samples, obtained through experimental recordings or through sound synthesis of numerically simulated data. The objective sound quality features are estimated through a set of Convolutional Neural Network models trained on time domain labeled data, while the subjective annoyance is predicted through a feature-based Artificial Neural Network, trained on the basis of a jury test campaign. The paper discusses the accuracy of the method and reports on experimental and numerical applications.

Di. 16:40 Saal 3

Psychoakustik 1

Wirkung von Nachhall in Bildungsräumen - HörversuchNoemi Martin^a, Benjamin Müller^a, Lisa-Marie Wadle^a und Andreas Liebl^b

^a*Fraunhofer-Institut für Bauphysik; ^bHSD Hochschule Döpfer GmbH*
Personen mit einem erhöhten Bedürfnis nach guter Hörsamkeit (z. B. wegen Hörverlust oder eingeschränkter Sprachkenntnisse) sollten durch die räumlichen Begebenheiten bei der Bewältigung der Benachteiligung unterstützt werden. Daher ist zu fordern, dass die raumakustischen Umgebungsbedingungen so gestaltet werden, dass die Hörsamkeit optimiert wird. In der DIN 18041: 2016 wird versucht dieser Forderung dadurch gerecht zu werden, dass an Räume in Abhängigkeit ihrer Nutzung und Nutzer unterschiedliche Anforderungen an die Nachhallzeit gestellt werden. Es ist anzunehmen, dass dieser (bauliche) Aufwand sich in einem nachweisbaren Nutzen manifestiert. Das bedeutet, dass die unterschiedlich konditionierten Räume auch eine für die Nutzer spürbar verschiedene Qualität hinsichtlich der Hörsamkeit aufweisen sollten. Die hier vorgestellte Arbeit widmet sich der Frage, ob die Anwendung der DIN 18041: 2016 diesem Anspruch genügt. Zur Klärung dieser

Forschungsfrage wurde ein Hörversuch mit Probanden durchgeführt, in welchem die unterschiedlichen raumakustischen Qualitäten gemäß DIN 18041: 2016 gezielt hergestellt und deren Auswirkungen auf die Hörsamkeit untersucht wurden. Die Ergebnisse des Hörversuchs werden präsentiert und diskutiert.

Di. 15:40 Saal 3

Psychoakustik 1

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 74)

Di. 15:20 Saal 3

Psychoakustik 1

Wirkung von Nachhall in Bildungsräumen - Literaturstudie

Lisa-Marie Wadle^a, Andreas Liebl^b und Noemi Martin^a

^a*Fraunhofer-Institut für Bauphysik; ^bHSD Hochschule Döpfer GmbH*

Einige Menschen haben ein erhöhtes Bedürfnis nach guter Hörsamkeit, beispielsweise aufgrund einer Hörstörung oder eingeschränkter Sprachkenntnisse. Die raumakustische Umgebung sollte bei der Erfüllung dieser besonderen Bedürfnisse unterstützen. In der DIN 18041: 2016 werden nutzer- und kontextspezifische Anforderungen an die Nachhallzeit definiert. So soll das Hörverstehen in einem Raum optimal unterstützt werden. Die zugrundeliegende Annahme in der DIN 18041: 2016 ist, dass eine Verringerung der Nachhallzeit in den oben beschriebenen Fällen von Inklusion zu einem verbesserten Sprachverstehen führt. Ziel des Projekts "Wirkungen von Nachhall in Bildungsräumen" war zu prüfen, ob empirisch nachgewiesen werden kann, dass die Anwendung der DIN 18041: 2016 diese Anforderung in der Praxis erfüllt. Es sollte festgestellt werden, ob die definierten Zielwerte ausreichen, um dem Thema Inklusion aus raumakustischer Sicht gerecht werden. Die Forschungsfrage wurde in einer Literaturstudie adressiert und anschließend in einem Hörversuch empirisch evaluiert. Die vorliegende Arbeit stellt die Ergebnisse der Literaturrecherche vor.

Di. 17:00 Saal 3

Psychoakustik 1

Auswirkungen von Active-Noise-Cancelling Kopfhörern auf kognitive Leistungsfähigkeit und Mitarbeiterzufriedenheit im Bürokontext

Benjamin Müller^a und Andreas Liebl^b

^a*Fraunhofer-Institut für Bauphysik; ^bHSD Hochschule Döpfer GmbH*

Eine hohe Sprachverständlichkeit führt in offenen Büroumgebungen zu Problemen, da sie sich durch den Irrelevant Sound Effekt nachweislich negativ auf die kognitive Leistungsfähigkeit auswirkt. Raumakustische Maßnahmen allein können unter Beibehaltung einer offenen Bürostruktur zu keinen ausreichenden Verbesserungen führen. In einer Probandenstudie mit einer Arbeitsgedächtnisaufgabe (Serial-Recall) wurde untersucht, ob sich Active-Noise-Cancelling (ANC)-Kopfhörer positiv auf die kognitive Leistungsfähigkeit und das subjektive Empfinden bei einer

Großraumbüro-Geräuschkuliße auswirken. Es konnte dabei kein signifikanter Unterschied bezüglich der kognitiven Leistungsfähigkeit zwischen den Bedingungen mit aus- und eingeschalteten ANC bei aufgesetzten Kopfhörern sowie ohne Kopfhörer festgestellt werden. Allerdings hatte das ANC einen Einfluß auf das subjektive Empfinden. Die Hintergrundgeräusche wurden mit ANC beispielsweise als signifikant weniger lästig, die Konzentrationsfähigkeit als signifikant höher und der Abstand zur Störquelle als signifikant größer wahrgenommen als ohne ANC.

Di. 17:20 Saal 3

Psychoakustik 1

Zeitliche Gewichtung der Lautheitswahrnehmung im Lautheitsmodell

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

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

^b *Johannes Gutenberg-Univ. Mainz*

Die Lautheit eines Geräusches hängt von verschiedenen Signaleigenschaften wie z.B. dem Pegel, dem spektralen Gehalt oder der Signaldauer ab. Durch Lautheitsmodelle können einige Einflüsse dieser Signaleigenschaften auf die Lautheit dargestellt werden. Jedoch bilden die aktuellen Modelle nicht die in verschiedenen Studien gefundene zeitliche Gewichtung der Lautheit ab. Diese Studien zeigen, dass Stimulusanteilen am Anfang des Geräusches eine größere Bedeutung bei der Lautheitsbewertung des gesamten Geräusches zukommt als späteren Stimulusanteilen. Dieses Phänomen wird als Primacy-Effekt bezeichnet und kann durch eine exponentielle Zerfallsfunktion beschrieben werden. Das perzeptuelle Gewicht eines Signalabschnitts bei der Lautheitsbestimmung wird durch das Integral der Zerfallsfunktion über diesen Zeitabschnitt angegeben. Diese experimentellen Ergebnisse und die Modellvorstellung einer exponentiellen Zerfallsfunktion widersprechen der üblichen Annahme in Lautheitsmodellen, dass alle zeitlichen Signalanteile ungewichtet in die Lautheitsbestimmung einfließen. Der vorliegende Beitrag untersucht, wie diese Modellvorstellung in ein Lautheitsmodell integriert werden kann. Hierzu wird die in der Literatur beschriebene Zerfallsfunktion implementiert und einem dynamischen Lautheitsmodell zugefügt. Die Güte des Modells wird durch den Vergleich von experimentellen Daten mit Modellvorhersagen zur zeitlichen Gewichtung bestimmt.

Di. 17:40 Saal 3

Psychoakustik 1

Untersuchungen zur tieffrequenten Wiedergabe bei dreidimensionaler Beschallung

Ramona Beinstingel und Gerhard Krump

Technische Hochschule Deggendorf

Mehrdimensionale Erfahrungen besitzen auch in der Akustik einen signifikanten Wert. Insbesondere dreidimensionale Beschallungssysteme gewinnen in dieser Hinsicht zunehmend an Bedeutung. Im Vordergrund

der Untersuchung steht die Beurteilung der Beschallung speziell im tief-frequenten Bereich über konventionelle Lautsprecher im Height- und Top-Layer einer 3D-Beschallungsanlage. Zur Untersuchung der Lokalisation und Hörempfindung des Zuhörers bei Tieftonwiedergabe von oben wurden vier Hörversuche mit geeigneten Darbietungssignalen durchgeführt, bei denen Positionierung, Frequenzbereich, Abstrahlrichtung und Präsenz des Basses variiert und entsprechend beurteilt wurden. Die Ergebnisse der Untersuchung, welche als Grundlage für die notwendige Basswiedergabe bei Beschallung von oben dienen können, werden vorgestellt.

Sitzung „Psychoakustik (Poster)“

Kurvvorträge: Di. 15:40 (Saal 3); Poster-Forum: Di. 16:00

Di.-Do.	Psychoakustik (Poster)
---------	------------------------

Qualitative Beurteilung psychoakustischer Parameter zur Geräuschbewertung von elektrisch verstellbaren Lenksäulen im Pkw

Tillmann Henschke^a und Martin Fischer^b

^a ThyssenKrupp Presta AG; ^b thyssenkrupp Bilstein GmbH

Die generelle akustische Performance ist im Automotive-Bereich ein wichtiger Parameter für Qualität und Komfort. Um den steigenden akustischen Performance-Ansprüchen im Fahrzeuginnenraum gerecht zu werden, sind Maßnahmen zur Geräuschreduktion und/oder Geräuschoptimierung notwendig. Dies gilt besonders im Automotive-Premiumbereich. Zur Umsetzung einer gezielten Geräuschoptimierung ist es dabei dienlich, den Fokus auf relevante psychoakustische Parameter zu richten. Die Relevanz der einzelnen psychoakustischen Parameter soll dabei in diesem Beitrag anhand eines exemplarischen Versuches für eine spezifische Lenksäule durchgeführt werden. Hierbei stand die Geräuschemission während einer elektromechanischen Höhen- und Längsverstellung im Fokus. Die Geräusche wurden aufgezeichnet und durch gezielte Modifikationen hinsichtlich einzelner psychoakustischer Parameter verändert. Im Anschluss wurden die Geräusche durch Probanden bewertet. Als Bewertungsverfahren wurde ein kategorialer Paarvergleich gewählt. Die Probanden wurden sowohl in Laien als auch Experten unterschieden. Insbesondere die Lautheit stellte sich bei den Geräuschen als relevanter Parameter heraus. Eine Verringerung/Erhöhung dieses Parameters führte zu den "angenehmsten" / "unangenehmsten" Geräuschen. Dieses Ergebnis korreliert mit der generellen Wichtigkeit der Lautheit. Weitere psychoakustische Parameterveränderungen (Schärfe, Tonalität) wurden ebenso wahrgenommen und in die Rubriken angenehmer/unangenehmer eingestuft. Unterschiede bei der Bewertung zwischen Laien und Experten konnten anhand dieses spezifischen Tests mit dem ausgewählten Geräuschbeispielen nicht festgestellt werden.

Di.-Do.

Psychoakustik (Poster)

Influence of TCAPS on HRTFs and on sound source localization precisionLorenz Kroener^a, Alexandre Garcia^b und Véronique Zimpfer^a^a*Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis; ^bLMSSC, Conservatoire National des Arts et Métiers*

The individual geometry of the auricle attenuates, resp. boosts certain frequencies of the incoming sound, depending on the angle of incidence. This effect is described by the angle and frequency dependent HRTF, which is individual for each human and is not necessarily left-right symmetric. The brain is trained to the individual HRTF during a human's lifetime. Wearing tactical communication and protection systems (TCAPS) modifies the geometry of the pinna, resulting in important changes of the HRTF. The listener's brain cannot adapt instantaneously to the modified HRTF, leading to a less precise sound source localization. In listening test was obtained that the major type of error is due to front-back confusions. To pave the way towards TCAPS which preserve the listener's natural spectral cues, three different models of TCAPS were analysed. Their influence on sound source localisation capabilities and on the user's HRTF are presented. HRTF measurements on a dummy head were done during four scenarios: dummy head without TCAPS, dummy head wearing two different in-ear TCAPS (earplugs) and one on-ear TCAPS (earmuffs). Sound source localization tests were conducted with subjects under the same four scenarios. Based on those results concepts for prototype of new generation TCAPS are presented.

Di.-Do.

Psychoakustik (Poster)

Comparison of Pitch-Matching Methods to Predict Interaural Mismatch in Cochlear-Implant UsersSean R Anderson, Tanvi Thakkar, Alan Kan und Ruth Y Litovsky*University of Wisconsin-Madison*

Bilateral cochlear implant (CI) users often experience interaural mismatch in place-of-stimulation which can limit sensitivity to spatial cues. There is no efficient way of estimating the degree of interaural mismatch. Changes in place-of-stimulation are associated with change in pitch for CI users. Therefore, our laboratory uses two pitch-matching methods to estimate interaural mismatch: pitch magnitude estimation (PME) and direct pitch comparison (DPC). PME involves rating pitch from 1 (lowest) to 100 (highest) for even numbered electrodes in each ear. DPC involves comparing the pitch of one electrode against six electrodes in the opposite ear. DPC is thought to provide more accurate predictions of matched place-of-stimulation electrodes, but is relatively slow because interaural pairs are chosen one at a time. PME is a much faster, global estimate of the relative difference of interaural electrodes, but it is uncertain whether PME can predict the same interaural pairs as DPC. Here, we predict DPC estimates from PME results using regression techniques.

Results suggest PME may be an efficient tool for creating clinical maps for matched place-of-stimulation across the ears, potentially increasing sensitivity to spatial cues.

Work supported by NIH-NIDCD R01-DC003083 to RYL, NIH-NIDCD R03-DC015321 to AK, and NIH-NICHD U54HD090256 to the Waisman Center.

Di.-Do.

Psychoakustik (Poster)

Evaluation of Sound Quality and Sound Design Strategy of the Outside Folding Mirror

Seonghyeon Kim und M. Ercan Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

According to the increase the overall quality of the vehicle, the quality of customer actuated sounds also has become increasingly important. The folding mirror sound, which is one of customer actuated sounds, has less masking effect by driving sounds. Therefore, despite the low noise level, drivers may not be satisfied with the sound quality. The aim of this work is to identify sound quality factors which mainly contribute to customer's preference regarding the outside folding mirror. For this purpose, subjective evaluations were carried out and the sound quality index was developed through the statistical analysis. Next, noise source identification was carried out to reveal the contribution of motor excitation regarding sound quality. And then, development guideline in the viewpoint of the sound quality index, loudness and fluctuation term is suggested for improving sound quality.

Di.-Do.

Psychoakustik (Poster)

Geometrical Evaluation of Methods to approximate Interaural Time Differences

Laurin Steidle^a und Robert Baumgartner^b

^aUniversität Wien; ^bÖsterr. Akademie d. Wissenschaften, Inst. f. Schallforschung

Interaural time differences (ITDs) constitute a prominent cue for the perceived lateralization of a sound source. Naturally occurring ITDs are slightly dispersive. However, psychoacoustic studies revealed that such natural ITDs may be indistinguishable from broadband delays that allow for more efficient implementations of virtual auditory displays. Consequently, numerous methods evaluating interaural cross-correlation, onset thresholding, or interaural group delay have been proposed to estimate the broadband delay best approximating natural ITDs. A recent study evaluated those estimators against listeners lateralization responses. Here, we extended this line of research by examining the geometrical consistency of proposed estimation methods by applying them to head-related transfer functions (HRTFs) of spherical heads for which the time of arrival can be determined analytically. With this procedure, we tested the estimators at various signal-to-noise ratios (SNRs) and used

binaural stimuli to compare the estimates of standard approaches with predictions from a computational model including an approximation of the auditory periphery. Overall, approaches based on interaural cross-correlation, especially when applied on signal envelopes, turned out to be generally most consistent with analytic geometric considerations and to be least affected by both additive and convolutional noise.

Di.-Do.

Psychoakustik (Poster)

Interrelation of detection thresholds, loudness perception and unpleasantness for low frequency and infrasound stimuli

Kirsten Netter^a, Oliver Behler^a und Stefan Uppenkamp^b

^a CvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik; ^b CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'

Over the last decades, there has been an increasing presence of artificially generated low frequency and infrasonic noise in our environment. At the same time, there is a growing scepticism among large parts of the population, concerning potential health risks that are suspected to be associated with this commonly inaudible noise. The aim of our work within the frame of the EU funded research project EARS-II is to contribute to a better understanding of how humans perceive low frequency and infrasonic sound.

Several psychoacoustic tests were conducted for 20 normal-hearing listeners with pure tones in the low-frequency and infrasound range, namely detection thresholds, categorical loudness scaling, unpleasantness rating, and a paired-comparisons task to judge the unpleasantness of infrasound stimuli. In accordance with previous studies, the reception range converged towards the infrasonic region to a very small level range between threshold and uncomfortably loud. Thresholds and loudness correlated increasingly linearly with sound level. Both increasing loudness and decreasing frequency showed a positive correlation with unpleasantness. There was also evidence that perceived loudness might have a higher overall impact on unpleasantness than frequency. However, there was a high variability across listeners, suggesting large differences in the individual sensitivity to infrasound stimuli.

Sitzung „Noise emission of wind turbines and turbomachinery systems“

Di. 14:00 Saal 4

Wind turbines and turbomachinery systems

On Wind Turbine Noisescape Reproduction for Perceptual Evaluation

Jakob Bergner, Stephan Preihs und Jürgen Peissig

Leibniz Universität Hannover, Institut für Kommunikationstechnik

Sound field recordings and subsequent reproduction became more popular recently due to the availability of high quality microphone arrays and spatial audio reproduction technologies. Beside artistic applications and the creation of virtual acoustic environments, these developments also provide the ability to carry natural soundscapes from their original location to any appropriate reproduction laboratory. A possible application is the qualitative evaluation of noisy environments within perceptive studies where subjects are exposed to differing and different recorded or synthesized noisy soundscapes with the task of qualitative rating of relevant psychoacoustic categories as disturbance, annoyance, pleasantness and others. To retrieve valid findings it is mandatory that the reproduced sound in the lab is sufficiently accurate compared to the original soundscape or at least that the factors in question are not impaired by the production chain, i.e. preserving ecological validity. This work discusses technical requirements, issues and approaches of higher-order ambisonics recordings and reproduction of wind turbine noisescapes for perceptual studies. It includes practical investigations on the recording position, the microphone arrays in use, reduction of background and artifact sounds, binaural and ambisonics post-processing and the reproduction room itself. This work represents a contribution to the interdisciplinary research project WEA-Akzeptanz.

Di. 14:20 Saal 4

Wind turbines and turbomachinery systems

Inflow Noise: Prediction and analysis of the relevance for a multi-megawatt turbineCordula Hornung^a, Christoph Scheit^b, Nils Noffke^c, Andree Altmikus^c,Thorsten Lutz^d und Ewald Krämer^d^aUniversität Stuttgart; ^bUniv. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentech.; ^cWRD GmbH; ^dUniversität Stuttgart, Inst. f. Aerodynamik u. Gasdynamik

In October 2018, the WHO published new noise guidelines for Europe. They specify a threshold for wind turbine noise which is considered harmless to health. With 45 dB LDEN, the A-weighted mean over 24 hours with penalties for evening and night, it is even below the threshold for road or rail traffic noise. This illustrates once again the relevance of reliable noise prediction in the design process of new wind turbines. Within the audible range, two main sources contribute to their emitted

spectrum. Depending on observer position and flow situation, either the turbulent trailing edge noise or the noise from interaction with turbulent structures in the wind (Inflow Noise) determines the overall level. At the Institute for Aerodynamics and Gas Dynamics (University of Stuttgart) the code IAGNoise+ was developed, making it possible to predict both noise sources at rotors. In this research, the predicted inflow noise of a turbine is first compared with field measurements conducted by Enercon. The turbulence intensity of the inflow is obtained from data of a wind met-mast. Subsequently, IAGNoise+ is used to compare the contributions of inflow and trailing edge noise at different observer positions in order to assess the relevance of the noise types.

Di. 14:40 Saal 4

Wind turbines and turbomachinery systems

Analyzing the Sound Propagation of Wind Turbines Based on Measured Acoustical and Meteorological Parameters

Susanne Martens, Tobias Bohne und Raimund Rolfes

Leibniz Universität Hannover - Institut für Statik und Dynamik

Due to the current discussions regarding wind turbine noise, the sound propagation of wind turbines is an ongoing research topic. To fully understand the complex physical phenomena affecting sound propagation, measurements under real field conditions are necessary. Hence, an experimental campaign was carried out in 2017, lasting seven weeks as part of the research project "WEA-Akzeptanz".

In the campaign, three sound level meters were placed at various distances to a wind turbine to measure directivity and horizontal sound propagation characteristics. Sound pressure levels, 1/3-octave bands and audio were recorded at each measurement point. A standard 90 mm windscreen as well as a 220 mm secondary windscreen were used to reduce the wind-induced noise during measurements. Extensive meteorological measurements were conducted simultaneously monitoring the meteorological parameters during the campaign. Several devices including i.e. 3D sonic anemometers were installed on a 10m-meteorological mast. Moreover, a sodar was used to measure the vertical wind-profile up to 180 m at specific days. In this contribution, the setup of the measurement campaign will be shown in detail. Additionally, the first results regarding the dependence of acoustical, meteorological and wind turbine parameters will be discussed.

Di. 15:00 Saal 4

Wind turbines and turbomachinery systems

Ansätze zur binauralen Erweiterung einer Algorithmik zur lästigkeitsbezogenen Analyse und Synthese der Schallemissionen von Windenergieanlagen

Stephan Preihs, Jakob Bergner und Jürgen Peissig

Leibniz Universität Hannover, Institut für Kommunikationstechnik

Im Zuge des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Projektes WEA-Akzeptanz werden in einer Kooperation verschiedener Institute der Leibniz Universität Hannover interdisziplinäre Ansätze zur Analyse und Modellierung der meteorologieabhängigen Ausbreitung akustischer Emissionen von Windenergieanlagen untersucht. Am Ende dieser Modellkette steht eine am Institut für Kommunikationstechnik zu entwickelnde objektivierte Abschätzung der Lästigkeit von akustischen Immissionen. Hierbei soll auch der Frage nachgegangen werden, inwiefern Effekte der binauralen Wahrnehmung einen Einfluss auf die empfundene Lästigkeit haben. Im Rahmen der Untersuchungen wurde daher in einem ersten Schritt ein bestehendes monaurales Signalverarbeitungsmodell analysiert und implementiert sowie um ein Modul zur Erfassung binauraler Wahrnehmungseigenschaften erweitert. Hierbei soll auf Basis einer in Oktavbändern erfolgenden blockbasierten Ermittlung interauraler Zeit- und Pegeldifferenzen sowie einer nachgeschalteten Korrelationsanalyse eine Aussage darüber gewonnen werden, zu welchem Grad periodische räumliche Fluktuationen im Schallsignal vorliegen, die einen Einfluss auf die wahrgenommene Lästigkeit haben könnten. In diesem Beitrag wird das Projekt einschließlich der durchgeführten Messkampagnen vorgestellt, das Modell zur Signalanalyse beschrieben und die verwendete Methodik zur Erweiterung für die Erfassungen binauraler Signaleigenschaften präsentiert. Es werden erste Ergebnisse der Analysen von, im Rahmen des Projektes entstandenen, binauralen Beispielaufnahmen gezeigt und ein Ausblick auf das weitere Vorgehen zur Abschätzung der globalen Lästigkeit gegeben.

Di. 15:20 Saal 4

Wind turbines and turbomachinery systems

Eine Methode zur schnellen Fanlärmberechnung basierend auf einem aerodynamischen MehrschnittverfahrenRobert Meier zu Ummeln und Antoine Moreau*DLR - Institut für Antriebstechnik*

Um in der Vorauslegung eines Flugzeugtriebwerks die Akustik berücksichtigen zu können, ist es aufgrund der kurzen Entwicklungszyklen notwendig, schnelle Lärmvorhersagen machen zu können. Hierzu bietet sich beispielsweise eine analytische Berechnung der Schallquellen im

Frequenzbereich an. Die Grundlage dafür bildet die Strömungsberechnung am Fan. In dem Fanakustik-Vorhersage-Tool PropNoise ist es unter anderem möglich, diese Berechnungen über einen einfachen Mittelschnittansatz durchzuführen. Dieser Ansatz unterliegt naturgemäß gewissen Einschränkungen, ist aber in der Lage, gute qualitative Abschätzungen für das Strömungsfeld zu liefern. Alternativ existiert die Möglichkeit, das Strömungsfeld aus einer 3D-RANS Berechnung zu extrahieren, was die Genauigkeit der Ergebnisse verbessert, aber auch die Laufzeit erhöht. Eine weitere schnelle und hinreichend präzise Methode bietet die Berechnung des Strömungsfelds mithilfe eines Mehrschnittansatzes (sogenannte Throughflow-Solver), die insbesondere in der Vorauslegung weit verbreitet ist. Die radiale Verteilung der Strömungsgrößen wird über eine radiale Kraft- und Impuls-Gleichgewichts-Beziehung bestimmt. Durch die Erweiterung mit weiteren Modellen können unter anderem Kanalwandeffekte, wie Wandgrenzschichten und Blattspitzenwirbel, berücksichtigt werden. In diesem Paper wird eine erste Anwendung des neuen Ansatzes gezeigt, wobei die neue Methode dazu genutzt wird, die Lärmemission eines modernen Fans mit hohem Nebenstromverhältnis abzuschätzen und die Ergebnisse mit den anderen beiden Methoden zur Bestimmung des Strömungsfelds gegenüberzustellen und auszuwerten.

Sitzung „Strömungsakustik 1“

Di. 16:40 Saal 4

Strömungsakustik 1

Aerodynamische und aeroakustische Optimierung eines Radialventilators mit rückwärts-gekrümmten Schaufeln für Haushaltsgeräte mittels Inverse Design

Chris Eisenmenger^a, Stefan Frank^a, Hakan Dogan^b und Martin Ochmann^b

^aHTW Berlin; ^bBeuth Hochschule für Technik Berlin

Radialventilatoren mit rückwärts-gekrümmten Schaufeln zeichnen sich durch einen vergleichsweise hohen Wirkungsgrad gegenüber anderen radialen Ventilatorbauarten aus. Demgegenüber stehen eine höhere Antriebsdrehzahl und ein deutlich tonaler geprägtes Betriebsgeräusch im Vergleich zu beispielsweise Trommelläuferventilatoren. Für den Einsatz in Haushaltsgeräten wie Wäschetrocknern werden aus diesen Gründen eher letztgenannte Trommelläufer verwendet. Mit steigender Effizienz des Gesamtgerätes nimmt allerdings der Einfluss der Ventilatoreinheit auf den Wirkungsgrad immer weiter zu. Daher soll der Einsatz von Radialventilatoren mit rückwärts-gekrümmten Schaufeln für den Betrieb in einem handelsüblichen Wäschetrockner im Hinblick auf aerodynamische und aeroakustische Eigenschaften untersucht werden. In den ersten Projektschritten wurde ein Referenzventilator mittels klassischer Designrichtlinien ausgelegt, gefertigt und numerisch sowie experimentell untersucht. Für die numerischen Untersuchungen wird ein hybrides Computational Fluid Dynamics (CFD) / Computational Aeroacoustics (CAA) Verfahren verwendet. Die Ergebnisse werden experimentell mit dem Kanalverfahren nach DIN 5136 validiert. Der Referenzventilator wird in weiteren Schritten hinsichtlich der aerodynamischen und aeroakustischen Eigenschaften optimiert. Dazu wird das "Inverse Design" Verfahren verwendet um den Rahmen klassischer Auslegungsregeln zu erweitern. Mittels Design of Experiments (DoE) und genetischer Optimierungsalgorithmen werden verschiedene Parameter und ihr Einfluss auf den Wirkungsgrad sowie die Schallabstrahlung untersucht. In weiteren Projektschritten soll die beste Ventilator-Variante wiederum mittels transienter 3D CFD/CAA simuliert, gebaut und experimentell untersucht werden.

Di. 17:00 Saal 4

Strömungsakustik 1

Prediction of the aeroacoustic noise of a radial fan using Lighthill's analogy in frequency domain

Hakan Dogan^a, Martin Ochmann^a, Chris Eisenmenger^b und Stefan Frank^b

^aBeuth Hochschule für Technik Berlin; ^bHTW Berlin

In this work, the aerodynamic and the aeroacoustic performance of a radial fan with backward curved blades is investigated. The experimental setup for the problem is built according to DIN ISO 5136, and the numerical simulations are performed in order to validate the experimental results. In a few previous articles by the current authors, the initial numerical results were presented based on a hybrid computational fluid dynamics and aeroacoustics (CFD/CAA) approach, where e.g. the Stress Blended Eddy Simulation was used for the computational fluid dynamics, and the pressure and the velocity calculated on a virtual interface at an intermediate region were taken as the input for the far field acoustic computations. In this current article, we investigate the effects of the quadrupole sound sources in the aeroacoustic computations. Namely, the quadrupole sound sources distributed throughout the volume are first calculated in time domain, are then transformed into frequency domain, and the frequency domain form of Lighthill's wave equation is used in order to predict the noise spectrum in the far field. The comparison of the aeroacoustic results and the experimental values will be presented and the impact of the quadrupole sound sources on the overall sound spectrum will be discussed.

Di. 17:20 Saal 4

Strömungsakustik 1

Untersuchung der Schallabstrahlung von gesichelten Axialventilatoren mit sinusförmigen Vorderkanten

Stefan Becker, Felix Czwielong und Florian Krömer

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

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 sinusförmig ausgeführt. Die Schallabstrahlung von Tragflügeln konnte dadurch maßgeblich verringert werden. Um die Wirksamkeit solcher Vorderkantenmodifikationen zur Schallreduzierung von Axialventilatoren zu überprüfen, wurde eine Parameterstudie mit sinusförmigen Vorderkanten an Ventilatoren mit unterschiedlicher Sichelung - vorwärts-, rückwärts- und ungesichert - durchgeführt. Neben dem Referenz-Ventilator mit gerader Vorderkante wurden vier weitere Konfigurationen mit sinusförmigen Vorderkanten

(mit unterschiedlichen Parametern für Wellenlänge und Amplitude der Sinusfunktion) an den vorwärts-, rückwärts- und ungesicherten Ventilatoren hinsichtlich ihrer aerodynamischen und akustischen Eigenschaften untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl der Druckaufbau als auch der Wirkungsgrad durch die modifizierten Vorderkanten bei allen Sichelungsarten 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.

Di. 17:40 Saal 4

Strömungsakustik 1

Quantifizierung der Unangenehmheit von Ventilatorgeräuschen als präferenzäquivalenter Pegel

Stephan Töpken und Steven van de Par

CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

In einer Vorgängerstudie der Autoren wurde eine große Bandbreite von Ventilatorgeräusche in Hörexperimenten mit einem semantischen Differential bewertet. Basierend auf zwei Faktorenanalysen ergaben sich sechs Wahrnehmungsdimensionen und fünf Geräuschgruppen wobei sich die Gruppen der angenehmen und der unangenehmen Geräusche hauptsächlich hinsichtlich der ersten drei Wahrnehmungsdimensionen unterschieden. Es zeigten sich auch deutliche Unterschiede in den spezifischen Lautheiten für die verschiedenen Geräuschgruppen obwohl alle getesteten Geräusche bei dem gleichen A-bewerteten Pegel von 55 dB(A) dargeboten wurden. Um die so gewonnenen Erkenntnisse auf Geräusche mit unterschiedlichen Pegeln übertragen zu können, wurden in der aktuellen Studie für typische Geräusche der drei wichtigsten Geräuschgruppen lautheits- und präferenzäquivalente Pegel gegenüber einem Referenzgeräusch in separaten Hörexperimenten gemessen. Es zeigt sich, dass die Gruppe der unangenehmen Ventilatorgeräusche gegenüber der Gruppe der angenehmen Geräusche im Median um insgesamt 10 dB im Pegel reduziert werden muss, um gleich präferiert zu werden. Für die die Geräusche aus der Gruppe der unangenehmen Geräusche ergeben sich darüber hinaus Pegelunterschiede zwischen dem lautheits- und dem präferenzäquivalenten Pegel von bis zu 8 dB. Für die anderen Geräuschgruppen ist dieser Unterschied deutlich kleiner.

Di. 18:00 Saal 4

Strömungsakustik 1

Experimentelle Untersuchung der Schallabstrahlung von Wärmeübertrager-Axialventilator-Modulen

Felix Czwielong, Florian Krömer und Stefan Becker

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

Eine Hauptanwendung von Axialventilatoren ist ihr Einsatz in Kombination mit saugseitigen Wärmeübertragern in Klimatisierungs- und Belüftungssystemen. Die Akustik solcher Anlagen wird hauptsächlich durch

die eingesetzten Axialventilatoren und Wärmeübertrager bestimmt. Dabei stellen die Schaufelblattgeometrie und die Zuströmbedingungen wesentliche Einflussparameter auf die Schallabstrahlung dar. Bisherige Untersuchungen zeigten, dass Zuströmbedingungen mit erhöhtem Turbulenzgrad eine Verstärkung der Schallabstrahlung induzieren. Zudem variieren die Auswirkungen der gestörten Einströmbedingungen je nach Schaufelblattgeometrie. In realen Klimasystemen sind die Wechselwirkungen zwischen dem Axialventilator und den Zuströmbedingungen, welche von dem Wärmeübertrager erzeugt werden, noch nicht vollständig untersucht und verstanden worden. Um den Einfluss von Wärmeübertragern auf die Schallabstrahlung von Axialventilatoren zu bestimmen, wurden verschiedene Wärmeübertrager mit unterschiedlichen Lamellentypen untersucht. Als Referenzfall diente ein leeres Wärmeübertragergehäuse ohne Kühllamellen. Zunächst wurde das Strömungsfeld stromabwärts der Wärmeübertrager bestimmt. Der Einfluss der induzierten Zuströmbedingungen auf die Akustik von Axialventilatoren wurde an unterschiedlich gesichelten Ventilatoren (vorwärts-, rückwärts- und ungesichert) untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass der Turbulenzgrad stromabwärts der Wärmeübertrager je nach Lamellentyp ansteigt oder verringert wird. Der Einfluss der variierten Zuströmbedingungen auf die Akustik zeigte sich vor allem bei hohen Volumenströmen. Die Sichelung der Ventilatorschaufeln stellte sich dabei als wesentlicher Einflussfaktor auf die Schallabstrahlung von Axialventilatoren mit saugseitigen Wärmeübertragern heraus.

Sitzung „Lärm am Arbeitsplatz“

Di. 14:00 Saal 5-a

Lärm am Arbeitsplatz

Entwicklung einer Messprozedur für luftgeleiteten Ultraschall am Arbeitsplatz

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

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

Durch die Weiterentwicklung industrieller Verfahren, sind immer mehr Arbeitsplätze gegenüber Luftultraschall exponiert. Dieser Schall ist zwar i.d.R. nicht hörbar, jedoch ist in der Literatur das Auftreten verschiedener extra-auraler Symptome dokumentiert. Somit ist diese Exposition am Arbeitsplatz gemäß Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung zu erfassen und in die Gefährdungsbeurteilung aufzunehmen. Gängige Messmethoden für hörbaren Schall sind jedoch für die Erfassung von Luftultraschall nicht geeignet. Im Rahmen des EU-Projekts "Protecting public health from emerging noise sources", www.ears-project.eu, wird daher eine neue Messprozedur entwickelt, die eine zuverlässige Erfassung der Luftultraschallexposition am Arbeitsplatz im laufenden Betrieb

ermöglichen soll. Nach ausführlichen Laboruntersuchungen, die bereits auf der DAGA 2018 vorgestellt wurden, konnte die Messprozedur einem Praxistest unterzogen werden. Dafür wurde eine Vielzahl von Messungen an industriellen Arbeitsplätzen durchgeführt, die durch verschiedene typische Quellen ultraschallbelastet sind. Wir präsentieren die Messungen und diskutieren die Ergebnisse.

Di. 14:20 Saal 5-a

Lärm am Arbeitsplatz

Das Schall- und Knallspektrum im Ohr

Beat W. Hohmann

SGA-SSA

Für die Gehörschädlichkeit eines Schallereignisses ist nicht dessen Spektrum im freien Schallfeld relevant, sondern das vom Innenohr zu verarbeitende Schallspektrum. Die Transformation durch Aussenohr und Mittelohr bis ins Innenohr ist also zu berücksichtigen. Das A-Filter (1929) liefert hierfür zwar unter den standardisierten Bewertungsfiltern die beste Annäherung, weicht aber ausgerechnet im kritischen Bereich von 2 bis 4 kHz erheblich von der wahren Übertragungskurve ab, indem die Gehörgangresonanz mit ihrer Überhöhung von ca. 15 dB bei rund 3 kHz vernachlässigt wird. Für den Schutz des Gehörs in üblichen Lärm-situationen und mit üblichen Gehörschutzmitteln spielt diese Diskrepanz keine entscheidende Rolle. In Situationen aber, wo eine Schallschutz-massnahme zum Einsatz gelangt, deren Wirksamkeit sich auf Frequen-zen über 1 kHz beschränkt, lohnt es sich, über die Normen und die A-Bewertung hinaus zu denken und das vom Innenohr zu bewältigen-de Signalspektrum mit und ohne die fragliche Schallschutzmassnahme zu betrachten, bevor eine Aussage über deren Schutzwirkung gemacht wird.

Bei kurzen und lauten Knallereignissen, wo die mechanische Belas-tung des Innenohrs oder konkret die maximale Auslenkung der Basilar-membran zur Diskussion steht, ist zusätzlich die unterschiedliche Ein-schwingzeit in den verschiedenen Frequenzbereichen zu berücksichti-gen, weil sie über die lokale Auslenkung entscheidet. Naturgemäß ist diese Einschwingzeit bei hohen Frequenzen viel kürzer.

Di. 14:40 Saal 5-a

Lärm am Arbeitsplatz

Beurteilung der Kommunikationsfähigkeit mit Gehörschutz von Personen mit Hörminderung

Peter Sickert

LGC-PS

Im Rahmen eines von der DGUV geförderten Forschungsvorhabens soll geklärt werden, ob für Personen mit Hörminderung in Lärmbereichen ei-ne ausreichende Kommunikation möglich ist. Außerdem soll die subjek-tive Wahrnehmung durch die Betroffenen erfasst werden. In die Studie werden Personen mit leichter Hörminderung und Hörgeschädigte einbe-zogen.

Im ersten Teil der Studie wurden persönliche Befragungen von Personen mit Hörminderung, die an Arbeitsplätzen mit Lärmexposition tätig sind, durchgeführt. Explizit wurde die Zufriedenheit bei der Gehörschutzbenutzung während der Kommunikation abgefragt. Die Befragung bezog sich auf die von den Betroffenen am Arbeitsplatz benutzten Gehörschützer. Außerdem wurde den Befragten pegelabhängig dämmender Kapselgehörschutz zur zeitweiligen Benutzung bereitgestellt. Neben den Charakteristika der Arbeitsplatzsituation wurde der Grad der Hörminderung, ein vorhandener Tinnitus und die akustische Anpassung des Gehörschutzes berücksichtigt.

Als Ergänzung dazu wurde in einem zweiten Teil der Studie die Fähigkeit der sprachlichen Kommunikation derselben Personen nun durch einen Hörtest mit ihrem Gehörschutz unter Arbeitslärmbedingungen geprüft. Dazu wurden die Testsätze zur aktuellen Hörgeräteversorgung am Lärmarbeitsplätzen und die ersten vier Satzreihen aus dem Göttinger Satztest verwendet. Der Test wurde mit pegelabhängig dämmenden Gehörschützern bei unveränderten Randbedingungen wiederholt, um die mögliche Nutzung der Sprachverstärkung durch die elektronischen Gehörschützer zu klären.

Es werden subjektive Einschätzungen und objektive Ergebnisse in Relation zueinander gesetzt.

Di. 15:00 Saal 5-a

Lärm am Arbeitsplatz

”Unter Lärm arbeiten”: Auswertung der Fragen zu Lärm und Geräuschen bei der Arbeit im Rahmen der BIBB/BAuA-Erwerbstätigtenbefragung 2018

Helga Sukowski und Lena Hünefeld

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) führen in regelmäßigen Abständen gemeinsam die umfangreiche BIBB/BAuA-Erwerbstätigtenbefragung mittels Telefoninterviews durch. Diese Befragung ist eine repräsentative wiederholte Querschnittserhebung mit vielfältigen Informationen zur Arbeitssituation von Erwerbstägigen ab 15 Jahren, die mindestens 10 Stunden pro Woche einer bezahlten Tätigkeit nachgehen. Mit der Erhebung von 2018 liegt aktuell die siebte Welle dieser Befragung vor (N=20012, 45% Frauen). Die Befragung umfasste insgesamt 370 Fragen, beispielsweise zu den Themenbereichen aktuelle Berufstätigkeit, Arbeitsbedingungen und Gesundheit. Der Themenbereich "Arbeitsbedingungen" beinhaltete u. a. fünf Fragen zum Arbeiten unter Lärm und unter störenden Geräuschen. Neben der Auftretenshäufigkeit dieser Arbeitsbedingungen und der Belastung durch diese Bedingungen wurden auch die Quellen für Geräuschbelastungen erhoben. Für diesen Beitrag werden speziell die Fragen zum Lärm bzw. zu störenden Geräuschen

weitergehend ausgewertet. Die Ergebnisse werden dabei auch differenziert für unterschiedliche Branchen, Anspruchsniveaus der Tätigkeit sowie unterschiedliche Altersgruppen dargestellt. Der umfangreiche Datensatz bietet zudem die Möglichkeit, diese Ergebnisse in Verbindung mit anderen Fragen auszuwerten, die im Zusammenhang mit erlebten Beeinträchtigungen durch Lärm oder Geräusche am Arbeitsplatz stehen können. So wird beispielsweise der Zusammenhang mit Ergebnissen zu "Störungen und Unterbrechungen bei der Arbeit" sowie zu "Hilfe und Unterstützung von Kollegen/Vorgesetzten" betrachtet.

Di. 15:20 Saal 5-a

Lärm am Arbeitsplatz

Lärmbelastung und Sprachverständlichkeit im Operationssaal

Hannes Seidler

TU Dresden, Fak. Medizin / HNO

Neben dem hochqualifizierten Personal arbeiten in einem Operationssaal eine zunehmende Anzahl von Geräten, die zum Teil mechanische Aktionen ausführen oder zur Beleuchtung und Überwachung eine Zwangskühlung benutzen. In beiden Fällen entstehen Geräusche. Sie stellen bei entsprechendem Schalldruckpegel für alle Personen eine Belastung dar und verschlechtern zudem die Sprachverständlichkeit, die lebenswichtige Bedeutungen trägt. Raumakustische Maßnahmen sind ein möglicher Weg, die Situation zu verbessern, leider jedoch noch nicht selbstverständlich. Am Beispiel von Operationssälen für die universitäre HNO wird die gegenwärtige Lärmsituation erfasst und verglichen mit neuen, hochmodernen eingerichteten Sälen für dasselbe Fachgebiet. Die Geräuschkulisse wird hier bestimmt von Lüftern, Status- und Warngeräuschen, der Absaugung und natürlich von den agierenden Personen. Der Beitrag zeigt die akustische Situation in beiden Arbeitsumgebungen und diskutiert den Einfluss der modernen Technikausstattung, der Raumgröße und der Raumoberflächen. Die Messungen erfassen die allgemeine Situation im Raum sowie die Position des Operateurs und Assistenten unmittelbar am Patienten.

Di. 15:40 Saal 5-a

Lärm am Arbeitsplatz

Präsentation der Poster zur Sitzung „Lärm“ (S. 92)

Di. 16:40 Saal 5-a

Lärm am Arbeitsplatz

Lärm im Einzelhandel

Jan Selzer^a, Florian Schelle^a, Andrea Wolff^a, Frank Rokosch^b und Anne Gehrke^a

^a Institut für Arbeitsschutz der DGUV, St. Augustin; ^b Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik (BGHW)

Lärm am Arbeitsplatz ist trotz des voranschreitenden Wandels der Arbeit ein häufig anzutreffendes Problem. Mit Lärm ist jedoch nicht nur der aurale, innohrschädigende Lärm gemeint. Auch nicht-innohrschädigender Schall löst extra-aurale Lärmwirkungen aus, durch die langfristig gesundheitliche Beeinträchtigungen entstehen können. In einem gemeinsamen Projekt der BGHW und der Institute der DGUV (IFA, IAG und IPA) wurden im Zeitraum von März bis September 2018 die Situation der Beschäftigten in der Einzelhandelsbranche untersucht. Es konnten insbesondere Betriebe aus dem Lebensmittel- und Textileinzelhandel für dieses Projekt akquiriert werden. Dabei wurden neben dem validierten Fragebogen für die psychologische Bewertung der Arbeitsbedingungen (BASA II) der am Arbeitsplatz vorherrschende Schalldruckpegel mittels Schallpegelmessern und Dosimetern ortsabhängig und personengebunden erfasst. Durch die personengebundene Messung lässt sich die physikalische Einwirkung am Ohr gut erfassen. Eine Beurteilung gestaltet sich wegen unterschiedlicher Normvorgaben jedoch als schwierig. Für die verschiedenen Teilbranchen werden sowohl Aussagen über die personengebundenen und standortabhängigen Lärmexpositionen einzelner Tätigkeiten, wie auch über Raumpegel, z.B. im Kassenbereich, getroffen. Zusätzlich konnten exemplarisch Nachhallzeiten im laufenden Betrieb ermittelt werden. Die Ergebnisse werden im Zusammenhang mit der nach Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.7 "Lärm" anzuwendenden Kenngröße des Beurteilungspegels und der dafür vorgesehenen Messmethode diskutiert.

Di. 17:00 Saal 5-a

Lärm am Arbeitsplatz

Hearing support to reduce listening effort at work: an EEG study

Axel Winneke^a, Markus Meis^b, Insa Wolf^a, Jan Rennies-Hochmuth^a und Stefan Goetze^a

^a Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie; ^b Hörzentrum Oldenburg GmbH

A prolonged exposition to an acoustically challenging environment can cause cognitive fatigue. Call-Centers are examples of work environments where this is particularly relevant. In several guidelines (EVDI 2569:2016-02, ASR A3.7 and 3382-3), the focus is to avoid deleterious aftereffects of irrelevant speech by means of room acoustical interventions, such as shieldings and zonings. In call-centers however it is furthermore important to ensure good speech quality of the client to reduce

listening effort. Technical assistance systems can improve speech intelligibility and alleviate listening effort. Hearing support tailored to the individual's hearing ability and listening preference, built into the telephone, is an example of such an assistance system. In the current study the effect of an individualized hearing support technology on listening effort was evaluated by means of recording an electroencephalogram (EEG). Via a simulated telephone connection participants listened to sentences in noise and answered questions regarding the content. In trials with hearing support, activity in the EEG-alpha frequency band (9-10 Hz) was reduced significantly, indicating a decrease in listening effort. The results suggest that an individualized hearing support offers a possibility to ease acoustically induced mental load and is an additional tool to improve the working conditions in call-centers.

Di. 17:20 Saal 5-a

Lärm am Arbeitsplatz

Einfache Bestimmung der Umgebungskorrektur bei der Schallleistungsermittlung

Fabian Heisterkamp und Ilka Arendt

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Nach der Maschinen-Richtlinie 2006/42/EG sind Maschinenhersteller verpflichtet die Geräuschemissionen ihrer Maschinen in den Betriebsanleitungen und in allen Verkaufsunterlagen, die Leistungsangaben enthalten, anzugeben. Bei mehr als 1500 überprüften Betriebsanleitungen (europäische Marktüberwachungsaktion: NOMAD (NOise MAchinery Directive) (2012)) waren 80% der Geräuschemissionsangaben nicht belastbar. Die genormten Geräuschemissionsmessverfahren sind messtechnisch komplex und finanziell aufwendig, so dass Hersteller Probleme bei ihrer praktischen Anwendung beklagen. Eine Möglichkeit die Geräuschemissionsmessungen für Maschinenhersteller zu vereinfachen, sind Messungen in den eigenen Betriebsräumen. Die am häufigsten angewendete Norm zur Ermittlung der Schallleistung, die DIN EN ISO 3744, erfordert jedoch bei Messungen außerhalb eines akustischen Freifelds die Ermittlung einer Umgebungskorrektur. Diese lässt sich am genauesten mit dem Absolutvergleichsverfahren unter Einsatz einer Referenzschallquelle (RSS) ermitteln. Da eine RSS in vielen Betrieben nicht vorhanden ist, soll sie durch eine transportable, hinreichend laute Maschine, eine sog. Ersatz-RSS, ersetzt werden. Ihr Schallleistungspegel wird durch eine Messung auf schallhartem Untergrund im Freien (akustisches Freifeld) ermittelt. Durch Vergleich mit dem im Betriebsraum für diese Ersatz-RSS ermittelten Schallleistungspegel erhält man angenähert die Umgebungskorrektur für diesen Raum. Die Ergebnisse des BAuA-Projektes F 2348 zur Erprobung dieses Verfahrens, das ohne teure RSS auskommt, werden vorgestellt. Dabei wurde die Umgebungskorrektur für verschiedene Räume mit unterschiedlichen Ersatz-RSS ermittelt.

Vortrag entfällt

Lärm am Arbeitsplatz

Über die Genauigkeit von raumakustischer Simulation für die Prognose von Industrielärm unter der Bedingung der Vermeidung von Messungen mit künstlichen Schallquellen.

Thomas Ziegler

ziegler schallschutz gmbh

Für die raumakustische Simulation von Industriehallen wird i.a. die Methode der Modell-Kalibrierung verwendet um hinreichende Prognosegenauigkeit zu erreichen. Modell-Kalibrierung bedingt die Messung von akustischen Parametern wie Nachhallzeiten des Raumes im Ausgangszustand für die Anpassung der Absorptions- und Streugrade der Oberflächen des Simulationsmodells. So erreicht man annähernd eine Übereinstimmung der akustischen Parameter des simulierten Raumes im Ausgangszustand mit den Messungen und kann die Wirkung von raumakustischen Maßnahmen simulativ bewerten. Für die betrachtete Halle konnte keine der üblichen raumakustischen Messungen unter Verwendung von künstlichen Schallquellen durchgeführt werden, da ein Produktionsstillstand nicht möglich war. Durch ein exaktes Protokoll der produzierten Materialien und verschiedener Produktionsparameter konnten jedoch identische Bedingungen für die Durchführung von Schallpegelmessungen mit realem Maschinenlärm vor und nach der Ausführung der Akustik-Maßnahme sichergestellt werden. Nach Modellkalibrierung auf Basis der Schallpegelmessungen der realen Produktionsanlagen wird der Effekt der raumakustischen Maßnahme mit CATT- Acoustic simuliert und die Prognosegenauigkeit evaluiert. Hierbei werden Simulationsparameter wie Streugrade von Raumbegrenzungsfächen und Maschinenoberflächen breit variiert um die Schwankungsbreiten von Ergebnissen darzustellen. Wir zeigen, dass die prognostizierte Abweichung das LAeq im Durchschnitt über mehrere Messpunkte bei günstigem Setzen von Simulationsparametern kleiner 1dB und des Leq pro Oktavband kleiner 2 dB ist. Die Abweichungen pro Messpunkt sind jedoch signifikant größer.

Di. 18:00 Saal 5-a

Lärm am Arbeitsplatz

Praktischer Umgang mit der ASR A3.7 bei schalltechnischen Planungen mit Hilfe von Simulationsberechnung

Michael Böhm

DataKustik GmbH

Die Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A.3.7 vom Mai 2018 gelten für das Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten und Arbeitsplätzen in Arbeitsräumen, um Gefährdung und Beeinträchtigung für Sicherheit und Gesundheit von Beschäftigten durch Lärmeinwirkung bei Abewerteten äquivalenten Dauerschallpegeln von weniger als 80 dB zu

vermeiden. Hierzu werden für verschiedene Tätigkeitskategorien maximal zulässige Beurteilungspegel festgelegt und raumakustische Anforderungen an Büroräume, Räume in Bildungsstätten und "sonstige Räume mit Sprachkommunikation" über einzuhaltende Nachhallzeiten, mittlere Absorptionsgrade und Pegelabnahmen je Abstandsverdopplung gestellt. Mit diesem Beitrag wird gezeigt, wie die Einhaltung vorgenannter Anforderungen durch geeignete softwaretechnische Strategien bereits in der Planungsphase geprüft werden kann. An praktischen Beispielen wird demonstriert wie der Einfluss der Layoutgestaltung und Raumausstattung auf die Kenngrößen der ASR planerisch beurteilt und somit optimiert werden kann.

Sitzung „Lärm (Poster)“

Kurvvorträge: Di. 15:40 (Saal 5-a); Poster-Forum: Di. 16:00

Di.-Do.

Lärm (Poster)

Beurteilung der Gehörgefährdung durch Schießlärm: Pfander oder L_AE?

Sandra Dantscher und Andrea Wolff

Institut für Arbeitsschutz der DGUV, St. Augustin

Im Rahmen eines Projekts auf Initiative der Unfallversicherung Bund und Bahn untersuchte das Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) verschiedene Beurteilungsverfahren für die Gehörgefährdung durch Schießlärm. Schwerpunkt waren umfangreiche Vergleichsmessungen mit der Wehrtechnischen Dienststelle (WTD) 91 der Bundeswehr am offenen Schießstand und in Raumschießanlagen. Die WTD 91 misst ausschließlich gemäß Pfander-Verfahren (unbewerteter Spitzenschalldruckpegel und Wirkzeit), während der Messaufbau des IFA zusätzlich die Bestimmung des Einzelereignisschalldruckpegels (L_AE bzw. SEL) sowie des C-bewerteten Spitzenschalldruckpegels erlaubt. Aus dem L_AE lässt sich mit der täglichen Schusszahl der Tages-Lärmexpositionspegel berechnen. Zusammen mit dem L_pC,peak ist eine Expositionsbewertung nach Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung möglich. Beim Vergleich der Ergebnisse der Pfander-Messgrößen aus simultanen Messungen von WTD 91 und IFA zeigt sich ein heterogenes Bild. Insbesondere die Wirkzeit ist mit einer großen Unsicherheit behaftet. Weiterhin wurden die Beurteilungsverfahren auf Basis des L_AE und nach Pfander verglichen. Maßgeblich ist hierbei die maximal zulässige tägliche Schusszahl und ihre Unsicherheit, die jeweils aus einer Messserie mit zehn Einzelschüssen ermittelt wurde. Das L_AE-Verfahren liefert die geringsten Abweichungen in der Schusszahl. Die Unsicherheiten im derzeit durch die Bundeswehr praktizierten Pfander-Verfahren lassen sich noch verringern. Die genaue Berücksichtigung der Gehörschutzdämmung wird ebenfalls diskutiert, da die Methode der Bundeswehr nicht den im Arbeitsschutz üblichen Verfahren entspricht.

Di.-Do.

Lärm (Poster)

Das C-Peak-Kriterium des Arbeitsschutzes im Vergleich zum Gehörschaden-index des AHAAH-ModellsChristian Kleinhenrich, Carsten Hudasch und Karl-Wilhelm HirschCervus Consult GmbH

Seit der Integration des PRICEschen AHAAH-Modells (Auditory Hazard Assessment Algorithm for Humans) in den Standard MIL-STD-1474E kann dieses Verfahren als Stand der Technik für die Beurteilung des Gehörschädigungsrisikos beim Hören von hochenergetischen Schallimpulsen angesehen werden. Ausgehend von einem Schalldruckzeitverlauf am Eingang des menschlichen Gehörs, wagt das AHAAH-Modell den Versuch, die vollständige Übertragungskette bis hin zur Auslenkung der Basilarmembran in einem nicht-linearen elektro-akustischen Modell abzubilden. Dieses Modell offenbart, dass mitnichten reine Spitzenpegel oder der Energiegehalt alleinige Kenngrößen einer mitunter dauerhaften Schädigung des Gehörs sein dürfen. Die Signalform spielt eine bedeutende Rolle. Es entscheiden durchaus wenige Millisekunden Unterschied im Abstand von nacheinander eintreffenden Schallimpulsen (Direktschall und Reflexion beispielsweise), ob die Schutzmechanismen des Gehörs durch den Impuls überwunden werden, oder nicht. In diesem Beitrag wird der Frage nachgegangen, inwiefern eine Korrelation zwischen dem C-bewerteten Spitzenpegel des Arbeitsschutzes und dem durch das AHAAH-Modell prognostizierten Gehörschadenindex für ausgesuchte Signale besteht. Dabei wird mit in Betracht gezogen, dass die Messung ohrnaher, hochintensiver Schallimpulse noch eine messtechnische Herausforderung darstellt. Das Mikrofon und seine Kalibrierung bringen erheblichen Unsicherheiten ein. Es wird deshalb auch untersucht, in wie weit fehlerbehaftete Schalldruckzeitverläufe durch unsichere Kalibrierung im Hochdruckbereich, Bandbegrenzungen und Phasenverschiebungen Einfluss auf das C-Peak-Kriterium und den Gehörschadenindex haben.

Di.-Do.

Lärm (Poster)

Wirkung von Lärm auf die Ermüdung bei KonzentrationsarbeitSusann Röming und Annette HoppeBTU Cottbus-Senftenberg, FG Arbeitswissenschaft/Arbeitspsychologie

Der Einfluss von Lärm auf Aufmerksamkeit und Konzentration ist bekannt. Neben berichteten negativen Wirkungszusammenhängen sind auch positive aktivierende Effekte gemessen worden. Aufgrund der z.T. widersprüchlichen Studienergebnisse zur extra-auralen Lärmwirkung und nur wenigen Hinweisen wie sich z. B. eine zusätzliche Aktivierung auf den Anstieg der Ermüdungsfunktion bei Konzentrationsarbeit auswirken kann, ist weiterführende Forschung in dem Bereich unverzichtbar.

Der Beitrag verdeutlicht Ziel und Aufbau der Laborstudie zur Untersuchung der Wirkung von Industrielärm auf die Ermüdung bei Konzentrationsarbeit am Beispiel Sichtprüftätigkeit. Die Probanden der Versuchsgruppe werden realistischem Industrielärm mit einem Pegel $< 80 \text{ dB(A)}$ ausgesetzt und müssen unter standardisierten Versuchsbedingungen einen Konzentrationstest sowie Fragebögen zur subjektiven Bewertung der eigenen Ermüdung bearbeiten. Die Kontrollgruppe arbeitet unter Ruhebedingung. Die objektive Beurteilung der Ermüdung erfolgt über die Leistungsparameter des Tests sowie mittels Frequenzbandanalyse im Elektroenzephalogramm (EEG) und Mapping. Aus den Ergebnissen der Laborstudie sollen spezielle Pausenempfehlungen für zerstörungsfreie Sichtprüfung unter Lärmbedingungen, wie sie in der Praxis häufig zu finden sind, abgeleitet werden.

Di.-Do.

Lärm (Poster)

The Influence of Auditory Feedback on Vibrotactile Intensity Perception for a Virtual Button

Hong-In Won und M. Ercan Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

In this study, the influence of auditory feedback on tactile intensity perception is investigated, which may be of interest to touch sensitive console designers. An experiment setup was composed of a touchscreen device, an electrodynamic shaker, and a high fidelity headphone to produce auditory and tactile stimuli in response to user's touch. In the experiment, participants were asked to make a score for perceived vibrotactile intensity, by means of the magnitude estimation method, in the absence and presence of auditory stimulation feedback. The data collected from the subjects were statistically analyzed, and then the influence of auditory feedback was discussed. In addition, equal intensity contour, with respect to the sensation level and frequency of tactile stimuli, was obtained and drawn to show the influence of auditory feedback on vibrotactile intensity perception.

Di.-Do.

Lärm (Poster)

In Situ Messung von Fassadenoberflächen im Stadtraum mit einem mobilen Fassadenlabor

Jochen Krimm und Holger Techel

Frankfurt University of Applied Sciences

Im Rahmen des Projektes "Transformationseffekte von akustischen Fassaden" wurde an fünf verschiedenen Orten im Stadtraum von Frankfurt am Main ein mobiles Fassadenlabor aufgebaut. Das Labor verfügte über eine Testfläche von 12,5 m². In das Fassadentestlabor wurden sechs verschiedene Fassadentypologien eingebaut. Ziel des Forschungsprojektes war die akustische Qualität von Fassaden innerhalb des Stadtraumes mit den vor Ort vorhandenen Lärmquellen zu bestimmen. Hierzu wurde ein Mess- und Auswertungsprocedere entwickelt das

Verkehrslärm als Eingangsquelle für die Messungen nutzt. Parallel zu der Entwicklung des Mess- und Auswerteverfahrens wurden mit Herstellern von Fassadensystemen neue Fassadenoberflächen mit einer optimierten akustischen Wirkung entwickelt. Die Ergebnisse der Auswertungen zeigen nicht nur die Materialeigenschaften der Testfassaden, sondern auch die den Bezug zum Ort der Aufstellung und den dort vorhandenen Lärmquellen.

Di.-Do.

Lärm (Poster)

Forschungsprojekt LAUB: Lärmdämpfung durch Bewuchsstreifen an Verkehrswegen

Martin Czuka^a, Andreas Fuchs^a, Marco Conter^a und Christian Kirisits^b

^a*AIT Austrian Institute of Technology*; ^b*Ziviltechnikerbüro DI Dr. Christian Kirisits*

Im Rahmen des Forschungsprojektes LAUB wird die lärmdämpfende Wirkung von Bewuchsstreifen entlang von Autobahnen untersucht. Dabei wird die menschliche Wahrnehmung der akustischen Wirkung von Bewuchsstreifen mit der prognostizierten Wirkung von berechneten Lärmindizes verglichen. Auf die oft empfundene Änderung der Lärmbelastung von Anrainern bei Veränderungen des Bewuchsstreifens wird mittels psychoakustischer Analysen und im Rahmen eines Hörversuchs besonders Rücksicht genommen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in einem Leitfaden für die Durchführung von Erhaltungs- und Sicherheitsschnitten des Bewuchses entlang von Verkehrswegen bezüglich Ausmaß und gegebenenfalls notwendiger begleitender Öffentlichkeitsarbeit zusammengefasst. In diesem Beitrag werden der aktuelle Stand des Projektes, die Ergebnisse der Literaturstudie, sowie die geplanten Mess- und Versuchskonzepte präsentiert. Die messtechnischen Untersuchungen beinhalten: Nahfeldmessungen zur Ermittlung des akustischen Einflusses von Bewuchsstreifen im Nahfeld, Fernfeldmessungen unter typischem Verkehrslärm mit Messpunkten vor und hinter dem Bewuchsstreifen, sowie binaurale Kunstkopfmessungen als Basis für einen Hörversuch. Das Forschungsprojekt (VIF 2016, FFG-Nr. 860548) wird durch die ASFINAG (Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft) und BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) finanziert und durch die FFG (Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft) abgewickelt. Das Projekt hat im September 2017 begonnen und läuft bis Februar 2020.

Di.-Do.

Lärm (Poster)

Forschungsprojekt SAFETy: Sicherheit und Akustik für den Trenninselspitz

Paul Reiter, Marco Conter und Martin Czuka

AIT Austrian Institute of Technology

Lärmschutzwände sind eine weit verbreitete Lärmschutzmaßnahme im Verkehrsbereich. Sie ermöglichen eine Abschirmung von Schienen und Straßenlärm wenn kein Einfluss auf die Schallentstehungmechanismen besteht. Bei Autobahnen, wo die Lärmbelastung besonders groß ist, stellen Auf- bzw. Abfahrten eine besonders kritische Stelle für den Lärmschutz dar. Einerseits soll die Positionierung der Lärmschutzwände bzw. des Trenninselspitzes möglichst günstig von verkehrssicherheitstechnischen Gesichtspunkten her gewählt werden, andererseits soll auch der Lärmschutz nur minimal von der Abfahrt beeinflusst werden. Im Forschungsprojekt SAFETy wurde versucht Autobahnabfahrten sowohl von einem akustischen als auch einem sicherheitstechnischen Standpunkt her zu optimieren. In dieser Arbeit soll in erster Linie die akustische Parameterstudie präsentiert werden. Hierbei wurden mehrere verschiedene Abfahrtsvarianten mit der Randelementmethode (BEM) simuliert. Diese Methode erlaubt eine genauere Abbildung der Schallausbreitung als eine Raytracing-basierte Berechnungsmethode wie sie in der Planungsaustik üblich ist. Allerdings ist dafür auch der Rechenaufwand wesentlich größer. So können zum Beispiel Immisionspunkte bei Anrainern aufgrund der Entfernung und der Geländegeometrie nicht berücksichtigt werden. Um dennoch zu allgemeingültigen Aussagen mit der BEM zu kommen, wurde anstatt bestimmter Immissionspunkte ein dichtes Mikrofongrid viertelzylinderförmig um die Ausfahrt gelegt und die gesamte abgestrahlte Schallleistung erfasst. Dies erlaubt bei kleiner Simulationsgeometrie dennoch eine Aussage über die gesamte abgestrahlte Schallleistung.

Di.-Do.

Lärm (Poster)

Amplitudenmodulation (AM) bei Windenergieanlagen - Ausblick auf tieffrequente GeräuschanteileSergio C. Martinez^a, Florian Fennel^a und Kai Pies^b^a TÜV Rheinland Energy GmbH; ^b Schallt. Ing.-Büro Pies GbR

Die Amplitudenmodulation (AM) der Geräusche von Windenergieanlagen ist international Gegenstand von schalltechnischen Untersuchungen. Eine Beurteilung im Bereich von tiefen Frequenzen steht jedoch noch aus. Dies ist spätestens dann der Fall, wenn Innenpegel direkt oder indirekt zur Beurteilung gehören. Einige Verfahren zur Ermittlung der AM von WEA gehen methodisch von Kurzzeitmessungen von z.B. 10 Sekunden Dauer aus. Es ist einleuchtend, dass es mit Hilfe von kurzen Messzeiten schwer möglich ist bei tiefen Frequenzen, bereits unter 100 - 125 Hz, die AM-Breite ausreichend genau zu bestimmen. Mit dem AM-Verfahren, dass bereits bei der DAGA 2017 (Kiel) und der DAGA

2018 (München) vorgestellt wurde, lässt sich statistisch bei tiefen Frequenzen die AM-Schwankungsbreite gut bestimmen, da die Mittelungszeiten relativ groß sind. Im Prinzip lässt sich das o.a. Auswerteverfahren, wenn erforderlich, auch für Schallpegelmessungen im Inneren von Gebäuden anwenden. In diesem Beitrag wird die Auswertung von AM aus vorliegenden Messdaten von einer einzelnen WEA und von Windparks im Freien vorgestellt, wobei Terzbandspektren von 10 Hz bis 2 kHz analysiert werden - also nicht nur die Gesamtpegel. Die unterschiedlichen Strukturen der AM im Bereich über und unter 200 Hz werden diskutiert. Auf die Ursachen der Unterschiede seitens der Geräuschemission wird eingegangen.

Di.-Do.

Lärm (Poster)

Automatische Prüfung der Korrelation von Fluglärmereignissen - Einsatz Tiefer Neuronaler Netze zur Quellenidentifizierung

Thomas Schenk^a, Konrad Schenk^a, Kai Johannsen^b und Lisa Klein^c

^a*KSZ Ingenieurbüro GmbH*; ^b*Flughafen Berlin Brandenburg GmbH*;

^c*Topsonic Systemhaus GmbH*

Für die sachgerechte Auswertung der Messdaten von Geräuschmessanlagen nach § 19a LuftVG ist ein außerordentlich hoher Aufwand erforderlich. Insbesondere zum Ausschluss von Fremdgeräuschen und für die sichere Zuordnung der Geräusche zu bestimmten Flugereignissen ist fast immer eine auditive Kontrolle der Geräuschaufzeichnungen erforderlich. Um diesen Aufwand zu verringern und gleichzeitig die Aussagesicherheit zu erhöhen wurde der Einsatz Tiefer Neuronaler Netze für den Zweck der automatisierten Identifizierung der Fluggeräusche anhand der gespeicherten Tonaufzeichnungen geprüft. Ziel der Entwicklung ist eine automatisierte Vorauswahl der aufgezeichneten Geräusche in zwei Klassen: "sicheres Fluggeräusch" und "zweifelhaftes Geräusch". Der Aufwand für eine auditive Kontrolle ist dann nur noch auf die zweifelhaften Geräuschereignisse beschränkt. Das verwendete neuronale Netz wurde mit ca. 160.000 Geräuschaufzeichnungen (Start und Landung) zweier Messstationen (Flughafen Berlin-Tegel und Flughafen Berlin-Schönefeld) trainiert. Mit einem Trainingsdatensatz von ca. 90.000 Geräuschaufzeichnungen (Flug- und Fremdgeräusche) erfolgte dann eine Validierung der Funktionsfähigkeit des Netzes. Die Erkennungsleistung beträgt ca. 90% bei einer Falschakzeptanzrate von 5%. Hierbei ist das neuronale Netz in der Lage, zwischen Flugzeugen mit Strahltriebwerk und Turboprop-Triebwerk bzw. Heliokoptern zu unterscheiden. Derzeitig findet eine Praxiserprobung des neuronalen Netzes bei den Berliner Flughäfen statt. Auf der Basis der hierbei messstellen-abhängig erhobenen Daten soll die Erkennungsrate des Netzes weiter verbessert werden.

Di.-Do.

Lärm (Poster)

Orientierende Gesamtlärmkarte für die Hanse- und Universitätsstadt RostockSebastian Eggers und Sebastian SchultzLÄRMKONTOR GmbH

Für die Hanse- und Universitätsstadt Rostock wurde eine orientierende Gesamtlärmkarte erstellt, die der städtebaulichen Entwicklungsplanung und begleitenden umweltbezogenen Fachkonzepten als immissionschutzfachliches Planungsinstrument dienen soll. So können erste Eignungsprüfungen für potentielle Standorte und Flächen für neue Wohnbaugebiete, Gewerbe- und Industrieflächen sowie auch Freiflächen/ ruhige Gebiete bezüglich ihrer Lärmrelevanz erfolgen und weitergehende Analysen durchgeführt werden. Neben dem Verkehrslärm (Straßenverkehr, Schienenverkehr der DB AG und Straßenbahn, Schiffsverkehr) wurde auch der Industrie- und Gewerbelärm, die Hafenstandorte sowie der Schiffsverkehr für die Berechnung des Gesamtlärmpegels berücksichtigt. Das schalltechnische Berechnungsmodell baute dabei auf verschiedenen Datengrundlagen auf. Für den Verkehrslärm stellte die Lärmkartierung eine wesentliche Grundlage dar. Das Straßenverkehrsnetz wurde über diesen Stand hinausgehend ergänzt. Für den Gewerbe- und Industrielärm wurde insbesondere auf die Flächennutzungsplanung und Festsetzungen in Bebauungsplänen zurückgegriffen. Sport- und Veranstaltungsflächen wurden räumlich verortet, jedoch nicht in der Lärmberechnung berücksichtigt. Auf dieser Grundlage erfolgte eine einfache energetische Addition der berücksichtigten Lärmarten zur Ermittlung eines Gesamtlärmpegels. Die Berechnungsergebnisse wurden getrennt für den Tag- und Nachtzeitraum jeweils in einer Gesamtlärmkarte dargestellt. Eine Beurteilung der Gesamtlärmpegel kann orientierend nach der DIN 18005 erfolgen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese in ihrer Anwendung nur von einer Lärmart ohne Überlagerung mit weiteren Lärmarten ausgeht und detaillierte Einwirkzeiten unberücksichtigt bleiben.

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

Di. 14:00 Saal 5-b

Unsicherheiten Vibro- / Aeroakustik

Stochastic vibro-acoustic analysis in the uncertain thermal environmentSourav Chandra, Kheirollah Sepahvand und Steffen MarburgTU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

There is an increasing interest among the engineers and scientists of using the composite material in aerospace, automobile, military application due to their high strength-to-weight ratio, excellent fatigue resistance, thermal stability and many other superior properties. The application

of the flexible composite structure to manufacture the cabin like structure of the aircraft and car modify the characteristics of the sound responses inside the cavity. The vibro-acoustic response inside the cavity is mostly influenced by the interaction between enclosing fluid and vibrating composite structure. Moreover, during service life, these structures are subjected to the thermal environment which is very uncertain in nature. The elastic properties of the composite structures are also varied with the increment of the temperature. Therefore, the variation of the temperature influences the vibro-acoustic response of the enclosed structure. The aim of this work is to present a stochastic interior vibro-acoustic analysis of a partially flexible enclosed cabin structure due to random thermal parameters. A coupled FE -BE analysis is proposed for interior coupled structural analysis of the partially flexible enclosed cabin. The uncertainty of the temperature is modeled using non-sampling based polynomial chaos (PC) expansion to represent the stochastic frequency dependent response inside the cavity.

Di. 14:20 Saal 5-b

Unsicherheiten Vibro- / Aeroakustik

Three-dimensional stochastic free vibration of the tire using generalized polynomial chaos expansion method

Zhe Liu^a, Kheirullah Sepahvand^a, Yintao Wei^b und Steffen Marburg^a

^a TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme; ^b Department of Automotive Engineering, Tsinghua University

In this paper, an analysis model of the three-dimensional stochastic free vibration of the tire using the generalized polynomial chaos (gPC) expansion method is given, and the model was applied to the stochastic vibration analysis of a radial tire. Considering the displacement model of the in-plane and out-of-plane bend and the out-of-plane torsion, the three-dimensional rings on elastic foundation (REF) model and the dynamic equations are given. Based on the REF tire model, the stochastic analysis under the uncertainties in geometrical parameters elasticity moduli and internal pressure is investigated. The uncertain geometrical and structural parameters of the tire are approximated by the truncated gPC expansions. The constructed gPC expansions for the uncertain parameters are used as inputs to a deterministic tire model to analyze the random natural frequencies of the tire. The probability density function (PDF) of the random natural frequencies derived from the PC expansion has reasonable accuracy in respect to the MC simulation.

Di. 14:40 Saal 5-b

Unsicherheiten Vibro- / Aeroakustik

Uncertainty qualification analysis for torsional vibration of crank-shaft based on generalized polynomial chaos expansionXiaodong Sun^a, Kheirollah Sepahvand^a, Jian Liu^b und Steffen Marburg^a^a TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme; ^b College of Mechanical and Electronic Engineering, China University of Petroleum

Torsional vibration is the main vibration form of crankshaft in power machine, which directly affects the operational reliability of power machine, especially for the case when some parameters are undetermined. In order to calculate the risk and improve the operational reliability efficiently, some of uncertainties have to be taking in account for a reliable analysis. In this research, a non-sampling probabilistic method based on generalized polynomial chaos (gPC) expansion is employed to torsional vibration analysis of crankshaft with uncertain geometrical and material parameters. At first, a probabilistic model of uncertainties is constructed using gPC to describe random parameters and to predict variabilities in torsional vibration response. The gPC expansion possessing random orthogonal basis is served as uncertain dynamic responses, while the calculation of the polynomial coefficients for uncertain parameters by using various procedures, e.g. Galerkin projection, collocation method, and moment method is presented. Then a comprehensive error and accuracy analysis of the method is discussed for various random variables and random processes compared with the exact solution or/and Monte Carlo simulations. In addition, the impact of parameter uncertainties on the torsional vibration of crankshaft is also investigated.

Di. 15:00 Saal 5-b

Unsicherheiten Vibro- / Aeroakustik

Unsicherheiten der Schallleistungsbestimmung mittels Radialmodenanalyse in Strömungskanälen

Tom Gensch, Maximilian Behn, Mirko Spitalny und Ulf Tapken

DLR - Institut für Antriebstechnik

Aufgrund der hohen Nebenstromverhältnisse bei modernen Flugzeugtriebwerken dominieren insbesondere beim Landeanflug die Fantöne die Geräuschemission. Deren modale Struktur zu kennen, ist essentiell für die Konzeption leiserer Triebwerke. Die Radialmodenanalyse tonaler Schallfeldkomponenten ist eine etablierte Methode, um die von Turbomaschinen abgestrahlte Schallleistung in Strömungskanälen zu bestimmen. Mit einem inversen Ansatz werden die Amplituden der modalen Schallfeldkomponenten anhand eines Schallausbreitungsmodells ermittelt. Akustische, aerodynamische und geometrische Parameter stellen Eingangsgrößen dieses Modells dar. Der Einfluss zufälliger Schwanungen der Eingangsgrößen, wie z.B. der Blattfolgefrequenz aufgrund von Drehzahlschwankungen, auf die Unsicherheit der ermittelten Schallleistung ist dabei häufig unbekannt. Die vorliegende Arbeit beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der Gesamtunsicherheit der berechneten Schallleistung und untersucht die jeweiligen Beiträge der Unsicherheiten

der Eingangsgrößen. Dafür werden analytisch hergeleitete Fehlerfortpflanzungsempfindlichkeiten herangezogen. Der Einfluss der verschiedenen Eingangsgrößen wird anhand einiger Beispiele diskutiert.

Di. 15:20 Saal 5-b

Unsicherheiten Vibro- / Aeroakustik

Ein Multi-Level Verfahren zur Beschleunigung von FEM-Simulationen in der Akustik

Tobias Ring und Sabine Langer

TU Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik

Zur Prognose des akustischen Verhaltens technischer Systeme wird vielfach die Finite-Elemente Methode (FEM) als Lösungsmethode eingesetzt. Die FEM lässt sich dabei sowohl für transiente Probleme im Zeitbereich, als auch unter der Annahme stationären Verhaltens im Frequenzbereich formulieren. In jedem Fall ist es erforderlich die Diskretisierung des Berechnungsgebietes so zu wählen, dass eine ausreichende Anzahl von Elementknoten pro Wellenlänge gewährleistet ist. Diese Diskretisierung wird üblicherweise anhand der höchsten interessierenden Frequenz und der zugehörigen kleinsten Wellenlänge festgelegt. Für Berechnungen im Frequenzbereich ist die so festgelegte Diskretisierung für alle Frequenzstützstellen unterhalb der höchsten Frequenz zu fein, die entstehenden Gleichungssysteme sind größer als erforderlich.

Im Rahmen dieses Beitrages wird ein Verfahren präsentiert, welches neben dem am feinsten diskretisierten Zielmodell zusätzlich vereinfachte Modelle verwendet. Diese vereinfachten Modelle sind nur in Teilen des interessierenden Frequenzbereichs anwendbar, erfordern aber weniger Aufwand zur Lösung. Das Verfahren schätzt den Frequenzgang einer skalaren Zielgröße als Kombination der Lösungen des Zielmodells und der vereinfachten Modelle und ermöglicht so insgesamt die Einsparung von Rechenzeit. Weiterhin wird die Anwendung des Verfahrens auf die Modellierung poroelastischer Materialien vorgestellt. Der Rechenzeitvorteil der vereinfachten Modelle wird dabei durch die Verwendung vereinfachter Materialmodelle erreicht.

Di. 15:40 Saal 5-b

Unsicherheiten Vibro- / Aeroakustik

Präsentation der Poster

der Sitzung „Technische und Physikalische Akustik (Poster)“ (s.u.)

Sitzung „Technische und physikalische Akustik (Poster)“

Kurzvorträge: Di. 15:40 (Saal 5-b); Poster-Forum: Mi. 16:00

Di.-Do.	Technische und Physikalische Akustik (Poster)
---------	---

Integration von FEM-Schalenelementen als Randbedingungen in BEM-Berechnungen unter Verwendung verschiedener LösungsmethodenRalf Burgschweiger^a, Ingo Schäfer^b und Martin Ochmann^a^a*Beuth Hochschule für Technik Berlin;* ^b*Wehrtechnische Dienststelle 71*
Im Rahmen von Forschungsprojekten im Bereich "Computational Acoustics" wurde in den letzten Jahren ein leistungsfähiger, auf der BEM basierender Code zur Ermittlung des rückgestreuten Schalldruckpegels im Fernfeld entwickelt, der mit verschiedenen Lösungsverfahren arbeitet (direkte und iterative Gleichungslöser, Fast Multipole Methode, Raytracing-Verfahren u.a.).

Dieser Code wurde dahingehend erweitert, dass neben den "klassischen" Randbedingungen (Druck, Schnelle, Impedanz, Trägheitskopplung etc.) zusätzlich FEM-Schalenrandbedingungen und damit elastische Materialeigenschaften berücksichtigt werden können. Hierfür wird für die betroffenen Elemente ein zusätzliches FEM-Gleichungssystem aufgebaut und dieses über entsprechende Transformationsmatrizen unmittelbar in das BEM-Gleichungssystem eingebunden.

Die Lösung dieses Gesamtsystems kann mittels direkter Gleichungslöser (auf Basis einer vollständigen schwachbesetzten Matrix), mit Hilfe von Eigenwert-Berechnungen oder durch das sog. Schur-Verfahren (i.d.R. unter Verwendung von iterativen Lösern) erfolgen.

Der Beitrag geht auf die mathematischen bzw. physikalischen Grundlagen ein, zeigt die Unterschiede zwischen den o.a. Lösungsverfahren des Gesamtsystems und stellt die erzielten Resultate an Teststrukturen vor. Soweit bis dahin verfügbar, erfolgt auch ein Vergleich mit Ergebnissen aus "reinen" FEM-Berechnungen.

Di.-Do.	Technische und Physikalische Akustik (Poster)
---------	---

Akustische Gütemaße in Innenräumen: Schallintensität und Schallenergien

Caglar Gürbüz und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Die Analyse der Schallabstrahlung von schwingenden Strukturen ist von grundlegender Bedeutung, um geräuscharme Strukturen zu entwickeln. Dabei wird häufig die abgestrahlte Schallleistung basierend auf der Schallintensität als akustisches Gütemaß herangezogen. Die Schallintensität und damit die Beiträge der Oberflächen zur abgestrahlten Schallleistung können jedoch sowohl positiv als auch negativ sein. Demnach kann es hier zum akustischen Kurzschluss kommen. Unter einem akustischen Kurzschluss versteht man dabei das Auslöschen von

Intensitätsanteilen im Nahfeld mit unterschiedlichem Vorzeichen. Somit wird eine hohe Aktivität der Oberfläche im Nahfeld sichtbar, obwohl im niederfrequenten Bereich nur ein Teil davon zur Fernfeldabstrahlung beiträgt. Aus diesem Grund wird die nicht-negative Intensität (NNI) definiert. Die nicht-negativen Intensitäten sind reell, wodurch sie eine Alternative zur Schallintensität für die Visualisierung der Flächenbeiträge an der Fernfeldabstrahlung bilden. Für Innenraumprobleme eignet sich die Schallenergie als Bewertungsgröße. Als globale Größe ist sie unabhängig von der Position des Empfängers. In diesem Beitrag werden zunächst anhand einfacher Beispiele die Schallintensität und die nicht-negativen Intensitäten im Außenraum betrachtet. Für Innenraumprobleme werden dann Schallenergien bestimmt und mit dem Schalldruck im Innenraum verglichen. Ausgehend von einer harmonischen Zeitabhängigkeit für Schalldruck und Schallschnelle wird das akustische Innenraumproblem mit der Randelementmethode (BEM) gelöst.

Di.-Do.

Technische und Physikalische Akustik (Poster)

Evidenzbasierte Modellierung von Schwingungssystemen

Christian Adams, Joachim Bös und Tobias Melz

Fachgebiet SAM, TU Darmstadt

Bei der evidenzbasierten Modellierung werden virtuelle Modelle, beispielsweise Differenzialgleichungen, unmittelbar aus Messdaten abgeleitet. Dabei kommen datenbasierte Algorithmen und maschinelles Lernen zum Einsatz. Für die evidenzbasierte Modellierung von Schwingungssystemen bieten sich vor allem symbolische Regression und spärliche lineare Regression an. Die evidenzbasierte Modellierung stellt eine völlig neue Art der Modellierung in den Ingenieurwissenschaften dar. Einerseits bieten die zuvor genannten Methoden großes Potenzial, um auch komplexe Schwingungsphänomene, wie beispielsweise Nichtlinearitäten, abzubilden. Andererseits kann dieses Potenzial in der Praxis nur ausgeschöpft werden, wenn die Methoden robust einsetzbar sind. Ziel dieses Beitrags ist es, das Potenzial evidenzbasierter Modellierung für die Analyse von Schwingungssystemen aufzuzeigen. Dazu wird beispielhaft die Schwingungsdifferentialgleichung (SDGL) eines diskreten Schwingungssystems mit spärlicher linearer Regression aus dem Zeitverlauf der freien Schwingungen rekonstruiert. Dabei werden verschiedene Funktionen wie beispielsweise Polynome und trigonometrische Funktionen für die spärliche lineare Regression verwendet und die rekonstruierte SDGL wird mit der tatsächlichen SDGL verglichen. Darüber hinaus werden auch die Einflüsse von künstlichem Messrauschen diskutiert. Es zeigt sich, dass evidenzbasierte Modellierung ein hohes Potenzial für die Analyse von Schwingungssystemen aufweist. Zukünftig muss jedoch die Unsicherheit evidenzbasierter Modelle analysiert und beherrscht werden, damit evidenzbasierte Modellierung auch in der Praxis Anwendung finden kann.

Di.-Do.

Technische und Physikalische Akustik (Poster)

Untersuchung des Abstrahlverhaltens strukturierter BlecheAnna-Sophia Henke^a, Ali Tepe^a und Ennes Sarradj^b^aBTU Cottbus - Senftenberg, Technische Akustik; ^b TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik

Stahlbleche sind auf Grund ihrer einfachen Fertigung und vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten unentbehrlich in Bereichen wie dem Maschinen- und Fahrzeugbau oder der Architektur. Durch das Einbringen von Strukturen kann die Steifigkeit von Stahlplatten erhöht werden. So kann bei einem geringeren Materialeinsatz gleichbleibenden statischen Ansprüchen genügt werden. Eine derartige Umformung führt jedoch auch zu einem veränderten akustischen Verhalten von strukturierten Blechen gegenüber glatten Blechen. Im Rahmen einer Studie an der BTU Cottbus-Senftenberg zum akustischen Verhalten hexagonal wabenstrukturierter Stahlbleche wurde das Abstrahlverhalten dieser Bleche untersucht. Dazu wurden im Fensterprüfstand der TU Berlin experimentell die abgestrahlte Schallleistung sowie die Schwingsschnelle von mit einem Shaker angeregten Blechen ermittelt. Aus den so gewonnenen Daten wurde das Abstrahlmaß berechnet. Der Beitrag zeigt das Verfahren und veranschaulicht die Ergebnisse vergleichend für glatte und hexagonal strukturierte Bleche. Dabei wird im Besonderen auf den Einfluss der Strukturierung auf das Abstrahlmaß der Stahlbleche eingegangen.

Di.-Do.

Technische und Physikalische Akustik (Poster)

Elektrische Impedanzspektroskopie als Defektindikator für passive HydrophoneAdrian May^a, Robert Kühler^b, Rainer Matuschek^b, Michael Bellmann^b und Matthias Blau^c^aJade Hochschule Oldenburg / itap GmbH; ^bitap GmbH; ^cJade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörtechnik u. Audiologie

Fundamentstrukturen beim Bau von Offshore-Windparks werden zu meist im Impulsrammverfahren im Meeresboden verankert. Dabei entstehender Unterwasserschall kann potenziell schädigenden Einfluss auf die Meeresfauna besitzen. Aus diesem Grund wird in Deutschland ein Baumonitoring angeordnet, welches kontinuierliche Messungen der Unterwasserschalleinträge bei lärmintensiven Baumaßnahmen vorsieht. Diese Bauüberwachung erfolgt i.d.R. mittels Hydrophonmessungen im Wasser.

Die Hydrophone werden dabei häufig durchgängig mehrere Tage unter Wasser eingesetzt und sind dort verschiedenen mechanischen Belastungen, z.B. Wellen, Strömung sowie beim Ausbringen und Einholen ausgesetzt. Um die korrekte Funktionsfähigkeit der Hydrophone hinsichtlich einer normgerechten Rückführung (Amplitude, Frequenz) sicherzustellen, ist daher eine regelmäßige Überprüfung wichtig.

Zur Funktionalitätsüberprüfung von passiven Hydrophonen ist die Analysemethode der elektrischen Impedanzspektroskopie geeignet. Diese nicht-invasive Methode ermöglicht einen Vergleich zwischen der Impedanz des Testobjekts und der qualitativ idealen Impedanz eines zugehörigen elektroakustischen Ersatzschaltbildes.

Um die Funktionalität von passiven, kapazitiv dominierten Wandlern zu überprüfen, wurde ein Messsystem entwickelt, welches die elektrische Impedanz im Frequenzbereich von 20 Hz bis 250 kHz misst. Hiermit wurden mehrere Hydrophone ohne und mit verschiedenen Defekten in Luft und Wasser vermessen. Aufbauend auf den Messwerten wurde untersucht, welche spektralen Auffälligkeiten in der Impedanz Rückschlüsse auf Wandlerdefekte geben können.

Die Erkenntnisse dieser Studie dienen als Grundlage zur Erstellung eines Systems zur frequenzabhängigen Funktionsprüfung von Hydrophonen.

Di.-Do.

Technische und Physikalische Akustik (Poster)

Realisierung der Richtcharakteristik komplexer Multipole

Rafael Piscoya und Martin Ochmann

Beuth Hochschule für Technik Berlin

„Komplexe Multipole“ sind Strahler mit Quellpositionen, die einen imaginären Anteil besitzen. Sie sind auch Lösungen der Helmholtz-Gleichung, aber ihre Richtcharakteristiken unterscheiden sich von denen ihrer realen Gegenstücke. Wenn rq die komplexe Quellposition bezeichnet, weist der Strahler eine ausgeprägte Abstrahlung in einer durch $\text{Im}(rq)$ festgelegten Richtung auf. Das Maß der Fokussierung hängt vom Betrag von $\text{Im}(rq)$ ab. Ein Lautsprecher in einer Box verhält sich bei tiefen Frequenzen wie ein Monopol, ein Lautsprecher ohne Box wie ein Dipol und eine Stimmgabel wie ein longitudinaler Quadrupol. Komplexe Multipole dagegen haben keine einfache physikalische Entsprechung, da sie rein mathematische Konstruktionen sind. In dieser Arbeit wird das von komplexen Multipolen abgestrahlte Schallfeld durch eine Anordnung von Lautsprechern nachgebildet, deren Amplituden so bestimmt werden, dass die Richtcharakteristik des Multipols wiedergegeben wird. Zur Bestimmung der Amplituden der einzelnen Lautsprecher wird eine Kombination aus der Randelementmethode (BEM) und der Ersatzstrahlermethode (ESM) verwendet. Mit Hilfe der BEM ermittelt man die Übertragungsfunktion jedes einzelnen Lautsprechers und mit Hilfe der ESM seine Amplitude durch Minimierung der Fehler in vorgegebenen Kontrollpunkten.

Di.-Do.

Technische und Physikalische Akustik (Poster)

Array Design for Increased Spatial Aliasing Frequency in Wave Field Synthesis Based on a Geometric Model

Fiete Winter, Frank Schultz und Sascha Spors

Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik

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. Recently, the authors proposed a geometric model to predict the so-called aliasing frequency up to which the spatial aliasing is negligible for a specific listening position or area. Besides its dependency on the desired sound field, this frequency is influenced by the spacing between individual loudspeakers. This work discusses the effects of non-uniform spacing on the aliasing frequency. We further propose optimal discretisation patterns for a given array geometry and desired sound field. The derived patterns are compared to a uniform sampling scheme via numerical simulations of the synthesised sound fields. The results show an increase of the aliasing frequency for the optimised patterns.

Sitzung „Physikalische Akustik“

Di. 16:40 Saal 5-b

Physikalische Akustik

Eigenwerte von inhomogenen Stäben nach dem ImpulskonzeptOskar Bschorr^a und Hans-Joachim Raida^b^a*Aeroakustik, Stuttgart;* ^b*Leichlingen*

Bei homogenen, zylindrischen Stäben liefern die kräftebasierte und die impulsbasierte Wellengleichung identische Lösungen [1]. Bei einem variablen Stabquerschnittsverlauf zeigen die Konzepte im oberen Frequenzbereich asymptotische Übereinstimmung, im unteren Frequenzbereich treten Unterschiede auf. Während bei dem Impulskonzept die Wellengeschwindigkeit $c = \sqrt{(E/\rho)}$ dem Lokalitätsaxiom entsprechend nur von der lokalen Dichte ρ und dem lokalem Elastizitätsmodul E abhängt, kommt es beim Kraftkonzept zu einer zusätzlichen, nicht-lokalen Abhängigkeit von der Stabkontur. Die c -Konstanz des Impulskonzepts erlaubt eine einfache, einheitliche Beschreibung der Eigenwerte von endlichen, homogenen Stäben. Das Kraftkonzept hingegen erfordert für jede Stabkontur eine individuelle Integral-lösung 2. Ordnung. Ein weiterer Aspekt ist, dass die kräftebasierte Wellengleichung das Geschwindigkeitsquadrat c^2 enthält, das gleichzeitig zwei gleichwertige Wellenausbreitungsrichtungen $c = \{+c \text{ und } -c\}$ vorsieht, und daher eine "TWO-WAY WAVE EQUATION" darstellt [2]. Da dieser Gleichungstyp bei der

Berechnung der Wellenausbreitung in komplexen Medien (Seismik) irreguläre Phantom-Effekte aufweist, wurden mathematische Abhilfen (beispielsweise Richtungsfilter) konstruiert. Dagegen handelt es sich bei der impulsbasierten Wellengleichung 1. Ordnung - formal - um die in der Seismik seit Jahrzehnten eingesetzte, lediglich symbolisch abgeleitete "ONE-WAY WAVE EQUATION".

[1] Konventionelles Kräftegleichgewicht versus hypothetisches Impuls-
gleichgewicht, Raida/Bschorr, DAGA 2018, S.828-832;

[2] A comparison between one-way and two-way wave-equation
migration, Mulder/Plessix, Geophysics 2004,69(6),1491-1504
(http://hjraida.de/Mulder_Plessix_2004.pdf)

Di. 17:00 Saal 5-b

Physikalische Akustik

Tailorable Willis Coupling in Acoustic Meta-atoms

Anton Melnikov^a, Li Quan^b, Sebastian Oberst^c, Andrea Alu^d, Steffen Marburg^e und David Powell^f

^a*SBS Bühnentechnik GmbH*; ^b*Department of Electrical and Computer Engineering, The University of Texas*; ^c*Acoustics and Vibration Unit, UNSW, Canberra, Australia*; ^d*Metamaterials and Plasmonics Research Laboratory, The University of Texas*; ^e*TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme*; ^f*School of Engineering and Information Technology, Univ. of New South Wales (AUS)*

Willis coupling is the acoustic analogy to electro-magnetic bianisotropy and can be exploited for creation of acoustic metamaterials with outstanding properties, such as e.g. negative refraction index. We present a meta-atom capable of Willis coupling approaching the theoretical bound set by conservation of energy. Moreover, this structure allows to tailor Willis coupling to arbitrary values between zero and maximum. This is demonstrated based on the analytical model, which is validated by experiment and numerics. The presented meta-atom design incorporating analytical theory allows fast calculations and optimizations routines in metamaterial engineering.

Di. 17:20 Saal 5-b

Physikalische Akustik

Application of an inverse scheme for acoustic source localization

Stefan Gombots^a, Manfred Kaltenbacher^a und Barbara Kaltenbacher^b

^a*TU Wien, Inst. f. Mechanik u. Mechatronik*; ^b*Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Institute of Applied Analysis*

Acoustic source localization techniques in combination with microphone array measurements have become an important tool for noise reduction tasks. Furthermore, these techniques are used for failure diagnosis and condition monitoring. A common technique for this purpose is acoustic beamforming, which can be used to determine the source locations and source distribution. Main restrictions using this method are given by the description of the transfer function between source and microphone signal using Green's function for free radiation and by using simplified

source models. Hence, reflecting (or partially reflecting) surfaces are not really considered, and the method of using mirror sources is quite limited. To overcome these limitations, the corresponding partial differential equation in the frequency domain (Helmholtz equation) will be solved by applying the Finite Element Method (FEM) with the actual boundary conditions as given in the measurement setup. Next, the inverse problem of matching measured (microphone signals) and simulated pressure is solved to recover the source locations. The applicability of the inverse scheme to a real world situation and the additional benefit compared to acoustic beamforming will be demonstrated.

Di. 17:40 Saal 5-b

Physikalische Akustik

Kombinierte Bewertung von Luft- und Körperschallverhalten von Leichtbau-Karosseriebauweisen

Meike Kollmannthaler^a, Felix Sperber^a, Daniel Jansen^a und Sabine Langer^b

^aDr. Ing. h.c. F. Porsche AG; ^b TU Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik

Bei der Entwicklung von Premiumsportwagen spielt Leichtbau aufgrund hoher Anforderungen sowohl bezüglich Fahrdynamik als auch Effizienz eine große Rolle. Darüber hinaus müssen insbesondere die Sportlimousinen, wie zum Beispiel der Porsche Panamera, hohen Komfortansprüchen der Kunden gerecht werden. Die Anforderungen an den akustischen Komfort sind oftmals gegenläufig zu den Leichtbaubestrebungen, da masseintensivere Bauweisen tendenziell die akustischen Eigenschaften, wie beispielsweise das Schalldämm-Maß, verbessern. Die unterschiedlichen Entwicklungszeitpunkte von Karosseriebauteilen, Interieurkomponenten und Akustik-Erprobung im Fahrzeugentwicklungsprozess verkomplizieren die Lösung des Zielkonflikts zusätzlich. Zudem wird eine kombinierte Bewertungsmöglichkeit für Leichtbau und Akustik in der frühen Phase des Fahrzeugentwicklungsprozesses gesucht. Mit dem Ziel, das bestgeeignete Material für einen optimalen Kompromiss zwischen Leichtbau und Akustik zu finden, werden konventionelle und neuartige flächige Karosseriewerkstoffe hinsichtlich ihrer Körper- und Luftschanleigenschaften untersucht. Da an den meisten Karosserieflächen eine kombinierte Luft- und Körperschallanregung vorherrscht, werden dieselben plattenförmigen Proben zum einen auf ihre Körperschanleigenschaften und zum anderen in einem Fensterprüfstand auf ihr Schalldämm-Maß untersucht. Die Erkenntnisse über die Materialien und die Bewertungsmöglichkeit werden auf reale flächige Karosseriebauteile, wie beispielsweise ein Gepäckraumbodenblech übertragen. Abschließend wird eine Bewertungssystematik erarbeitet, die eine kombinierte Bewertung von Masse, Kosten, Körper- und Luftschanleigenschaften und damit eine fundierte Material- und Wandstärkenfestlegung in der frühen Phase des erlaubt.

Di. 18:00 Saal 5-b

Physikalische Akustik

Vergleich von iterativen Inversionscharakterisierungsmethoden und direkten Methoden für starre poröse Materialien

Ferina Saati, Karl-Alexander Hamilton Hoppe und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Theoretische und empirische Modelle für die akustischen Eigenschaften granularer Medien ermöglichen es, nichtakustische Eigenschaften wie Durchlässigkeit, Tortuosität und Porengröße invers zu ermitteln. Granulare Materialien werden typischerweise unter Verwendung akustischer Modelle charakterisiert. Die Genauigkeit der Vorhersage hängt jedoch stark von den Eingabeparametern und der gewählten Methode ab. Um makroskopisch granulare Medien mit Hilfe von Impedanzrohrmessungen zu charakterisieren, sind unter der Annahme von Homogenität sowie starrem Rahmen akustische Inversionsmodelle verfügbar. Diese Modelle sagen das Verhalten der Materialien effizient voraus und werden häufig verwendet, um die intrinsischen Eigenschaften der Medien abzuleiten. Oft ist aber unklar, wie solche Modelle die einzelnen Materialeigenschaften darstellen. In dieser Arbeit wird gezeigt, dass die Vorhersage von Schlüsselporencharakteristika granularer Medien mittels akustischer Charakterisierungsmethoden vergleichbar zur Vorhersage mit bisherigen Methoden ist.

Sitzung „Akustische Messtechnik und Sensorik 1“

Di. 14:00 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 1

Acoustic Travel-Time Tomography: Optimal Positioning of Transceiver and Maximal Sound-Ray Coverage of the RoomNajmeh Sadat Dokhanchi, Jörg Arnold, Albert Vogel und Conrad Völker
Bauhaus-Universität Weimar

Acoustic travel-time tomography (A-TOM) determines the distribution of the temperature in a propagation medium by measuring the travel-time of acoustic signals between transmitters and receivers. To employ A-TOM for indoor climate measurements, the impulse responses have been measured in the climate chamber lab of the Bauhaus-University Weimar and compared with the theoretical results of its image source model (ISM). A challenging task is distinguishing the reflections of interest in the reflectogram when the sound rays have similar travel-times. This paper presents a numerical method to address this problem by finding optimal positions of transmitter and receiver, since they have a direct impact on the distribution of travel times. These optimal positions have the minimum number of simultaneous arrival time within a threshold level. Moreover, for the tomographic reconstruction, when some of the voxels remain empty of sound-rays, it is impossible to measure the temperature within those voxels. Based on the presented numerical method, the number of empty tomographic voxels are minimized to ensure the best

sound-ray coverage of the room. Subsequently, a spatial temperature distribution is estimated by simultaneous iterative reconstruction technique (SIRT). The experimental set-up in the climate chamber verifies the simulation results.

Di. 14:20 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 1

Estimation of strength and position of individual sound sources with Deep Learning using microphone array data

Adam Kujawski, Gert Herold, Ennes Sarradj und Simon Jekosch

TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik

For the localization and characterization of sound sources, the use of microphone arrays has proven itself in various application areas such as acoustic measurement technology. Conventional evaluation methods like beamforming, however, often exhibit a limited spatial resolution of the sources and erroneous source strength reconstruction. In addition, previous developed model-based methods are very complex in terms of the computing power required. At the same time, a large number of research projects in the field of supervised machine learning for image processing have shown that it is possible to recognize various types of objects and its properties on the basis of images. In this contribution it was therefore examined whether the use of Convolutional Neural Networks (CNN) for the identification of point sources using the conventional beamforming map as a visual representation is suitable. Synthetically generated data from single sound sources were used for this purpose. The exact estimation of the sound source properties such as position and strength at high computing efficiency shows the potential as a method for sound source characterization. The talk will be held in german.

Di. 14:40 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 1

Vergleich verschiedener Methoden zur Schallquellenlokalisierung bei Axialventilatoren

Jonathan Nowak^a, Florian Krömer^b und Manfred Kaltenbacher^a

^a TU Wien, Inst. f. Mechanik u. Mechatronik; ^b Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentech.

Klassische Beamforming-Methoden zur Schallquellenortung mittels Mikrofonarrays haben sich in vielen Bereichen als nützlich herausgestellt. Neben dem robusten Standard-Beamforming sind u.a. auch das Functional-Beamforming oder Entfaltungsmethoden wie z.B. CLEAN-SC bekannt, die eine genauere örtliche Auflösung bzw. eine bessere Dynamik bewirken. Die Lokalisierung von bewegten Schallquellen ist dabei allerdings nicht ohne Weiteres möglich. Um dennoch Schallquellen beispielsweise entlang der Rotorblätter eines rotierenden Ventilators bestimmen zu können, existieren verschiedene Ansätze. Im Folgenden sollen hier zwei dieser Ansätze miteinander verglichen werden. Der erste Ansatz arbeitet mit der Interpolation der Schalldrücke im Zeitbereich, der zweite mittels Spinning-Moden-Zerlegung im Frequenzbereich und

verwendet die modifizierte Greenschen Funktion als Steuervektor. Beide Ansätze haben gemeinsam, dass das stillstehende Mikrofonarray virtuell mit der Schallquelle mitrotiert wird, sodass die Bewegung des Ventilators kompensiert wird. Der Vergleich zeigt Eigenschaften, Einschränkungen sowie Vor- und Nachteile der beiden genannten Methoden.

Di. 15:00 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 1

Dektion drehzahlsynchroner und -asynchroner Schallquellen am Axialventilator mithilfe eines Mikrofonarrays

Gert Herold und Ennes Sarradj

TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik

Arrayverfahren zur Lokalisierung und Quantifizierung rotierender Schallquellen haben sich als Messtechnik für Axialventilatoren etabliert. Ihre Anwendung beschränkt sich hierbei meist auf Quellmechanismen, die an Rotorkomponenten auftreten (wie etwa Vorder- und Hinterkanten der Schaufeln) und somit mit der Drehzahl rotieren. Je nach Betriebspunkt des Ventilators treten jedoch Quellen auf, die mit anderen Geschwindigkeiten als der Drehzahl rotieren. Zusätzlich werden bei jeder Messung auch akustische Phänomene aufgezeichnet, die nicht um die Rotorachse rotieren, wie z.B. statische oder reflektierte Quellen. In diesem Beitrag wird das Verfahren des virtuell rotierenden Arrays verwendet, um einzelne Anteile eines gemessenen Schalldruckspektrums unterschiedlich rotierenden Quellmechanismen zuordnen zu können. Hierfür werden Messungen ausgewertet, die mit einem Ringarray an einem im Prüfstand betriebenen Axialventilator durchgeführt wurden. Eine geeignete Visualisierung erlaubt die klare Trennung unterschiedlich rotierender sowie nicht rotierender spektraler Anteile.

Di. 15:20 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 1

Berechnung und Darstellung von Schallquellen im dreidimensionalen Raum mit Mikrofonarrays und Beamforming

Dirk Döbler und Sascha Jensen

GFal e.V.

Die frequenz- und ortsselektive Darstellung von Schallquellen als Ergebnis von Messungen mit Mikrofonarrays oder dem Scan mit Intensitäts sonden ist mittlerweile Stand der Technik. Dabei werden die identifizierten Schallquellen meist als farb- oder grauwertcodierte Karte dargestellt, die entweder mit einem Foto oder einem 3D-Modell des Mes sobjektes kombiniert wird. Für aeroakustische Schallquellen sind diese Verfahren nur bedingt geeignet. Die räumliche Lage dieser Quellen kann im Vorfeld nicht eingegrenzt werden, da die Entstehungsorte nicht auf einer Oberfläche liegen. Hier ist ein kompletter akustischer 3D-Scan aller möglichen Entstehungsorte notwendig (Volumenkartierung). Eine weitere Herausforderung ist die Darstellung dieser Schallquellen. Ein einfaches Mapping auf eine Oberfläche ist nicht möglich, die Quellen

müssen dreidimensional im Raum visualisiert werden. Im Beitrag werden die Ergebnisse von akustischen Volumenkartierungen einiger typischer Messobjekte mit unterschiedlichen Beamformingmethoden (z.B. Standard Beamforming, CLEAN-SC, Functional Beamforming) und verschiedenen 3D-Visualisierungsmethoden (Sphären, Isobaren, Voxeldarstellung) gezeigt. Es wird vergleichend auf anwendungsspezifische Vor- und Nachteile einzelner Methoden sowohl unter dem Aspekt der möglichst anschaulichen Interpretierbarkeit der Resultate für den Anwender als auch ihres rechentechnischen Aufwandes im Zusammenhang mit dem 3D-Beamforming im Volumen eingegangen.

Di. 15:40 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 1

Auswahl geeigneter Mikrofonarrayverfahren mithilfe von Convolutional Neural Networks

Simon Jekosch, Gert Herold, Adam Kujawski und Ennes Sarradj

TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik

Die Berechnung von aeroakustischen Quellverteilung mit Hilfe von Mikrofonarrays ist ein beliebtes Mittel für die Charakterisierung von Schallquellen. Für die Berechnung der Quellverteilungen besteht neben klassischem Beamforming eine große Auswahl an Entfaltungs- und inversen Verfahren, die zum Teil jedoch hohe Rechenleistung benötigen. Da die Verfahren zu Teil stark von einander abweichende Ergebnisse liefern, ist es für praktische Anwendung hilfreich, bei einer Auswertung der Messung eines unbekannten Schallfeldes abschätzen zu können, wie geeignet ein Verfahren aller Voraussicht nach sein wird. Ziel dieses Beitrags ist es, eine Vorhersage über die Tauglichkeit verschiedener Mikrofonarrayverfahren für unbekannte Messdaten zu geben. Dazu wurde ein Convolutional Neural Network mit synthetischen Messdaten trainiert. Die Synthetischen Messdaten stammen aus einer Monte-Carlo-Simulation mit 12600 bekannten Quellanordnungen und den zugehörigen Pegelabweichungen der Quellen für verschiedene Mikrofonarrayverfahren. Die Eingangsdaten für das Netzwerk sind mit schnellem klassischem Beamforming erstellte Quellkarten. Das dazugehörige Target ist das Mikrofonarrayverfahren mit den kleinsten Pegelabweichungen der Quellen. Das trainierte Netzwerk kann danach entscheiden, welches Verfahren für die jeweilige Situation geeignet ist.

Di. 16:40 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 1

On the Measurement of Sound Intensity using a Small Spherical Microphone Array

Ysbrand Wijnant^a, Niels Consten^b und Stéphanie Bertet^b

^a*University of Twente / Soundinsight; ^b Soundinsight*

Recently a new acoustic measurement device, the SonoCat, has become available. The probe consists of 8 MEMS microphones, embedded in a small rigid sphere. By accurately calibrating the amplitude and phase mismatch between the microphones, the probe is able to measure the

sound intensity accurately. In this paper, we will explain the method that has been used to derive the sound intensity from the measured pressure signals and how the effect of the presence of the sphere has been accounted for. In addition, we will show experimental results, obtained in the anechoic room of the University of Twente, comparing the sound intensity, as measured by the probe, with a benchmark sound intensity probe. The accuracy and precision of the new probe will be discussed.

Di. 17:00 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 1

Membranlose optische Mikrofone - Schallmessung mittels differentieller Interferometrie

Marcel Hoffmann

TU München, MST

Membranlose optische Mikrofone (MeoM) werden durch den technischen Fortschritt in der Halbleiter-Technologie immer attraktiver, da zum einen wichtige elektrische Komponenten rauschärmer werden und zum anderen die Kosten der Bauteile und der Lichtquellen abnehmen.

MeoMs weisen gegenüber klassischen Membranmikrofonen den Vorteil auf, dass die Frequenzbandbreite nur von der Auswertelektronik abhängt. Da der Messaufbau statisch ist, entfällt zudem die Rückwirkung einer Membran auf das Schallfeld.

Schallwellen können als Schwankungen in der Dichte der Luft aufgefasst werden. Die Dichte verhält sich proportional zum Brechungsindex der Luft. Mittels unterschiedlicher interferometrischer Aufbauten sowie einer speziell konzipierten elektrischen Verstärkerschaltung lassen sich Schwankungen im Brechungsindex, d.h. Schallwellen messen.

Starke Schwankungen des Arbeitspunktes des interferometrischen Aufbaus aufgrund von Druck- und Temperaturdrifts führten während der Laborversuche zu starken Schwankungen in der Empfindlichkeit des Messsystems. Diese konnten jedoch mittels eines Zweistrahllaufbaus in erster Näherung kompensiert werden, sodass Schallmessungen mit einer konstanten Systemempfindlichkeit erfolgen konnten.

Es werden neben den aktuellen Forschungsergebnissen potentielle Einsatzfelder für MeoMs sowie der Einsatz von differentieller Schallmess-technik diskutiert.

Di. 17:20 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 1

Analyse der Veränderungen von Schall und Schwingungen in einem mehrjährigen U-Bahnbetrieb

Thomas Tietze^a, Hanno Töll^a, Thomas Hauser^b und Günther Achs^a

^aFCP Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH, Wien; ^bWiener Linien GmbH & Co KG

In einer Zusammenarbeit mit den Wiener Linien werden seit Juni 2016 Dauermessanlagen zur Erfassung von Schwingungen und Luftschall aus dem U- Bahn Verkehr betrieben. Die Motivation für die Errichtung von 4 Luftschallmessstellen und 9 Messstellen zur Aufzeichnung der Schwingungsemissionen war die Untersuchung der Einflüsse von gumigefederten Radsätzen in Gegenüberstellung mit kostengünstigeren Monoblockrädern. Ziel war die Bestimmung etwaiger negativer Auswirkungen hinsichtlich Schall und Schwingungen. An außerhalb des Tunnels gelegenen Monitoringstellen wurden zusätzlich Wetterstationen betrieben, um Feuchtigkeit, Temperatur und Windgeschwindigkeit sowie Windrichtung während der Überfahrt zu erfassen. Aufgrund der Fülle an Messdaten können weitere statistische Auswertungen, wie z.B. das Schwingungsverhalten der Schiene aufgrund von Abnutzung sowie Veränderungen der Schallpegel aufgrund von Zugwartungen durchgeführt werden. Die Datensätze von täglich rund 2000 Zugsüberfahrten können weiters mit Luftfeuchtigkeit und Temperatur korreliert werden, um so eine differenzierte Betrachtung während unterschiedlicher Wetterkonstellationen zu geben.

Di. 17:40 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 1

Schallimmissionsmessungen an Windenergieanlagen mit einer akustischen Kamera zum Aufbau einer Geräuschdatenbank

Sebastian Mellert, Dagmar Rokita und Friedrich Ueberle

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Auf der Suche nach bestimmten Geräuschen bieten unterschiedliche Geräuschdatenbanken Abhilfe. Vor allem alltägliche Geräusche und Situationen lassen sich in solchen Datenbanken wiederfinden. Andere Geräusche wie z.B. aus dem Bereich der Windenergie sind jedoch kaum vorhanden. Deshalb werden Geräusche von Windenergieanlagen (WEA) in der Praxis meistens künstlich erzeugt. Dahinter stehen komplexe Modelle, die die Realität zwar sehr gut nachahmen, aber nicht vollständig wiederspiegeln. Um diese Lücke an realen Aufnahmen von WEA zu schließen, werden im Forschungsprojekt X-Eptance Impulse unter anderem Schallimmissionsmessungen mit einer akustischen Kamera in unterschiedlichen Windparks durchgeführt. Aus den gewonnenen Rohdaten können neben den eigentlichen Geräuschen der WEA auch für die jeweiligen Anlagentypen spezifische Signaturen ermittelt werden. Bisher wurde eine erste Messkampagne für einen Anlagentyp in zwei Windparks durchgeführt. Die Analyse dieser Messungen haben

zu ersten visuellen Indikatoren geführt, die in Anlehnung an den MPEG-7 Standard in eine Geräuschsignatur umgewandelt werden sollen. Dabei sind in die Gestaltung der Signatur auch Umgebungsbedingungen eingeflossen, die das Geräusch einer WEA mit beeinflussen. Die aktuell noch manuell durchgeführte Analyse der Daten soll zu einem späteren Zeitpunkt automatisch in einem Hadoop-Cluster vorgenommen werden. Dieser Cluster übernimmt dabei auch die Funktion der Datenbank.

Di. 18:00 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 1

Zum aktuellen Stand der Entwicklung primärer Schallleistungsquellen an der PTB

Kevin Picker und Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Die Schallleistung einer Schallquelle lässt sich aus verschiedenen akustischen Messgrößen bestimmen, z.B. aus dem Schalldruck oder der Schallintensität. Jedoch werden diese Messgrößen von der Messumgebung oder dem verwendeten Messverfahren beeinflusst, weshalb die daraus bestimmte Schallleistung nicht als vom Schallfeld unabhängig bezeichnet werden kann. Es soll daher ein Standard zur Rückführung der Größe realisiert werden, mit dem die tatsächliche Schallleistung bestimmt werden kann. Dieser Standard wird als primäres Schallnormal oder primäre Schallquelle bezeichnet. Im Rahmen eines kooperativen Projektes des European Metrology Research Programs (EMRP) wurden bereits mehrere Modelle der primären Schallquelle entwickelt und untersucht. Diese Forschungen beinhalteten den Vergleich von nach dem Hüllflächenverfahren ermittelter Schallleistung mit der Schallleistung, die aus der Schallschnelle der Quellenoberfläche mittels Rayleigh-Integral ermittelt wurde. Die Messungen der Schallschnelle erfolgten dabei mit einem Laser- Scanning-Vibrometer. Obwohl die bisherigen Ergebnisse der PTB-Quellen vielversprechend waren, sollen weitere Modelle entwickelt und vermessen werden. Unter anderem sollen Schwächen der Vorgängermodelle eventuell verbessert und der Einfluss des Signal-Rausch- Abstandes während der Messungen auf beide Messgrößen näher untersucht werden. Für letzteres wurde ein neues Messverfahren mit zugehörigem Messprogramm realisiert, welches zusammen mit den Messergebnissen der neueren Modelle des primären Schallleistungsnormals vorgeführt werden soll.

Sitzung „Open Science and Reproducibility“

Di. 14:00-16:00 Saal 7

Open Science and Reproducibility

Open Science does not automatically mean ReproducibilityMax Schröder^a, Frank Krüger^a und Sascha Spors^b^a*University of Rostock, Institute of Communications Engineering;*^b*Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik*

With the advent of Open Science, researchers start to publish their research artefacts in order to allow others to reproduce their investigations. While this is good for science in general, the publication often lacks a comprehensive documentation and completeness with respect to the artefacts, which in turn prevents the successful reproduction of the analyses. Typical examples are missing scripts, incomplete datasets or specification of used software. Moreover, issues about licences often create legal concerns. This is true for the use of commercial software but also for the publication of research artefacts without proper sharing licence. As a result, the sole publication of research artefacts does not automatically result in reproducible research.

To empirically confirm this, we analysed research artefacts that were published. Indeed, the preliminary results suggest that despite the public availability of research artefacts, the investigations could not easily be reproduced. We discuss the reasons for lacking reproducibility and potential solutions. Based on the analysis, we propose the use of virtual research environments which help researchers to collect information about their research artefacts during the entire research life cycle. These information can then be used to document the provenance of the research artefacts.

Di. 14:00-16:00 Saal 7

Open Science and Reproducibility

Reproducibility of stereophonic amplitude-panning curvesFranz Zotter und Matthias Frank*Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik u. Akustik*

Since the first studies about stereophonic amplitude-panning were published in the end of the 1950s, there have been a lot of experiments to determining the relation between the level difference between a pair of loudspeakers and the perceived direction. Interestingly, the results for these panning curves vary a lot between the various studies, especially for large aperture angles of the loudspeaker pair and lateral directions. This contribution compares some of the experimental results from 70 years of amplitude panning, as well as the experimental environments, stimuli, reporting methods, and statrical analysis in order to find explanations for the differences in the panning curves.

Di. 14:00-16:00 Saal 7

Open Science and Reproducibility

Measurement-Based Modeling of Higher-Order Non-Linearities of the Parametric Loudspeaker

Carl Andersson und Jens Ahrens

Audio Technology, Chalmers University of Technology

The so-called "Parametric Audio" effect is a method to create highly directional audible sound using ultrasonic carrier waves. It bases on an acoustical phenomenon where two high-frequency waves at high intensity will interfere and generate intermodulation tones due to non-linear effects in the wave propagation. Most analytical models apply a second-order approximation to predict the level of the audible sound, which makes it impossible to predict all orders of distortion in the audible signal. We chose a measurement-based approach to identify the parameters of the non-linear model of the system, which is composed of the amplifier, the transducers, and air. State-of-the-art signal processing methods to compensate for the second-order distortions were used and the distortions of the audible sound were measured. Our results indicate that any potential inaccuracies in the second-order approximation will be masked by non-linear distortions in the amplifier and/or the transducers so that is not possible to identify the non-linearity of air in an isolated manner.

Di. 14:00-16:00 Saal 7

Open Science and Reproducibility

Open Source Sound Field Synthesis ToolboxFiete Winter^a, Hagen Wierstorff^b, Matthias Geier^a, Nara Hahn^a, Frank Schultz^a und Sascha Spors^a^aUniversität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik; ^baudEERING GmbH

Sound Field Synthesis (SFS) aims at production of wave fronts within a large target region enveloped by a massive number of loudspeakers. Nowadays, these techniques are known as Wave Field Synthesis (WFS) as an implicit solution of the SFS problem and as explicit solutions, like Ambisonics in the spherical domain and Spectral Division Method in the cartesian domain. Research and development on Ambisonics and WFS proceeded since the 1970s and the late 1980s, being most lively in the last decade due to DSP power available. This resulted in many SFS systems at research institutes with different rendering methods, thus complicating comparability and reproducibility. In order to pool the outcomes of different SFS approaches the Matlab/Octave based Sound Field Synthesis Toolbox was initiated 2010 as an open source project by the authors. This toolbox was later accompanied by online theoretical documentation giving an overview on the SFS approaches and citing the reference literature. In 2013 porting of the SFS Toolbox to Python was initiated, serving as convenient framework together with Jupyter notebooks. In this contribution we discuss and demonstrate the concepts, workflows and capabilities of the SFS Toolbox and their documentation as fundamental component for open research on SFS.

Di. 14:00-16:00 Saal 7

Open Science and Reproducibility

Investigations on the directivity of string instruments using a bowing machine

Nathan Flipo, Malte Kob und Timo Grothe

Hochschule für Musik Detmold

String instruments exhibit a complex directivity which is not precisely referenced in the literature or often represented with a low spatial or frequency resolution. The goal of the bowing machine presented here is to provide a stable, realistic excitation for repeated captures of directivity measurements on string instruments. The instrument is excited by a bow mounted on a linear actuator which allows to obtain more reproducibility than measurements with real musicians and more precise results than by using other ways of excitation (rosin disc, shaker on the bridge, hammered or plucked strings...). By mounting the instrument together with the bowing machine on a 3D turntable we have studied the directivity of a violin in every direction with small angle steps. The setup has been used until now to study the directivity of a violin but could be adopted to study other string instruments.

Vortrag bevorzugt, evtl. Beitrag in Session "Open Science" mit Live-Demonstration des Anregemechanismus

Di. 14:00-16:00 Saal 7

Open Science and Reproducibility

Akustische Simulationen mit Matlab und Python im Org-ModeJohann-Markus Batke*Hochschule Emden-Leer*

Der Org-Mode des Texteditors Emacs stellt ein mächtiges Werkzeug dar, dass die Umsetzung des Konzepts "Literate Programming" ermöglicht. Da der Org-Mode mittlerweile sehr populär geworden ist, existiert auch eine Portierung für den ebenfalls verbreiteten Editor Vi.

Literate Programming bedeutet technisch betrachtet das gemeinsame Bearbeiten von Programmtexten und dokumentierenden Texten in einer Datei. Werden gleiche Konzepte auch bei der Python-Software-Suite Jupyter verfolgt, ist der Org-Mode ungleich flexibler, da zum Beispiel grundsätzlich keine Einschränkung für die verwendeten Programmiersprachen besteht. So lassen sich Auswertungen z.B. in Matlab/Octave, Python, R, C++ und anderen Sprachen miteinander in einem Dokument verbinden, Daten können unter den Programmtextfragmenten ausgetauscht werden.

Die Darstellung von Programmier- und Dokumentationsaufgaben wird in diesem Beitrag am Beispiel einer Toolbox für akustische Berechnungen dargestellt, die vollständig im Org-Mode implementiert ist. Verwendet werden für die Programmierung Matlab/Octave und Python, für die Dokumentation die exportierbaren Formate HTML und LaTeX. Besondere Beachtung kommt in der Darstellung dabei der Aufgabe des Testens der Implementierungen zu, die aus wissenschaftlichen Hinsicht sehr relevant ist.

Di. 14:00-16:00 Saal 7

Open Science and Reproducibility

An almost commodity hardware based mobile prototype of a hearing aid featuring the openMHA algorithm research software platformMarc René Schädler^a, Mareike Buhl^a und Florian Denk^b^a*CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all';* ^b*CvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik*

Scientific progress and the validation of experimental results depend on the availability of knowledge and tools. However, access to the internals of hearing aids is restricted for users, students, and researchers due to limitations of the hardware, liability issues with medical devices, and economic interests. The recent publication of a free and open research platform for hearing aid algorithms, the open Master Hearing Aid (MHA), allows to build research devices to which the mentioned restrictions do not apply. A mobile prototype of a hearing aid was built based on commodity hardware which runs the openMHA in real-time. Latencies of 5ms could be achieved. Instructions for building the prototype as well as an SD-card image with a pre-configured software environment are provided on a community website (<https://github.com/m-r-s/hearingaid-prototype/>). The prototype may serve as a baseline for comparisons with real devices in field tests as well as for teaching purposes. Many of the challenges with hearing devices can be studied including latency, calibration, fitting, effect of occlusion, acoustic feedback, audible artifacts, speech and music perception. The affordable and flexible hardware allows the rapid implementation and unrestricted distribution of new algorithms for testing under field conditions across labs and beyond the usual target groups.

Di. 14:00-16:00 Saal 7

Open Science and Reproducibility

Software Tools and Workflows for Open ScienceSascha Spors^a, Hagen Wierstor^b, Matthias Geier^a, Fiete Winter^a, Nara Hahn^a und Frank Schultz^a

^a*Univ. Rostock, Institut für Nachrichtentechnik;* ^b*University of Surrey*
Science relies on the traceability and replicability of studies. Aiming for sustainability, this is important for the authors itself as well as for the research community once results become published. Ideally the entire research process, from initial concepts till publication, shall be performed under the open science paradigm. Recent efforts in the open source software community led to convenient tools for research data management. Nowadays, it is almost self-evident that researchers are engaged in the professional typesetting process using the mature LaTeX front-end with graphical packages like TikZ. Furthermore, version-control systems such as Git are probably used by a large part of the community for open and closed source projects. Besides that, the open source programming language Python and its various open tools for code development gradually become predominant, supporting the open

science paradigm. Jupyter notebooks together rapidly gain importance in the workflow for prototyping, documentation and education. Documentation tools like "Sphinx" and free hosting platforms like "Read the Docs" are emerging front-ends that allow versioned technical documentation with hyperlinks. In this contribution we discuss and demonstrate a current reliable workflow for open science/research starting from puzzling ideas to publishing results.

Sitzung „Technische Akustik“

Di. 16:40 Saal 7

Technische Akustik

Einfluss von Nebenwegen auf die Schalldämmung von akustischen Metamaterialien

Felix Langfeldt und Wolfgang Gleine

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Mit akustischen Metamaterialien könnten Schallschutzaufgaben insbesondere im tiefen Frequenzbereich deutlich effizienter (weniger zusätzliches Gewicht und/oder erforderlicher Bauraum) umgesetzt werden als es mit konventionellen Maßnahmen möglich ist. Beispielsweise wurde nachgewiesen, dass die Schalldämmung von Doppelwänden erheblich verbessert werden kann, wenn so genannte akustische Membran-Metamaterialien zwischen die beiden Wände integriert werden. In der Praxis nicht zu vermeiden sind bei solchen Aufbauten jedoch Spalte oder Öffnungen (z.B. die Fenster in einer Flugzeugseitenwand) sowie Körperschallbrücken, die als Nebenwege möglicherweise zu einer Reduktion der Effektivität der akustischen Metamaterialien führen können. In bisherigen Untersuchungen von Metamaterialien wurde der Einfluss von Nebenwegen nicht systematisch analysiert. Der vorliegende Beitrag zeigt erste Ergebnisse von Untersuchungen, die die Auswirkungen von Nebenwegen in Flugzeugkabinenseitenwänden mit akustischen Metamaterialien bewerten sollen. Dazu werden experimentell und numerisch ermittelte Schalldämmmaßwerte für ein generisches Wandmodell mit in Glaswolle integrierten akustischen Metamaterialien herangezogen. Der Einfluss verschiedener Öffnungen im Metamaterial sowie punktförmiger Verbindungsstellen wird untersucht und anhand dieser Ergebnisse bewertet.

Di. 17:00 Saal 7

Technische Akustik

Gekoppelter Helmholtz-Resonator mit schwingfähigem mechanischem Resonator

Hannah Hoppen^a, Felix Langfeldt^a, Wolfgang Gleine^a und Otto von Estorff^b

^a*Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg; ^bTechnische Universität Hamburg (TUHH)*

Resonanzabsorber werden häufig zur tieffrequenten Schallminderung eingesetzt. Unter den akustischen Resonanzabsorbern sind vor allem Helmholtz-Resonatoren weit verbreitet. Da diese Absorber aber nur in einem schmalen Frequenzband um die Resonanzfrequenz herum wirksam sind, ist ihre Anwendbarkeit lediglich auf tonale oder schmalbandige Spektralbereiche beschränkt. In diesem Beitrag wird ein neuartiges Konzept für einen Helmholtz-Resonator mit erhöhter Bandbreite vorgestellt. Dazu wird der Aufbau des klassischen Helmholtz-Resonators so verändert, dass ein zweiter "Freiheitsgrad" wirksam wird. Auf diese Weise kann das System in einem gewünschten Frequenzbereich auf zwei Resonanzfrequenzen abgestimmt werden, sodass die Schallminderung in einem größeren Frequenzbereich erhöht ist, ohne dass sich die Masse und das Volumen des Resonators ändern. Dargestellt wird ein analytisches Modell zur Berechnung der Resonanzfrequenzen und Schalldämmung des gekoppelten Systems aus dem Helmholtzresonator und schwingfähigen mechanischem Resonator. Die analytischen Ergebnisse werden mit numerischen und experimentellen Ergebnissen verglichen.

Di. 17:20 Saal 7

Technische Akustik

Charakterisierung der Geräuschentwicklung einer Wärmepumpe

Agostino Troll^a und Thomas Gindre^b

^a*Fraunhofer-Institut für Bauphysik; ^bFraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE*

Um den Energieverbrauch und den CO₂-Ausstoß im Gebäudesektor zu senken wurden Wärmepumpen vielfach als eine zentrale Technologie identifiziert. Insbesondere Wärmepumpen, die Außenluft als Wärmequelle verwenden, werden aufgrund der Verfügbarkeit und der geringeren Kosten in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen. Hierbei ist vor allem im urbanen Raum die Lärmbelastung ein Hindernis, was die Marktdurchdringung erschwert. Daher sind zwingend Maßnahmen zur akustischen Optimierung erforderlich. Um geeignete Methoden für industrielle Entwicklungsvorhaben anwendbar zu machen, wurde das vom BMWi geförderte Projekt WAMS (Wärmepumpen - Akustik und Mehrquellsysteme) vom Fraunhofer IBP und ISE initiiert. Es werden Ergebnisse aus Messungen an einer Wärmepumpe bei definierten Betriebs- und Umgebungsbedingungen vorgestellt.

Di. 17:40 Saal 7

Technische Akustik

Akustische und vibrationsmechanische Erkennung der Riffelbildung im Wiener StraßenbahnenetzAndreas Fuchs^a, Karoline Alten^b, Reinhard Wehr^a und Werner Wehr^c^aAIT Austrian Institute of Technology; ^bAIT Austrian Institute of Technology GmbH, Mobility Department; ^cWiener Linien GmbH & Co KG

Zur verlässlichen Bereitstellung der in Wien bedeutenden Infrastrukturkomponente Straßenbahnverkehr ist eine regelmäßige und zielgerichtete Erhaltung notwendig. Ein essentieller Bestandteil ist dabei die wiederholte Überwachung des Gleiszustandes mittels eines eigens instrumentierten Gleismesswagens. Dieser wurde sowohl mit vibrationsmechanischen Sensoren an den Achslagern bzw. Drehgestell sowie mit einem akustischen Mikrofon ausgestattet, um Defekte im Gleisnetz automatisiert zu erkennen. Dadurch soll neben einer hohen Sicherheit eine langlebige Verfügbarkeit und ein hoher Lärmschutz gewährleistet werden. Innerhalb dieses Papers wird dabei besonders auf die Erkennung von wellenförmigen Vertiefungen am Schienenkopf in Längsrichtung (Riffel) der Gleise eingegangen. Die Verbindung unterschiedlicher Sensorarten mit spezifischer Extrahierung der relevanten Information aus den Sensorsignalen liefert eine solide Grundlage zur robusten Klassifikation mittels Maschinellen Lernens. Durch die Verfügbarkeit von mehr als 8000 km aufgezeichneten Daten über eine Zeitspanne von 30 Monaten können Langzeitbetrachtungen aufgestellt werden, um das Erhaltungsmanagement des Infrastrukturbetreibers sowohl kurz- als auch langfristig zu unterstützen.

NEU: Di. 18:00 Saal 7

Technische Akustik

Untersuchung eines Verfahrens zum messtechnischen Nachweis der Rückkopplungsunterdrückung bei HörgerätenMarkus Kemper^a, Felix Gassenmeyer^a, Tim Jürgens^b und Hendrik Husstedt^a^aDeutsches Hörgeräte Institut; ^bTH Lübeck

Aufgrund einer kritischen Rückkopplung kann es bei Hörgeräten zu Pfeiftönen kommen. Dies ist für den Nutzer sehr unangenehm und kann die Nutzung der Hörgeräte stark einschränken. Deshalb verfügt die Signalverarbeitung von modernen Hörgeräten in der Regel über eine Rückkopplungsunterdrückung. Dadurch ist es möglich, bei gleichem Rückkoppelpfad das Auftreten der kritischen Rückkopplung in Form eines Pfeiftons zu verringern oder komplett zu vermeiden. So mit stellt dieses Merkmal bei Hörgeräten ein wichtiges Qualitätsmerkmal dar, welches auch in Ausschreibungen oder nationalen Bestimmungen immer wieder als Anforderung enthalten ist. Obschon die Rückkopplungsunterdrückung eine wichtige Eigenschaft von Hörgeräten ist, existiert bisher kein standardisiertes beziehungsweise einheitliches Verfahren zum messtechnischen Nachweis. Aus diesem Grund beschäftigt sich der folgende Beitrag mit der Untersuchung eines Verfahrens

zum messtechnischen Nachweis der Rückkopplungsunterdrückung bei Hörgeräten. In diesem Zusammenhang wird bei Geräten verschiedener Hörgerätehersteller untersucht, ob die Verstärkung bei eingeschalteter Rückkopplungsunterdrückung erhöht werden kann bevor die kritische Rückkopplungsbedingung auftritt. Zunächst werden der Messaufbau und die Verfahrensdurchführung erläutert. Anschließend werden die Messergebnisse dargestellt und abschließend diskutiert, inwieweit sich das Verfahren zum messtechnischen Nachweis einer Rückkopplungsunterdrückung eignet.

Sitzung „Musikalische Akustik“

Di. 14:00 Saal 8

Musikalische Akustik

Interaktive Akustik-App zur Visualisierung akustischer und strukturdynamischer Effekte an Musikinstrumenten

Jonas Schmid, Johannes Schmid, Lennart Moheit und Steffen Marburg
TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Mithilfe interaktiver Akustik-Apps können zahlreiche Phänomene der Akustik und Strukturdynamik einfach und ohne zeitaufwändige Versuchsaufbauten visualisiert und verdeutlicht werden. Dafür bietet der Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme der TU München eine Reihe von frei zugänglichen Simulations-Apps an, die unkompliziert über einen Webbrowser aufrufbar sind. Unter diesen Apps befindet sich auch eine Musikinstrumente-App, mit der sowohl die akustischen als auch die strukturdynamischen Effekte verschiedener Musikinstrumente zuerst berechnet und im Anschluss visualisiert werden können. Die Ergebnisse werden im Hintergrund mittels COMSOL Multiphysics® über die Finite Elemente Methode (FEM) auf einem Server berechnet und anschließend im Webbrowser dargestellt. Hier hat der Nutzer die Möglichkeit, zahlreiche Einstellungen wie beispielsweise die Geometrie oder andere Berechnungsparameter interaktiv zu verändern. Die Ergebnisse können dann direkt ausgewertet und über verschiedene Darstellungsmöglichkeiten veranschaulicht werden. Dies bietet dem Nutzer eine sehr gute Möglichkeit, sich die beim Spielen eines Musikinstruments ablaufenden physikalischen Effekte zu verdeutlichen. In diesem Beitrag wird zuerst kurz das Konzept des App-Servers vorgestellt und anschließend die Funktionen und Möglichkeiten der Musikinstrumente-App genauer demonstriert und erläutert.

Di. 14:20 Saal 8

Musikalische Akustik

Substituting Traditional Piano Soundboard by Synthetic Layered Material Without Ribs

Dora Jenei-Kulcsar und Péter Fiala

Budapest University of Technology

Mechanical and acoustical modelling of the piano is of great interest over hundred years since the diversity of elements from strike to sound radiation. Besides the hammer action and strings, soundboards models have met the most research interest in the corresponding literature. The geometry and material properties affect the sound quality by inter-string coupling and sound radiation. Traditional piano soundboards are complex structures where the main solid wood resonator is stiffened and slightly bowed with ribs on the bottom, while bridges are installed on the upper side. Since manufactured materials getting on importance in the recent years, piano manufacturers are also experimenting with new materials. In our work we discuss the possibilities of fine tuning mechanical and layering properties of a synthetic material to reproduce the modal characteristics of a traditional wood soundboard as close as possible. The composite soundboard installation is similar to projection tuned layering: ribs are not installed. Because of the stochastic parameters through variation of fibre orientation and thickness both in wood and in composite resonators, our model deals with uncertainty.

Di. 14:40 Saal 8

Musikalische Akustik

Experimentelle und numerische Untersuchung des Einflusses realistischer Randbedingungen auf SaitenschwingungenAlexander Brauchler, Pascal Ziegler und Peter Eberhard*Universität Stuttgart, ITM*

In diesem Beitrag wird die transiente Schwingung einer unter realistischen Bedingungen angeregten Gitarrensaite experimentell und numerisch in beiden transversalen Polarisationen untersucht. Die frequenzabhängige Dämpfung und geeignete Anfangsbedingungen für die numerische Simulation werden im Experiment identifiziert. Ein besonderes Augenmerk wird auf die äußerst realistische Modellierung der Randbedingungen an Steg und Sattel der Gitarre und deren Einfluss auf die Schwingung der Saite gelegt. Zu diesem Zweck wird ein experimenteller Aufbau vorgestellt, der aus einer einzelnen, über zwei Sättel gespannten Saite, einem automatisierten Anregemechanismus und zwei Laser-Doppler-Vibrometern besteht. Mit dem Anregemechanismus wird die Saite reproduzierbar mit einer realistischen Zupfbewegung angeregt. Zwei Laser-Doppler-Vibrometer werden dazu verwendet, die Schwingung der Saite in der horizontalen und vertikalen Polarisation zu messen. Die reproduzierbare Anregung macht es möglich die Schwingung an mehreren Stellen zu messen und somit Anfangsbedingungen, die aus Auslenkung und Geschwindigkeit bestehen, für die gesamte Saite zu identifizieren. Ein nichtlineares Finite Elemente Modell der Saite wird

vorgestellt, das mit identifizierter Dämpfung und Anfangsbedingungen aus dem Experiment die transiente Schwingung der Saite sehr gut approximiert. Des Weiteren werden kleine Frequenzunterschiede und die Verkopplung zwischen der horizontalen und der vertikalen Polarisation der Schwingung untersucht. Sie können auf einen Einfluss des Sattels auf die Saitendynamik zurückgeführt werden.

Di. 15:00 Saal 8

Musikalische Akustik

Flamenco Guitar Sound - Documenting the Heritage

Robert Mores

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

The Flamenco guitar has its roots in the accompaniment of singing and dancing, with a dominant focus on fast and percussive sound. Since the days of Paco de Lucia, the Flamenco guitar has also developed sound features for solo performance, such as sustain, or fullness. The documentation project seeks to capture the acoustics of Flamenco guitars over the last 50 years, deriving robust features for classifications and trend analyses. Along diverse temporal and spectral features the Flamenco guitar is benchmarked against the classical Spanish guitar, and its acoustical development is documented.

Di. 15:20 Saal 8

Musikalische Akustik

Jazz-Glocke: Sound Design, Strukturoptimierung und Guss

Magdalena Scholz^a, Felix Thomann^a, Lennart Moheit^a, Thomas Greß^b,
Wolfram Volk^b und Steffen Marburg^a

^a *TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme*; ^b *TU München, Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen*

Sound Design wird mit der Entwicklung neuartiger Produkte und Technologien ohne gesellschaftlich gefestigten und akzeptierten Klangcharakter zunehmend wichtiger. Als Beispiel dafür wird häufig die Umstellung von Verbrennungs- auf Elektromotoren, die damit einhergehende Gestaltungsfreiheit und die wiederum einschränkende Nutzergewohnheit besprochen. Sound Design kann in Zukunft noch verstärkt dazu beitragen, Produkte hinsichtlich der Erwartungshaltung der Kunden zu optimieren oder innovative Sounds zu kreieren, die mit Gewohnheiten brechen. Unzulässige Modellannahmen und Abweichungen zwischen dem Modell und dem fertigen Produkt etwa durch Fertigungsungenauigkeiten führen zur Veränderung des gestalteten Klangs.

Der Prozess von Sound Design über die Erstellung eines Modells, dessen entsprechenden Auslegung, bis hin zur Produktion und Evaluation des fertigen Produkts wird am Beispiel einer Glocke komplett durchlaufen. Als Ziel-Design wird ein Klang mit Jazz-typischen Eigenschaften ausgewählt, der mit der Erwartungshaltung an den Klang einer Glocke brechen soll. Das Modell der Glocke wird auf den Zielklang hin optimiert und hinsichtlich des Gusses simulativ ausgelegt. In additiv gefertigten Sandformen werden vier Glocken, zwei im steigenden und zwei im

fallenden Schwerkraftgießverfahren, gegossen. Diese werden akustisch und geometrisch vermessen und sowohl miteinander, als auch mit dem Modell verglichen. Bei allen vier Glocken werden starke Abweichungen festgestellt, was unterstreicht, wie sensitiv die Akustik auf Modell- und Fertigungsgenauigkeiten reagiert.

Di. 15:40 Saal 8

Musikalische Akustik

Sind Lauten akustisch gesehen Gitarren?

Gunter Ziegenhals

Institut für Musikinstrumentenbau e.V., Klingenthal

Nach Curt Sachs fallen Gitarren und Lauten unter die Lauteninstrumente. Das ist zunächst im Sinne der Fragestellung nicht weiter tragisch, da bei Sachs auch die Streichinstrumente hier eingeordnet sind. Im englischen nennt man die Hersteller von Gitarren und Lauten luthiers, bezieht sie also eher auf die Laute. Lauten haben sehr vielfältige Erscheinungsformen. Eine wichtige Gemeinsamkeit ist die Befestigung der Saiten auf der Decke an einem Querriegel (dem Steg). Die Decke ist tropfenförmig geschwungen und der Korpus ist bauchig aus Spänen zusammengesetzt. Die Gitarre weist in ihrer Grundkonstruktion auch den Querriegel auf, jedoch ist der Korpus ein Kasten mit Seitenflächen, den Zargen, und einer den Streichinstrumenten ähnlichen Form mit Taille. Gitarre und Laute besitzen Resonanzplatten als Decken mit vergleichbarer Größe und ebenso vergleichbare Hohlraumresonatoren auf. Ob die Lautenmuschel und der Gitarrenkorpus (Boden und Zarge) ähnliche Schwingungs- und Abstrahleigenschaften aufweisen ist zunächst eher fraglich. Der Beitrag diskutiert die Problematik anhand von Untersuchungen an einer Stichprobe von 12 Renaissance-Lauten (8-chörig in G). Als Vergleichsobjekte dienen Instrumente einer Stichprobe von 14 spanischen Gitarren. Die Hauptuntersuchungsmethodik besteht in der Aufnahme und Bewertung der Frequenzkurve. Zusätzlich gehen Musikerbeurteilungen beider Stichproben ein.

Di. 16:00 Saal 8

Musikalische Akustik

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 128)

Di. 16:40 Saal 8

Musikalische Akustik

Eine rhythmische Synchronisationshilfe zum gemeinsamen Musizieren über verteilte Netzwerke

Robert Hupke, Lukas Beyer, Marcel Nophut, Stephan Preihs und Jürgen Peissig

Leibniz Universität Hannover, Institut für Kommunikationstechnik

Im Rahmen des Verbundprojektes "Live Interactive PMSE Services" (LIPS) werden am Institut für Kommunikationstechnik (IKT) neuartige interaktive Konzepte zur immersiven, audiovisuellen Verknüpfung von Live-Events an unterschiedlichen Orten untersucht. Um das Zusammenspiel von Musikern an entfernten Orten zu gewährleisten, werden am

IKT unter anderem geeignete technologische Hilfestellungen zur musikalischen Spielsynchronisation entwickelt und analysiert.

Eine sogenannte Networked Music Performance (NMP) basiert auf einer Audio-Datenübertragung über IP-basierte Netze und weist in der Regel immer eine gewisse Latenz, Latenzschwankungen, eine begrenzte Bandbreite sowie Paketverluste auf. Eine der größten Herausforderungen beim gemeinsamen Musizieren über verteilte Netzwerke stellt dabei die Latenz dar. Während eine große Übertragungslatenz zur sukzessiven Verlangsamung des gemeinsamen Spieltempo führt, entsteht durch eine zu geringe Latenz eine Beschleunigung des gemeinsamen Spieltempo.

Im vorliegenden Beitrag werden bestehende technologische Hilfestellungen zur Spielsynchronisation in Bezug auf ihre Anwendbarkeit für unterschiedliche Anwendungsszenarien bewertet. Hierbei liegt der Fokus auf der Analyse der maximal möglichen Abweichungen der technischen Parameter sowie auf der Implementierung und Analyse einer beabsichtigten Spieltempoveränderung während des gemeinsamen Musizierens an unterschiedlichen Orten. Die im Rahmen des Projektes entstandene technologische Synchronisationshilfe wird vorgestellt und erste Ergebnisse der Evaluation werden präsentiert. Ein Ausblick auf das weitere Vorgehen der Untersuchungen durch Probandenversuche wird gegeben.

Sitzung „Musikalische Akustik (Poster)“

Kurzvorträge: Di. 16:00 (Saal 8); Poster-Forum: Di. 16:10

Di.-Do.

Musikalische Akustik (Poster)

A New Database for Wide Band Simulation and Auralization of Musical Instruments Including the Directivity up to Highest Frequencies

Gottfried Behler, Lukas Aspöck und Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Auf der Grundlage der mit einem 32-kanaligen Mikrofonarray in reflexionsfreier Umgebung aufgezeichneten chromatischen Tonleitern von durch Musiker gespielten Musikinstrumenten (Berlin 2009) lässt sich die Richtcharakteristik der Instrumente bestimmen. Eine Zerlegung der Richtcharakteristik in sphärische Harmonische (SH-Zerlegung) ist aufgrund der niedrigen Anzahl von Mikrofonen nur bis zu einer niedrigen Ordnung (typ. 4) möglich. Darüber hinaus ist ab einer oberen Frequenzgrenze, bedingt durch räumliches Aliasing, die SH-Zerlegung nicht mehr fehlerfrei möglich. Eine so gewonnenen Datenbasis wurde 2017 veröffentlicht (<http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-5861.2>) und kann frei genutzt werden. Aufgrund der Fehler bei höheren Frequenzen und der zunehmenden Anzahl von SH-Koeffizienten ist für Simulationszwecke in eine alternative Darstellung, die nicht auf SH-Koeffizienten beruht vorteilhaft. Für die Auralisierung in herkömmlicher Simulationstechnik (Spiegelschallquellen und Schallteilchen) werden daher hier aus den vorliegenden Rohdaten neue Datenbasen erzeugt, die ein Auralisierung bis zu den höchsten Frequenzen ermöglichen. Die durch die Unterabtastung bei den Aufnahmen bedingten Fehler lassen sich naturgemäß nicht beheben, so dass hier räumlich interpolierte und in Terz-Bändern aufgelöste Richtcharakteristiken erzeugt wurden. Die für Simulationsverfahren erforderlichen winkelabhängigen Datensätze der RC können in unterschiedlichen Formaten bereitgestellt werden.

Di.-Do.

Musikalische Akustik (Poster)

Untersuchung der Richtungsabhängigkeit der Klangfarbe des Fagotts im Anwendungskontext der Musikübertragung

Winfried Hyronimus und Timo Grothe

Hochschule für Musik Detmold

Das Fagott weist wie die meisten Holzblasinstrumente eine tonhöhen-abhängige Richtcharakteristik auf. Ein Tonmeister steht oft vor der Herausforderung, mit nur einem einzigen, nah am Instrument positionierten Mikrofon ein ausgewogenes Klangbild zu erreichen.

Um die Richtungsabhängigkeit der Klangfarbe systematisch zu untersuchen wurde ein horizontal positioniertes 24-kanaliges Ringmikrofonarray eingesetzt. Damit wurden Musikaufnahmen in einem reflexionsarmen

Raum und im Konzertsaal der HfM Detmold realisiert und mit Methoden der Signalverarbeitung und in Hörversuchen analysiert. Als Referenzklang für eine Ähnlichkeitsbewertung dienten synthetisch generierte Vokalklänge.

Weiterhin wurden die in der Praxis für ein Solo-Fagott präferierten Stützmikrofonpositionen durch eine Umfrage im "Verband Deutscher Tonmeister" (VDT) ermittelt und eine mehrkanalige Musikaufnahme mit kalibrierten Studiomikrofonen im Detmolder Konzerthaus durchgeführt. Im zweiteiligen Hörversuch gruppierten Testpersonen aus den Aufnahmen gewonnene Stimuli nach vorgegebenen Kriterien und gaben verbale Klangbeschreibungen dazu ab.

Es zeigte sich, dass die Unterschiede zwischen den Mikrofonpositionen sehr viel deutlicher wahrgenommen wurden als die Unterschiede zwischen Fagotten verschiedener Hersteller. Ebenso zeigte sich im Blindtest unter Tonmeisterstudenten eine eindeutige Präferenz für eine Mikrofonposition hinsichtlich ihrer Eignung für die Musikproduktion. Der Abgleich mit Vokalklängen erwies sich als interessantes Hilfsmittel für Untersuchungen der Fagott-Klangfarbe.

Di.-Do.

Musikalische Akustik (Poster)

Physikalische Modellierung schwingender Platten

Maximilian Schäfer, Manuel Werner und Rudolf Rabenstein

Univ. Erlangen-Nürnberg

Die Modellierung von Plattengleichungen der Elastizitätstheorie ist von großem Interesse für die Klangsynthese von Musikinstrumenten. Ein möglichst genaues Modell bietet die Grundlage für die Beschreibung von Xylofonen, Glockenspielen oder Hallplatten. Hierbei erfordert die Herleitung eines Modells eine physikalisch korrekte Beschreibung des Schwingungsverhaltens und eine geeignete numerische Modellierungsmethode. Das dynamische Schwingungsverhalten von Platten kann durch die zeitliche und örtliche Veränderung physikalischer Größen wie Auslenkung, Moment und Beschleunigung beschrieben werden. Systeme dieser Art werden durch partielle Differentialgleichungen beschrieben und im Sinne der Systemtheorie als dynamische mehrdimensionale Systeme betrachtet. Für die numerische Modellierung wird die Funktionaltransformationsmethode (FTM) verwendet. Die Methode basiert auf der Entwicklung eines örtlichen Differentialoperators in einen Satz geeigneter bi-orthogonaler Eigenfunktionen, deren Eigenwerte die einzelnen Schwingungsmoden der Platte darstellen. Das Ergebnis ist ein analytisches Simulationsmodell für die schwingende Platte. Es kann verwendet werden um einen echtzeitfähigen Algorithmus zur Klangsynthese herzuleiten. Eine Formulierung der Lösung in einer mehrdimensionalen Zustandsraumdarstellung erlaubt die Veränderung des Randverhaltens durch Rückkopplungsstrukturen aus der Regelungstechnik. Der Beitrag erklärt die mathematischen Grundlagen, beschreibt den Simulationsalgorithmus und erläutert das Ergebnis durch Klangbeispiele.

Sitzung „Analyse und Synthese der Richtwirkung von Musikinstrumenten“

Di. 17:00 Saal 8

Richtwirkung von Musikinstrumenten

Bestimmung der Abstrahlcharakteristik von Musikinstrumenten anhand von Frequenzkurvenmessungen

Christoph Gilbert und Gunter Ziegenhals

Institut für Musikinstrumentenbau e.V., Klingenthal

Im IfM werden Frequenzkurvenmessungen an Streich- und Zupfinstrumenten typischerweise *in situ* und mit drei im reflexionsfreien Raum um das Instrument herum angeordneten Mikrofonen durchgeführt. Erhöht man die Anzahl der Mikrofone auf der um den Aufpunkt am Instrument gedachten Kugel von 1 m Radius auf bis zu 15 und führt die Messung bei reproduzierbarer Anregung mit zwei Orientierungen des Instrumentes zur Mikrofonanordnung durch, so erhält man Informationen zur Richtcharakteristik für 29 Messpunkte im Raum. Diskutiert werden neben den Ergebnissen derartiger Messungen für Zupf- und Streichinstrumente auch Untersuchungen an Holz- und Blechblasinstrumenten. Der Schwerpunkt liegt auf der Auswertung. Diese ist neben der üblichen Betrachtung von Frequenzbändern auch hinsichtlich der Frequenzen typischer Moden der Instrumente bzw. einzelner Töne sinnvoll. Welche Effekte dabei zu beobachten sind, soll im Vortrag thematisiert werden.

Di. 17:20 Saal 8

Richtwirkung von Musikinstrumenten

Musical instruments as sound sources with time-variant directivity

David Ackermann, Fabian Brinkmann und Stefan Weinzierl

TU Berlin, FG Audiokommunikation

Akustische Musikinstrumente weisen, anders als technische Schallquellen, eine dynamische Richtwirkung auf. Diese variiert nicht nur mit der Bewegung von Musikerinnen und Musikern während einer musikalischen Darbietung, sondern auch mit dem gespielten Ton, durch den unterschiedliche Schwingungsmuster angeregt bzw. unterschiedliche schallabstrahlende Teile des Instruments wirksam werden. Der vorliegende Beitrag bestimmt die Tonhöhen-bedingten Modulationen des Instrumentenklangs sowohl im Freifeld wie in nachhallbehafteter Umgebung auf der Grundlage einer Messung der Richtcharakteristik für alle wichtigen Orchesterinstrumente und für den gesamten spielbaren Tonumfang. Als Maße für die Stärke der Veränderung wird die Bandbreite spektraler Fluktuationen und die durch die Modulation der Richtcharakteristik bedingte Änderung raumakustischer Parameter nach ISO 3382 verwendet. Somit zeigt die Analyse, wie groß der Fehler ist, wenn man das dynamische Verhalten durch eine statische Richtcharakteristik ersetzt. Gleichzeitig wird ein Weg aufgezeigt, wie man das zeit-variante Verhalten durch eine geeignete Parametrisierung im spatially oriented format for acoustics (SOFA) in raumakustischen Simulationen berücksichtigen kann.

Di. 17:40 Saal 8

Richtwirkung von Musikinstrumenten

Real-Time Calculation of the Frequency Dependent Directivity Index/Patterns of a Classical SingerManuel Brandner, Alois Sontacchi und Matthias Frank*Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik u. Akustik*

Directivity of speech and singing is primarily determined by the physiology of a person and therefore by the head size, torso dimensions and posture. Previous works have concluded that in singing only the intentional spectral (due to the singer's formant) defines the directionality of a singing in an room acoustical sense. Nevertheless, our work has investigated the singing technique of a classical singer while singing at steady pitch for one specific vowel which is in contrast to average over several words. This paper shows the results of a real time analysis of 64-channel recordings made with a spherical microphone setup to identify the variations in directivity in singing due the change of the singing technique. We calculate the directivity indexes in real-time evaluated at the fundamental frequency and its harmonics to gain robust information. The short-term data is then compared to results calculated from long-term averaged spectra.

Di. 18:00 Saal 8

Richtwirkung von Musikinstrumenten

Perceptual Evaluation of Spatial Resolution in Directivity PatternsMatthias Frank, Manuel Brandner und Alois Sontacchi*Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik u. Akustik*

The perceptual evaluation of differences in measured directivity of sound sources in regard to spatial resolution is still an on-going research. Although high-resolution measurement setups and data exist, less expensive measurements with lower resolution and lower number of microphones may already ensure plausible perceptual reproduction in a virtual environment. It is yet not clear how detailed the directivity information has to be captured and reproduced for plausible playback. This paper approaches the question by a listening experiment in a virtual environment with generic directivity patterns. The experiment compares different spatial resolutions (spherical harmonic orders) of the directivity patterns for various virtual listening positions and source signals. The virtual environment employs a higher-order image source model and binaural, dynamic Ambisonic playback.

Fachvorträge und Poster am Mittwoch, den 20.03.2019

Sitzung „Bauakustik 2“

Mi. 9:00 Saal 1

Bauakustik 2

Schalltechnische Optimierung von Unterdeckenabhängern

Benjamin Schödel, Andreas Rabold und Ulrich Schanda

Technische Hochschule Rosenheim

Gegenüber der konventionellen Massivbauweise im Wohnungs- und Gewerbebau bietet die Holzbauweise eine deutlich größere Konstruktionsvielfalt, die einerseits viel Gestaltungsspielraum lässt, andererseits eine größere Herausforderung an die bauakustische Nachweisbarkeit stellt. Um den aktuellen bauakustischen Anforderungen im Nachweis gerecht zu werden und gleichzeitig wirtschaftliche Deckenkonstruktionen zu ermöglichen, sind unterschiedliche konstruktive Maßnahmen möglich.

Deckenauflagen, Rohdeckenbeschwerungen und Unterdecken reduzieren die Luft- und Trittschallübertragung und sind somit für die schalltechnische Optimierung interessant. Im aktuellen Projekt wurde von den beteiligten Holzbauverbänden aus wirtschaftlichen Gründen die Verbesserung der Unterdecke durch eine optimierte Entkopplung favorisiert.

Als maßgebliche Größe wurde neben der Masse-Feder-Masse Resonanz der Unterdecke die Eigenfrequenz des Unterdeckenabhängers gewählt, die aus der Beplankungsmasse pro Abhänger und seiner dynamischen Steifigkeit resultiert. Dabei sollte die Eigenfrequenzfrequenz möglichst gering gehalten werden, um die besten Ergebnisse zu erreichen. Hierzu wurden im Rahmen einer Bachelorarbeit an der Technischen Hochschule Rosenheim die Eigenfrequenzen verschiedener Unterdeckenabhänger in Abhängigkeit der Dicke und Anzahl der Beplankung gemessen, ausgewertet und ggf. optimiert.

Im Beitrag werden der Prüfaufbau und die Ergebnisse zu den Messungen der Eigenfrequenz der Unterdeckenabhänger vorgestellt. Diese werden anschließend ausgewertet und analysiert. Die Messungen wurden am ift Rosenheim im Labor Bauakustik in Stephanskirchen durchgeführt.

Mi. 9:20 Saal 1

Bauakustik 2

Messung des Einflusses von Dübeln zur Befestigung von Wärmedämmverbundsystemen auf das Luftschalldämmmaß von Außenwänden in Massivbauweise

Maximilian Neusser^a, Herbert Müllner^b, Bert Roozen^c und Simon Hinterseer^d

^aACOM Research; ^bVersuchsanstalt TGM, Fachbereich Akustik und Bauphysik; ^cKU Leuven, Dep. of Physics and Astron.; ^dTU Wien Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz

Aktuelle Veröffentlichungen haben gezeigt, dass die Befestigung von Wärmedämmverbundsystemen auf dem tragenden Bauteil einen wesentlichen Einfluss auf das resultierende Luftschalldämmmaß des Gesamtbauteils hat. Eine vollständige Erklärung und Quantifizierung dieser Phänomene konnten bis dato aber nicht geliefert werden. Die dargestellten Untersuchungen zeigen den Einfluss einer variierenden Dübelanordnung über das bauakustisch relevante Frequenzspektrum. Untersucht wurden 4 verschiedene Dübelmuster auf jeweils 2 verschiedenen Grundwänden mit 2 unterschiedlichen Dämmstoffmaterialien. Die erzielten Ergebnisse zeigen einen besonders großen Einfluss der Befestigung des Wärmedämmverbundsystems im Bereich der Massefederresonanz. Zusätzlich zu den klassisch nach EN ISO 10140-2 gemessenen Schalldämmmaßen wurde die Schnelligkeitsverteilung an den Bauteiloberflächen mittels Laservibrometrie gemessen und der Abstrahlgrad bestimmt. Die Ergebnisse zeigen ein durch die Dübel und deren Anzahl beeinflusstes Schallabstrahlverhalten der Putzoberfläche. Die Dübel stellen Diskunitäten in der Biegewellenausbreitung der Putzoberfläche dar und beeinflussen dadurch das Abstrahlverhalten unterhalb der Koinzidenzgrenzfrequenz. Die Größe des Einflusses des DüBELS auf das Luftschalldämmverbesserungsmaß eines Wärmedämmverbundsystems hängt somit von der Lage der Massefederresonanz im Frequenzspektrum und der dort sich ausbildenden Schwingungsformen ab. Es wird somit empfohlen, in vereinfachte Prognosemodelle des Luftschalldämmmaßverbesserungsmaßes von Wärmedämmverbundsystem die Anzahl der Dübel zur Befestigung als Berechnungsparameter mit aufzunehmen wie es z.B. aktuell durch die EN ISO 12354-1 für die Kleberfläche möglich ist.

Mi. 9:40 Saal 1

Bauakustik 2

Bewertung der Luftschalldämmung mittels Bezugskurvenverfahren - Probleme in subjektiver Hinsicht

Reinhard O. Neubauer

IBN Bauphysik GmbH & Co. KG

Das Verfahren zur Ermittlung der Einzahlangabe der Luftschalldämmung ist in ISO 717 festgelegt. Hierbei werden die frequenzabhängigen Schallpegeldifferenzen, welche z.B. durch eine Schallmessung erhalten wurden, mit den Bezugswerten im Frequenzbereich von 100 Hz

bis 3150 Hz für Terzbänder und von 125 Hz bis 2000 Hz für Oktavbänder verglichen. Dieser Vergleich erfolgt durch Verschieben der Bezugskurve in Richtung der Messwertkurve. Der Wert der Bezugskurve bei 500 Hz nach deren Verschiebung entsprechend dem in ISO 717-1 festgelegten Verfahren, wird als Einzahlangabe in dB angegeben und soll den Wert der Schalldämmung repräsentieren. Dieses Verfahren führt mittels Reduktion der Datenmenge zu einer Zusammenfassung des gemessenen Frequenzspektrums in eine Einzahlangabe. Im Wesentlichen wurde historisch gesehen dieses Verfahren entwickelt, um einen Vergleich mit Schallschutzanforderungen möglich zu machen. Dieses Verfahren der Datenreduktion beinhaltet jedoch einige Problematiken. Es ist hinreichend bekannt, dass der Einzahlwert der Schalldämmung häufig nicht mit der Höhe des erwarteten Schallschutzes, also der subjektiven Bewertung der Schalldämmung übereinstimmt. In diesem Beitrag werden verschiedene Beispiele gezeigt, die die Problematik des Bezugskurvenverfahrens aufzeigen und es wird der Verlauf der Bezugskurve im Hinblick einer subjektiven Bewertung der Schalldämmung diskutiert.

Mi. 10:20 Saal 1

Bauakustik 2

DIN 4109 und der Schutz gegen Außenlärm

Steffen Körper

Umweltbundesamt

Die DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" wurde zunächst im Jahr 2016 überarbeitet herausgegeben. 2018 wurden zwei Teile geändert und neu veröffentlicht. Dabei wurden insbesondere Änderungen zum baulichen Schallschutz gegenüber Außenlärm vorgenommen. Ein wesentliches Defizit der alten DIN 4109 aus dem Jahr 1989 war der unzureichende Schutz in Gebäuden vor nächtlichem Lärm. Für den Erhalt der psychomotorischen Leistungsfähigkeit und Gesundheit ist ungestörter Schlaf in ausreichender Dauer von zentraler Bedeutung. Für die Ermittlung der erforderlichen Außenschalldämmung von Gebäuden müssen daher seit 2016 die maßgeblichen Außenlärmpegel in der Nachtzeit berücksichtigt werden. In vielen Fällen geht damit eine Verschärfung der Anforderungen an die Außenbauteile im Vergleich zur DIN 4109:1989 einher. Aufgrund zahlreicher Einsprüche zu einer mit der Änderung von 2018 eingeführten pauschalen Minderung des maßgeblichen Außenlärmpegels von Schienenverkehrsgeräuschen um 5 dB, hat der Ausschuss der DIN 4109 einen Arbeitskreis eingerichtet, der sich mit den Fragen rund um das Thema Außenlärm intensiv beschäftigt. Der vorliegende Beitrag zeigt die Fortschritte aber auch die verbliebenen und neuen Problembeziehe der aktuellen Norm DIN 4109:2018 zum Thema Außenlärm auf.

Mi. 10:40 Saal 1

Bauakustik 2

Bauakustische Bemessung von Mehrgeschoszbauten mit monolithischen Ziegel-AußenwändenKai Naumann*Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e.V.*

Die Normenreihe DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ ist seit über zwei Jahren veröffentlicht. Das Rechenverfahren nach DIN 4109-2 hat sich gegenüber der Methode nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 bekanntermaßen erheblich geändert. Für Gebäude in Massivbauweise mit monolithischen, wärmedämmenden Ziegel-Außenwänden war nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 praktisch keine normative schalltechnische Bemessung möglich. Durch Anwendung der vor etwa zehn Jahren veröffentlichten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-23.22-1787 konnten, basierend auf dem vereinfachten Verfahren nach EN ISO 12354-1 im Vorgriff der Einführung der neuen DIN 4109, bereits bauakustische Prognosen durchgeführt werden. Grundlage für die Anwendung dieser Methode ist die Kenntnis individueller Schalldämm-Maße und Stoßstellendämm-Maße der jeweils verwendeten Ziegel-Produkte. Seit 2016 steht zur Vereinfachung der Nachweisführung für Gebäude in Ziegelbauweise die Bauphysiksoftware „Modul Schall 4.0“ zur Verfügung. Hier sind die maßgebenden schalltechnischen Parameter von Außenwandprodukten zahlreicher Ziegelhersteller in einer Datenbank hinterlegt, die durch Messungen ermittelt wurden. Ferner sind Nachweise der Luft- und Trittschalldämmung von Konstruktionen mit anderen Baustoffen des Massiv- und Trockenbaus möglich, die normativ geregelt sind. Es werden Erfahrungswerte in der Anwendung des Prognoseverfahrens gemäß o. g. Zulassung bzw. der aktuellen Normenreihe DIN 4109 vorgestellt. Anhand von Beispielen wird unter Anwendung der Software „Modul Schall 4.0“ die Genauigkeit mit vorhandenen Prüfergebnissen verglichen.

Mi. 11:00 Saal 1

Bauakustik 2

Schallschutz von Flachdächern in Holzbauweise - Luft- und Trittschalldämmung von Flachdächern und DachterrassenCamille Châteauvieux-Hellwig^a, Andreas Rabold^a, Stefan Bacher^b, Melina Martin^a und Michael Rudolf^b^a *Technische Hochschule Rosenheim; ^b ift Rosenheim GmbH*

Bei der Planung von modernen Büro- und Wohngebäuden ist vor allem im Bereich der mehrgeschossigen Bauweise i.d.R. ein Flachdach oder ein flachgeneigtes Dach mit ausgebautem Dachgeschoß vorgesehen. Um den Ansprüchen aus Wärmeschutz, Statik, Brandschutz und Schallschutz gerecht zu werden, müssen diese Dachkonstruktionen einer ganzen Reihe von Kriterien entsprechen. Auch im Bereich des Schallschutzes variieren die Ansprüche je nach Ausführung und Nutzung des Dach-Elementes als reines Dachelement oder als begehbarer Dachterrasse. Planungsdaten, insbesondere für Konstruktionen in Holzbauweise, die den bauakustischen Ansprüchen entsprechen, sind nur sehr bedingt

verfügbar. Es wurden deshalb in einem aktuellen Forschungsprojekt Planungsunterlagen für die verschiedenen Konstruktionsvarianten von Flachdächern und leicht geneigten Dächern erarbeitet, die insbesondere den Anforderungen an den Schallschutz genügen. Zusätzlich wurden Regengeräusche bei natürlichem Regen an einem Prüfaufbau im Außenbereich untersucht und mit theoretischen Prognosemodellen verglichen. Der Beitrag zeigt Planungsdaten für unterschiedliche Dachausführungen und geht auf erste Ergebnisse der Regengeräuschmessung und -prognose ein.

Mi. 11:20 Saal 1

Bauakustik 2

Präsentation der Poster

der Sitzung „Raumakustik, Lokalisation, Audiotechnik (Poster)“ (S. 141)

Mi. 14:00 Saal 1

Bauakustik 2

Bauakustische Optimierung von Deckenaufbauten in Holzmassivbauweise für den Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 200 Hz

Christian Lux und Bernd Nusser

Holzforschung Austria

Zum Wohlfühlen in der eigenen Wohnung bzw. im eigenen Haus wird es immer wichtiger störende Einflüsse der Umgebung zu verringern. Einer dieser Einflüsse ist beispielsweise die tieffrequente Schallbelastung, welche bei Geschossdecken in Holzbauweise gehäuft zu Beanstandungen führt. Entsprechend den bauakustischen Bewertungsverfahren nach EN ISO 717-1/2 wird nur der Frequenzbereich von 100 Hz bis 3150 Hz betrachtet. Dies reicht im Allgemeinen aber nicht aus, um die bauakustische Tauglichkeit einer Decke zu bewerten, da die Störungen hauptsächlich im Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 200 Hz auftreten. In dieser Untersuchung werden die bauakustischen Einflüsse der Schüttung und des Estrichs auf einer Brettsperrenholzdecke verdeutlicht. Hierfür wurden verschiedene Messmethoden (EN ISO 10140-3, EN ISO 10140-4 Anhang A und Diagonalmessung) verwendet. Zusätzlich wurde für die Anregung des Trittschalls ein modifiziertes Normhammerwerk nach DIN EN ISO 10140-5, Anh. F.1 verwendet. Ziel war es, eine bessere Anpassung des Anregespektrums an jenes eines realen Gehers zu erhalten. Des Weiteren wird gezeigt, wie die Abhängungen der Unterdecke auszulegen sind, um auch im tiefen Frequenzbereich, d. h. zwischen 50 Hz und 200 Hz, eine Verbesserung der Schalldämmung zu erreichen.

Mi. 14:20 Saal 1

Bauakustik 2

Schalltechnische Prognose von Trennbauteilen mit VBAcoustic - Berechnung nach DIN 4109 und DIN EN ISO 12354

Robert Zehetmayr, Andreas Rabold und Camille Châteauvieux-Hellwig
Technische Hochschule Rosenheim

Die schalltechnische Beurteilung von Trennbauteilen in Holzbauweise ist anhand der erweiterten Bauteilkataloge und -datenbanken oder durch herstellerbezogene Prüfberichte für die verschiedensten Bauteilausführungen möglich. Neben dem reinen Bauteilwert des Trennbauteils ist bei der Planung und dem Nachweis auch die Übertragung der flankierenden Bauteile zu berücksichtigen. Der rechnerische Nachweis nach DIN 4109 stößt im Holzbau jedoch auch in der aktuellen Fassung noch schnell an seine Grenzen. Die Beurteilung des Bauteils im eingebauten Zustand kann im Holzmassiv- und Hybridbau deshalb häufig nur mittels einer Baumessung oder durch die Prognose der Schalldämmung erfolgen. Für diese rechnerische Abschätzung wurden im Rahmen einer Forschungskooperation der TU München, der TH-Rosenheim und des ift-Rosenheim Planungsdaten ermittelt und mit VBAcoustic, einem Prognosetool auf Grundlage der Berechnungsmodelle nach DIN 4109 und DIN EN ISO 12354, aufgesetzt. Dieses wird nun im Rahmen von Bachelorarbeiten an der TH-Rosenheim weiterentwickelt.

Das Prognosetool ermöglicht die Eingabe von Trenn- und Flankenbauteilen in Leicht-, Holz- und Massivbauweise unter Betrachtung der Stoßstellenausführungen sowie allgemeinen geometrischen Bedingungen. Hierfür stehen dem Nutzer eingebundene Bauteilkataloge oder eine manuelle Eingabe der Bauteile zur Verfügung. Im Beitrag werden der Aufgabenbereich und die Verwendbarkeit des Prognosetools dargestellt und anhand von Anwendungsbeispielen erläutert.

Mi. 14:40 Saal 1

Bauakustik 2

Horizontale Stoßstellendämmung von Brettsperrholzwänden

Martin Schneider^a, Andreas Ruff^a, Berndt Zeitler^a und Johannes Weinhold^b

^a Hochschule für Technik Stuttgart; ^b Ed. Züblin AG, Zentrale Technik, Direktion Schlüsselfertigung

Vorgefertigte Massivholzwände mit einem Wärmedämmverbundsystem werden in Seniorenwohnanlagen, in Wohnheimen oder in Hotels häufig als flankierende Außenwände eingesetzt. Die flankierende Übertragung über diese besonders leichten Bauteile begrenzt dabei die resultierende Schalldämmung zwischen den Wohneinheiten, wobei die konstruktive Ausführung der Stoßstelle zwischen Trennwand und den beiden flankierenden Außenwänden die erreichbare Flankendämmung bestimmt. Im Rahmen eines Forschungsauftrages der Ed. Züblin AG wurden im Labor der HFT-Stuttgart am Zentrum für Bauphysik unterschiedliche Stoßstellenvarianten aufgebaut und messtechnisch untersucht. Die Ergebnisse dieser Messungen werden vorgestellt und diskutiert.

Mi. 15:00 Saal 1

Bauakustik 2

Laboruntersuchungen zur Stoßstellendämmung von Brettsperrhölzvänen und Trenndecken aus Stahlbeton-Hohlkörpern

Andreas Ruff^a, Martin Schneider^a, Berndt Zeitler^a und Johannes Weinhold^b

^a*Hochschule für Technik Stuttgart*; ^b*Ed. Züblin AG, Zentrale Technik, Direktion Schlüsselfertigung*

Im modernen Holzbau kommen verstärkt auch Hybridkonstruktionen, z.B. die Kombination aus Brettsperrhölzvänen und Stahlbeton-Hohlkörperdecken, zum Einsatz. Die Decken aus Stahlbeton-Fertigteilen werden dabei in der Regel nicht direkt auf die Massivhölzvänen aufgelegt, sondern durch eine elastische Zwischenlage getrennt. Im Rahmen eines Forschungsprojekts mit der Ed. Züblin AG wurde im Prüfstand ein solcher Bauteilstoß nachgebildet und hinsichtlich der Stoßstellendämmung zwischen den Bauteilen messtechnisch untersucht. Zusätzlich wurde die Art der elastischen Zwischenlage variiert und der Bauteilstoß mit verschiedenen Auflasten versehen. Im Beitrag werden die Messergebnisse vorgestellt und diskutiert.

Mi. 15:20 Saal 1

Bauakustik 2

Ringversuch zur Prüfung von Trittschallhammerwerken

Sylvia Stange-Kölling und Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Trittschallhammerwerke sollen in ihrer Funktion als einheitliche Schallquelle zur Anregung von Bauteilen einer regelmäßigen Prüfung unterzogen werden. Hierbei werden verschiedene Prüfgrößen auf ihre Normkonformität geprüft. Da die Norm zwar genaue Angaben über die Prüfgrößen, nicht aber über die Art und Weise der Prüfung macht, kann nicht ausgeschlossen werden, dass verschiedene Verfahrensweisen zu unterschiedlichen Bewertungen der Normkonformität eines Hammerwerkes führen. Um hierüber genauere Aussagen treffen zu können wurde von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt ein europaweiter Ringversuch zur Prüfung von Hammerwerken initiiert. Hierfür wurden unterschiedliche Hammerwerke an verschiedene Institutionen geschickt, um dort eine reguläre Prüfung zu durchlaufen. In diesem Vortrag werden der Ringversuch und die vorliegenden Ergebnisse vorgestellt. Außerdem wird die Frage diskutiert, ob der bei der Prüfung verwendete Untergrund einen Einfluss auf die Prüfgrößen hat und inwiefern dieser die in der Praxis angetroffenen Untergründe hinreichend repräsentiert.

Mi. 15:40 Saal 1

Bauakustik 2

Auswertung der Schallschutz-Vergleichsmessungen der VMFA-anerkannten Prüfstellen 2016-2018Anatol Worch^a, Sylvia Stange-Kölling^b und Volker Wittstock^b^a Saint-Gobain Bauprodukte Zentraleuropa für den VMFA; ^b Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Der zweite vollständige Zyklus der Schallschutz-Vergleichsmessungen des VMFA wurde im Oktober 2018 abgeschlossen. Mehr als 80 VMFA-anerkannte Prüfstellen haben sich in den vergangenen Jahren unter Normalbedingungen mit dem im Vorfeld erstellten Toleranzschlauch der PTB bzw. auch untereinander verglichen. Die Messungen fanden in den Räumlichkeiten der MFPA Leipzig statt. Im Einzelnen wurden im Messzeitraum das bewertete Luftschalldämm-Maß einer Tür, der Trittschallpegel einer Stahltreppe in einem benachbarten Raum sowie die Beurteilungspegel einer haustechnischen Anlage (Lüfter) mit verschiedenen Einstellungen bestimmt.

Die übergreifende Auswertung der von den beteiligten Prüfstellen erzielten Ergebnisse lassen fundierte, statistische Aussagen zu den verschiedenen Prüfaufgaben zu. Während bezüglich des Luftschalldämm-Maßes der Tür vor allem die gewählte Bezugsfläche (unbekanntes liches Rohbaumaß der Öffnung) das akustische Ergebnis beeinflussen kann, kann für den Lüfter eine starke jahreszeitlich bedingte Schwankung der erzielten Messwerte nachgewiesen werden. Grund für die Schwankung ist ein veränderter Strömungswiderstand innerhalb des Gebäudes, welcher durch die Zahl und den Grad geöffneter Fenster bzw. Türen maßgeblich verändert wird und somit das akustische Verhalten des Lüfters beeinflusst.

Die Ergebnisse der Vergleichsmessungen werden in ihrer Gesamtheit vorgestellt und mit bekannten Unsicherheiten nach DIN EN ISO 12999-1 verglichen, Abweichungen von den Erwartungswerten sollen abschließend präsentiert und diskutiert werden.

Mi. 16:40 Saal 1

Bauakustik 2

Messung der dynamischen Steifigkeit von Dämmstoffen: Einfluss von statischer Last, Nichtlinearitäten und StrömungswiderstandHeinrich Bietz, Volker Wittstock und Martin Schmelzer*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

DIN EN 29052 Teil 1 beschreibt ein Messverfahren zur Bestimmung der dynamischen Steifigkeit von Estrichunterlagen. Da die Messnorm hinsichtlich diverser Aspekte Fragen aufwirft, wurden bereits in der Vergangenheit erste Untersuchungen vorgenommen und auf der DAGA 2018 präsentiert. Mittlerweile sind einige Aspekte des Messverfahrens näher betrachtet worden. Zunächst wurde die Fragestellung untersucht, ob die

nach Norm mit einer statischen Vorlast von 2 kPa ermittelten dynamischen Steifigkeiten tatsächlich mit einem tolerierbaren Fehler auf kleine Vorlasten übertragbar sind. Hierzu wurde ein alternativer Messaufbau verwendet, der eine indirekte Anregung des Messobjekts ermöglicht, was bei einer Belastung mit einer leichten Platte erforderlich ist. Weiterhin zeigen viele Dämmstoffe auch eine Abhängigkeit der dynamischen Steifigkeit von der Amplitude der anregenden Wechselkraft. Die Norm schreibt die Messung mit relativ niedrigen Kraftamplituden und anschließender Extrapolation auf 0 N vor. Die Praktikabilität und die Praxisrelevanz dieses Vorgehens wurden anhand von weiterführenden Messungen näher betrachtet. Abschließend wird auf die Fragestellung eingegangen, in wieweit die Steifigkeit der im Dämmstoff eingeschlossenen Luft in Abhängigkeit vom längenbezogenen Strömungswiderstand, insbesondere bei sehr niedrigen Strömungswiderständen, anders als bisher berücksichtigt werden kann. Dies ist für einige Dämmstoffe mit sehr geringen längenspezifischen Strömungswiderständen relevant, deren dynamische Steifigkeit anhand der vorliegenden Norm gar nicht bestimmt werden kann.

Mi. 17:00 Saal 1

Bauakustik 2

Numerische und experimentelle Evaluierung eines Arbeitsumfeldes auf Basis einer Sprachverständlichkeitskartierung

Marcus Maeder und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Im Bereich der Arbeitsplatzkonzipierung sind sowohl die technischen Anforderungen an den Arbeitsplatz als auch die sozialen Belange der Mitarbeiter von entscheidender Bedeutung, um die Basis für ein funktionierendes Arbeitsumfeld zu etablieren. Häufig entstehen durch den Antagonismus zwischen störendem Lärm und gewünschter Sprachverständlichkeit Interessenskonflikte. Ein Mitarbeiter, der sich an seinem Arbeitsplatz stark konzentrieren muss, kann sowohl von störenden Hintergrundgeräuschen (Klimaanlagen, Lüfter, Aggregate usw.) bedingt durch eine zu hohe Nachhallzeit im Innenraum, als auch durch das Mithören themenfremder Gespräche in einem überdurchschnittlich trockenen Raum abgelenkt werden. Bei der Einschätzung derartiger Situationen ist der Sprach-Verständlichkeits-Index (englisch Speech Transmission Index, kurz STI) eine wichtige Größe. Beeinflusst durch die Nachhallzeit und den Signal-Rausch-Abstand, dient der STI als potentes Werkzeug bei der Beurteilung von anspruchsvollen Arbeitsumfeldern. Die vorliegende Arbeit behandelt die Ermittlung einer STI-Kartierung auf Basis von numerischen Simulationen unter Zuhilfenahme von Ray-Tracing-Methoden und Berechnungen der Schallenergiедichteverteilung in der Raumakustik. Die experimentell validierten Modelle können zur Optimierung der Arbeitsplatzkonfiguration verwendet werden, um anforderungsgerechte Arbeitsumfelder zu schaffen und gleichzeitig soziale Belange der Mitarbeiter zu adressieren.

Mi. 17:20 Saal 1

Bauakustik 2

Acoustics of Margravial Opera House Bayreuth

Kai Huang, Christoph Dobner, Alexandra Fischer, Sebastian Krauss und Simeon Völkel

Uni. Bayreuth, Experimentalphysik V

The Margravial Opera House Bayreuth, built between 1745 and 1750, is a well preserved Baroque court theatre designed by Giuseppe Galli Bibiena. It provides an opportunity to experience not only the virtual but also the acoustic design of opera theatres in the 18th century, as the bell-shaped auditorium along with the decoratively painted canvas remains intact. Using balloons and hand-claps as sound sources, we measured the impulse response of this opera house after its recently renovation. The reverberation time (RT), early decay time (EDT) and other room acoustics parameters are characterized and discussed in comparison to representative theatres of similar age.

Sitzung „Raumakustik, Lokalisation und Audiotechnik (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 11:20 (Saal 1); Poster-Forum: Mi. 16:00

Di.-Do.

Raumakustik, Lokalisation, Audiotechnik (Poster)

Virtual reality based pointing method for localisation experiments in spatial audio

Vera Erbes^a, Andreas Fleck^b und Sascha Spors^a

^aUniv. Rostock, Institut für Nachrichtentechnik; ^bIngenieurbüro Fleck

As the accurate placement of sources is an important quality in spatial sound reproduction, listening tests strive to investigate the localisation of virtual sources. The applied pointing method, which the test subjects report the perceived direction with, is crucial for meaningful results. Several studies revealed that pointing with the head in direction of the source while being assisted by visual feedback for the direction delivered the most accurate results. In particular, providing visual feedback by a head-mounted display has been shown to be a promising method which also enables the investigation of the localisation of elevated sources. This study combines the virtual representation of sound fields by dynamic binaural synthesis via headphones with the use of a head-mounted display for visual feedback. Stimuli consisted of point sources synthesised by head-related transfer functions. Comparison with the results of previous studies proves that the method provides a valid instrument for the investigation of localisation properties of spatial reproduction methods.

Di.-Do.

Raumakustik, Lokalisation, Audiotechnik (Poster)

Influence of different room acoustic conditions in a speech-in-noise test with circular moving masker, in young and older adult listeners

Rhoddy Viveros Munoz und Janina Fels

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

In real-world listening situations, we often listen to speech in presence of masking noises inside rooms with different room acoustic conditions. Most everyday listening situations consist of multiple sound sources both stationary and moving, with multiple acoustic reflections that reach our ears at different time and intensity. In a speech-perception-in-noise task, acoustic reflections could be beneficial, increasing the speech signal energy reaching the listener, or detrimental, superimposing on the direct sound altering the waveform. Thus, this study aims to show the effect of different room acoustic conditions in a speech-perception task with a circular moving masker. A speech-in-noise test was performed with young and older-adults clinically normal-hearing, using binaural reproduction to create a headphone-based virtual acoustic environment. Listeners are asked to identify target digit-triplets, under the presence of a stationary or moving masker. The masker was presented at five different configurations: (1) stationary at 0° , (2) stationary at 20° , (3) stationary at 45° , (4) stationary at 70° , and (5) moving away from the target 90° . All masker configurations were assessed over three room acoustic conditions (anechoic, acoustically treated room and acoustically untreated room).

Di.-Do.

Raumakustik, Lokalisation, Audiotechnik (Poster)

Validierung und praktische Abwägungen der wellenbasierten Simulation von raumakustischen Schallfeldern am Beispiel des Orchestergrabens der Deutschen Oper BerlinAnton Schlesinger^a, Martin Tschaikner^a, Martin Ochmann^a, Jan Michael Kimmich^b und Stefan Frank^b^a*Beuth Hochschule für Technik Berlin; ^bHTW Berlin*

Simulationsverfahren der Geometrischen Akustik, vor allem das Raytracing, sind in der raumakustischen Beratungspraxis etabliert und werden häufig in der Entwicklung von Neubauten oder Umbauten eingesetzt. Die zugrundeliegenden Berechnungsmethoden können sehr effizient raumakustische Parameter oberhalb der Beugungsgrenze simulieren. Unterhalb der Beugungsgrenze sowie in nicht diffusen Schallfeldern sind sie jedoch den wellenbasierten Simulationsmethoden, vor allem der Finiten Elemente Methode (FEM), unterlegen. Die FEM wird im Vergleich selten in der Beratungspraxis angewandt, da die Modellentwicklung mit Wandimpedanzen aufwendig ist und die Berechnungsmethode einen hohen Rechenaufwand erfordert. Dieser Beitrag untersucht die Möglichkeiten, mit den wellenbasierten Methoden einer kommerziellen Standardsoftware einen möglichst großen Frequenzbereich am Beispiel des Orchestergrabens der Deutschen Oper Berlin zu simulieren. Zur Validierung der

Berechnungsverfahren wurden begleitend zu standardisierten Messmethoden experimentelle Arraymessungen durchgeführt. Letztere erlauben das frühe sowie das niederfrequente Schallfeld hinreichend abzubilden, um Simulationen deterministischer Wellenphänomene zu bewerten. Ziele für den praktischen Einsatz der wellenbasierten Simulation sind (1) die Vereinfachung eines gekoppelten Raummodells, (2) die in Bezug auf den Frequenzbereich zum Raytracing komplementäre Simulation von tiefen Frequenzen bis zur Beugungsgrenze sowie (3) die Bewertung einfacher Veränderungen der raumakustisch wirksamen Primär- und Sekundärstruktur.

Di.-Do. Raumakustik, Lokalisation, Audiotechnik (Poster)

Interaction of absorption and scattering coefficients in room simulations based on geometrical acoustics

Lukas Aspöck und Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

In addition to the room geometry, room acoustic simulations based on geometrical acoustics typically use absorption and scattering coefficients to model the physical behavior of the boundary conditions. The scattering coefficient is often considered to be less relevant, however, in some cases it can also have a substantial impact on parameters such as the reverberation time. If a simulated energy decay is matched to a measured energy decay of a room, it is thus important to adjust absorption coefficients as well as the scattering coefficients. This work reviews and investigates the relationship between the two input parameters and their impact on simulation results, especially on room acoustical parameters.

Di.-Do. Raumakustik, Lokalisation, Audiotechnik (Poster)

Parameter Estimation for the NPRQ-Measure with Sub-Sample Precision

Fabrice Katzberg, Radoslaw Mazur und Alfred Mertins

Universität zu Lübeck, Institut für Signalverarbeitung

Sounds played in closed rooms often suffer from added reverberation. For reducing these effects, the methods of room impulse response equalization may be employed. In order to render the echos inaudible at a given position, a prefilter is used to modify the played signal. This prefilter is designed according to the properties of the human auditory system, such as temporal masking. Typically, the average temporal masking curve is used to describe the audible reverberation in terms of the NPRQ-Measure and to derive the cost function for the filter design. In this work, we propose to estimate the parameters of this curve with sub-sample precision in order to achieve a better estimation of the perceived reverberation. This higher precision is necessary for comparing the results in case of spatial mismatch.

Di.-Do.

Raumakustik, Lokalisation, Audiotechnik (Poster)

Schallausbreitung in kleinen Strukturen in Bezug auf MEMS-Lautsprecher

Daniel Beer, Albert Zhykhar und Andreas Männchen

Fraunhofer IDMT

Ob Kopfhörer, Hörgeräte oder Mobiltelefone, eine wesentliche Herausforderung für die Elektroakustik besteht darin, mit immer kleineren Abmessungen einen großen Klang zu erzielen. Eine hochgenaue Fertigung von sehr kleinen Lautsprechern gelingt mit der sogenannten MEMS-Technologie (Micro-Electro-Mechanical-Systems). Dieses Fertigungsverfahren aus der Halbleiterindustrie ermöglicht Genauigkeiten im Mikrometerbereich. Lautsprechermembranen, Antriebssysteme und Schallführungen können so sehr viel kleiner als bisher hergestellt werden. Wenn für die Schallerzeugung/-ausbreitung derart winzige Strukturen verwendet werden, sind dann beim Lautsprecherentwurf zusätzliche Effekte zu berücksichtigen?

Di.-Do.

Raumakustik, Lokalisation, Audiotechnik (Poster)

Data set: Eigenmike-DRIRs, Kemar 45BA-BRIRs, RIRs and 360° visual footages captured at five positions of a small conference roomChristian Schneiderwind^a, Annika Neidhardt^a, Stefan Fichna^b und Florian Klein^a^a TU Ilmenau, Institut für Medientechnik; ^b CvO Universität Oldenburg

A data set was created to study the position dependent perception of room acoustics in case of a small conference room. Binaural room impulse responses (BRIRs) were measured with KEMAR 45BA at 5 different potential listening positions. To keep the direct sound similar the Genelec 1030A two-way loudspeaker was always placed at a distance of 2.5m. In one condition, the loudspeaker was turned towards the listening position, in the other condition it was turned by 180° to achieve an indirect reproduction with low direct sound energy. Furthermore, an mh acoustics Eigenmike was placed at each of the five listening positions and 32-channel directional room impulses responses (DRIRs) as well as an omnidirectional room impulse response (RIR) was captured where the center of the head was placed before. Additionally, 360° visual footages were captured with a GoPro Omni spherical camera array to provide audiovisual impressions of the listening situation at the five positions. The data set is documented according to the new DEGA recommendation and is freely available for download.

Sitzung „Fahrzeugakustik 2“

Mi. 8:40 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

Einfluss modulierter Zuströmung auf die FahrzeugklimatisierungsakustikAndreas Logdesser^a, Thomas Biermeier^b und Stefan Becker^a^aUniv. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentech.;^bAudi AG

In der Fahrzeugakustik stellt das Klimatisierungssystem eine wesentliche Geräuschquelle dar. Zur Erhöhung des Komforts im Innenraum werden Motor- und Umströmungsgeräusche reduziert, was dazu führt, dass Nebenaggregate wie das Klimasystem demaskiert werden. Qualitätskriterien für das Klimasystemgeräusch sind sowohl ein angenehmes Betriebsgeräusch im Stand, als auch während der Fahrt. In letzterem Fall kann sich das Klimasystemgeräusch durch die veränderte Zuströmung im Vergleich zum stehenden Betrieb zeitlich verändern und für den Fahrer als qualitätsmindernd wahrgenommen werden. In dieser Arbeit wird die Auswirkung von aufgeprägten veränderlichen hydrodynamischen Randbedingungen auf das Klimasystemgeräusch untersucht. Hierfür wird mit Hilfe eines aktiven Turbulenzgitters eine zeitlich veränderliche Zuströmung an der Frischluftansaugung erzeugt. Das Klimasystem ist an einen generischen Prüfkörper gekoppelt, der den Fahrzeuginnenraum abstrahiert. Abschließend wird der Zusammenhang zwischen hydrodynamischen Druckfluktuationen im Klimasystem und deren Auswirkung auf das abgestrahlte Geräusch hergestellt.

Mi. 9:00 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

Entwicklung eines Analysewerkzeugs zur Erkennung und Bewertung von störenden Geräuschanteilen im FahrzeuginnenraumChristian Schumann^a, Florian Doleschal^b, Stefan Pischinger^a und Jesko Verhey^b^aVKA der RWTH Aachen; ^bOtto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Abt. f. Experim. Audiologie

Neben optischen und haptischen Kriterien beeinflusst das Fahrzeuginnengeräusch stark den empfundenen Qualitätseindruck. Insbesondere separat wahrnehmbare Störgeräuschanteile werden häufig mit einer unzureichenden Produktqualität verbunden, weshalb diese Anteile im Gesamtgeräusch gezielt reduziert werden sollen. Da die akustische Optimierung ein zeit- und kostenintensiver Prozess ist, wurde ein Analysewerkzeug zur automatisierten Erkennung und Zuordnung von tonhaltigen und impulsartigen Störgeräuschkomponenten entwickelt, das diesen Prozess gezielt unterstützt.

Die Geräuschtrennung in einzelne Fragmente erfolgt mit Hilfe der nicht-negativen Matrixfaktorisierung sowie mittels Methoden aus der Bildverarbeitung. Die Fragmente werden dann anhand ihrer zeitlichen Korrelation und anderen Parametern zusammengefasst und durch Klassifikatoren den verursachenden Motorkomponenten zugeordnet.

Das Programm bewertet darüber hinaus auf Basis einer Metrik aus Empfindungsgrößen die Angenehmheit jeder einzelnen Geräuschkomponente sowie die des Gesamtgeräusches. Neben den psychoakustischen Empfindungsgrößen wird ebenfalls die auditorische Verdeckung berücksichtigt, d.h. inwieweit Komponenten oberhalb ihrer Mithörschwelle liegen.

Anhand von Beispielen wird die Analyse vorgestellt und zudem gezeigt wie sie es ermöglicht, neben der Charakterisierung bestehender Geräusche auch einzelne Komponentengeräusche variabel gewichtet zu neuen Zielgeräuschen zu synthetisieren und diese wiederum bzgl. der Angenehmheit zu analysieren.

Mi. 9:20 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

Entwicklung einer empirischen Formel zur Bewertung/Benotung der Tickergeräuschteile von Motorgeräuschen

Sebastian Schneider^a, Jan Hots^b, Hermann Rottengruber^c, Jesko Verhey^b und Hans-Peter Rabl^d

^aOtto-von-Guericke-Univ. Magdeburg; ^bOtto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Abt. f. Experim. Audiologie; ^cOtto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Lehrstuhl EMA; ^dOTH Regensburg, Labor CEEC

Der akustische Qualitätseindruck eines Fahrzeugantriebstrangs wird beim Kauf eines Pkw stetig relevanter. Dabei nimmt die wahrgenommene Geräuschqualität des Motoraggregates eine Schlüsselrolle ein. Durch das Auftreten einzelner Störgeräusche, bzw. deren Ausprägung, wird jene Geräuschqualität negativ beeinflusst. Diese Störgeräusche gilt es im Rahmen der Fahrzeugentwicklung weiter zu optimieren, wobei die Identifikation und Bewertung störender Geräuschteile am Motorgesamtgeräusch (bspw. Injektoren und Hochdruckpumpe) Voraussetzungen für eine effektive Akustikoptimierung sind. Ferner können diese Geräuschphänomene anschließend den zu verursachenden Bauteilen zugeordnet werden. Vor allem die impulsartigen Geräuschkomponenten, speziell das "Tickern", werden als besonders lästig eingestuft, weswegen dieser Beitrag darauf abzielt, die tickernden Geräuschteile aus dem Gesamtgeräusch zu analysieren und zu bewerten. Dazu werden vorab am Beispiel eines Diesel- sowie Ottomotors jene psychoakustischen Größen im Rahmen einer Signalanalyse, bspw. Kurzzeit-FFT, untersucht, welche das Tickergeräusch in ihrer Gesamtheit am ehesten beschreiben können. Es stellte sich heraus, dass die Impulshaltigkeit, die Lautheit sowie die Schärfe den subjektiven Eindruck am besten wiedergeben können. Mithilfe dieser drei Größen ist es möglich eine empirische Formel zu entwickeln, welche die tickernden Geräuschteile in ihrer Intensität in Grenzen einstufen kann. Wie auch bei anderen

psychoakustischen Bewertungsskalen wird die Benotung von 1 (sehr tickern) bis 10 (nicht tickern) vorgenommen.

Mi. 10:00 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

Akustische Analyse und Optimierung von mechatronischen Kraftstoffeinspritzsystemen

Christian Mühlbauer^a, Hans-Peter Rabl^a und Hermann Rottengruber^b

^aOTH Regensburg, Labor CEEC; ^bOtto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Lehrstuhl EMA

Die kontinuierlich strenger werdende Abgasgesetzgebung und der politische und gesellschaftliche Ruf nach ressourcenschonenden Fahrzeugen zwingt die Automobilindustrie innovative, hochpräzise und komplexe mechatronische Regel- und Steuersysteme für den Fahrzeugantrieb zu entwickeln. Einer Zunahme der Präzision dieser mechatronischen Komponenten geht für gewöhnlich auch einer Zunahme der Strukturanregung und damit einer Erhöhung des Störgeräusches einher. Das durch das Einspritzsystem verursachte Tickern weist im Vergleich zum Restmotorgeräusch zwar einen relativ niedrigen Schalldruckpegel auf, wirkt durch den impulsartigen und hochfrequenten Charakter aber qualitativ minderwertig. Um die Geräuschqualität von Einspritzsystemen isoliert zu untersuchen, wurde ein Systemprüfstand entwickelt, der die Körper- und Luftschallabstrahlung des Einspritzsystems in seriennaher Konfiguration abbildet. Der Fokus dieses Beitrags liegt auf der akustischen Vermessung von Hochdruck-Injektoren für direkteinspritzende Ottomotoren in kritischen Betriebsbereichen und der Optimierung der Geräuschabstrahlung durch geeignete aktive Maßnahmen. Im Anschluss werden die Auswirkungen der Optimierungsmaßnahmen im Systembetrieb bezüglich Einspritzratenverlauf und Schwankungen der eingespritzten Kraftstoffmasse diskutiert.

Mi. 10:20 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

Optimized acoustic design of inequidistant gearings

Philipp Neubauer, Joachim Bös und Tobias Melz

Fachgebiet SAM, TU Darmstadt

In state-of-the-art gearings the teeth of a gearwheel are of exactly the same size and are positioned exactly with the same pitch. This leads to a periodic excitation of vibrations during the meshing process and, therefore, to tonal noise. Tonal noise is considered to be more annoying and more prominent than broadband noise. The research group SAM at TU Darmstadt developed an inequidistant gearing aiming at minimizing the overall sound pressure level, the tonality, and the annoyance of gear noise. This new kind of gearing is characterized by irregular tooth widths and irregular tooth pitches, leading to an irregular mesh and, therefore, to a less tonal noise. However, the potential to render every tooth of a gearwheel individually in its thickness and its pitch leads to a challenge in finding the optimal acoustic design. In this work, a method is presented to evaluate the noise of inequidistant gears using the results of a

psychoacoustic listening test performed in previous works (DAGA 2018). This evaluation is used to perform an optimization process that comprises a combination of Monte Carlo and neighborhood search algorithms. The optimization method is applied to an exemplary automotive electric drive train.

Mi. 10:40 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

Bestimmung von äquivalenten Kräften in Strukturen mittels in-situ TPA: Eine Vorstudie auf Basis der FEM

Matthias Wegerhoff und Roland Sottek

HEAD acoustics GmbH

Die Betrachtung von Pfadbeiträgen zu einem Empfänger, ausgehend von einer Quelle, kann mittels verschiedener Transferpfadanalyse-Methoden erfolgen. In der Praxis wird oft das in-situ Verfahren eingesetzt. Diese Methode beschreibt auf der Basis von Messungen am unveränderten System (z. B. ein Fahrzeug) die Quelle durch äquivalente Kräfte und quantifiziert deren Beiträge im Hinblick auf einen Empfänger. Die Orte, für die die äquivalenten Kräfte bestimmt werden sollen, sind oftmals aus der Konstruktion ersichtlich, sobald es sich um gekoppelte Systeme handelt. Als Beispiel kann ein Motor im Fahrzeug angeführt werden: Hier werden üblicherweise Pfadbeiträge von Motorlagern nach-lagerseitig ermittelt. Das Motorlager als Koppelstelle der Systeme eignet sich hervorragend zur örtlichen Lokalisation der zu bestimmenden äquivalenten Kräfte. Häufig besteht die Kopplung jedoch nicht aus örtlich klar definierten Koppelstellen, sondern aus Strukturen, die sich verzweigen, wie bei einem Motortragarm mit insgesamt drei Anbindungspunkten. Unter welchem Aufwand ist es eventuell möglich auch hier eine Aussage zu den äquivalenten Kräften in der Struktur zu machen? Im Rahmen dieser Arbeit wird durch Nutzung der finiten Elemente Methode eine Vorstudie zu dieser Thematik vorgestellt.

Mi. 11:00 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

Measurement of Rotational Degrees of Freedom in Vibroacoustic Transfer Functions

Christian Dreier, Mark Müller-Giebel and Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Advanced auralisation of vehicle interior noise or quality control in building acoustics requires the determination of vibroacoustic transfer functions. For this purpose, direct or reciprocal measurement setups usually contain impact hammers, shakers or volume velocity sources on the excitation site and triaxial accelerometers or microphone placement in the interior on the receiver site. Problematically, these measurements are restricted to three translational degrees of freedom, whereas the motion of a rigid body would be fully described with six degrees of freedom. Thus, the influence of rotations on a resulting sound field cannot be considered. Studies in structural dynamics indicate that rotational degrees of freedom in frequency response functions are not negligible. In

order to deal with uncertainties due to the neglected rotational degrees of freedom in vibroacoustic measurement setups, a reciprocal measuring concept using a MEMS gyroscope was developed and validated by means of FEM simulations. Subsequently, this method was used to determine the relevance of rotational degrees of freedom to the airborne sound radiation in vibroacoustic transfer functions of an electric vehicle drivetrain.

Di. 11:20 Saal 2

Fahrzeugakustik 1

Evaluation of Speaker Localization methods for Vehicle Interior Applications

Mattes Ohlenbusch^a, Andreas Volgenandt^a, Stephanus Volke^a, Christian Rollwage^a und Joerg Bitzer^b

^a*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie;* ^b*Jade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörtechnik u. Audiologie*

The recent advent of voice-controlled assistance systems and hands-free speakerphones in automobiles results in the necessity of acoustic speaker localization solutions adapted to vehicle interiors. Smart speaker solutions often employ beamforming as a preprocessing step, entailing the need for direction of arrival-information. A number of acoustic source localization algorithms have already been designed for a wide range of applications. While some of these approaches are based on digital signal processing, others rely on machine learning to compute estimates. Their respective practical performance in real environments, however, is often limited when facing various environmental factors, such as reverberation and directional noise. For the concrete scenario of in-car speaker localization, an analysis of existing methods is required. In this context, a number of current approaches will be evaluated against each other in terms of practical performance, using both simulated and real audio recordings. The result of this comparison gives an overview of challenges presented by in-car acoustic localization, as well as the advantages and drawbacks of learning-based approaches for real acoustic environments with known characteristics.

Mi. 14:00 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

Äquivalente Kräfte und deren numerische Verwendung im Gesamtfahrzeugkontext

Dimitrios Ernst Tsokaktsidis^a, Christoph Grünert^a und Steffen Marburg^b

^a*Daimler AG;* ^b*TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme*

Der Produktentstehungsprozess von Fahrzeugkomponenten enthält einen beachtlichen Anteil an experimentellen Untersuchungen. Vor dem Hintergrund der Kosten- und Zeitsparnis wird dieser reduziert. Abhängig von dem zu betrachtenden Frequenzbereich, der Komplexität

und den Systemgrenzen werden verschiedene numerische Bewertungsmethoden eingesetzt. Zur Systemmodellierung haben sich in der Automobilindustrie die Mehrkörpersimulation, die Methode der finiten Elemente, die Randelementmethode und die Statistische Energieanalyse etabliert. Beim Übergang vom Realsystem auf das Modell werden Annahmen getroffen. Diese führen zu einer notwendigen, versuchsseitigen Modellvalidierung sowie zu Abweichungen zwischen Simulationsergebnissen und Realität. Hinzu kommt die oft schwierige Interpretation der Berechnungsergebnisse. Betrachtet man die Vielschichtigkeit der NVH-Vorausberechnung (Noise, Vibration, Harshness) ist eine frequenzunabhängige Prognosemöglichkeit wünschenswert. Um Eingangsgrößen für die Simulation zu schaffen, wurde eine komponentenbasierte Transferpfadanalyse am Gesamtfahrzeug durchgeführt. Zur Validierung dient ein Hardware-in-the-Loop-Ansatz. Es wird diskutiert, wie sich die in-situ ermittelten, äquivalenten Kräfte im industriellen Umfeld verwenden lassen.

Mi. 14:20 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

URBANINFRA - Monitoringsystem zur Schwingungsüberwachung von Festen Fahrbahnen

Helmut Venghaus

ACCON GmbH

URBANINFRA ist ein Forschungsprojekt gefördert im Rahmen der EU-Programme das sich mit der Weiterentwicklung von Betontragplatten für den gemeinschaftlich von Strassen- und Schienenfahrzeugen genutzten Fahrweg beschäftigt. Ausgehend von der Aufgabe eine Reduktion der Dicke der Betontragplatten zu bestimmen, bei der die ausreichende Tragfähigkeit erhalten bleibt, sollten Massnahmen untersucht werden, mit denen eine Reduktion der Schall- und Erschütterungsemmission aus dem Schienenfahrweg erreicht werden kann. Der zweite Teil des Forschungsprojekts beschäftigte sich mit der Möglichkeit, mittels eines Sensorarrays ein Monitoringsystem aufzubauen, um damit den Zustand des Fahrweges überwachen zu können. Mit Hilfe dieser Daten soll dann ein neuartiges Konzept für die Steuerung von Instandhaltungsmassnahmen aufgebaut werden. Der Vortrag präsentiert die Versuchsanordnung neuer Betontragplatten auf einem Rundlaufprüfstand und den dort gewonnenen Schwingungssignalen der Betonplatten. Die Analysen aus dem Dauerversuch zeigten auf, dass über die zeitliche Veränderung der Schwingcharakteristik der Betonplatten deren mechanische Beanspruchung nachverfolgt werden kann und somit ein wesentlich präziserer Einsatz für Instandhaltungsmassnahmen möglich wird.

Mi. 14:40 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

Körperschall und Erschütterungen bei Straßenbahnen - Anwendung der DIN 45672 und der DIN 45673Udo Lenz*I.B.U. GmbH*

Mit Straßenbahnen wird schon seit mehr als 100 Jahren Elektromobilität in Städten betrieben. Straßenbahnen sind daher im Hinblick auf Abgase emissionsfrei in der Stadt. Sie erzeugen aber Schall- und Erschütterungsimmissionen, die von Anliegern teils als erheblich belästigend wahrgenommen werden. Mit Anwendung der Normenreihe DIN 45672 und DIN 45673 lassen sich Körperschall- und Erschütterungsimmissionen von Straßenbahnsystemen mindern. Im Vortrag werden diese Normen dargestellt und Ihre Anwendung exemplarisch beschrieben.

Mi. 15:00 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

Zeitbereichsmodelle für das Rad-Schiene-Rollgeräusch - Schienenmodelle

Ina Richter, Jeffrey Thomsen, Katja Stampka und Ennes Sarradj
TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik

Rollgeräusche sind eine dominante Schallquelle bei der Betrachtung von Schienenlärm. Um die Mechanismen bei der Rollgeräuschentstehung besser zu verstehen, werden zwei Schienenmodelle, welche die Grundlage zweier Zeitbereichsmodelle für das Rad-Schiene-Rollgeräusch bilden, validiert und verglichen. Es wird untersucht, ob und inwiefern das Schienenmodell von Nordborg, welches auf der Balkentheorie des Euler-Bernoulli-Balken basiert und das Thompson/Wu-Modell, dem ein Timoschenko-Balken zugrunde liegt, Unterschiede bei einer Punktkraftanregung aufweisen. Die Validierung wird anhand der Track Decay Rate durchgeführt. Beim Vergleich wird zusätzlich die Punktrezepanz als Vergleichsgröße herangezogen. Es kann gezeigt werden, dass die Verschiedenheit der Balkenmodelle keinen Einfluss auf die Punktrezepanzen hat, wohingegen Unterschiede in der Track Decay Rate signifikant sind. Weitere Untersuchungen zeigen, dass diese Unterschiede für verschiedene Parameterkonstellationen kleiner werden, was u.a. auf Eigenschaften des Schienenmodells von Nordborg zurückzuführen ist. Bei der Validierung liegt die Track Decay Rate des Thompson/Wu-Modells deutlich näher an den Messwerten.

Mi. 15:20 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

Zeitbereichsmodelle für das Rad-Schiene-Rollgeräusch - Kontaktmodelle

Jeffrey Thomsen, Ina Richter, Katja Stampka und Ennes Sarradj

TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik

Rollgeräusche sind eine dominante Schallquelle bei der Betrachtung von Schienenlärm. Um die Mechanismen bei der Rollgeräuschentstehung besser zu verstehen, werden zwei verschiedene Zeitbereichsmodelle von Nordborg und Thompson/Wu miteinander verglichen und mit Messwerten validiert. Im Gegensatz zu Modellen im Frequenzbereich ermöglichen Zeitbereichsmodelle, auch parametrische Anregungen wie periodische Schwellenlagerung oder Schienenrauheit und Nichtlinearitäten bei der Simulation zu berücksichtigen. Unterschiede zwischen den beiden Modellen finden sich u.a. in der verwendeten Balkentheorie für die Schiene und der Modellierung des Rades. Zum Vergleich der Modelle miteinander werden die Kontaktkraftverläufe und -spektren sowie Beschleunigungsdichtespektren (BDS) bei der simulierten Zugvorbeifahrt zu Hilfe genommen. Es wird gezeigt, dass die Annahme, ob das Rad starr oder elastisch ist, bedeutende Einflüsse auf das BDS hat. Des Weiteren wird eine Betrachtung über verschiedene starke Schienenrauheiten durchgeführt. Abschließend werden die BDS mit einem Messdatensatz verglichen und Unterschiede anhand der zuvor erlangten Erkenntnisse versucht zu erklären.

Mi. 15:40 Saal 2

Fahrzeugakustik 2

Smartphone-based Engine Sound Enhancing System

Seonghyeon Kim und M. Ercan Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

Nowadays, engine sound enhancement technologies have generally used to improve the sporty character of internal combustion engine sounds. This technique is generally based on a vehicle audio system. The audio amplifier or external controller has received the engine information via engine control unit and has generating engine sounds by using speakers in the cabin. In this work, we present the smartphone-based engine sound enhancing system that replaces the controller of the vehicle. Driving information of the vehicle was acquired through the wireless CAN-BUS communication device. And each order component sounds were synchronized the engine revolution and generated. The synthesized sound was reproduced considering the system delay and the transfer function of the cabin. The developed algorithm was implemented as a smartphone app that can also tune the volume and timbre.

Sitzung „Lärmbewertung 1“

Mi. 16:40 Saal 2

Lärmbewertung 1

Verkehrsträgerübergreifende Lärmkumulation in komplexen Situationen

Michael Chudalla^a, Sebastian Eggers^b, Frank Heidebrunn^b und Fabio Strigari^a

^a*Bundesanstalt für Straßenwesen; ^bLärmkontor GmbH*

Das "Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur" (BMVI) hat zur Bearbeitung von behördenübergreifenden Aufgabenstellungen das "BMVI Expertennetzwerk" gegründet. Im Schwerpunktthema 5 des Themenfeldes 2 "Verkehr und Infrastruktur umweltgerecht gestalten" bearbeiten Vertreter der zuständigen Behörden für den Straßen-, Schienen-, Luft- und Wasserstraßenverkehr das Thema "Lärmkumulation in komplexen Situationen".

Die Ergebnisse aus den ersten Arbeitspaketen des Ende 2017 gestarteten Forschungsprojekts, welches von der Lärmkontor GmbH durchgeführt wird, werden vorgestellt. In einer nationalen und internationalen Literaturstudie werden Regelwerke zur Berechnung von Schallimmissionspegeln und Methoden zur Kumulierung verschiedener Geräuschequellen betrachtet. Diese werden an einem exemplarischen Testgebiet miteinander verglichen und die Ergebnisse werden diskutiert.

Zur Identifikation typischer Kumulierungssituationen wurden Lärmaktionspläne ausgewertet und es fließen auch Erfahrungen aus dem Betreuerkreis des Forschungsprojektes mit ein. Es wurden auf dieser Grundlage sowie anhand einer Modellstadt unterschiedliche Überlagerungssituationen modelliert und in den folgenden Arbeitspaketen als Ergebnis für den praxisnahen Vergleich von verschiedenen Bewertungsmethoden herangezogen.

Mi. 17:00 Saal 2

Lärmbewertung 1

Entwicklung eines Konzeptes zur Gesamtlärmbewertung

Julia Treichel

Umweltbundesamt

Die Bevölkerung ist einer Vielzahl von Lärmquellen ausgesetzt, wobei die Bürgerinnen und Bürger häufig von unterschiedlichen Quellen gleichzeitig belastet werden. So sind rund 40 Millionen Menschen in Deutschland von zwei oder mehr Quellenarten betroffen. Es ist daher naheliegend, eine Gesamtlärmbewertung vorzunehmen. Dementsprechend zielen sowohl der Koalitionsvertrag der Parteien der Bundesregierung als auch die EU-Umgebungslärmrichtlinie auf eine solche Bewertung ab. Mit der VDI 3722-2 ist ein Schritt in diese Richtung erfolgt: In der Richtlinie werden Substitutionsverfahren zur einheitlichen Bewertung unterschiedlicher Verkehrsarten bezüglich Belästigung und Schlafstörungen angegeben. Die Grundlagen für eine fundierte Beurteilung

einer Gesamtlärmproblematik müssen dennoch deutlich erweitert werden. Hierzu wird ein Finanzierungsmodell für Maßnahmen bei einer Gesamtlärmberücksichtigung und die rechtliche Umsetzung vorgestellt. So soll die Erstellung von Lärmkarten und -aktionsplänen unterstützt und die Planungs- und Rechtssicherheit bei Genehmigungsverfahren verbessert werden.

Mi. 17:20 Saal 2

Lärm bewertung 1

Tieffrequenter Luftschall des Eisenbahnverkehrs in Wohnhäusern

Nico Petry und Frieder Kunz

TH Bingen

In diesem Beitrag werden die tieffrequenten Geräusche des Eisenbahnverkehrs für den Nachtzeitraum eingehender behandelt. Diese stellen neben den Erschütterungen eine der Hauptbelastungen der Anwohner dar. Für die Auswertung der tieffrequenten Geräusche wurde die DIN 45680 Entwurf (2013) verwendet. Das Verfahren wurde zusätzlich variiert, um der Charakteristik des Eisenbahnverkehrs gerecht zu werden. In allen 27 untersuchten Häusern wird der nächtliche Anhaltswerte A_O des Beiblatt 1 DIN 45680 Entwurf (2013) überschritten. Weiterhin liegen ca. 90% der Innenräume über nächtlichen Anhaltswert A_H. Die Variation des Verfahrens hat keine Auswirkungen auf die berechneten Überschreitungspegel. Bei der Befragung der Bahnanwohner zeigen die Kennwerte L_pC2% ähnliche Korrelationen mit der subjektiven Belastung wie die ermittelten Kenngröße H.

Mi. 17:40 Saal 2

Lärm bewertung 1

Schalltechnische Untersuchung von Eisenbahnbrücken

Heinz Hoislbauer

TAS SV-GmbH, Linz (A)

An Eisenbahnbrücken können gegenüber der freien Strecke deutliche Schallpegelerhöhungen auftreten. Als Ursachen werden in der Literatur die Anregung des Brückentragwerks als auch die geänderte Lagerung des Gleises genannt. Darüber hinaus können starke Unterschiede in der Schallabstrahlung von Objekt zu Objekt bestehen. Bis dato ist allerdings nicht klar, welche Einflussfaktoren zu welchen Auswirkungen führen. In der gegenständlichen Untersuchung soll anhand konkreter Messungen der Einfluss unterschiedlicher Komponenten näher untersucht und der Frage nachgegangen werden, inwieweit neue Erkenntnisse in eine schalltechnische Beurteilung einfließen könnten.

NEU: Do. 14:20 Saal 3

Lärmbewertung 2

Schall-Immissionsschutz bei Open-Air-Veranstaltungen - Aktuelle Messergebnisse

Andreas Nicht und Axel Roy

Akustik Bureau Dresden

Grundlage der durchgeföhrten Untersuchungen bilden die Ergebnisse der 2006 veröffentlichten Sächsischen Freizeitlärmstudie. Mehr als 10 Jahre nach Veröffentlichung der Erstfassung ergab sich die Notwendigkeit, die Emissionskenngrößen und Prognoseverfahren vor allem auf dem Gebiet "Freiluftkonzerte" zu überprüfen und ggf. zu aktualisieren. Im genannten Zeitraum war eine intensive technische Weiterentwicklung der verwendeten Beschallungsanlagen zu verzeichnen, die im Zusammenhang mit neuen Musikrichtungen und geänderten Klangpräferenzen eine Überprüfung der Emissionskenngrößen hinsichtlich Schallleistungspegel, Richtcharakteristik und Spektrum nahelegen. Auf der Basis aktueller Messungen und der Auswertung vorhandener Berichte und Kenngrößen wurden die in der Sächsischen Freizeitlärmstudie zusammengestellten Emissionskenngrößen insbesondere zum Thema "Freiluftbühnen" aktualisiert. Zusätzlich wurde die Geräuschquelle "Freilichtkinos" als eigene Freizeitanlage untersucht und mit ihren spezifischen Emissionskenngrößen erfasst.

Sitzung „Psychoakustik 2“

Mi. 8:40 Saal 3

Psychoakustik 2

Perceptual Roughness Performance of Synthesized and Filtered White Noise Vibrotactile Stimuli on a Display

Ugur Alican Alma und M. Ercan Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

In this paper, the perceptual roughness performance of two synthesized and a filtered white noise vibrotactile stimuli has been analyzed comparing to data driven vibrotactile stimuli on a display. In recent years, a promising approach, measurement based data driven method, has been presented for rendering textures. It provides sophisticated information about surface topography. However, yet it hasn't been known that how much complexity of vibrotaction depending on the surface roughness is perceptually essential. Considering that, certain degree of simplification should be achieved. Three approaches for reducing the complexity were tested conducting similarity estimation experiment. Furthermore, the perceived roughness of all textures used in the experiment were defined by the subjective evaluation test. Thanks to this evaluation, relationship between degree of simplification and perceptual comprehensibility were analyzed regarding varying perceived roughness. As a result, both synthesized stimuli were rated as two highest stimuli when the perceived roughness increased. Moreover, data driven and filtered white noise tactile stimuli were rated as highest when the perceived roughness decreased. Based on the one-way Anova tests, significant differences between all stimuli were only found for two textures in which filtered white noise for coarsest texture and simplest synthesized stimuli for the finest texture.

Mi. 9:00 Saal 3

Psychoakustik 2

Modellierung der psychoakustischen Rauigkeit

Roland Sottek und Julian Becker

HEAD acoustics GmbH

Die Rauigkeitsempfindung eines akustischen Signals steht seit Jahren im Mittelpunkt des Sounddesigns. In der Praxis entstehen Rauigkeiten häufig bei rotierenden Bauteilen (Motoren, Getriebe, Lüfter). Ein raues Geräusch kann sowohl zu einem sportlichen Charakter eines Motors beitragen als auch zu einem sehr lästigen Störfaktor werden. Die Herausforderungen im Bereich der Klanggestaltung nehmen ständig zu. Es

wird ein Klang angestrebt, der zum Produkt passt. Dieses Ziel soll möglichst im frühen Entwicklungsprozess erreichbar sein. Dazu müssen perzeptive Bewertungen in Kombination mit Modellrechnungen und Simulationswerkzeugen herangezogen werden. Existierende Berechnungsmodelle der Rauigkeit eignen sich gut für synthetische Signale wie modulierte Töne oder Rauschsignale. Die Vorhersage der Rauigkeit technischer Schalle ist jedoch wegen der komplexeren spektralen und zeitlichen Muster deutlich anspruchsvoller.

Obwohl Rauigkeiten in der Praxis sehr häufig auftreten existiert bisher kein standardisiertes Verfahren zur Berechnung der Rauigkeit. In diesem Beitrag wird ein solches Verfahren beschrieben, das auf einem Modell des menschlichen Gehörs nach Sottek basiert. Es wurde hinsichtlich der nichtlinearen Verarbeitung und der Gewichtung der Modulationsspektren optimiert. Darüber hinaus wird ein Vorschlag zur Berechnung eines binauralen Einzahlwertes der Rauigkeit gegeben. Dadurch lässt sich die tatsächlich wahrgenommene Rauigkeit sehr gut nachbilden. Eine Standardisierung dieses Verfahrens ist sowohl als DIN-Norm als auch im Rahmen von ECMA-74 geplant.

Mi. 9:20 Saal 3

Psychoakustik 2

Formation of auditory glimpses based on local similarities and image segmentation methods

Sarinah Sutojo

CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

The blind segregation of sound sources from a mixture of different sounds remains one of the main challenges in the computer-based analysis of audio signals. One approach to achieve this segregation is to divide the audio input into segments of consistent acoustic features which are assumed to originate from the same source. These segments are also referred to as "glimpses" of the locally dominant source and can be used to reconstruct or analyze the regarded source. The presented algorithm extracts such glimpses by comparing acoustic features in directly neighboring time-frequency units. The probability of both units belonging to the same glimpse is calculated based on a previously trained classifier. Resulting from this estimation is a map of contrasts which indicate the similarity (e.g. dissimilarity) between the neighboring pixels. This map is then processed with image segmentation algorithms such as super pixels and region grow. The methods transform the contrast map into a map of enclosed regions, indicating the boundaries of the glimpses. The benefit of this segmentation stage is evaluated by comparing estimated ideal binary masks for a target source with and without applying the glimpse estimation.

Combining glimpsed auditory features and machine learning for modeling attentive voice tracking.

Joanna Luberadzka^a, Hendrik Kayser^b und Volker Hohmann^b

^a*CvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik; ^bCvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'*

Computational models are a way of approaching research questions related to auditory perception. One relevant question is how are we able to follow and understand speech in complex acoustic scenes. Previous studies suggest that to follow a speaker in such conditions, humans use (i) sparse, speaker-related bits of robust information - 'auditory glimpses' and (ii) a mechanism of predictive coding with a movable locus of attention. This study presents a computational framework simulating the attentive tracking of voices, which takes these aspects into account. In particular, we model auditory glimpses using Glimpsed Periodicity Features, and predictive coding using Particle Filters. Particle Filters sequentially estimate the high-level parameters(state) of voices, e. g. pitch, formants, and location, from observations containing Glimpsed Periodicity Features. First results show the potential of this method to track two competing voices. The remaining challenge lies in modeling the mapping from observation to state space, required for the tracking. This is non-trivial because it requires linking the 'glimpsed' observation with a continuous, multidimensional state space. We propose using a Mixture Density Network this mapping. Finally, we report a novel way of combining Glimpsed Periodicity Features, Particle Filtering and Mixture Density Networks for modeling attentive speaker tracking.

Spatial-temporal integration of speech reflections

Jan Rennies-Hochmuth^a, Anna Warzybok^b, Thomas Brand^b und Birger Kollmeier^b

^a*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie; ^bCvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'*

In reverberant rooms speech is reflected at boundaries and objects and superimposes with the direct sound, thus creating a complex pattern of temporally delayed, spectrally modified and spatially distributed copies of the direct sound. The fundamental assumption of standard measures and models employed to predict speech intelligibility is that reflections arriving briefly after the direct sound can be integrated and are, hence, useful for speech intelligibility, while reflections arriving later than about 50 to 100 ms after the direct sound are detrimental. This assumption was challenged in a series of experiments within this study by systematically varying the energetic, temporal and binaural properties of direct sound, the reflections, and a stationary noise masker. Speech reception thresholds were measured in normal-hearing listeners. In conditions where either energy or binaural information favor the early components of the

room impulse response (RIR), the data confirm that adding reflections with delays beyond a critical time window cannot be perfectly integrated. However, in conditions where the later RIR components are favorable in terms of energy or binaural information, the auditory system appears to ignore the early components and exploit the late components instead. This cannot be modeled by any current speech intelligibility prediction models.

Mi. 10:40 Saal 3

Psychoakustik 2

Spektrale Prominenz beeinflusst die Ausgeprägtheit psychoakustischer Empfindungsgrößen

Arne Oetjen, Amrit Lamichhane, Monir A. Khan und Steven van de Par
CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

Die wahrgenommene Ausgeprägtheit vieler psychoakustischer Empfindungsgrößen wie z.B. Rauigkeit, Impulshaftigkeit oder Schwankungsstärke hängt neben bestimmten Signalparametern auch vom Schalldruckpegel ab. Dies wurde in bisherigen Studien mit synthetischen Schallen untersucht und es wurden Modellvorstellungen zur Quantifizierung dieser Abhängigkeit entwickelt. Bei realen Geräuschen treten diese psychoakustischen Signalparameter jedoch oft nicht spektral isoliert auf, sondern sind oft in einem bestimmten Frequenzband ausgeprägt. Eine kleine Pegeländerung eines solchen Frequenzbands relativ zum benachbarten Band kann sehr großen Einfluss auf die Ausgeprägtheit einer Empfindungsgröße im Gesamtgeräusch haben. In diesem Fall wird die Ausgeprägtheit der Empfindungsgröße deutlich stärker vom Schalldruckpegel beeinflusst als es die Versuche mit synthetischen Geräuschen nahelegen. In einer Reihe von Hörversuchen wurden beispielsweise Modulationen nur auf ein bestimmtes Frequenzband in einem rosa Rauschen aufgeprägt. In einem nächsten Schritt wurde dann der Pegel des Frequenzbands leicht verändert. Diese Änderung der spektralen Prominenz des modulierten Bereichs bewirkte eine große Änderung der Empfindungsstärke der untersuchten Größen. Dieser Effekt lässt sich in vergleichbarer Form auch bei Fahrzeug- und anderen Umweltgeräuschen beobachten. Verschiedene Ansätze zur Interpretation der Hörversuchsdaten werden gezeigt und diskutiert.

Mi. 11:00 Saal 3

Psychoakustik 2

Binaural masking level difference as a function of noise bandwidth and noise delay

Kristin Bracklo^a, Stephan D. Ewert^b und Mathias Dietz^c

^a*CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik;* ^b*CvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik;* ^c*CvO Univ. Oldenburg*

A classic psychoacoustic task is the detection of a tone in noise. The human binaural system can exploit differences of the interaural phase of a noise and target tone to improve detection thresholds. Maximum benefit is obtained for detecting an antiphasic tone (S_{π}) in diotic noise

(N0), which improves detection thresholds in the order of 12 to 15 dB. It has been shown in several studies that this benefit slowly declines as an interaural time difference (ITD) is applied to the N0S π complex. This decline has been attributed to the decorrelation of the noise. Here, we measure detection thresholds of (N0S π)ITD stimuli, with ITDs up to 8 ms, for a noise bandwidth from 25 to 1000 Hz. The target is always a 500 Hz tone. Its level is varied adaptively in a 2-down 1-up fashion within a three alternative forced-choice task. Results up to this point show that for bandwidths of 150, 200, and 1000 Hz detection thresholds are similar for all ITDs, whereas for 25 and 50 Hz the negative impact of ITD is smaller, i. e. decorrelation progresses slower with increasing ITD. The data can be simulated best with a subject dependent effective filter bandwidth near 100 Hz.

Mi. 11:20 Saal 3

Psychoakustik 2

Teillautheit von dichotischen (Multi-)Tonsignalen in Rauschen

Jesko Verhey

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

Technische Geräusche enthalten neben rauschhaften Anteilen häufig auch klar wahrnehmbare Töne. Letztere können zu einer erhöhten Lästigkeit des Schalls führen. Wie stark der tonale Anteil im Geräusch wahrgenommen wird, bestimmt die (Teil-) Lautheit des tonalen Anteils im Gesamtgeräusch. Als untere Grenze der Wahrnehmung gilt die Mithörschwelle des tonalen Anteils. Diese Mithörschwelle lässt sich z.B. durch Phasenunterschiede zwischen den beiden Ohren reduzieren, ein Effekt, der als binauraler Gewinn ("Binaural masking level difference", BMLD) bezeichnet wird. Die Mithörschwelle hängt auch von der Anzahl der tonalen Komponenten ab. Der Einfluss dieser beiden Stimulusparameter auf die Teillautheit des überschwelligen tonalen Anteils wird im vorliegenden Beitrag untersucht. Hierzu werden zunächst für alle Signalkomponenten die Mithörschwellen bestimmt. Dann werden die Schwellen auch für Kombinationen der Töne individuell bestimmt. Zur Bestimmung der überschwelligen Wahrnehmung wird für feste Pegel eines diotischen Sinustones im Rauschen der Pegel des gleichlauten tonalen Zielsignals über der Mithörschwelle in einem Lautheitsangleichsverfahren bestimmt. Sowohl der binaurale Gewinn als auch die Kombination mehrerer Sinustöne führt zu einer deutlichen Erhöhung der Lautheit des tonalen Anteils. Es bleibt zu klären, ob diese erhöhte Lautheit des tonalen Anteils auch zur einer erhöhten Lästigkeit dieser Schalle führt.

Mi. 14:00 Saal 3

Psychoakustik 2

Binaurale Entmaskierung zirkulär bewegter Schallquellen**Norbert Kolotzek und Bernhard Seeber****TU München, Audio-Signalverarbeitung**

Interaurale Phasendifferenzen beeinflussen die Maskierungsschwellen von Tönen in Rauschen. Bei bewegten Schallquellen ändert sich diese Phasendifferenz über der Zeit. Diese Studie untersucht den Einfluss der Bewegung einer Quelle auf die Maskierungsschwellen. In zwei Pilotexperimenten wurden die Mithörschwellen eines sich zirkulär bewegenden 500 Hz Sinustons sowohl in diffusem Bandpassrauschen als auch in Rauschen von vorne mit einem adaptiven Zwangswahlverfahren gemessen. Der bewegte Stimulus wurde mit Ambisonics D-Format 3. Ordnung generiert und über 36 Lautsprecher in der Horizontalebene wiedergegeben. Startpunkt der Bewegung war jeweils 0°. Es wurden fünf Bewegungsgeschwindigkeiten getestet: 10°/s, 30°/s, 50°/s, 100°/s und 150°/s. Die ermittelten Mithörschwellen wurden mit denen einer statischen Freifelddarbietung eines Sinustons an den lateralen Endpositionen der Bewegung verglichen. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass sich im diffusen Rauschen die Mithörschwellen auch bei seitlicher Darbietung sowohl im statischen als auch im dynamischen Fall nicht ändern (± 1 dB). Im Rauschen von vorne kann aus den vorläufigen Ergebnissen für eine laterale, statische Darbietung eine Entmaskierung von bis zu 11 dB beobachtet werden. Im bewegten Fall ist auch hier eine Abnahme der Mithörschwellen zu erkennen, jedoch ist diese Abnahme im Vergleich zu der maximalen Entmaskierung an den statischen, lateralen Endpositionen selbst bei langsamen Bewegungsgeschwindigkeiten geringer.

Mi. 14:20 Saal 3

Psychoakustik 2

On the Effect of an Expected Auditory Task on the Performance of an ongoing Task**Ewald Strasser^a und Steven van de Par^b**^a CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'; ^b CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

Die Effekte geteilter Aufmerksamkeit (divided attention) sind wichtig für das Verständnis des Cocktailparty Phänomens. Eine noch unbeantwortete Frage stellt der zeitliche Verlauf dar, in dem sich geteilte Aufmerksamkeit auf die akustische Wahrnehmung auswirkt. Es wäre denkbar, dass bereits die Antizipation eines wichtigen Reizes die Bearbeitung der aktuellen Aufgabe beeinflusst. Um diese Frage anzugehen, verwenden wir ein sequentielles Versuchsparadigma mit zwei unterschiedlichen Aufgaben (dual task). Die erste Aufgabe ist es, für eine Reihe an auditiv präsentierten Zahlen zu beurteilen ob die eben gehörte Zahl mit der gerade zuvor präsentierten Zahl übereinstimmt (1- Back). Die zweite Aufgabe ist es, am Ende der Präsentation der Zahlen ein einzelnes Wort zu

hören und zu beurteilen ob das Wort ein belebtes oder unbelebtes Objekt beschreibt. Als Referenz für die Leistung bei dieser Aufgabenstellung werden Durchgänge verwendet bei denen nur Zahlen bearbeitet werden. Wir können zeigen, dass sowohl geteilte Aufmerksamkeit, als auch die zeitliche Distanz zur antizipierten zweiten Aufgabe einen Einfluss auf die Reaktionszeit haben mit der die Zahlenaufgaben bearbeitet werden. Wir argumentieren, dass der Effekt einer antizipierten Verlagerung der Aufmerksamkeit besonders negative Konsequenzen für Personen mit eingeschränkter Hörfähigkeit hat. Zusätzlich wurde Eye-Tracking durchgeführt und die pupillometrischen Ergebnisse werden ergänzend diskutiert.

Mi. 14:40 Saal 3

Psychoakustik 2

How Level, Delay and Spatial Separation influence the Echo Threshold

Korbinian Wegler, Florian Wendt und Robert Höldrich

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

The echo threshold is a common measure to quantify the strength of the precedence effect. Depending on the experimental design, it is defined as the delay or level of the reflected sound compared to the direct sound at which the reflection is perceived as a separate auditory event.

Respective studies are typically carried out as lead-lag experiments and listeners are asked to adjust the delay of the lagging reflection with a fixed level or vice versa. The spatial separation is known to be another factor influencing the echo threshold. Nevertheless, most studies disregard this attribute and keep the playback directions of lead and lag constant.

This contribution studies the interaction of delay, level and spatial separation in a multi-stage listening experiment using binaural rendering. In each stage the listeners are instructed to adjust one of the three attributes to determine the echo threshold. Based on the gained results the interrelations of delay, level, and spatial separation with the echo threshold are examined and an attempt is made to develop a simple model.

Mi. 15:00 Saal 3

Psychoakustik 2

Lautheit: Sone oder CU?

Florian Schmidt^a und Stefan Uppenkamp^b

^a*CvO Universität Oldenburg*; ^b*CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'*

Bis heute herrscht keine Einigkeit darüber, wie Lautheit adäquat beurteilt werden soll. Es gibt zwei Lager, die entweder die Verhältnisskalierung oder die Kategorienskalierung befürworten. Es ist nicht klar, an welchem Maßstab die Güte dieser Skalierungsmethoden gemessen werden könnte. Einen Ausweg bietet möglicherweise die Untersuchung der Lautheit komplexer Stimuli wie Sprache oder Musik. Es wurde gezeigt,

dass Sone-basierte Lautheitsmodelle die Lautheit von komplexen Stimuli nur fehlerhaft vorhersagen und sogar schlechter abschneiden als einfache Pegelmaße. Zwei Schwierigkeiten bleiben jedoch: 1) Anders als für die Sone-Skala gibt es bisher kein eigenständiges kategorial-basiertes Lautheitsmodell. 2) Welche Skalierungsmethode sollte verwendet werden, um nicht allein durch das Experiment eine der beiden Skalen zu bevorreiten? In dieser Studie wird eine Kategorienskala aus der Sone-Skala des Lautheitsmodells von Chalupper und Fastl (2002) abgeleitet. Mit dem Modell wird für beiden Skalen die veränderliche Lautheit eines Musikausschnittes von 20 s Dauer vorhergesagt. Diese Lautheitsvorhersagen werden mit neuronalen Lautheitskorrelaten aus dem EEG verglichen. Für beide Skalen ist eine neuronale Repräsentation nachweisbar. Dabei wird die Sone-Skala an einer früheren Stufe der Hörbahn abgebildet als die CU-Skala. Dies deutet auf eine Hierarchie in der neuronalen Lautheitsverarbeitung im Kortex hin, bei dem letztlich der sensorisch verarbeitete Reiz kategorisiert wird.

Mi. 15:20 Saal 3

Psychoakustik 2

Continuous loudness judgments and auditory fMRI activation for sounds with time-varying intensity

Oliver Behler^a und Stefan Uppenkamp^b

^a*CvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik;* ^b*CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'*

The loudness of a sound is largely determined by its intensity, but it is also affected by a variety of other acoustic and non-acoustic variables, including personal factors pertaining to the listener. Physiologically, the individual loudness percept appears to be most closely represented at auditory cortex, as indicated by several neuroimaging studies performed previously. Yet, the majority of loudness research has focused on stationary sounds of rather short duration. Much less is known about subjective loudness perception and its neural representation under dynamic conditions. For instance, the influence of continuous increases or decreases of sound intensity on judgments of absolute loudness and loudness change is still a matter of debate. We report an auditory functional MRI study aimed at adding understanding to this topic. Normal hearing listeners continuously rated their perceived loudness of complex-tone sequences varying in intensity over time whilst fMRI was performed. Information derived from physical levels and individual loudness judgments was used to predict brain activation. The behavioral data reveal an interaction of intensity region (high vs. low levels) and direction of change on loudness ratings. Activation in auditory cortex might be more closely related to the perceived temporary change as opposed to the absolute loudness percept.

Mi. 15:40 Saal 3

Psychoakustik 2

Frequency channel-specific reset of the primacy effect in temporal loudness weightsAlexander Fischchenich^a, Jan Hots^b, Jesko Verhey^b und Daniel Oberfeld-Twistel^a^a*Johannes Gutenberg-Univ. Mainz;* ^b*Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Abt. f. Experim. Audiologie*

Previous work has shown that the beginning of the sound is more important for the perception of loudness than later parts and that this "primacy effect" reoccurs when a short pause of at least 350 ms is inserted into the sound. The present study examines if this reset of the primacy effect occurs independently for different frequency channels. A time-varying sound consisting of two frequency components was presented in four different conditions: (1) a simultaneous silent gap (500 ms) in both frequency bands, (2) a silent gap in only the lower frequency band, (3) a silent gap in only the higher frequency band, (4) no silent gap in either band. In all conditions, the temporal loudness weights showed a clear primacy effect at the first temporal segments. For frequency bands presented without a silent gap, the temporal weights decreased gradually across the sound duration, regardless of whether the other frequency band contained a gap or not. When a frequency band contained a silent gap, the primacy effect at the beginning of the sound was reduced, and after the gap a second primacy effect occurred. The results are compatible with a frequency channel-specific reset of the primacy effect.

Mi. 16:40 Saal 3

Psychoakustik 2

Phase-dependent Effects of Harmonics in Two-Tone Suppression

Martin Gottschalk und Jesko Verhey

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

Auditory processing of the healthy cochlea is nonlinear. In psychoacoustics, this cochlea nonlinearity is, among others, associated with the compressive relation between intensity of a sinusoid and its loudness. Another consequence of this nonlinear processing is that simultaneously presented tones interact in a nonlinear fashion, e.g., one tone (the suppressor) may suppress another tone (the suppressesee), an effect known as two-tone suppression. The focus of this study is on the dual-resonance nonlinear (DRNL) filter, a model of nonlinear cochlear processing, for which it was shown that it is able to predict suppression. The DRNL filter generates nonlinear harmonics due to the instantaneous compression on the basilar membrane, whose existence is also known from animal recordings. These harmonics affect the predicted suppression regions: when the suppressor frequency is close to 1/n-th of the suppressesee frequency, these harmonics add energy to the filter at the suppressesee frequency which may counteract the suppression effect. For exact frequency ratios this effect is either constructive or deconstructive, depending on the phase relation between suppressor and suppressesee.

These predictions are compared to own experimental data, where, in a forward masking paradigm, the phase-dependent effect of second-order harmonics is examined.

Mi. 17:00 Saal 3

Psychoakustik 2

Temporal Pitch in Electric Hearing with Amplitude-Modulated Pulse Trains and Inserted Short Inter-Pulse Intervals

Martin Lindenbeck, Piotr Majdak, Sridhar Srinivasan und Bernhard Laback

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

Temporal pitch sensitivity in cochlear-implant (CI) listeners can be enhanced by inserting pulses with short inter-pulse intervals (SIPIs) in amplitude-modulated (AM) high-rate pulse trains. AM high-rate pulse trains are employed in current CI stimulation paradigms. While pitch sensitivity to AM improves with increasing modulation depth (MD), adding SIPI pulses results in uniform pitch sensitivity across MDs. When AM and SIPI pulses encode different frequencies, it is unclear which frequency dominates the pitch percept. To this end, pitch-discrimination sensitivity was measured in CI listeners with two MDs (0.1 and 0.5) and certain fundamental frequencies in the range of male and female speech. In a pitch-discrimination task, intervals were set up such that (a) both AM and SIPI frequencies changed congruently, (b) either AM or SIPI frequency remained constant, or (c) both SIPI and AM frequency changed incongruently. Discrimination performance was hypothesized to depend on AM and SIPI frequency differences (Δ AM and Δ SIPI). Statistical analysis showed that the performance was significantly accounted for by Δ SIPI and that it did not differ between MDs. This indicates that care should be taken to preserve original pitch cues provided in CI stimulation paradigms that incorporate SIPI pulses.

NEU: Di. 15:40 Saal 3

Psychoakustik (Poster)

Musical Timbre can Enhance the Emotion Conveyed by a Melody

Vincent Bujor und Timo Grothe

Hochschule für Musik Detmold

Emotional ratings can be used for a variety of empirical studies and have been a part of many experiments that prove a direct connection between music and emotion.

This paper describes a listening experiment in which emotional ratings of melodies were collected. To investigate the emotions conveyed by musical timbre, a two-step listening test was performed. In the first step, several melodies were composed of sine tones to examine emotions conveyed by musical content only. In the second step, one of these melodies was played by five different instruments. Differences in loudness, timing, and intonation were ruled out. A total of 96 participants, divided into two groups, then rated each musical timbre in regards to their perceived strength of emotion.

A significant change in the emotional rating between the first and second step clearly points to a relation with musical timbre. Consistent emotional ratings between the two groups of trained (N=20) and normal (N=76) listeners were found for the saxophone, the flute, and the oboe. Further investigations are needed on the effects of variations in micro-timing and vibrato which are difficult to control while recording stimuli with musicians.

Mi. 17:20 Saal 3

Psychoakustik 2

Irrelevant Background Speech Disrupts Serial Short-Term Memory for Verbal but not for Spatial Information: A Pre-Registered Replication Study

Kristina Schopf^a, Tatiana Kvetnaya^b und Florian Wickelmaier^a

^aUniversity of Tübingen; ^b Goethe University Frankfurt

The irrelevant speech effect (ISE)-the phenomenon that background speech impairs serial recall of visually presented material-has been widely used for examining the structure of short-term memory. Jones, Farrand, Stuart, and Morris (1995) employed the ISE paradigm to challenge modularity as a fundamental principle of working memory. In Experiment 4, they observed an ISE in both verbal and spatial serial memory tasks, thereby demonstrating that changing-state characteristics of the material, rather than its modality of origin, may determine the impairment of memory performance. The present study constitutes a cumulative, pre-registered replication of Experiment 4 with 80 German participants (n = 40 per memory task condition). In line with Jones et al. (1995), a main effect of sound type was observed for the verbal domain, with disruption being more marked for a changing sequence of spoken syllables than for a steady sequence. However, no such cross-modal effect was replicated for the spatial domain. Contrary to the original findings, this resulted in an interaction of sound condition and task type. These results do not support a model of functional equivalence of verbal and spatial information in serial short-term memory.

Sitzung „Strömungsakustik 2“

Mi. 8:40 Saal 4

Strömungsakustik 2

Schallquellenlokalisierung aus CAA Simulationen von Ventilatorflügeln mit Hilfe von Mikrofon-Array Techniken

Andreas Lucius^a, Philipp Dietrich^a, Marius Lehmann^a, Marc Schneider^a und Thomas Geyer^b

^a *ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG*; ^b *BTU Cottbus - Senftenberg, Lehrstuhl Technische Akustik*

Die CAA Simulation stellt ein wertvolles Hilfsmittel zum Verständnis aeroakustischer Phänomene in Ventilatoren dar. Im Rahmen der Simulation werden große Mengen transienter Daten erzeugt, die ausgewertet werden müssen. Neben den Akustiker-gebnissen an geeigneten Mikrofonpositionen sind die transienten Daten aller Strömungsgrößen im Nahfeld verfügbar. Frequenzgefilterte Visualisierungen sowohl der Druckfluktuationen auf der Oberfläche des Flügels als auch der akustischen Quellterme haben in den untersuchten Fällen nicht verlässlich die relevanten Orte der Schallentstehung gezeigt. Bedingt durch Interferenzen im Nahfeld werden nicht alle Fluktuationen auf der Oberfläche als Schall abgestrahlt. Der Einsatz von Mikrofon-Array Techniken zur Schallquellenlokalisierung hat sich dagegen als eine sehr gut geeignete Methode herausgestellt. Für einen stehenden und einen rotierenden Flügel wurden experimentell vorhandene Arrays in Simulationsmodellen nachgebaut. Die Akustik im Fernfeld wurde über die FW-H Gleichung bestimmt. Es zeigen sich in beiden Fällen ähnliche Quellverteilung und Quellstärke in Experiment und Simulation. Zusätzlich bietet die Simulation den Vorteil, ohne wesentlichen Mehraufwand beliebig viele frei positionierbare Mikrofone nutzen zu können. Die Ergebnisse zeigen, dass sich der Nachteil der sehr kurzen physikalischen Zeit einer Simulation durch diesen Freiheitsgrad ausgleichen lässt. Die Analyse ist nicht nur im Hinblick auf physikalische Schallquellen hilfreich, sondern kann auch zur Lokalisierung von numerischem Störschall genutzt werden.

Mi. 9:00 Saal 4

Strömungsakustik 2

Modellierung der Akustik von Axialventilatoren unter gestörter Zuströmung

Philipp Dietrich^a, Andreas Lucius^a, Marc Schneider^a, Lev Liberson^b, Nils Reiche^b und Roland Ewert^c

^a *ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG*; ^b *DLR AS-TEA*; ^c *DLR*

Das Geräusch von in Geräten eingebauten Ventilatoren unterscheidet sich meist deutlich von Messungen auf dem Prüfstand. Ein Grund hierfür können sausseitige Bauteile, die die Zuströmsituation zum Ventilator beeinflussen, darstellen. Insbesondere bei Axialventilatoren, die hinter Wärmetauschern betrieben werden, ist dieses Verhalten zu beobachten. Zur Beurteilung des Geräusches und der Analyse von akustischen Quellmechanismen bei Ventilatoren unter gestörter Zuströmung

gewinnen, neben experimentellen Untersuchungen, numerische Verfahren zunehmend an Bedeutung. Notwendig für die korrekte Vorhersage der Akustik ist die genaue Beschreibung der, im Vergleich zum Prüfstand, geänderten Grundströmung als auch der entstehenden Turbulenz. Für vergleichsweise einfache Zuströmstörungen, wie einem Turbulenzgitter oder einem saugseitigen Kasten, zeigen skalenauf lösende CAA-Simulationen sehr gute Übereinstimmung mit den experimentellen Ergebnissen. Häufig werden Axialventilatoren in verschiedenen Anwendungen hinter Wärmetauschern betrieben. Durch die sehr kleinen Strukturen ist die notwendige skalenauf lösende Simulation der dort vorherrschenden Strömung aktuell nicht wirtschaftlich realisierbar. In Kooperation mit dem DLR Braunschweig wurde eine Vorgehensweise zur Modellierung von Zuströmturbulenz in skalenauf lösenden Simulationen entwickelt und getestet. Diese Methode ermöglicht die numerische Be trachtung der Akustik von Axialventilatoren hinter Wärmetauschern im wirtschaftlich vertretbaren Rahmen.

Mi. 9:20 Saal 4

Strömungskustik 2

CAA Simulation des Breitbandgeräusches von Axialventilatoren mit variierter Kopfspalt h öhen

Lev Liberson^a, Markus Lummer^b, Michael Mößner^a, Roland Ewert^b und Jan Delfs^a

^aDLR AS-TEA; ^bDLR

Bei der Entwicklung moderner Ventilatoren spielen günstige akustische Eigenschaften eine wichtige Rolle. Maßnahmen zur Minderung der Schallgenerierung sollen daher bereits in der Designphase berücksichtigt werden können. Neben Prototypenfertigung und experimenteller Messmethoden bietet die numerische Simulation des strömungsinduzierten Schalls eine attraktive Alternative. An einem Axialventilator verursacht der "Kopfspalt" zwischen Schaufel und Mantelring eine markante Schallquelle, deren Ausprägung stark von den lokalen Strömungsbedingungen abhängt. Diese wiederum ergeben sich aus der Geometrie der Spaltregion. Eine zeitnahe Vorhersage der Einflüsse von Geometrievariationen auf die Schallentstehung und Abstrahlung erfordert eine effiziente Simulationsmethode, welche sowohl die akustischen Schallquellen, wie auch die Schallausbreitung durch stark inhomogene Strömungsfelder abbilden kann. Eine solche Methode bietet der gekoppelte Einsatz des am DLR entwickelten CAA-Löser DISCO++ mit dem stochastischen Quellgenerator Fast Random Particle Mesh Methode (FRPM). Dabei werden die akustischen Störungsgleichungen (APE) auf einem unstrukturierten Tetraedergitter mittels der Discontinuous Galerkin Methode gelöst. Die Quellrekonstruktion erfolgt auf einem kartesischen Hilfsgitter, wobei instationäre Schallquellen auf Basis einer vorhergehenden, stationären Strömungssimulation bereitgestellt werden. Zur Validierung der Vorhersagegüte des Verfahrens wird ein, zu diesem Zweck an der Universität Siegen entwickelter Testfall, simuliert. Dabei handelt es sich

um einen fünfblättrigen Axialventilator im Einbauzustand bei zwei unterschiedlichen Kopfspaltweiten. Die Simulationsergebnisse werden experimentellen Ergebnissen gegenübergestellt.

Mi. 9:40 Saal 4

Strömungsakustik 2

Untersuchung der tonalen Schallentstehung umströmter Tragflügelprofile

Thomas Geyer und Benjamin Karijasevic

BTU Cottbus - Senftenberg, Lehrstuhl Technische Akustik

Bildet sich bei der Umströmung eines Tragflügel- oder Schaufelprofils auf dessen Oberfläche eine laminare Grenzschicht aus, so kommt es zu einer stark tonalen Schallentstehung. Diese äußert sich durch eine sehr charakteristische spektrale Struktur, die sich aus deutlichen Haupttönen und weiteren kleineren Nebenmaxima zusammensetzt. Dieser Schallentstehungsmechanismus tritt meist bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten und Tragflügeln mit vergleichsweise geringer Sehnenlänge auf, was in der Praxis vor allem bei Kompressoren, kleinen Lüftern, Mikrowindanlagen, U-Booten und kleinen unbemannten Luftfahrzeugen vorkommt.

Im Beitrag werden die Ergebnisse einer Untersuchung an drei NACA0012-Tragflügelmodellen mit unterschiedlicher Sehnenlänge (100 mm, 150 mm und 200 mm) vorgestellt, die im aeroakustischen Windkanal der Brandenburgischen Technischen Universität durchgeführt wurde. Dabei soll vor allem der Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit und der Sehnenlänge, aber auch der des Anstellwinkels, auf die tonalen Charakteristiken dargestellt werden.

Mi. 10:20 Saal 4

Strömungsakustik 2

Detached Eddy Simulation des turbulenten Strömungsfeldes in einer Radialpumpe

Matthias Witte^a, Ole Kranz^a, Joscha Piepiorka^b, Otto von Estorff^b und Frank-Hendrik Wurm^a

^a *Universität Rostock, Lehrstuhl Strömungsmaschinen*; ^b *Technische Universität Hamburg (TUHH)*

Im Produktentwicklungsprozess muss neben dem Wirkungsgrad auch den akustischen Eigenschaften eine zunehmende Bedeutung beigemessen werden. Dies trifft insbesondere auch für Pumpen zu, die zur Wärme- und Wasserversorgung sowie Abwasserentsorgung eingesetzt werden. Kritisch sind dabei die im Betrieb auftretenden Druckpulsationen innerhalb der Pumpe. Insbesondere die durch die Wechselwirkungen zwischen Spiralgehäusezunge und Laufrad generierten Druckpulsationen führen zu einer Schwingungsanregungen des Pumpengehäuses und breiten sich als hydroakustische Wellen im Rohrleitungsnetz aus. Dadurch kann das gesamte Netz zu Schwingungen anregt werden. Die Schwingungen von Pumpe und Rohrleitungsnetz münden in einer Abstrahlung von Luftschatll. Gegenstand des Beitrags ist

die Vorstellung erster Forschungsergebnisse eines AiF Verbundprojektes zwischen der Universität Rostock und der Technischen Universität Hamburg-Harburg zur Untersuchung der Flüssigkeits- und Luftschallabstrahlung einer Radialpumpe mit experimentellen und numerischen Methoden. Hierbei werden die Ergebnisse einer DES Simulation des turbulenten Strömungsfeldes innerhalb der Radialpumpe vorgestellt. Neben der Auswertung zeitgemittelter Druck- und Geschwindigkeitsfelder, der Korrelationen der Schwankungsgrößen sowie punktueller Frequenzanalysen wird auch der Vergleich zwischen experimentell und numerisch bestimmten Wanddruckfluktuationen durchgeführt. Die Ergebnisse der DES Simulation werden weiterhin mit Blick auf die spezifischen Unterschiede zur einer URANS Simulation diskutiert. Die Berechnung der hydroakustischen Abstrahlung erfolgt durch den AiF Projektpartner auf Basis der transienten Druck- und Geschwindigkeitsfelder der DES Simulation.

Mi. 10:40 Saal 4

Strömungsakustik 2

Numerische Simulation und Untersuchung des Strömungsschalls in einer Radialpumpe

Joscha Piepiorka^a, Ole Kranz^b, Frank-Hendrik Wurm^b und Otto von Estorff^a

^a *Technische Universität Hamburg (TUHH)*; ^b *Universität Rostock, Lehrstuhl Strömungsmaschinen*

Bei der Bewertung von neuen Produkten rücken die akustischen Eigenschaften immer weiter in den Vordergrund. Insbesondere für Pumpen in der Gebäudetechnik spielt die Akustik eine übergeordnete Rolle, was bedeutet, dass schon bei der Produktentwicklung Ursachen für die Schallentstehung sowie mögliche Beeinflussungsmöglichkeiten früh erkannt werden müssen. Zur Vorhersage werden vermehrt numerische Simulationen eingesetzt, wobei bisher nur begrenzte Möglichkeiten zur validen Berechnung der Flüssigkeits- und Luftschallabstrahlung von Pumpen bestehen. Im vorliegenden Beitrag werden erste Forschungsergebnisse eines AiF-Projektes vorgestellt. Am Beispiel einer im Betrieb befindlichen Radialpumpe wird der Strömungsschall modelliert und untersucht. Als Grundlage hierzu dienen numerische Strömungsergebnisse. Unter Verwendung eines hybriden Verfahrens wird, auf diesen aufbauend, die Schallentstehung simuliert. Aufgrund des geschlossenen und sehr kompakten Pumpengehäuses wird die Verfahrensklasse der Störungsansätze verwendet, sodass eine gültige Auftrennung der Zustandsgrößen detaillierte Einblicke ermöglicht. Hierbei werden zunächst die Druck- und Geschwindigkeitsfelder als anregende Quellen aufbereitet und es werden unterschiedliche Quellterme analysiert. Zudem werden die Einflüsse eines rotierenden Schaufelrades untersucht und schließlich wird das Schallfeld in der Pumpe simuliert. Abschließend erfolgt eine kritische Diskussion der ersten Ergebnisse und es wird ein Ausblick hinsichtlich des Projektziels gegeben.

Mi. 11:00 Saal 4

Strömungsakustik 2

Experimental study of noise generation due to flow through perforated platesLuciano Coutinho Caldas, Maximilian Behn und Ulf Tapken*DLR - Institut für Antriebstechnik*

In an upcoming study the mechanisms of fan noise generation due to inhomogeneous inflow conditions shall be investigated. A known approach to create specific non-homogeneous velocity profiles in the intake duct is the utilization of perforated plates with heterogeneous hole sizes and geometric distribution. It was used so far for the investigation of aerodynamic effects at rotors, but the question is, whether it can also be applied to the planned acoustic measurements. An obvious concern is that the flow-induced noise of the perforated plates may mask the fan noise. Thus the noise emission of different plates is experimentally assessed in a flow duct test facility. Different flow speeds from Mach 0.05 up to 0.3 are adjusted. Acoustic spectra measured for different plate geometries are compared. The broadband noise content is mainly caused by the multiple jets and can be associated with the estimated flow velocity through the holes. An excitation of strong tones is observed for few configurations and requires further explanation.

Mi. 11:20 Saal 4

Strömungsakustik 2

Aeroacoustic formulation based on compressible flow dataManfred Kaltenbacher und Stefan Schoder*TU Wien, Inst. f. Mechanik u. Mechatronik*

The classical hybrid approach, of first performing an incompressible flow computation, evaluate the acoustic sources and finally compute the acoustic field does not consider any feedback of the acoustic field on the flow. Therefore, we propose the following approach: (1) Perform a compressible flow simulation on a restricted domain, which incorporates two-way coupling of flow and acoustics; (2) Filter the flow data by the Helmholtz-Hodge decomposition, such that we obtain a pure non-radiating field with which the acoustic sources are computed; (3) Perform the acoustic propagation computation. Computations of the sound generated by a flow over a cavity involving acoustic feedback show promising results and demonstrate the applicability of our approach.

Mi. 14:00 Saal 4

Strömungssakustik 2

Aeroakustische Simulation umströmter Zylinderkonfigurationen mit SU2

Erik Wilhelm Schneehagen^a, Ennes Sarradj^a, Beckett Yuxiang Zhou^b
und Nicolas Gauger^b

^a*TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik;* ^b*TU Kaiserslautern, Chair for Scientific Computing*

Für viele technische Anwendungen ist Strömungslärm eine relevante Komponente des Gesamtgeräusches. Die Vorhersage des Strömungsgeräusches gestaltet sich auf Grund der hohen Komplexität des Strömungsfeldes oft schwierig. Auch mit steigender Rechenleistungen und für simple Geometrien ist die direkte numerische Simulation wegen der großen Unterschiede der räumlichen Skalen von Akustik- und Strömungsvariablen oftmals zu teuer. Eine mögliche Lösung bietet die getrennte Berechnung des turbulenten Strömungsfelds und der Akustik. Ein bekannter hybrider Ansatz ist die Kombination einer Grobstruktursimulation (LES) des Strömungsfeldes mit der akustischen Analogie von Ffowcs-Williams-Hawkins (FW-H). Eine Umsetzung dieser Methode mit dem Open-Source CFD Code SU2 wird vorgestellt und auf das Umströmungsgeräusch von wandbündigen Zylinderkonfigurationen angewendet. Da ein implizites Wirbelviskositätsmodell für die Strömungssimulation verwendet wird, das noch nicht vollständig validiert wurde, wird die Qualität der Simulationsergebnisse anhand von experimentellen Messdaten aus einem aeroakustischen Windkanal bewertet.

Mi. 14:20 Saal 4

Strömungssakustik 2

Sound Waves as Perturbations of Acoustic Spacetime

Drasko Masovic und Ennes Sarradj

TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik

The model of acoustic spacetime presents an analogy with relativistic spacetime in which speed of sound is the reference speed of propagating waves. So far, it has been established and used for acoustic problems mainly for studying sound propagation in uniform (flat) and non-uniform (curved acoustic spacetime) subsonic flows. In this work, we inspect the hypothesis that sound waves are, analogously to gravitational waves, small perturbations of acoustic spacetime and consider the mechanism of their generation in fluids. In particular, acoustic perturbations are caused by the second-order Lighthill tensor, which acts as a quadrupole source similarly as the spatial (stress) part of the stress-energy tensor in linearized theory of gravitation. However, in contrast to gravitational waves, sound waves are assumed to represent the longitudinal component within Lorenz class of gauges, which is suppressed from the transverse-traceless gauge commonly used for studying plane gravitational waves.

Vortrag entfällt

Strömungsakustik 2

Jet Noise with Inner Nozzle Boundary Layer Treatment at Varying Reynolds NumbersSebastian Hakansson und Alessandro BassettiDLR - Institut für Antriebstechnik

A set of acoustic measurements is made on single-stream cold jets. Focus of the experiments is the determination of Reynolds number effects of jet-noise reduction by boundary layer treatment. A specific boundary layer treatment is employed, which showed noise-emission reduction on a circular contoured nozzle with 1 inch exit diameter. The boundary layer treatment is a thin zig-zag tape which is placed in the inner wall of the nozzle, in proximity of the nozzle exit. We reproduce similar noise-reduction effects by applying the described boundary layer treatment on a conical nozzle having the same exit diameter. We test the noise-reduction effect by maintaining constant nozzle-exit Mach number and by increasing the nozzle-exit diameter.

Mi. 14:40 Saal 4

Strömungsakustik 2

Berechnung von Luftströmungen an Helmholtzresonatoren bei ResonanzfrequenzenNorbert Gorenflo, Tobias Merkel und Jonas SteinBeuth Hochschule für Technik Berlin

Es werden numerische Ergebnisse präsentiert, die die Luftströmung am Hals eines Helmholtzresonators beschreiben, welche bei Anregung durch eine einfallende Schallwelle mit einer Frequenz nahe der Resonanzfrequenz des Resonators entsteht. Es werden sowohl Berechnungen auf Grundlage der linearen Wellenakustik als auch fluiddynamische Berechnungen auf der Basis der Navier-Stokes-Gleichung vorgestellt. Als Anfangsbedingung für den fluiddynamischen Fall wird die wellenakustische Lösung für einen festen Zeitpunkt genommen. Bei kleiner Amplitude der einfallenden Welle sind die sich aus dem Navier-Stokes-Ansatz ergebenden nichtlinearen Effekte gering, so dass sich hier die zeitliche Periodizität der wellenakustischen Lösung wiederfindet. Dieser Sachverhalt ermöglicht eine Beurteilung der Qualität der Navier-Stokes-Lösungen. Ziel der Untersuchungen ist die fluiddynamische Berechnung der Strömung am Resonatorhals bei großer Amplitude der einfallenden Welle, insbesondere die Ermittlung des Unterschieds zwischen dem Einström- und dem Ausströmvorgang.

Mi. 15:00 Saal 4

Strömungssakustik 2

Discrete Tonal Noise Prediction of Arbitrary Rotors Configurations Using Rings Source Fields

Athanasios Poulos, Benjamin de Brye, Romain Baudson, Markus Brandstetter und Cesar Legendre

Free Field Technologies, Belgium

Sound fields generated by rotating devices such as electronic fans, propellers or helicopter rotors are characterized by complex diffraction patterns at different regions in space, especially at high harmonic numbers and/or large number of blades. This complexity makes the noise prediction of such devices computationally and scientifically challenging. In the present work, a method for predicting the tonal noise of rotating devices at the blade passing frequency (BPF) and its harmonics is presented. The method replaces the presence of the rotor by a suitable combination of source rings with variable amplitude and phase, i.e. dipole (to model loading noise) and monopole (to model thickness noise) rings. Concerning the sources computation: (i) the thickness source solely depends on the geometry of the rotor; (ii) the loading sources are estimated using the pressure over the rotor's surface computed by means of a CFD analysis. For the acoustic propagation analysis, such rings of sources are placed in a finite element (FE) context for taking into account complex geometries and mean flow heterogeneities in the acoustic propagation. The numerical case selected showcases the noise prediction of an electronic cooling fan with three different geometry configurations. Finally, the numerical results are validated against experimental data.

Mi. 15:20 Saal 4

Strömungssakustik 2

Akustik-Fluid-Struktur-Kopplung (AFSI) eines Trapped Mode

Johannes Kreuzinger und Florian Schwertfirm

Kreuzinger & Manhart Turbulenz GmbH

Das abgestrahlte Schallspektrum eines turbulent durchströmten Kanalsystems ist geprägt von seinen akustischen Moden. Innerhalb des Systems treten an den Bäuchen der Moden hohe akustische Druckamplituden auf, so dass die Wandstruktur sowohl durch die Strömung als auch durch das Schallfeld angeregt werden kann. Die Vibrationen der Wände wiederum können auf das Schallfeld rückwirken.

Die Simulation dieser Vorgänge erfolgt mit einer Zwei-Wege-Kopplung der in MGLET implementierten hybriden Strömungsschallsimulation mit der Lösung der Bewegungsgleichungen der Struktur.

Betrachtet wird das Beispiel des trapped mode um eine Drosselklappe. Vereinfachend wird nur ein Teil der Kanalwand als nachgiebig modelliert, der Rest als harte Wand. Ziel ist es, die Wechselwirkungen zwischen Strömungsfeld, Schallfeld und Wandbewegung qualitativ und quantitativ zu analysieren.

Mi. 15:40 Saal 4

Strömungsakustik 2

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (s.u.)**Sitzung „Strömungsakustik (Poster)“**

Kurvvorträge: Mi. 15:40 (Saal 4); Poster-Forum: Mi. 16:00

Di.-Do.

Strömungsakustik (Poster)

Green's Functions of the Convective Helmholtz Equation for an Infinite Straight Circular Cylinder with Acoustically Rigid and Soft WallsAndriy Borysyuk*Institute of Hydromechanics, Kiev (UA)*

Green's functions of the three-dimensional convective Helmholtz equation for an infinite circular cylinder with acoustically rigid and soft walls are found. These functions are represented by a series of the corresponding cylinder acoustic modes. In the functions, the uniform mean flow effects are reflected in the direct form. The effects become more significant as the flow Mach number increases, causing, in particular, the appearance and further growth of the functions' asymmetry about the cylinder cross-section in which the point acoustic source is located. And vice versa, the decrease of the Mach number results in the decrease of the effects and, in particular, the decrease of the indicated asymmetry. In the case of flow absence in the cylinder, the obtained Green's functions are symmetric about the indicated cross-section and coincide with the corresponding Green's functions for the investigated cylinders, which are available in the scientific literature.

Sitzung „Numerische Akustik 1“

Mi. 16:40 Saal 4

Numerische Akustik 1

Anwendung des Greedy-Verfahrens zur Lösung der akustischen Helmholtzgleichung in einem breiten Frequenzbereich

Christopher Jelich, Suhaib Koji Baydoun und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

In ingenieurtechnischen Anwendungen ist oftmals das akustische Verhalten von Strukturen über einen breiten Frequenzbereich von Interesse. Im linearen Fall muss hierfür die Helmholtzgleichung in vordefinierten Frequenzabständen gelöst werden. Unter Verwendung der Randelementmethode zur räumlichen Diskretisierung führt dies zu einer Sequenz von linearen Gleichungssystemen. Diese zu Lösen impliziert einen relativ hohen Rechenaufwand, so dass in den letzten Jahren viele Bemühungen hin zu einfacheren Berechnungsverfahren angestrengt wurden.

In dieser Arbeit wird ein Ansatz vorgestellt, bei dem die Lösung in einem bestimmten Frequenzbereich als Linearkombination von einigen wenigen Lösungen an diskreten Frequenzen approximiert wird. Diese Lösungen an den einzelnen Stützstellen bilden die sogenannte reduzierte Basis, welche iterativ erweitert wird. In jedem Schritt des Verfahrens wird das frequenzabhängige lineare Gleichungssystem für die Frequenz gelöst, für die die derzeitige Approximation den größten Fehler aufweist. Hierbei wird ein Least Squares Löser zur Approximation zwischen den Stützstellen sowie zur Bestimmung des a posteriori Fehlers verwendet. Zugleich findet für die Berechnung der Lösungen an den einzelnen Stützstellen ein iteratives Verfahren Anwendung. Durch die Darstellung der Systemmatrizen als H2-Matrizen wird der Speicherbedarf und die Komplexität der Matrix-Vektor Produkte reduziert. Die Effizienz des vorgestellten Verfahrens wird anhand von akustischen Innen- und Außenraumproblemen demonstriert.

Mi. 17:00 Saal 4

Numerische Akustik 1

Spektral-stochastische Infinite-Elemente-Methode in der Vibro-akustik

Felix Kronowetter, Lennart Moheit und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Im ingenieurtechnischen Bereich der Akustik benötigen numerische Untersuchungen von Außenraumproblemen eine spezielle Behandlung der Randbedingungen des zugrunde liegenden Randwertproblems. Grundlegend hat sich in den letzten Jahrzehnten die Methode der finiten Elemente (FEM) als ein für die Industrie taugliches Verfahren etabliert. Neben absorbierenden Rändern und sogenannten perfekt absorbierende Schichten (PML) stellt die Methode der infiniten Elemente (IFEM) ein

Verfahren zur Verfügung, um den Effekt der Schallabstrahlung ins Unendliche, d. h. ins Fernfeld, auf den Rand des zu begrenzenden Berechnungsgebietes zu applizieren. Ein weiterer, über die letzten Jahre immer bedeutend werdender Aspekt besteht darin, Unsicherheiten in der Simulationstechnik zu betrachten. In der vorliegenden Arbeit wird ein neu implementierter Code basierend auf der Finite- und Infinite-Elemente-Methode vorgestellt und die Genauigkeit in Bezug auf die analytische Lösung einer abstrahlenden Monopolquelle in Voll- und Halbraum validiert. Durch die Erweiterung der Methode hinsichtlich zufällig verteilter, spektral zerlegter Eingangsvariablen entsteht die sogenannte spektral-stochastische Infinite-Elemente-Methode. Ein Cabriolet mit einem geöffneten Dach dient als anschauliches Beispiel, wobei die Vibration der Frontscheibe und die Admittanz der Sitzpolster als unsicher betrachtet werden. Die Übertragungsfunktion zwischen Frontscheibe und Fahrerohr steht hier im Mittelpunkt der Untersuchungen. Den Abschluss bildet der Vergleich der vorgestellten Methode mit der Monte Carlo Methode.

Mi. 17:20 Saal 4

Numerische Akustik 1

Anwendung der energiebasierten Finite-Elemente-Methode in der Fahrzeugakustik

Henning Lohmann^a, Olgierd Zaleski^a und Otto von Estorff^b

^aNovicos GmbH; ^bTechnische Universität Hamburg (TUHH)

Energiebasierte Methoden ermöglichen es, akustische Vorgänge im hochfrequenten Bereich simulativ abzubilden. Dabei werden die Schwingungen von Strukturen und Fluiden auf die physikalische Größe der Energiedichte reduziert. Für Grundelemente wie Platten, Balken und akustische Kavitäten wird die Grundgleichung, welche die Energieausbreitung für diese Fälle beschreibt, gelöst. An Stoßstellen werden Koppelemente eingefügt um die Transmission der Schwingungsenergie zu beschreiben. Für hohe Frequenzen ist es derzeit mit der klassischen Finite-Elemente-Methode nicht möglich, Berechnungen durchzuführen, daher wird an dieser Stelle häufig auf die Statistische Energie Analyse (SEA) zurückgegriffen. Bei dieser erhält man für ein Strukturelement, zum Beispiel für eine Platte, einen einzelnen Wert für die Energiedichte. Bei der EFEM wird ein Strukturelement weiter diskretisiert, so dass eine Verteilung der Energiedichte innerhalb des Elements berücksichtigt werden kann. Damit lassen sich die Ergebnisse genauer darstellen. In diesem Beitrag werden Anwendungsmöglichkeiten der energiebasierten Finite-Elemente-Methode (EFEM) im Automobilbereich vorgestellt.

Mi. 17:40 Saal 4

Numerische Akustik 1

Numerische Untersuchung der Vorflügel-Schallabstrahlung mit Hilfe eines aktiven Backscatter Modells in VLESDirk Heitmann^a und Roland Ewert^b^aDLR AS-TEA; ^bDLR

In dieser Arbeit wird die Schallabstrahlung eines 3-Element Hochauftriebsflügels behandelt. Ein hybrider Ansatz basierend auf RANS und CAA mit stochastischen Quellen wurde hierzu angewandt. Dabei wurde aktives backscattering realisiert um die turbulente Produktion von nicht aufgelösten Skalen sowie deren Interaktion mit aufgelösten Skalen zu berücksichtigen. Diese Berücksichtigung zielt darauf ab, mehr physikalische Effekte abzubilden als es mit einem rein dissipativen Subfiltermodell möglich ist. Dies könnte eine Reduzierung der notwendigen Gitterauflösung bei Grobstruktursimulationen ermöglichen.

Mit diesem Verfahren wurde die Schallabstrahlung eines F16 Flügels mit ausgefahrenen Hochauftriebseinrichtungen berechnet. Die Schallabstrahlung beinhaltet breitbandigen Lärm sowie diskrete Töne. Die Strömungstopologie im Bereich des Vorflügels wird diskutiert und der Zusammenhang zur tonalen Lärmkomponente aufgezeigt. Die Simulationen ermöglichen akkurate Vorhersagen der Strömungseffekte sowie der breitbandigen und tonalen Akustik.

Sitzung „Sprachverarbeitung“

Mi. 8:40 Saal 5-a

Sprachverarbeitung

Observations from a Simple Vocal-Tract Model's Behaviour for PD-Dysarthric Speech: Evaluations

Ulrich Heute

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

An acoustic-tube model of a speaker's vocal tract can be used for observations of the speaker's articulation. This is of interest here in order to gain insight into articulatory weaknesses of Parkinson's-Disease (PD) patients, who suffer from speaking problems: Beside the common evaluations of auditory and some instrumental parameters, a direct observation of vocal-tract movements can be an additional diagnostic aid. Due to its simplicity, the direct estimation of vocal-tract areas from an LPC analysis is used here, despite its well-known imprecision. The usefulness in general was shown in a pre-study; now, detailed results of an application on sustained vowels as well as fluent speech from healthy, slightly handicapped, and strongly impaired speakers are presented. Examples of short-time and average shapes are shown and compared, and various parameters are derived which condense the observations and differences into numerical values. These terms cover largely overlapping ranges for patients in different disease states; so, they are not to be used for any single-value classification of the dysarthric severeness,

but offered to the medical personnel together with the varying shapes in order to augment logopedic diagnosis and therapy.

Mi. 9:00 Saal 5-a

Sprachverarbeitung

Real-time Speech Enhancement System for Surgical Systems

Marco Gimm, Maria Avitha Francis und Gerhard Schmidt

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

The communication in surgery rooms might be difficult, especially if the surgeon is located in some distance from the patient due to the usage of minimally invasive operation devices. In order to improve the communication between the medical staff around the patient table and the surgeon controlling the operation device dedicated signal processing can be applied. In particular, such speech enhancement systems focus on suppression of the stationary background noise caused by medical equipment, suppression of the feedback occurring due to a closed electro-acoustic loop, and lastly suppression of instationary noise, e.g. sharp clanging noises. All this should be done without compromising the quality and intelligibility of the speech signals.

In this work, we present an overview of a generic speech enhancement system comprising mainly of a traditional Wiener filter for background noise suppression, a model-based feedback suppression along with additional stages for multidirectional communication and non-linear time domain processing for the attenuation of instationary noise. All this was implemented and tested on an embedded hardware platform with respect to the special requirements of a surgery room.

Mi. 9:20 Saal 5-a

Sprachverarbeitung

Impact of Pathologies on Age Estimation

Leo Schwinn

Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Informatik 5

In this paper, we present interrelations between the age estimation of patients with and without speech and voice disorders. 2672 speakers, of whom 909 suffer from speech or voice disorders, read the German version of "The North Wind and the Sun". The relation between the automatically calculated word accuracy of the speakers and the performance of the age estimation system is evaluated, in addition to the impact of pathologies on the age estimation system. The features used for the age estimation are i-vectors generated from Mel frequency cepstral coefficients. The actual age estimation is done using support vector regression. The mean absolute error between computed and chronological age was best for only healthy patients with a high word accuracy of over 70. The worst results were achieved, with only pathological patients without considering their word accuracy. It's 4.1 years and 5.8 years respectively, which is 68% and 80% of the mean absolute error of an optimistic trivial estimator.

Mi. 10:00 Saal 5-a

Sprachverarbeitung

Reproduction of Reverberation

Hans Wilhelm Gierlich, Magnus Schäfer, Torsten Ungerechts, Benedikt Koppers, Jan Reimes, Shahd Al Hares und Christoph Nelke

HEAD acoustics GmbH

Many devices that employ microphones to pick up speech signals are used in a hands-free manner. This includes, e.g., phones in hands-free mode, group-audio terminals or smart speakers with speech recognition capabilities like Amazon Echo or Google Home. Since the distance between talker and device may range from centimeters up to meters, the microphone signals contain a significant amount of noise and reverberation. Testing of these devices requires a realistic reproduction of both the noise as well as the reverberation in a defined and reproducible manner. A background noise reproduction system is already available in ETSI TS 103 224 since 2014. An accompanying system for the reproduction of reverberation is described in the upcoming specification ETSI TS 103 557. This contribution presents the reproduction setup along with the necessary digital signal processing for a realistic reproduction of reverberant sound fields in a measurement chamber. A head and torso simulator is utilized in conjunction with an equalized eight-loudspeaker arrangement to add reverberation to arbitrary speech signals. The capabilities of the reproduction system are illustrated by a comparison of room acoustic parameters and measurements that were done with commercially available devices both in a reverberant room and in the corresponding reproduction.

Mi. 10:20 Saal 5-a

Sprachverarbeitung

Applying a Neural Network Vector Quantizer For Discrete Speech Recognition

Tobias Watzel und Gerhard Rigoll

TU München, Lehrstuhl MMK

Deep Neural Networks (DNNs) conditioned on the input data \mathbf{x} are modeling the conditioned probability $P(s_k|\mathbf{x})$. Usually, these networks are combined with a Hidden Markov Model (HMM) in a hybrid approach and achieved good performance in several speech recognition tasks over the last years. Similar approaches using a Discrete Hidden Markov Model (DHMM) has been disregarded in recent past. Our approach takes a closer look at a discrete system, more precisely the so-called Neural Network Vector Quantizer (NNVQ). We demonstrate how a simple NN-VQ is build up beginning with a shallow architecture. We are adding several layers to increase the modeling capacity of the network. By creating a conditioned probability exploiting the training data, we offer a way to train the NNVQ in a supervised fashion. The proposed method provides a mapping function from the NNVQ output $P(m_j|\mathbf{x})$ which we are generating during training to a conventional DNN output $P(s_k|\mathbf{x})$. Thus, we

are able to apply a frame-based Cross Entropy (CE) training. Our experiments show that the NNVQ achieves competitive performance against continuous systems like HMM/Gaussian Mixture Model (GMM) hybrid systems.

Mi. 10:40 Saal 5-a

Sprachverarbeitung

Einfluss der Position und Stimmhaftigkeit von verdeckten Paketverlusten auf die Sprachqualität

Gabriel Mittag^a, Louis Liedtke^a, Neslihan Iskender^a, Babak Naderi^a, Tobias Hübschen^b, Gerhard Schmidt^b und Sebastian Möller^a

^a*TU Berlin, Quality and Usability Lab;* ^b*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Durch die Einführung von Paketvermittlung in Sprachkommunikationsnetzwerken hat sich die wahrgenommene Sprachqualität dieser Netzwerke in den letzten Jahren erheblich verbessert. Aufgrund einer durchgängigen Übertragung vom Sender bis zum Empfänger kommt es innerhalb des Übertragungskanals selbst kaum zu Beeinträchtigungen des Audiosignals. Wenn jedoch Übertragungsfehler oder Verzögerungen im Kanal auftreten, können Pakete verloren gehen. Moderne Codecs benutzen komplexe Paketverlust-Verdeckungsalgorithmen, die versuchen fehlende Sprachpakete zu ersetzen. Dabei synthetisieren sie ein neues Sprachsignal, basierend auf Informationen vorangegangener Sprachpakete. In dieser Arbeit untersuchen wir, wie sich diese Verdeckungsalgorithmen, in Abhängigkeit der Position des verlorenen Sprachpaketes innerhalb eines Satzes, auf die wahrgenommene Sprachqualität auswirken. Hierfür wird zwischen Paketverlusten am Anfang, in der Mitte, oder am Ende eines Lautes unterschieden. Neben der Position, in Relation zum betroffenen Laut, spielt auch die Stimmhaftigkeit des Lautes eine Rolle darin, wie sehr die wahrgenommene Qualität beeinträchtigt wird. Anhand des Verdeckungsalgorithmus des EVS Codecs konnte gezeigt werden, dass hier besonders Paketverluste, die am Anfang stimmloser Segmente und am Ende stimmhafter Segmente auftreten ins Gewicht fallen.

Mi. 11:00 Saal 5-a

Sprachverarbeitung

Unsupervised Language Model Adaptation for Speech Recognition with no Extra Resources

Karel Benes^a, K. Irie^b, Eugen Beck^b, Ralf Schlüter^b und Hermann Ney^b

^a*Brno University of Technology;* ^b*RWTH Aachen*

Classically, automatic speech recognition (ASR) models are decomposed into acoustic models and language models (LM). LMs usually exploit the linguistic structure on a purely textual level and usually contribute strongly to an ASR systems performance. LMs are estimated on large amounts of textual data covering the target domain. However, most utterances cover more specific topics, e.g. influencing the vocabulary used. Therefore, it's desirable to have the LM adjusted to an utterance's

topic. Previous work achieves this by crawling extra data from the web or by using significant amounts of previous speech data to train topic-specific LM on. We propose a way of adapting the LM directly using the target utterance to be recognized. The corresponding adaptation needs to be done in an unsupervised or automatically supervised way based on the speech input. To deal with corresponding errors robustly, we employ topic encodings from the recently proposed Subspace Multinomial Model. This model also avoids any need of explicit topic labelling during training or recognition, making the proposed method straight-forward to use. We demonstrate the performance of the method on the Librispeech corpus, which consists of read fiction books, and we discuss its behaviour qualitatively.

Mi. 11:20 Saal 5-a

Sprachverarbeitung

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

Sitzung „Sprachverarbeitung (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 11:20 (Saal 5-a); Poster-Forum: Mi. 16:00

Di.-Do.

Sprachverarbeitung (Poster)

An EEG Study: Measuring listening effort of listening to AdaptDRC-enhanced speech in adverse conditions

Amy Hall, Jan Rennies-Hochmuth und Axel Winneke

Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie

Normally hearing listeners successfully compensate for speech distortions in everyday environments, but can become fatigued as a result. This electroencephalography (EEG) study measures neurophysiological correlates of this compensation - termed listening effort (LE) - by comparing unprocessed speech to AdaptDRC-processed speech. AdaptDRC is a near-end-listening-enhancement algorithm that alters speech signals for playback, dependent on environmental noise, and significantly improves intelligibility (Schepker et al., 2013). AdaptDRC reduces subjective effort for speech in noise, even at 100% intelligibility (Rennies et al., in press). We recorded EEG while participants (N=30; normally-hearing adults) listened to unprocessed or AdaptDRC-processed OLSA sentences in noise at five SNRs, then rated the effort required to understand the speech using a modified adaptive categorical LE scale. We also measured speech intelligibility, hearing and cognitive abilities. Preliminary data analyses (N=12) indicate that speech intelligibility is at ceiling (98%) at SNRs >0dB. At these SNRs, subjective LE decreases with increasing SNR ($r=-.51$) and is lower for AdaptDRC speech than unprocessed speech. EEG analysis will identify neurophysiological markers of compensation and their relationships with subjective ratings. This experiment provides insight into the neurophysiological correlates of effortful listening in sub-optimal conditions, and the benefits

of near-end-listening-enhancement technology for public and workplace environments.

Di.-Do.

Sprachverarbeitung (Poster)

Real-Time Evaluation of an RTF-Steered Binaural MVDR Beamformer Incorporating an External Microphone

Wiebke Middelberg^a, Nico Gößling^b und Simon Doclo^c

^a*CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik;* ^b*CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all';* ^c*CvO Universität Oldenburg, Signal Processing Group*

Besides suppressing all undesired noise components and preserving the desired source, the goal of binaural noise reduction algorithms is to preserve the so-called binaural cues of both the desired source and the residual noise components. In this contribution, the binaural minimum variance distortionless response (MVDR) beamformer is considered, which is steered using the relative transfer function (RTF) vector of the desired source and thus preserves its binaural cues. In addition to four head-mounted microphones in a binaural hearing aid device we also consider a spatially separated external microphone. In [1] an estimator for the RTF vector of the desired source was proposed that exploits this external microphone, where it was shown that this estimator outperforms state-of-the-art estimators while exhibiting a low computational complexity. In this contribution, a real-time STFT- based implementation of the RTF-steered binaural MVDR beamformer in [1] was evaluated for different reverberant acoustic scenarios, showing that this beamformer yields good results in terms of noise reduction and binaural cue preservation performance.

[1] N. Gößling, S. Doclo, RTF-Based Binaural MVDR Beamformer Exploiting an External Microphone in a Diffuse Noise Field, in Proc. ITG Conference on Speech Communication, Oldenburg, Germany, Oct. 2018, pp. 106-110.

Di.-Do.

Sprachverarbeitung (Poster)

Performance Comparison of Single-Microphone Speech Enhancement Using Speech-Distortion Weighted Inter-Frame Wiener Filters

Klaus Brümann^a, Dörte Fischer^b und Simon Doclo^c

^a*CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik;* ^b*CvO Universität Oldenburg;* ^c*CvO Universität Oldenburg, Signal Processing Group*

Most single-microphone speech enhancement algorithms in the short-time Fourier transform (STFT) domain assume that neighbouring speech STFT coefficients are uncorrelated over time and frequency. Consequently, a commonly used approach is to apply a (real-valued) Wiener gain to each noisy STFT coefficient independently. Alternatively, exploiting the speech correlation between present and past time frames results in a complex-valued filter which is applied to the noisy STFT coefficients.

Several single-microphone inter-frame speech enhancement algorithms have been derived, such as the inter-frame Wiener filter (IFWF) and the inter-frame minimum variance distortionless response filter. To provide a trade-off between noise reduction and speech distortion, real-valued and complex-valued speech-distortion weighted (SDW)-IFWFs have been derived which differ in their assumptions about the speech and noise correlation matrices. In this contribution, we analyze the influence of the trade-off parameter for three real-valued SDW-IFWF implementations in a low-delay filter bank architecture. For different speech and noise signals and signal-to-noise ratios, we compare the performance of the SDW-IFWFs with the standard Wiener gain in terms of objective performance measures for speech quality and intelligibility using practically feasible estimators for the required quantities.

Di.-Do.

Sprachverarbeitung (Poster)

Implementierung und Vergleich zweier Sprachcodierungsstrategien für Cochlea-Implantate

Sean - Patrik Cretti, Lewei He und Lilia Lajmi

Ostfalia Hochschule

Mit Cochlea-Implantaten (CI) kann bei gehörlosen Menschen die Hörfähigkeit wiederhergestellt werden. Dazu werden die Schallwellen in elektrische Impulse gewandelt, welche die Hörnerven stimulieren und so zu einem Höreindruck führen. Für diese Umwandlung sind Sprachcodierungsstrategien notwendig. Diese Algorithmen haben einen wesentlichen Einfluss auf das Hörempfinden eines CI-Trägers und somit auch auf die Sprachverständlichkeit. In dieser Publikation werden zwei Sprachcodierungsstrategien vorgestellt. Die erste Strategie basiert auf dem Continuous Interleaved Sampling (CIS) Verfahren, die zweite nimmt den Psychoacoustic Advanced Combinational Encoder Algorithmus (PACE) als Grundlage. Sowohl CIS als auch PACE wurden in unseren Verfahren um die Technologie der virtuellen Kanäle erweitert. Die Audioqualität und Sprachverständlichkeit bei den hier vorgestellten Algorithmen wurden mittels subjektiven Hörtests an Normalhörenden untersucht. Dazu wurden die elektrischen Impulse mit Hilfe eines Vocoders zu einem Audiosignal synthetisiert. Die subjektiven Hörtests bestätigen die Qualitätsverbesserung durch den Zusatz von virtuellen Kanälen. Für die Schätzung der empfundenen Audioqualität bei CI-Träger ist der aus der Forschung bekannte Vocoder allerdings wenig geeignet. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wird deshalb derzeit an einer neuen Synthese gearbeitet, die eine höhere Korrelation mit dem Hörempfinden von CI-Trägern verspricht.

Di.-Do.

Sprachverarbeitung (Poster)

Frühdiagnostik von Larynxkarzinomen mittels phonetischer Analyse**Yasmina Höher***Heinrich-Heine-Schule Heikendorf*

Der Kehlkopfkrebs (Larynxkarzinom) zählt zu den häufigsten Krebserkrankungen im Halsbereich, in Deutschland sind rund 4000 Neuerkrankungen pro Jahr bekannt - Tendenz steigend. Wie bei Halskrebs erhöhen starkes Rauchen sowie übermäßiger Alkoholkonsum das Risiko einer Erkrankung. Aufgrund der wachsenden Verbreitung von Papillomaviren nimmt die Zahl der Erkrankungen überproportional zu.

Da sich der Kehlkopftumor in der Nähe der Glottis bildet, verändert sich bei einer fortschreitenden Entwicklung die Stimme. Diese Stimmveränderung wird mithilfe eines phonetischen Analyseprogramms untersucht. Dafür werden Sprachproben von an Kehlkopfkrebs erkrankten Patienten, insbesondere Schauspielern, sowohl mit deren Stimmproben aus älteren Zeiten als auch mit Stimmen gesunder Probanden verglichen. Als vorteilhaft hat sich die Auswertung eines langanhaltenden Vokaltons herausgestellt, weil dabei die Glottis geöffnet ist.

Anhand der Messergebnisse ist erkennbar, dass die Stimme durch den Tumor an den Stimmlippen tiefer und die Periodizität des Sprachsignals gestört wird. Die Perturbationen von Jitter und Shimmer nehmen zu, was eine Rauigkeit der Stimme zur Folge hat. Eine Diagnose ist somit anhand weniger Parameter machbar. Mithilfe dieser Erkenntnis könnte zukünftig eine Frühdiagnose von Erkrankungen an den Stimmlippen möglich sein. Dies könnte beispielsweise durch das Hinzufügen einer Sprachprobe in die Patientenakte bei Arztbesuchen bzw. Vorsorgeuntersuchungen unterstützt werden.

Sitzung „Sprach- und Audioqualität“

Mi. 14:00 Saal 5-a

Sprach- und Audioqualität

Sprachsignalentzerrung für einen Kunstkopf mit zeitveränderlichem Resonanzvolumen

Tobias Hübschen^a, Alexander Wilbrandt^a, Michael Brodersen^b und Gerhard Schmidt^a

^aChristian-Albrechts-Universität zu Kiel; ^bDräger Safety AG & Co. KGaA
Bei der anwendungsnahen Evaluierung von Sprachkommunikationssystemen ist es üblich einen Kunstkopf zur Wiedergabe des Quellsignals zur verwenden. Solch ein Kunstkopf ist klassischerweise statisch, das heißt der Mund bewegt sich nicht und auch eine Atmung wird vom Kunstkopf nicht simuliert. Für Anwendungen wie die Evaluierung der Kommunikationseinheiten von Atemschutzmasken ist es jedoch unabdinglich den Kunstkopf zusätzlich atmen zu lassen, da ein signifikanter Teil der in Atemschutzmasken implementierten Signalverarbeitung speziell

darauf ausgerichtet ist, natürliche und durch den Luftstrom in der Maske hervorgerufene Atemgeräusche zu unterdrücken. Wird die Atmung durch den Anschluss eines Blasebalgs an einen modifizierten Kunstkopf simuliert, so ist allerdings zu beobachten, dass klassische Ansätze zur Entzerrung des Sprachsignals nur suboptimale Ergebnisse liefern. Dies ist mitunter durch die zeitveränderliche Anpassung des Resonanzraumes zu begründen. Für diesen konkreten Fall wird in diesem Beitrag ein neues zeitvariantes Entzerrverfahren als Alternative gegenüber konventionellen zeitinvarianten Verfahren vorgestellt.

Mi. 14:20 Saal 5-a

Sprach- und Audioqualität

Zusammenhang zwischen perzeptiven Dimensionen und Störungsursachen bei super-breitbandiger Sprachübertragung

Sebastian Möller^a, Tobias Hübschen^b, Gabriel Mittag^a und Gerhard Schmidt^b

^a TU Berlin, Quality and Usability Lab; ^b Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Zur Analyse der Ursachen gestörter Sprachübertragung bieten sich analytische Hörversuche an, bei denen Probanden verschiedene perzeptive Dimensionen des Gehörten bewerten. Hierzu wurde von Wältermann ein 4-dimensionales Verfahren vorgeschlagen, welches die Dimensionen "Klangverfärbung", "Rauschhaftigkeit", "Diskontinuierlichkeit" und "Nicht-optimale Lautheit" bewerten lässt. Unklar ist bislang, in wie weit sich durch diese Dimensionen auch die technischen Störungsursachen ermitteln lassen.

Zur Klärung dieser Frage wurde das Wältermannsche Verfahren auf 7 Datenbanken angewendet, die super-breitbandige Sprache mit verschiedenen kontrolliert eingestellten Störungen enthalten. Die Bewertungen der Probanden wurden dahingehend klassifiziert, ob eine Dimension auf mehr als die Hälfte des Maximalwertes abfällt, und daraus wurden Klassen von Störungsursachen für jede perzeptive Dimension erstellt. Es zeigt sich, dass das auditive Verfahren sehr gut zur Klassifikation eingesetzt werden kann, auch wenn eine eindeutige Ursachenanalyse damit nicht möglich ist. Insbesondere gibt es Störungsursachen wie bspw. Codecs, die mehr als eine perzeptive Dimension betreffen. Allerdings lässt sich aus der perzeptiven Dimensionsanalyse auch für diese Ursachen eine Diagnose der perzeptiv dominanten Effekte erstellen. Die Ergebnisse sind für die Netzüberwachung von Bedeutung, da sich durch Schätzung der Dimensionen Störungsursachen leichter identifizieren lassen.

Mi. 14:40 Saal 5-a

Sprach- und Audioqualität

Perzeptive Audio-Qualitätsdimensionen im audio-visuellen KontextFalk Schiffner und Sebastian Möller*TU Berlin, Quality and Usability Lab*

In den letzten Jahrzehnten haben sich Informations- und Kommunikationstechnologien in einem Maße entwickelt, dass sowohl das Arbeits- als auch das Privatleben voll vernetzt sind. Die Anbieter dieser Technologien und Dienste sind stets bemüht eine "best-mögliche" Qualität zu liefern. Es kann nun argumentiert werden, dass die Qualität mittels technischer Parameter effektiv bestimmt werden kann. Nichtdestotrotz kann der Nutzer als Schlüsselfaktor in der Bestimmung der Qualität nicht außeracht gelassen werden; wenn die Technologien und Dienste auf die Nutzung durch den Menschen abzielen. Der Ansatz, nicht nur Gesamtqualität allein, sondern auch ihre wahrnehmungsbasierte Zusammensetzung zu betrachten, ist nicht neu. In der Sprach-Telefonie wurde dieser Ansatz bereits erfolgreich für passive Testszenarien und in Konversationsszenarien angewandt (vgl. Wältermann, Köster). Um nun die Anwendbarkeit der perzeptiven Audio-Dimensionen im audio-visuellen Kontext zu untersuchen, haben wir einen subjektiven Qualitätsversuch durchgeführt. Dafür haben wir typische Szenen aus der Videotelefonie (Kopf-und-Schulter-Szene) verwendet. Die Testpersonen hatten zunächst die Aufgabe, die Audio-, Video und Gesamtqualität zu bewerten. Anschließend wurden die qualitäts-relevanten Audio- und Videodimensionen der Videoproben hinsichtlich ihrer Ausprägung bewertet. Die Auswertung zeigt, dass die Audio- und Videoqualitätsdimensionen unabhängig beurteilt werden können. Somit können die Audiodimensionen auch im audio-visuellen Kontext zur Eigenschafts- und Qualitätsbeurteilung verwendet werden.

Mi. 15:00 Saal 5-a

Sprach- und Audioqualität

Qualität übertragener Sprache in drahtlosen Ad-Hoc-NetzwerkenTobias Hübschen, Muhammedul Emin Yurdakul und Gerhard Schmidt*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Die Sprachkommunikation über das Mobilfunknetz ist heutzutage absoluter Standard und zeichnet sich dabei vor allem durch Flexibilität bezüglich des Standortes aus. Es existieren jedoch lokale Anwendungen, für die der etablierte Mobilfunk nicht flexibel genug ist. Gründe hierfür können beispielsweise in der Netzverfügbarkeit, extremen Latenz- und Sicherheitsanforderungen oder der gewünschten Kommunikationsform an sich liegen. Eine Alternative zum klassischen Mobilfunk stellen drahtlose Ad-Hoc-Netzwerke dar, dessen Protokolle jeweils für die angestrebte lokale Anwendung modifiziert werden können. In diesem Beitrag werden solche experimentelle Netzwerke in Hinblick auf die Qualität der übertragenen Sprache untersucht. Die Analyse erfolgt dabei in Abhängigkeit verschiedener Netzwerktopologien und Anwendungsfälle.

Mi. 15:20 Saal 5-a

Sprach- und Audioqualität

Auditory Assessment of Echo during Double Talk and Double Talk Distortions

Stefan Bleiholder, Jan Reimes und Frank Kettler

HEAD acoustics GmbH

Unrestricted double talk capability is one of the key features for acoustic echo cancellation in hands-free devices. Typically, this is one of the most challenging performance requirements to be arranged, e.g., between suppliers and car manufacturers. Usually it is desired to have residual echo components completely removed from the uplink signal, and minimizing unwanted attenuation, disruption or distortion of the near-end speech under double talk conditions at the same time. However, current test methodologies in several measurement specifications do not correctly reflect human double talk perception - but these tests are mandatory for homologation of vehicles in some countries (e.g., eCall). As a basis for the investigation of new perceptual based double talk models several auditory tests were conducted. Since it is intended to simultaneously cover echo disturbance and double talk distortions both were included. A third-party listening test design as per ITU-T P.831 including five-point DCR ratings on a MOS scale was selected. The tests were carried out in a narrowband, wideband and super-wideband context under different disturbance scenarios. Preliminary results of this study are discussed in this contribution and future work is outlined.

Mi. 15:40 Saal 5-a

Sprach- und Audioqualität

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 190)

Mi. 16:40 Saal 5-a

Sprach- und Audioqualität

Investigations on the Influence of Combined Inter-Aural Cue Distortions in Overall Audio Quality

Pablo Manuel Delgado und Jürgen Herre

International Audio Laboratories Erlangen

There is a considerable interest in developing algorithms that can predict audio quality of perceptually coded signals to avoid the cost of extensive listening tests during development time. While many established algorithms for predicting the perceived quality of signals with monaural (timbral) distortions are available (PEAQ, POLQA), predicting the quality degradation of stereo and multi-channel spatial signals is still considered a challenge. Audio quality degradation arising from spatial distortions is usually measured in terms of well known inter-aural cue distortion measures such as Inter-aural Level Difference Distortions (ILDD), Inter-aural Time Difference Distortions (ITDD) and Inter-aural Cross Correlation Distortions (IACCD). However, the extent to which their interaction influences the overall audio quality degradation in complex signals as expressed - for example - in a multiple stimuli test is not yet thoroughly studied. We propose a systematic approach that introduces controlled

combinations of spatial distortions on a representative set of signals and evaluates their influence on overall perceived quality degradation by analyzing listening test scores over said signals. From this study we derive guidelines for designing meaningful distortion measures that consider inter-aural cue distortion interactions.

Mi. 17:00 Saal 5-a

Sprach- und Audioqualität

Sprachqualität von Fernseh-Inhalten

Theresa Liebl und Sebastian Goossens

Institut für Rundfunktechnik GmbH

Zur Messung und Beurteilung von Sprachqualität existieren zahlreiche Methoden und Modelle. Der Anwendungsbereich Fernsehen stellt dabei eine besondere Herausforderung dar und ist mit den meisten existierenden Methoden nicht klar beurteilbar. Sowohl objektive als auch subjektive Verfahren zur Beurteilung der Sprachqualität von Fernseh-Inhalten sind oft nur eingeschränkt aussagekräftig. Eine Ursache dafür ist, dass die Wahrnehmung von Sprache im TV von vielen Faktoren beeinflusst wird. So kann schon die von der Regie gewünschte Art des Sprechens sehr vielfältig sein. Auch die Wahl des Drehortes, sowie die Ton-Aufnahme an sich können die erreichbare Sprachqualität beschränken. In der darauffolgenden Bearbeitung spielen die Mischungsverhältnisse zwischen Sprache und Musik bzw. Atmo eine wesentliche Rolle. Am Ende nehmen noch die oftmals nicht idealen Wiedergabebedingungen beim Zuschauer Einfluss auf die Qualität. Dabei spielt die Kombination aus Wiedergabegerät, Raumakustik und Hörvermögen des Zuschauers eine entscheidende Rolle. Auch die Wiedergabelautstärke des TV-Signals beeinflusst wesentlich die Wahrnehmung. Neben der Schwierigkeit diese komplexe Kette sinnvoll zu beurteilen, spielt auch die richtige Fragestellung eine wichtige Rolle. Eine an sich verständliche Mischung kann dennoch qualitativ unzureichend sein, wenn die benötigte Höranstrengung zu groß ist. Der Beitrag soll einen Überblick über mögliche Problemfelder und bereits gewonnene Erkenntnisse bei der Beurteilung der Sprachqualität von TV-Inhalten geben.

Mi. 17:20 Saal 5-a

Sprach- und Audioqualität

Acoustic Performance Testing of ANC Headsets

Anuj Sethi, Silvia Poschen und Frank Kettler

HEAD acoustics GmbH

Active Noise Cancelling (ANC) headsets are quite popular today. They isolate the wearer from disturbing, tiring acoustic environment or workplaces and provide high music or speech playback quality at the same time. Additional features, such as talk-through capability, allow almost normal conversation with other persons in the vicinity of the user. These devices employ very sophisticated signal processing which cannot be comprehensively characterized by noise attenuation or SNR improvement. The effectiveness of attenuation in non-stationary scenarios, the

ANC influence on music playback, the perceptibility of the users own voice as well as conversational aspects (such as echo coupling between loudspeaker and microphone, microphone sensitivity, when linked via Bluetooth® to a mobile phone in an active phone call,...) are further parameters influencing the overall quality for the user. A set of acoustic performance tests is discussed, distinguishing the different use cases. Test results compare existing solutions on the market.

Sitzung „Sprach- und Audioqualität (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 15:40 (Saal 5-a); Poster-Forum: Mi. 16:00

Di.-Do.	Sprach- und Audioqualität (Poster)
---------	------------------------------------

Erfassung der Höranstrengung fertiger TV-Mischungen

Rainer Huber, Hannah Baumgartner, Christian Rollwage, Stefan Goetze und Jan Rennies-Hochmuth

Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotехнология

Die Sprachverständlichkeit von Wortbeiträgen in TV-Produktionen wird traditionell subjektiv erfasst, sei es von den Tonkollegen am Set oder in späteren Produktionsschritten im Studio. Innerhalb eines Produktionsprozesses werden die Aufnahmen meist viele Male gehört und das in einer optimalen Hörraumgebung - hier kann es leicht zu einer Fehleinschätzung von Mischungsverhältnissen und Sprachverständlichkeit kommen. In der Postproduktion erfolgen neben der Sichtung, dem Schnitt und der Bearbeitung des zuvor aufgenommenen Materials verschiedene Schritte der Nachvertonung sowie die abschließende Mischung. Für diese finale Mischung fließen etliche Tonspuren und Audioelemente wie Musik, Originalton, Atmosphären, Geräusche, Voice-Over etc. zusammen, wodurch es auch immer wieder zu Veränderungen der Sprachverständlichkeit kommen kann. Dieser Beitrag stellt einen referenzsignalfreien ("single-ended") Ansatz zur instrumentellen Bewertung der Höranstrengung vor, basierend auf der Auswertung von Posteriogrammen, welche bei Systemen zur automatischen Spracherkennung erzeugt werden, vor. Dieser Ansatz eignet sich allgemein zur Bewertung komplexer Mischungen von Sprach- und Hintergrundmaterial und ermöglicht die Darstellung nicht optimaler Sprachverständlichkeit in TV-Produktionen.

Di.-Do.

Sprach- und Audioqualität (Poster)

Evaluation of Quality Features in Non-Standardized Rooms: Overcoming the problem of the missing reference using MSIPMUlrike Sloma*TU Ilmenau, Institut für Medientechnik*

This contribution presents an implementation of the multiple stimulus ideal profile method (MSIPM). The method is new in the field of audio evaluation, only a few studies have used this method to assess the quality features of audio signals. The research here focuses on the evaluation of quality features of spatial audio signals in non-standardized rooms. The playback is done through loudspeaker systems. The aim is to evaluate differences in perception according to the differences in the room acoustic parameters. In prior studies assessing this question, no perceivable quality differences were found. An explanation may be that there is no reference, which is constant in all tested rooms. Each audio signal is modified by the special room acoustics. Furthermore, it is assumed that listeners adapt to the room acoustics. The idea behind the usage of MSIPM is that the listeners have an expectation of the sound of one spatial audio signal. The anticipated specification of a quality feature can be defined as its perceptual ideal point. The value may be consistent over different rooms and the evaluation of the audio signals is done relative to this ideal point value.

Sitzung „Infraschall“

Mi. 17:40 Saal 5-a

Infraschall

Zuschläge für erhöhte Belästigung bei tieffrequentem LärmDetlef Krahé*Bergische Universität Wuppertal*

Von Geräuschen mit einem tonalen Charakter geht eine erhöhte Belästigung aus. Dies wird bei der DIN 45680 (Messung und Bewertung von tieffrequenten Geräuschen) dadurch berücksichtigt, dass für Geräusche mit "deutlich hervortretenden Einzeltönen" die Bewertung in gänzlich anderer Weise erfolgt als bei Geräuschen ohne dieses Merkmal. Ob dieses Merkmal erfüllt ist, wird an Gegebenheit ausgemacht, die bei kleinster Änderung im Geräuschspektrum, zu dem einen oder anderen Schluss führen können. Das ist ein typisches Schwellenverhalten, hat aber die Konsequenz, dass kleinste Unterschiede zu dramatisch unterschiedlichen Bewertungen führen können. Vorgestellt wird ein Verfahren, das gleitend eine spektrale Auffälligkeit mittels eines Zuschlags bewertet. Neben einer solchen Auffälligkeit gibt es auch Auffälligkeiten, die zeitlich definiert sind, nämlich Geräusche, die impulsartig oder amplitudenmoduliert sind. Für solche Auffälligkeiten wurde ein weiterer Zuschlag vorgeschlagen. Die Maßgeblichkeit beider Zuschläge wurde anhand von 107 Stimuli verschiedenster Art untersucht, die den Frequenzbereich

von 10 Hz bis 100 Hz abdecken. Diese Stimuli wurden von 23 Fachleuten abgehört und durch Vergabe verschiedener Zuschläge in ihrer gesteigerten Lästigkeit beurteilt. Über die Zuschläge und deren Validierung durch die Untersuchung wird berichtet.

Mi. 18:00 Saal 5-a

Infraschall

Kompaktes verzerrungsarmes Infraschall-Einsteckhörersystem

Holger Joost^a, Björn Friedrich^b, Jesko Verhey^b und Thomas Fedtke^a

^a*Physikalisch-Techn. Bundesanstalt; ^bOtto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Abt. f. Experim. Audiologie*

Durch die stark zunehmende Zahl von Infraschallquellen stellt die Infraschall-Exposition ein immer wichtiger werdendes gesellschaftliches Problem dar. Allerdings gibt es bisher keine etablierten, praxistauglichen Verfahren zur Messung und Beurteilung von Infraschall. Weiterhin sind die Mechanismen der Infraschall-Wahrnehmung nicht hinreichend untersucht. So ist beispielsweise für die direkte Wahrnehmung durch das auditive System ungeklärt, welcher der wesentliche Mechanismus ist, mit dem das menschliche Gehör so tiefe Frequenzen überhaupt wahrzunehmen vermag. Als mögliche Ursache für das Hören von Infraschall werden nichtlineare Prozesse des Gehörs diskutiert. Um diese Mechanismen untersuchen zu können, wird hinreichend verzerrungsarme Wiedergabe- und ausreichend empfindliche Gehörgangsmesstechnik benötigt. Wir stellen ein kompaktes und entsprechend verzerrungsarmes Infraschallsystem auf Basis einer kommerziell erhältlichen Kopfhörerkapsel vor, das über ein Einsteckhörersystem die gleichzeitige Darbietung von Infraschall- und Hörschallstimuli sowie die simultane Messung von Schall im Gehörgang ermöglicht.

Sitzung „Luftultraschall“

Mi. 8:40 Saal 5-b

Luftultraschall

Quantitative, zeiteffiziente, winkel- und frequenzauflöste Analyse von Elektretwandlern im Hör- und Ultraschallbereich

Klaas Bente, Julius Oeff und Mate Gaal

BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Elektretwandler sind sensitive und immer verschleißresistenter Schallwandler, wodurch sie verbreitet Einsatz im Hör- und Ultraschallbereich finden. Geladene, zelluläre Polypropylen-Folien eignen sich besonders gut als Wandlermaterial aufgrund ihrer, verglichen mit Piezokompositen, hundertfach niedrigeren akustischen Impedanz bei gleichem piezoelektrischem Koeffizienten. Doch das winkel- und frequenzabhängige Verhalten der Wandler ist kaum untersucht und wenig quantifiziert. In dieser Arbeit wird gezeigt, dass diese Folien eine schichtdickenabhängige Sensitivität zwischen 0.1 mV/Pa und 10 mV/Pa aufwiesen. Ein Maximum in der Sensitivität fand sich nahe ihrer mechanischen Resonanzfrequenz

im Ultraschallbereich, aber auch im niederfrequenten Hörschallbereich. Darüber hinaus konnte die Winkelabhängigkeit der Sensitivität charakterisiert werden. Die Analyse konnte dabei zeiteffizient mit einem breitbandig emittierenden, thermoakustischen Wandler umgesetzt werden, sodass pro Winkel eine Messung für die Berechnung der Übertragungsfunktion des Wandlers genügte. Quantifiziert wurden die Ergebnisse durch das einmalige Vermessen des Schallfeldes des Emitters mittels Laser-Doppler-Vibrometrie. Mit den erzielten Ergebnissen wurde zum einen das komplexe Sensitivitätsverhalten der Wandler untersucht, aber auch eine grundlegende Methodik aufgezeigt, wie Wandler quantitativ, multivariat charakterisiert werden können. Winkel- und frequenzauflöste Sensitivitäten erlauben zum einen die Analyse der Anwendbarkeit der Wandler für sämtliche Einsatzgebiete, zum anderen stehen so Rückschlüsse über die mechanische Dynamik von Elektretfolien in Aussicht, da deren Sensitivität direkt mit ihrem Elastizitätsmodul skaliert.

Mi. 9:00 Saal 5-b

Luftultraschall

Ein Labormesssystem zur Charakterisierung von Luftultraschallfeldern

Robert Schöneweiß, Christoph Kling und Christian Koch

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Bei der Messung von luftgeleiteterem Ultraschall sind gegenüber Hörschallmessungen besondere Anforderungen an das Messsystem zu berücksichtigen. Es ist ein großer Frequenzbereich abzudecken, um das primäre Ultraschallsignal mitsamt seiner möglichen Harmonischen zu erfassen. Die gesamte Messkette muss dabei die Detektion und Verarbeitung von hohen Frequenzen bis beispielsweise 100 kHz ermöglichen. Darüber hinaus führt die kurze Wellenlänge von Ultraschall zu einer ausgeprägten Richtwirkung. Gemeinsam mit möglichen Reflexionen und Streuungen ergibt sich ein fein strukturiertes Interferenzmuster. Zur Charakterisierung von Luftultraschallfeldern muss diesem durch eine entsprechende hohe räumliche Auflösung bei der Schalldruckpegelbestimmung Rechnung getragen werden.

Diese vorgenannten Aspekte finden in einem Labormesssystem der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Berücksichtigung. Das dreiachsiges Scannersystem mit einem mehrkanaligen Mikrofonarray ermöglicht erstmalig die großvolumige Vermessung von Luftultraschall mit einer Auflösung im Submillimeterbereich.

Im Beitrag werden das Messsystem vorgestellt und repräsentative Ergebnisse der Schallfeldmessungen präsentiert.

Mi. 9:20 Saal 5-b

Luftultraschall

Messtechnische Charakterisierung hochintensiver fokussierter Luftultraschallfelder

Marko Liebler^a, Christoph Kling^b, André Gerlach^a und Christian Koch^b

^aRobert Bosch GmbH; ^bPhysikalisch-Technische Bundesanstalt

Hochintensive fokussierte Luftultraschallfelder werden heute beispielsweise zur Erzeugung eines haptischen Feedbacks bei einer Gesteninteraktion oder zur Generierung räumlich lokaler Audioquellen eingesetzt, wobei nichtlineare Schallausbreitungseffekte genutzt werden. Solche Schallfelder stellen besondere Herausforderungen an eine messtechnische Charakterisierung. Die hohen Schalldrücke erfordern einen großen Pegeldynamikbereich und die durch nichtlineare Effekte erzeugten Harmonischen eine hohe Bandbreite der Messkette. Weiterhin treten durch die kleinen Wellenlängen und die Fokussierung räumlich stark variierende Schallfelder auf. Im vorliegenden Fall wurde ein 40kHz Trägersignal mit Hilfe eines Ultraschall-Arrays auf einen Fokuspunkt gebündelt. Es wurden unterschiedliche Mikrofontypen auf ihre Eignung zur Vermessung solcher Schallfelder hin untersucht und Einflussgrößen auf das Messergebnis ermittelt. Am Portalscanner der PTB erfolgte eine räumliche Charakterisierung des Ultraschallfeldes. Die Ergebnisse für unterschiedliche Mikrofone und Messaufbauten wurden miteinander verglichen und werden im Vortrag diskutiert. Auf Grund der nichtlinearen Ausbreitung der Schallwelle konnten im Fokusbereich Spitzenschalldruckpegel von über 160dB gemessen werden. Die Ermittlung der Schallfeldparameter solcher Schallfelder ist erforderlich, um bei praktischen Anwendungen die Exposition von Nutzern abschätzen zu können.

Mi. 9:40 Saal 5-b

Luftultraschall

Ultraschallpegelmesser für den praktischen Arbeitsschutz

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

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

Bei der Durchführung von Lärmessungen ist neben dem Hörschall auch zunehmend luftgeleiteter Ultraschall zu berücksichtigen. Die Zahl der Beschwerden über hochfrequenten Lärm nimmt vor allem an Arbeitsplätzen der Industrie ständig zu. Herkömmliche Schallpegelmesser sind für diesen Frequenzbereich und die Besonderheiten hochfrequenter Schallfelder nicht ausgelegt, insbesondere nicht für die Anwendung im Arbeitsschutz nach VDI 3766. Vor diesem Hintergrund wurde aus dem Programm der PTB zum Transfer metrologischer Technologie (TransMeT) ein Projekt zur "Entwicklung eines Ultraschallpegelmessgerätes zum praktischen Einsatz im Arbeitsschutz" gefördert. Ein Prototyp für einen ultraschallfähigen Schallpegelmesser, der insbesondere an industriellen Arbeitsplätzen zum Einsatz kommen kann, wurde entwickelt und aufgebaut. Ziel war nicht die Entwicklung eines kommerziellen Systems, es sollten vielmehr die besonderen Anforderungen an

ein solches Gerät herausgearbeitet werden. Für den Bau wurden ausschließlich kommerzielle Komponenten verwendet und mit einer eigenen Software ergänzt. Das Gesamtsystem wurde in Anlehnung an die Anforderungen an Schallpegelmesser nach DIN EN 61672 im Labor und auch auf die Verwendbarkeit im praktischen Einsatz geprüft. Der Vortrag wird auf die Entwicklung des Systems und auf die Besonderheiten von hochfrequenten Lärmessungen im Arbeitsschutz eingehen.

Mi. 10:20 Saal 5-b

Luftultraschall

Luftschallanalyse im industriellen Einsatz - Detektion von Druckluftleckagen

Judith Liebetrau, Jakob Kirner und Sascha Grollmisch

Fraunhofer IDMT

In vielen industriellen Produktionsstätten kommen Druckluftanlagen zur Erzeugung pneumatischer Hilfsenergie zum Einsatz. Druck- bzw. Prozessluft selbst zählt zu den teuersten Energieformen und hat somit einen erheblichen Anteil am Energieverbrauch. Anlagenbetreiber haben daher großes Interesse an der zuverlässigen und vor allem frühzeitigen Erkennung von Leckagen. Aktuelle Forschungsergebnisse des Fraunhofer IDMT zeigen, dass bestehende Messmethoden auf Basis von Ultraschall durch den Einsatz von Luftschallanalysen sinnvoll ergänzt werden können. Denn bei der Leckage in Druckluftsystemen entstehen charakteristische und für das menschliche Gehör hörbare Zischgeräusche. Mit passenden Trainingsdaten können maschinelle Lernverfahren die zugehörigen Muster lernen und Leckagen somit automatisiert erkennen. In dieser Veröffentlichung werden Experimente vorgestellt, in der die Leistungsfähigkeit der Luftschallanalyse zur Detektion von Druckluftleckagen systematisch untersucht wird. Die dafür nötigen Testdaten werden, bei variierender Distanz zum Sensor und Größe der Leckage, sowohl in ruhigen als auch in lauten Umgebungen aufgenommen. Die Ergebnisse sollen zur Entwicklung von Algorithmen genutzt werden, die es ermöglichen, entweichende Prozessluft berührungslos durch den Einsatz von Mikrofonen und die Analyse des Luftschalls zu erkennen und somit die Leckagedetektion zu unterstützen.

Mi. 10:40 Saal 5-b

Luftultraschall

Listening to High-Frequency Acoustics from Gas Leaks with an Optical Microphone

Wolfgang Rohringer^a, Xavier Watremez^b, Thierry Baron^b und Balthasar Fischer^a

^a*XARION Laser Acoustics GmbH*; ^b*TOTAL SA*

Leaks emitting inflammable gases can severely compromise the safety of personnel and infrastructure in gas industry facilities. Today, airborne ultrasound is commonly used to detect, localize and quantify gas leaks. However, attenuation and possible obstructions in the sound path require operation of the sensors within the explosive hazard zone to be

effective. While handheld acoustic leak detectors for hazard areas exist, there is a lack of ATEX/Ex-certified ultrasound sensors suitable for fixed installation. We present an all-optical microphone well-suited for detecting and quantifying gas leaks in explosive atmospheres. The small, fiber-coupled sensor head is based on a miniaturized laser interferometer and can detect air-borne sound at frequencies ranging from 10 Hz up to 1 MHz. Results from two test campaigns at the TADI (Transverse Anomaly Detection Infrastructure) test site established by TOTAL are presented. The project's aim is to develop a comprehensive leak detection and quantification system by combining data from various sensing technologies. It was found that for realistic leak parameters, airborne acoustic emission up to 350 kHz is observed, and the assessment of those high frequencies can strongly boost the reliability of quantification algorithms. An outlook on analysis techniques making use of the optical microphone's features is presented.

Mi. 11:00 Saal 5-b

Luftultraschall

Entwicklung einer akustischen Kamera für die zerstörungsfreie Prüfung im Ultraschallfrequenzbereich

Ute Rabe^a, Ali Movahed^b, Thomas Waschkies^a, Jacqueline Presti^a, Nizamettin Dengiz^a, Bernd Valeske^a und Olaf Jäckel^c

^aFraunhofer-Institut IZFP; ^bFITT gGmbH; ^cGFaI e.V.

Bisherige akustische Kameras und Beamformingsysteme sind für den Bereich des Hör-schalls bis zu einer Frequenz von 20 kHz oder wenig mehr ausgelegt. Im Rahmen eines Kooperationsprojekts zwischen der GFaI e.V., dem Fraunhofer IZFP und weiteren Industrie- und Forschungspartnern soll ein Beamformingsystem für den Ultraschallbereich für Frequenzen bis 500 kHz entwickelt werden, das im Gegensatz zu bislang existierenden Systemen mit aktiver Anregung auch rein passiv nutzbar ist. Ein solches System eröffnet völlig neue Anwendungsbereiche im Bereich der zerstörungsfreien Prüfung von Komponenten- und Bauteilen sowie für die Materialcharakterisierung, da viele technische Gerä-te und Systeme auch im Ultraschallbereich signifikante Schallmissionen aufweisen. Im Rahmen dieses Beitrags wird erläutert, wie die einzelnen Komponenten des Gesamtsystems, d.h. Sensoren, Elektronik und die Datenerfassung an den erweiterten Frequenz-bereich angepasst werden sollen. Im IZFP wurden in Form von Simulationen und mit Hilfe eines synthetischen Arrays Voruntersuchungen zum Beamforming im Ultraschall-bereich durchgeführt. Ferner wurden piezoelektrische Sensoren für das Ultraschall-Beamformingsystem konzipiert, aufgebaut und charakterisiert. Diese Ergebnisse werden vorgestellt.

Mi. 11:20 Saal 5-b

Luftultraschall

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 199)

Mi. 14:00 Saal 5-b

Luftultraschall

Zerstörungsfrei Prüfen mit Luftultraschall - Vom Wandler zum industriellen Prüfverfahren

Ralf Steinhausen, Mario Kiel und Stefan Scheunemann

Forschungszentrum Ultraschall gGmbH

Die Prüfung mit Luftultraschall gewinnt in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung. Die Stärken des Verfahrens liegen in der Detektion von Delaminationen und Fehlstellen, wie fehlerhafte Klebeverbindungen und Materialinhomogenitäten. Das berührungslose Verfahren ist prädestiniert für Kunststoffe, Schaumstoffe, Holz, Verbundmaterialien, Keramiken und vieles mehr, wo die Verwendung von Wasser oder Öl als Koppelmittel nicht möglich ist. Durch den sehr großen Unterschied in der akustischen Impedanz zwischen Luft und Prüfkörper kommt es zu Signalschwächungen beim Eintritt und Austritt des Schalls von jeweils 30 dB und mehr. Um eine Prüfung dennoch möglich zu machen, muss die gesamte Technologiekette des Prüfverfahrens betrachtet werden. Im Vortrag werden moderne breitbandige Luftultraschallwandler vorgestellt. Durch die Verwendung von Kompositmaterialien und strukturierten Elektroden können die Schallfelder elektronisch geformt werden. Die Schallfelder wurden mit Hilfe eines optischen Mikrofons charakterisiert. Es werden Möglichkeiten der Signalerzeugung mittels Burst, Sweep oder Chirp an Beispielen diskutiert. Anhand von Prüfbeispielen aus der industriellen Praxis werden verschiedene Mess- und Auswerteverfahren vorgestellt. Bei allen Aspekten werden die Unterschiede und damit Vor- und Nachteile gegenüber der konventionellen Ultraschallprüfung mit Koppelmittel dargestellt.

Mi. 14:20 Saal 5-b

Luftultraschall

Air-Coupled Ultrasonic Inspection of Fiber-Reinforced Plates Using an Optical MicrophoneJanez Rus^a, David Kulla^a und Christian Grosse^b^a TU München, Lehrstuhl für zerstörungsfreie Prüfung; ^b TU München

In comparison to conventional ultrasound techniques, air-coupled ultrasound (ACU) offers an advantage in the automatization of the test process. ACU can also be conveniently applied to fragile or corrosive specimens. In ACU testing, the ultrasound (US) power losses due to impedance mismatches from air to the material necessitate a high power US source and a sensitive-enough detector on the receiver side. A novelty in our measurement setup is a laser-based optical microphone manufactured by XARION which we used together with the focusing US transducer manufactured by SONOTEC. Due to its broad frequency spectrum and small aperture, the optical microphone has a great potential for the C-scan inspection of plates. Firstly, we use it to characterize the US field of the US transducer. Secondly, we changed the setup configuration and

performed a C-scan of plates (made of CFRP, wood, PMMA) with different defects (delaminations, cracks) in the through-transmission configuration. The results show a comparable sensitivity (signal-to-noise ratio) and a better spatial resolution compared to the ACU techniques which use piezoelectric receivers.

Mi. 14:40 Saal 5-b

Luftultraschall

Luftultraschall - Datenanalyse zur Erkennung dünner verdeckter Schichten

Sebastian Wöckel

ifak e.V. Magdeburg

Die eingriffsfreie und kontaktfreie Materialprüfung mit luftgekoppelten Ultraschall ist eine aussichtsreiche Perspektive für vielseitig einsetzbare Messsysteme. Jedoch ist mit typischer Wandlertechnik die effektiv für den genannten Einsatz nutzbare Frequenz auf einen Bereich kleiner als 1 MHz beschränkt. Hierdurch weist die Schallwelle beim Übergang von Luft in den zu prüfenden Festkörper (zusätzlich zum geringen Energieeintrag ins Material) eine relativ große Wellenlänge im Bereich von Zentimetern auf. Folglich stellt die Auflösung, im Vergleich zur Wellenlänge des verwendeten Ultraschalls, kleiner Strukturen, eine wesentliche Herausforderung an die Signalstabilität, -dynamik und Signalverarbeitung dar. Der vorliegende Beitrag befasst sich am Beispiel von Transmissionsmessungen an 3-Schicht-Proben mit einem modellgestützten Verfahren zur akustischen Charakterisierung insbesondere der verdeckten Schicht. Die Dicken-Ausdehnungen liegen dabei unterhalb der physikalischen Wellenlänge. Es wird gezeigt, dass, unabhängig vom verwendeten Luftschnittsystem, ein vereinfachtes Ausbreitungsmodell genutzt werden kann, um auf Basis einer automatischen Optimierung akustisch relevante Größen abzuleiten.

Mi. 15:00 Saal 5-b

Luftultraschall

Akustische Resonatoren für Ultraschall in Luft

Tobias Merkel^a, Jürgen Harpain^b, Norbert Gorenflo^a und Jonas Stein^a

^a*Beuth Hochschule für Technik Berlin; ^bFischer Elektronik Lüdenscheid*

Ein abgeschlossenes Luftvolumen, welches durch einen Verbindungs-kanal mit der umgebenden Luft korrespondiert, bildet einen akustischen Resonator mit einer ausgeprägten Resonanzfrequenz. Wenn eine akustische Welle mit hoher Amplitude zur Anregung einwirkt, lassen sich in Öffnungs-nähe Luftbewegungen beobachten, die zu einem gerichteten Massestrom führen können. Um eine technische Nutzung zu ermöglichen, ist es wünschenswert, die Resonanzfrequenz in den Ultraschallbereich zu verschieben, damit die anregenden Schallwellen durch Menschen nicht wahrnehmbar sind. Aufbauend auf Untersuchungen an Resonatoren im einstelligen Kilohertzbereich erfolgt eine Skalierung zu nichthörbaren Frequenzen. Die damit verbundene Verkleinerung der Resonatoren erfordert besondere Herausforderungen bei der Bestimmung

der akustischen und fluidischen Eigenschaften. Zum Einsatz kommt ein extra dafür entwickeltes Impedanzmessrohr für den Ultraschallbereich. Weitere zu lösende Probleme bestehen bezüglich der Anregung der Resonatoren im Ultraschallbereich, der reproduzierbaren Fertigung von Resonatoren gleicher Eigenschaften sowie der Messung der Fluidbewegung an den Öffnungen. Aufgrund der sehr kleinen Geometrien ist ein Einsatz von Hitzdraht-Anemometern nicht geeignet, so dass als Alternative thermografische Messmethoden angewendet werden müssen. Unterstützt werden die Untersuchungen durch numerische Simulationen auf Grundlage der linearen Wellenakustik sowie durch fluiddynamische Berechnungen auf der Basis der Navier-Stokes-Gleichung.

Mi. 15:20 Saal 5-b

Luftultraschall

Ultraschall in der Instandhaltung

Nicki Bader und Peter Holstein

SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH

Ultraschallmethoden sind in der Instandhaltung seit langem etabliert. Insbesondere für qualitativ orientierte Bewertung von Zuständen und Prozessen haben sich einige Anwendungen durchgesetzt. Die Verfahren beruhen weitgehend auf einfachen analogen Technologien. Im Beitrag werden die Möglichkeiten vorgestellt, die eine konsequente Digitalisierung bietet. Das betrifft neben der Verfahrensentwicklung und Integration neuer Algorithmen in die Mess- und Prüftechnik auch die Entwicklung geeigneter Sensorik. Beispielhaft werden in diesem Kontext die Vorteile breitbandiger Sensoren für Körperschall an geeigneten Anwendungsbeispielen vorgestellt. Eine wichtige Komponente der industriellen Anwendung von Ultraschall ist die Hörbarmachung der hochfrequenten Prozesse. Auch hier liefert die digitale Umsetzung neue Möglichkeiten.

Sitzung „Ultraschall (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 11:20 (Saal 5-b); Poster-Forum: Mi. 16:00

Di.-Do.

Ultraschall (Poster)

Ortsaufgelöstes haptisches Feedback für Touch-Displays

Michael Simon^a, Sebastian Wöckel^b und Ulrike Steinmann^c

^a*Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg;* ^b*ifak e.V. Magdeburg;* ^c*Otto-von-Guericke-Univ. Magdeburg, Lehrstuhl Messtechnik*

Touch-Displays sind etablierte Mensch-Maschine-Interfaces, denen es aufgrund von fehlendem haptischen Feedback auf den üblicherweise glatten Oberflächen (Glas, Kunststoff) aber teilweise noch an Akzeptanz mangelt. Die vorgestellte Arbeit verfolgt die Realisierung einer kostengünstigen Lösung zur Integration von fühlbarer Rückkopplung mittels Körperschallwellen. Als methodischer Ansatz dient die Zeitumkehr akustischer Wellen, die im Gegensatz zu konventionellen Methoden (z.B. Unwucht-Motor) eine ortsaufgelöste Nutzerinteraktion ermöglicht. Der

Fokussierungsprozess ist dabei nicht auf ein Signal oder eine Position (lokal) begrenzt und unterstützt somit "Multi-Touch". Praxisrelevant und gegenwärtig nicht zufriedenstellend gelöst sind u.a. die Realisierung und Zuverlässigkeit von hoher Auflösung, starkem Kontrastverhältnis und das Vermeiden von Knotenlinien (Bereiche mit verminderter Effekt).

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Simulation, Optimierung und Realisierung von ortsaufgelöstem haptischen Feedback unter Verwendung gebräuchlicher Transducer. Mit dem Ziel der Integration in Touch-Geräte verschiedener Baugröße sollen Aussagen zur Parametrierung getroffen werden, die eine hohe Auflösung und Dynamik sowie ein hohes Kontrastverhältnis im Fokuspunkt sicherstellen. Im Hinblick auf eine biomechanisch maximale Rückwirkung wurden verschiedene Strategien zur Anzahl und räumlichen Anordnung der Schallwandler, Signalformen zur Kalibrierung von Zielpositionen (time forward) und optimale Signallängen bei Re-Emittierung (time reverse) analysiert. Weitere Schwerpunkte bilden das Generieren simultaner Feedbacks (≥ 2) und Vermeidung unerwünschter Störimpulse außerhalb der Fokuspunkte.

Di.-Do.

Ultraschall (Poster)

Plasma-akustische Wechselwirkungen von Mikrohohlkathodenentladungen

Daniel Kotschate

BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Während des Entladungsprozesses interagieren Mikrohohlkathodenentladungen (engl. micro hollow cathode discharges) durch verschiedenste physikalische Phänomene mit ihrer Umgebung. Analog zu Funken- und Koronaentladung treten neben den optischen Erscheinungen auch akustische Wechselwirkungen bis in den Ultraschallbereich auf. Diese Wechselwirkungen sind bisher jedoch nur selten Gegenstand der Forschung gewesen. Durch elektro-chemischen Prozesse und die Stromdichteverteilung während des Zündvorgangs erfährt das angrenzende Fluid eine, durch den thermoakustischen Effekt hervorgerufene, rapide Dichteänderung und erzeugt somit eine akustische Emission. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über den letzten Stand der akustischen Beschreibung der Mikrohohlkathode. Weiterhin wird anhand von Anwendungsbeispielen, wie der Charakterisierung von akustischen Sensoren, sowie der Nutzung innerhalb der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, die Nutzung dieser Entladungsart präsentiert. Darüber hinaus erlaubt die Kenntnis hinsichtlich der akustischen Eigenschaften der Entladung wichtige Rückschlüsse im Rahmen der Plasmadiagnostik.

Di.-Do.

Ultraschall (Poster)

Schallfeldbasierte Ultraschallmessverfahren zur gleichzeitige Messung von Schallgeschwindigkeiten und Abständen

Mario Wolf und Elfgard Kühnicke

TU Dresden, Institut für Festkörperelektronik

Klassische Ultraschallmessungen werten lediglich die Laufzeit aus, um entweder auf Materialeigenschaften oder die Geometrie von Proben schließen zu können. In den letzten Jahren gewinnen schallfeldbasierte Messverfahren, die die Welleneigenschaften des Schalls ausnutzen, um zusätzliche Informationen zu erhalten, an Bedeutung. Dieser Beitrag stellt die an der TU Dresden entwickelten Verfahren zur gleichzeitigen Messung von Schallgeschwindigkeit und Abstand in unterschiedlichen Medien vor. Dies umfasst die gleichzeitige Schichtdicken- und Schallgeschwindigkeitsmessung in Festkörpern, die ortsaufgelöste Messung der Schallgeschwindigkeit in streuenden Flüssigkeiten, deren Schallgeschwindigkeit sich kontinuierlich ändert und die ortsaufgelöste Messung der Schallgeschwindigkeitsmessung in Gewebephantomen, in denen im Gegensatz zur Flüssigkeit ruhende Streuer vorliegen. Alle Verfahren nutzen Annular-Arrays, die bei geringer Elementzahl einen in allen Richtungen schmalen Fokus und somit eine hohe örtliche Auflösung besitzen. Außerdem stellt der Beitrag die für die Modellierung der Schallausbreitung entwickelten halbanalytischen Verfahren auf der Basis von Punkt- und Ringquellensynthese vor. Diese sind notwendig, um bei der Messung auftretende Effekte vorauszusagen bzw. zu bestätigen, um Kalibrerkurven und Auswertekriterien zu finden, genutzte Modelle zu verbessern und um die erreichbare Genauigkeit zu verbessern.

Di.-Do.

Ultraschall (Poster)

TU Dresden Wear Detection Dataset (TUWEAR)Steffen Seitz*TU Dresden, Inst. f. Grundl. d. Elektrotechnik und Elektronik*

Moderne datengetriebene Verfahren der Fehlerbewertung wie z.B. Deep Learning, stellen einen neuen Ansatz zur detaillierten Auswertung für die vorbeugende Instandhaltung dar. Mit Hilfe dieser Ansätze wäre es möglich neue Methoden, zum Beispiel auf der Basis Rekurrenter Neuronaler Netzwerke, zur Analyse von Verschleißprozessen, zu entwickeln. Dadurch könnten neue Erkenntnisse zum Verlauf solcher Prozesse gewonnen werden, was insbesondere für die moderne industrielle Fertigung und Instandhaltung von wirtschaftlicher Bedeutung ist.

Dabei ist es nötig eine entsprechende Datenmenge zur Verfügung zu haben, um etwaige Algorithmen auf speziellen für die Industrie relevanten Beispielen zu testen. Allerdings sind solche öffentlich zugänglichen Daten nur schwer verfügbar, was auch den Vergleich etwaiger Algorithmen untereinander erschwert.

Das TUWEAR Datenset stellt eine solche Möglichkeit zum Training und Test von Deep Learning Algorithmen dar. Dabei wurden vier verschiedene Kugellager in einem Ermüdungsdauerversuch von Ultraschallsensoren überwacht, um etwaige Veränderungen des Systems bis hin zum Lagerschaden zu erfassen. Die Lager wurden dabei in einem entsprechenden Prüfstand mit vier Ultraschall-, einem Beschleunigungssensor, sowie einem MEMS-Mikrofon verbaut und bei einer konstanten Drehfrequenz einem möglichst praxisnahem Verschleiß ausgesetzt.

Im Rahmen des Beitrages soll dieses Datenset im Detail vorgestellt und entsprechende Veränderungen und Zeitpunkte verdeutlicht werden, um so die Vergleichbarkeit und Transparenz der verwendeten Algorithmen zu verbessern.

Di.-Do.

Ultraschall (Poster)

Fundamental investigation of the applicability of acoustic emission and vibration analysis in Ultrasonic Metal welding processes

Elie Abi Raad^a, Isabel Balz^b und Michael Vorländer^a

^a*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen;* ^b*RWTH Aachen, Lehrstuhl/Institut Schweißtechnik und Fügetechnik*

Ultrasonic Metal welding (USMW) is particularly suitable for connecting electrotechnical components. Despite industrial spread, unexplained process fluctuations may occur in USMW. The aim of this research is the fundamental investigation of the applicability of acoustic emission analysis for process analysis in USMW: to derive measurable monitoring criteria for the application, to make the process more manageable, and in the future to open up new possibilities for online process control.

For this purpose, experiments are conducted. The experiments consists of welding two thin metal plates with clean surfaces, and recording the vibrations of machine components and the airborne sound. The welding process happens at 20kHz. Two laser vibrometers record the vibrations of the anvil and sonotrode, which are directly connected to the parts to be welded, and a 1/4' microphone records the sound emitted during the process. The data is analysed, up to the fourth harmonic, to characterise the different parts of the welding process, and compared to the strength of the welds.

Di.-Do.

Ultraschall (Poster)

Impedanzmessrohr für Ultraschall

Jonas Stein, Norbert Gorenflo und Tobias Merkel

Beuth Hochschule für Technik Berlin

Mit einem Impedanzmessrohr lassen sich Reflexionsfaktoren von Materialien und Oberflächen bestimmen. Dabei muss der Rohrdurchmesser deutlich kleiner als die halbe Wellenlänge der höchsten Frequenz sein. Für Untersuchungen im Ultraschallbereich ergeben sich Rohrdurchmesser von weniger als 10mm. Die Mikrofone müssen klein sein und mit

der Membran in die Rohrwand eingebracht werden. Aufgrund der kleinen Dimensionen ergeben sich besondere Herausforderungen bei Konstruktion und Umsetzung. Übliche Mikrofone sind vor allem wegen der Baugröße und deren unzureichend präziser Platzierbarkeit ungeeignet. Wir experimentieren deshalb mit digitalen und analogen MEMS, welche neben der geringen Baugröße auch speziell für den Ultraschallbereich ausgelegt sind. Bei der Konstruktion und Messdurchführung orientierten wir uns an der DIN EN ISO 10534-2, wobei von einigen Vorgaben vor allem aufgrund der hohen Präzisionsanforderungen gegenüber der fertigungstechnischen Realisierbarkeit abgewichen wurde. Es erfolgte eine Kalibrierung mit einem schallharten Abschluss, welche bei den anschließenden Messungen als Referenz dient. Als Testobjekte standen selbst entwickelte akustische Resonatoren mit einer ausgeprägten Resonanzfrequenz im unteren Ultraschallbereich zur Verfügung. Insbesondere deren Resonanzfrequenz konnte mit dem neuen Impedanzmessrohr bestimmt werden. Im Resonanzfall wird viel Energie absorbiert. Das resultierende Reflexionsminimum kann mittels einer breitbandigen Anregung und der Auswertung des frequenzabhängigen Reflexionsfaktors anhand digitaler Signalverarbeitung und FFT-Analyse ermittelt und der Resonanzfrequenz zugeordnet werden.

Di.-Do.

Ultraschall (Poster)

Störeffektunterdrückung in 2D-Messdaten mittels DiscoGAN

Sarah Johannesmann, Dimitri Springer, Christian Thiel und Bernd Henning

Universität Paderborn

Zur zerstörungsfreien Materialparameterbestimmung können auf akustischen Wellenleitern basierende Verfahren verwendet werden Breitbandige zeit- und ortsaufgelöste Signale, die mittels Laser-Anregung an plattenförmigen Messmedien aufgenommen werden, können mittels zweidimensionaler Fouriertransformation der Signalmatrix zu einer frequenz- und wellenzahlabhängigen Abbildung verarbeitet werden, in der die ausbreitungsfähigen Moden als Grate sichtbar werden (Dispersionsabbildung). Solch eine Dispersionsabbildung kann zum Abgleich von berechneten Dispersionsdiagrammen dienen, um im inversen Verfahren auf die Materialparameter der Probe zu schließen. Dafür ist es jedoch notwendig, dass die messtechnisch erzeugte Dispersionsabbildung möglichst wenige Störeffekte enthält. Daher soll in diesem Beitrag ein Discover Cross Domain Generative Adversarial Network (DiscoGAN) zur Störeffektunterdrückungen in Dispersionsabbildungen genutzt werden. DiscoGANs werden z.B. in der Bildverarbeitung verwendet, um Beziehungen zwischen zwei Domänen, wie hier simulativ erzeugten Abbildungen und messtechnisch erzeugten Abbildungen, zu erkennen. Für dessen Anwendung werden zunächst berechnete Dispersionsdiagramme in eine synthetische Dispersionsabbildung überführt. Anschließend wird eine mathematische Abbildung von messtechnisch erzeugten störeffektbehafteten Dispersionsabbildungen zu einer synthetisch erzeugten

Dispersionsabbildung gelernt. Dies ermöglicht einerseits messtechnisch erzeugte Dispersionsabbildungen in den störungsfreien Raum der simulativ erzeugten Dispersionsabbildungen näherungsweise übertragen werden, was eine Störeffektunterdrückung zur Folge hat.

Di.-Do.

Ultraschall (Poster)

Nutzung der Hörbarmachung von Ultraschallsignalen zur (werkstofflichen) Zustandsbewertung von Maschinen- und Bauteilen

Peter Holstein^a, Nicki Bader^a, Sebastian Uziel^b und Tino Hutschenreuther^b

^aSONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH; ^bIMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH

In der Instandhaltung wird Ultraschall genutzt, um bestimmte Prozesse zu überwachen, die durch entsprechende physikalische Vorgänge im hochfrequenten Bereich entstehen. Beispiele sind turbulente Strömungsvorgänge (Lecks, Ventile), Reibungsprozesse (Bewertung von Schmierungsqualität), transiente Ereignisse (elektrische Entladungen, Mikrobruch). Ultraschall wird auch in vielen Produktionsprozessen auf charakteristische Weise erzeugt, so dass dies in vielen Fällen als Grundlage für ein effektives Condition Monitoring genutzt werden kann. Die dort verwendeten Maschinen und Anlagen, bzw. die Werkstoffe und Materialien erzeugen unter dynamischer Belastung Ultraschallemissionen, die für die Zustandsbewertung genutzt werden können. Die im Beitrag vorgestellten Systeme und Verfahren erzeugen neben der rein datentechnischen Aufbereitung des Ultraschalls während der Messung ein Audiosignal, das gewisse Charakteristika des originalen HF-Signals wiedergibt und so für die Korrelation der datentechnischen und subjektiven Interpretationen genutzt werden kann. Hierfür gibt es verschiedene Verfahren und industrielle Anwendungsszenarien. Im Beitrag wird die Aussagekraft der Audioausgabe von Ultraschallprüfgeräten sowohl datentechnisch als auch durch den Nutzer analysiert und bewertet.

Sitzung „Ultraschall“

Mi. 16:40 Saal 5-b

Ultraschall

Entwicklung eines Ultraschallrohrsensors auf Basis phononischer Kristalle

Paul Wasmer und Jens Prager

BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Die Messung von Flüssigkeitskonzentrationen in Rohrsystemen ist von großem Interesse für viele unterschiedliche Anwendungen. Die meisten Messsysteme sind jedoch nicht in der Lage, die Flüssigkeit direkt im Rohr zu untersuchen und es muss eine zusätzliche Vorrichtung, wie z.B. einem Bypass, angebracht werden, welche den Kontakt zwischen Flüssigkeit und Sensor ermöglicht. Um den Einbauaufwand gering zu halten

und die Strömungseigenschaften des Rohres nicht zu beeinflussen, wird ein neuartiges Messsystem entwickelt, welches als Teil der Rohrwand ausgeführt werden kann. Dieses neuartige System ist angelehnt an die Idee der phononischen Kristallen (PnK). PnK's bestehen im Allgemeinen aus einem Matrixmaterial, in welchem Streuzentren periodisch angeordnet sind. Dies führt beim Eintreffen einer akustischen Welle in definierten Frequenz-bereichen, sogenannter Bandlücken, zu zunehmender destruktiven Interferenz. Wird innerhalb einer solchen Bandlücke durch Einbringen einer flüssigkeitsgefüllten Kavität ein Resonanzverhalten erzeugt, kann dies genutzt werden, um die Flüssigkeit zu analysieren. Im Rahmen von Voruntersuchung wird zunächst das akustische Verhalten des PnK's, welcher für die Sensorentwicklung genutzt werden soll, unter Vernachlässigung der Flüssigkeit ausführlich untersucht. Hierbei werden zunächst die Bandlücken ermittelt und das Übertragungsverhalten betrachtet. Dieses wird im Anschluss experimentell überprüft. Hierzu werden neben herkömmlichen Fertigungsverfahren auch additive Verfahren zur Herstellung der Proben genutzt.

Mi. 17:00 Saal 5-b

Ultraschall

Numerical Analysis on Transportation Characteristics of a Self-running Sliding Stage Based on Near-field Acoustic Levitation

Yuanyuan Liu^a, Kheirollah Sepahvand^b, Kai Feng^c und Steffen Marburg^b
^a TU München, Fakultät für Maschinenwesen; ^b TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme; ^c College of Mechanical and Vehicle Engineering, Hunan University

Owing to its distinct non-contact and oil-free characteristics, a self-running sliding stage based on near-field acoustic levitation can be used in an environment, which demands clean rooms and zero noise. This paper presents a numerical analysis on the lifting and transportation capacity of a non-contact transportation system. Two simplified structure models, namely, free vibration and force vibration models, are proposed for the study of the displacement amplitude distribution. After obtaining the displacement amplitude distribution, the Reynolds equation is solved by finite difference method to obtain the lifting and thrusting forces. Analysis on the stage was acquired the levitation distance versus the amplitude and the relationship between the thrust force and the phase difference, the provided result show good agree with the published experimental results. The former result shows that the levitation distance increasing with the amplitude increasing and they are not linear relationship, and the later result shows positive thrust has been produced when the phase difference was in the range 0~180 degree and negative thrust has been produced when the phase difference was in the range 180~360 degree. The simulated data suggest the thrust force increase with the standing wave ratio decrease or the amplitude increase.

Mi. 17:20 Saal 5-b

Ultraschall

Modellbasierte und experimentelle Charakterisierung von intensiven Ultraschall-Stehwellenfeldern für die Zerstäubung hochviskoser Flüssigkeiten

Paul Dunst^a, Tobias Hemsel^a, Peter Bornmann^b, Walter Littmann^b und Walter Sextro^a

^aUniversität Paderborn; ^bATHENA Technologie Beratung GmbH

Bisher ist die Zerstäubung von Flüssigkeiten mittels Ultraschall auf niederviskose Fluide begrenzt, da Systeme für hochviskose Flüssigkeiten aufgrund ihres geringen Durchsatzes oder den hohen Kosten nicht marktfähig sind. Bei der Herstellung von feinen Polymerpulvern oder der Zerstäubung von hochviskosen Klebstoffen werden hohe Schalldrücke benötigt, die nur in gut abgestimmten Stehwellenfeldern erreicht werden. Aktuelle Forschungen konzentrieren sich daher auf die Entwicklung von Systemen, die in einem großen Arbeitsraum bei hoher Effizienz und niedrigen Kosten maximale Schalldrücke erzeugen. Als Alternative zu leistungsstärkeren Ultraschallwandlern kann die Optimierung der Randbedingungen des akustischen Stehwellenfeldes ebenfalls zu höheren Schalldrücken führen. Eine Optimierung von Reflektor- und Sono-trodengeometrie stellt sicher, dass einerseits weniger Schallwellen aus dem Prozessraum entweichen und andererseits keine Auslöschungen durch Interferenz auftreten. Dieser Beitrag zeigt zunächst die modellbasierte Optimierung eines Ultraschall-Stehwellensystems mithilfe eines linearen Modells. Zur Validierung der Modellergebnisse werden Schallfelder mithilfe des Prinzips der Refraktovibrometrie sowie mit Mikrofonen vermessen. Die in intensiven Schallfeldern auftretenden Nichtlinearitäten werden untersucht und die Abweichungen zur Modellvorhersage diskutiert. Durch Zerstäubungsversuche mit repräsentativen Testfluiden werden abschließend die Auswirkungen der Schallfeldoptimierung auf resultierende Tröpfchengrößen und damit das Potential des modellbasierten Systementwurfs gezeigt.

Mi. 17:40 Saal 5-b

Ultraschall

Imaging the bone cortex with ultrasound using a conventional transducer array

Didier Cassereau^a, Guillaume Renaud^a, Pieter Kruizinga^b und Pascal Laugier^a

^aLaboratoire d'Imagerie Biomédicale, Paris; ^bDept. Biomedical Engineering, ThoraxCenter, Rotterdam

Current clinical ultrasound scanners cannot be used to image the interior morphology of bones because they fail to address the complex physics involved.

This work shows that ultrasound imaging of the cortical shell of a long bone is possible *in vivo* if refraction and elastic anisotropy are considered. Longitudinal and transverse ultrasound images of the radius and tibia of two healthy volunteers were obtained with a 2.5 MHz linear

phased-array and a programmable ultrasound scanner. Our method assumes a medium made of different homogeneous layers. The algorithm of image reconstruction takes into account wave refraction between the layers using a ray-tracing technique. The developed methodology leads to an estimation of the compressional wave-speed and anisotropy in cortical bone. The obtained images using this technique are compared with conventional reconstruction, and show that the endosteum (inner surface of bone) becomes clearly visible.

The wave-speed in cutaneous tissue and bone, as well as the elastic anisotropy of bone are first measured by searching for optimal focus quality in the ultrasound image. These values are then used by our new reconstruction algorithm, resulting in an accurate estimation of the cortical thickness at the distal radius that agrees with X-ray CT.

Mi. 18:00 Saal 5-b

Ultraschall

Untersuchung zum Einfluss von Texturänderungen auf die Schallgeschwindigkeit von Metallen

Ulrike Schmidt^a, Mario Wolf^b, Andre Juhrig^b und Elfgard Kühnicke^b

^a *TU Dresden, IFE; b TU Dresden, Institut für Festkörperelektronik*

Die Schallgeschwindigkeiten in Metallen werden von deren elastischen Eigenschaften und der Dichte des Materials bestimmt. Wirken Kräfte auf das Metall, kommt es neben der Formänderung auch zu einer Texturänderung (Änderung der Kristallstruktur). Bisherige Arbeiten untersuchen den Einfluss dieser Texturänderung auf die nichtlineare Schallausbreitung und stellen eine Amplitudenerhöhung der höheren Harmonischen mit zunehmender Dehnung fest.

In diesem Beitrag wird der Einfluss der Texturänderung auf die Longitudinal- und Transversalwellengeschwindigkeit bei linearer Schallausbreitung in Metallen untersucht. Dazu wurden Zugproben aus Stahl und Aluminium hergestellt und es werden sowohl im ungedehnten Zustand, als auch in mehreren Dehnungszuständen die Dicke und Schallgeschwindigkeit der Proben simultan bestimmt. Zur Messung werden die Fokussierungseigenschaften von Ultraschall Annular Arrays ausgenutzt und die Signale so fokussiert, dass die Amplitude des reflektierten Signals maximal wird. Mit den bestimmten Verzögerungszeiten und der Laufzeit zwischen Oberfläche und Rückwand stehen 2 Messgrößen zur Verfügung, um Probendicke und Schallgeschwindigkeit gleichzeitig zu bestimmen und somit sowohl die Formänderung, als auch die Schallgeschwindigkeitsänderung mittels einer Messung zu erfassen.

Sitzung „Akustische Messtechnik und Sensorik 2“Mi. 8:40 Saal 6Akustische Messtechnik und Sensorik 2**Einsatz von FPGA und SoC Technologien für Akustisch Instrumentierte Eissonden**

Dmitry Eliseev, Stefan Wickmann, Lars Steffen Weinstock, Simon Zierke und Dirk Heinén

RWTH Aachen, III. Physikalisches Institut

In dem Vortrag wird die Verwendung von FPGA und SoC Technologien für die Realisierung von Datensystemen akustisch instrumentierter Eissonden betrachtet. Die im Vortrag diskutierten Datensystemen verwenden die Xilinx-Spartan-6 FPGAs sowie Xilinx-Zynq SoCs. Die Verwendung der FPGA- und SoC Technologien ermöglicht bei einem kompakten Aufbau parallele Datenerfassung von mehreren akustischen Sensorkanälen sowie das Synchronisationsverfahren und den Umgang mit weiterer Sondensorik. Im Vortrag werden die folgenden Themen diskutiert: Architektur der Datensystemen, Verteilung der Aufgaben zwischen Processorkernen und programmierbarer Logik, Einsatz von Embedded Linux und Entwicklung der dafür benötigten Linux-Kernel Module. Die betrachteten Schmelzsonden werden im Rahmen des vom BMWi geförderten EnEx Initiative des DLR Raumfahrtmanagements entwickelt. Die entwickelten Navigationstechnologien werden für eine zukünftige Raumfahrtmission zum Saturn Mond "Enceladus" verwendet.

Mi. 9:00 Saal 6Akustische Messtechnik und Sensorik 2**Akustische Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften künstlich gealterter Polymere**

Manuel Webersen, Matthias Hüttner, Fabian Woitschek, Elmar Moritzer und Bernd Henning

Universität Paderborn

Präzise Kenntnis der mechanischen Eigenschaften von polymeren Werkstoffen hat sowohl für die Konstruktion als auch für die Bewertung der Betriebssicherheit und Restlebensdauer mechanischer Komponenten in Leichtbauanwendungen eine große Bedeutung. Zur Prädiktion bzw. messtechnischen Bestimmung werden dabei traditionell Verfahren wie die mechanische Zugprüfung eingesetzt, bei denen der Prüfling exemplarisch zerstört wird.

Im Fachgebiet Elektrische Messtechnik werden alternative Verfahren zur zerstörungsfreien Materialcharakterisierung auf Basis von Ultraschall entwickelt. Für diesen Beitrag kommen zwei verschiedene Verfahren zum Einsatz, die die Materialabhängigkeit der dispersiven Eigenschaften akustischer Wellenleiter ausnutzen. Es können einerseits plattenförmige und andererseits hohlzylindrische Proben untersucht werden. Dabei wird ein Simulationsmodell mit der jeweiligen Geometrie angesetzt, dessen mechanische Materialparameter iterativ variiert werden, bis das

Modellverhalten die realen Messdaten möglichst gut abbildet (inverses Messverfahren).

Vorgestellt werden die so ermittelten Ergebnisse einer Untersuchungsreihe, in der unterschiedliche Materialien (Polyamid 6, Polypropylen) über Zeiträume von bis zu 3000 Stunden hydrothermisch gealtert wurden. Auf diese Weise kann gezeigt werden, dass selbst geringe Unterschiede im mechanischen Verhalten der Proben aufgrund der hohen Empfindlichkeit der Messverfahren erfasst werden können. Gleichzeitig modelliert diese Untersuchung eine Langzeitüberwachung von Bauteilen, die zum Beispiel Witterungseinflüssen ausgesetzt sind. Die akustisch bestimmten mechanischen Materialparameter werden außerdem mit den Ergebnissen klassischer (zerstörender) Messverfahren verglichen.

Mi. 9:20 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 2

Messung von richtungsabhängigen Materialkennwerten in Transmissionsrohren

Daniel Sgrieff und Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Ziel eines vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Fachagentur nachwachsende Rohstoffe geförderten Verbundprojekts ist es, die Anwendbarkeit von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen zu verbessern. Im Rahmen dieses Projekts wurden an der PTB zwei neue Transmissionsrohre nach ASTM E 2611-09 aufgebaut, die eine Messung der akustischen Kenngrößen, z.B. komplexe Wellenzahl und Impedanz, im Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 7 kHz ermöglichen. Die Rohre besitzen einen quadratischen Querschnitt, so dass würfelförmige Materialproben in insgesamt 24 verschiedenen Ausrichtungen eingebaut werden können. Außerdem ist auch eine Messanordnung als Kundt'sches Rohr nach ISO 10534-2 möglich, so dass nach unterschiedlichen Methoden gemessene Absorptionsgrade und Impedanzen verglichen werden können. Im Beitrag wird auf die Konstruktion der Messrohre und die Ergebnisse von Testmessungen eingegangen. Zudem werden Messergebnisse für verschiedene Probenausrichtungen sowie für Schüttungen vorgestellt.

Mi. 9:40 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 2

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 213)

Mi. 10:00 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 2

Ferroelektret-Nanogeneratoren mit Parallel-Tunnel-Ferroelektreten

Perceval Pondrom^a, Xiaoqing Zhang^b, Gerhard M. Sessler^b, Ximing Ma^c und Mario Kupnik^d

^a*Fachgebiet SAM, TU Darmstadt;* ^b*TU Darmstadt - Institut für Nachrichtentechnik;* ^c*Tongji University, School of Physics Science and Engineering;* ^d*TU Darmstadt, Fachgebiet Mess- und Sensorotechnik*

Im vorliegenden Beitrag werden Ferroelektret-Nanogeneratoren (FENG) vorgestellt. FENG lassen sich in die Kategorie der Piezoelektret-Energy-Harvester einordnen. Die in FENG verwendeten Parallel-Tunnel-Ferroelektrete (oder -Piezoelektrete) bestehen aus Sandwichstrukturen aus Fluoropolymerfolien und weisen im Unterschied zu Ferroelektreten aus zellularem Polypropylen einen starken transversalen Piezoeffekt auf. Piezoelektrische Spannungskonstanten g_{31} im Bereich von 3 Vm/N wurden gemessen, die im Vergleich zu den herkömmlichen piezoelektrischen Materialien PZT oder PVDF sehr hohe Werte darstellen. Die hohe Flexibilität, die geringe Masse und die kleinen Abmessungen von Parallel-Tunnel-Ferroelektreten ermöglichen ihren Einsatz als Nano- und Mikrosensoren oder Nanogeneratoren. Die im vorliegenden Beitrag vorgestellten FENG bestehen jeweils aus einem länglichen Piezoelektretstreifen, der an beiden Enden einer U-förmigen Halterung eingespannt ist und in dessen Mitte eine seismische Masse befestigt ist. Bei einer Beschleunigung von 1 g ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) und einer seismischen Masse von $0,3 \text{ g}$ wird eine Leistung von $108 \mu\text{W}$ bei einer Resonanzfrequenz von 57 Hz generiert. Wenn man die geringe seismische Masse betrachtet, übertrifft dies deutlich die in der Literatur mit Piezoelektret-Energy-Harvestern zuvor vorgestellten Ergebnisse und ist vergleichbar mit den besten Ergebnissen mit gängigen piezoelektrischen Energy-Harvestern. Die Untersuchung von alternativen Anordnungen lässt eine weitere Verbesserung der generierten Leistung erwarten.

Mi. 10:20 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 2

Measurement of the Four Pole Matrix of a Sample in a Transmission TubeRene Boonen*Nabla Technisches Beratungsbüro*

A transmission tube has been developed to measure the four pole matrix of a sample of absorbing material. The electrical analogy of a sample in a transmission tube can be considered as a T-equivalent circuit of three impedances, two in series and one in parallel. As consequence, three measurements with three different closing impedances needs to be carried out. From these measurements, a set of equations will result from which the three impedances of the T-equivalent circuit can be determined in real and imaginary parts in terms of frequency. Once these impedances are known, any four pole matrix, such as the transfer or the scattering matrix, of the sample can be set up. The method has been

validated by measurements of several sample combinations in the impedance tube. A good agreement has been established between transmission tube and impedance tube measurements in a range of 40Hz-4kHz.

Mi. 10:40 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 2

Further considerations on theoretical applications on the sound power substitution method

Spyros Brezas und Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

The characterization of sound sources is based on their emission and is quantified by sound power. In broadband analysis the sound power frequency range is limited to frequencies between 50 Hz and 20 kHz, at most. The traceability for the sound power in free-field conditions is suggested as the tool to extend the usable frequency range in sound power measurements. A previous study presented the influential factors of the theoretical implementation of the substitution method, which is a key component for traceability. Further analysis is discussed in the present study. After optimizing the computational needs for the calculations, the substitution method was applied to various configurations. Different source orders were taken into consideration. The sources were positioned in different geometries of different impedances and the substitution was performed in order to project realistic sound power measurements.

Mi. 11:00 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 2

Parametrische Verteilungsmodellierung von Stichproben diskontinuierlicher Schallmesswerte

Alois Heiß

Independent Researcher, Garching bei München

Oft liegt die Verteilung von Schallmess- oder Kennwerten als Kollektiv von diskreten Einzelwerten vor. Für deren weitere Verarbeitung kann es jedoch zweckmäßig sein, diese Einzelmesswerte durch eine kontinuierliche Summenhäufigkeitsfunktion zu interpolieren, etwa um zwischenliegende Perzentilwerte zu bestimmen oder prognostisch die Summenhäufigkeit (SH) simultan überlagerter Geräusche dazustellen. Diese Interpolation kann zwar grundsätzlich auch mit den gängigen Verteilungstypen, wie etwa der Normalverteilung versucht werden. Der Nachteil dabei ist, dass damit ein reales Messergebnis in der Regel nur näherungsweise dokumentiert werden kann. Dieser Mangel lässt sich vermeiden, indem dem parametrischen Modell der SH ein arttypisch monoton ansteigender und die Messpunkte enthaltender Verlauf zugrunde gelegt wird. Dies ist durch eine Exponentialfunktion möglich, mit einer Funktion des Merkmalswertes, z. B. Schalldruckpegel, ausschließlich im Exponenten. Dort steht ein Polynom, dessen Grad gleich dem Stichprobenumfang ist,

mit genau so vielen, zunächst unbekannten Koeffizienten. Davon ausgehend lässt sich ein lineares Gleichungssystem zur Bestimmung der Polynomkoeffizienten erstellen. Nach der Lösung des linearen Gleichungssystems werden zum Abschluss des Modellierungsprozesses die Koeffizienten in den Polynom-Ansatz mit kontinuierlich verlaufenden Merkmalsvariablen eingesetzt. Damit sind der Überschreitungsanteil bzw. die Summenhäufigkeit und auch die Verteilungsdichtefunktion als kontinuierlich verlaufende Funktionen bestimmt. Im Vortrag wird der dem Verfahren zugrunde liegende Algorithmus vorgestellt und beispielhaft seine Anwendung gezeigt.

Mi. 11:20 Saal 6

Akustische Messtechnik und Sensorik 2

Schallabsorptionsmessungen im Hallraum: Unsicherheitsermittlung aus Ringversuchen

Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Die Lebensqualität in Räumen wird wesentlich durch eine angemessene Akustik beeinflusst. Entsprechende raumakustische Planungen erfordern als Eingangsgröße u.a. die Schallabsorption der Raumbegrenzungsflächen und der Einrichtungsgegenstände, wozu üblicherweise Messwerte aus Hallräumen herangezogen werden. Damit kommt der gemessenen Schallabsorption eine erhebliche Bedeutung bei der Vermarktung entsprechender Produkte zu. Zum Vergleich von Produkten ist es erforderlich, der gemessenen Schallabsorption eine Unsicherheit beizumessen. Dazu sollen in einer zukünftigen DIN EN ISO 12999-2 realistische Schätzwerte für die Messunsicherheiten angegeben werden, die auf Ringversuchen beruhen. Im Vortrag wird auf die zugrundeliegende Datenbasis eingegangen, und es werden die ermittelten Vergleichs- und Wiederholstandardabweichungen für den Absorptionsgrad in Terzen und für den bewerteten Absorptionsgrad vorgestellt. Außerdem wird gezeigt, wie auch für die äquivalente Absorptionsfläche eine Unsicherheit realistisch abgeschätzt werden kann.

Sitzung „Akustische Messtechnik und Sensorik (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 09:40 (Saal 6); Poster-Forum: Mi. 16:00

Di.-Do.

Akustische Messtechnik und Sensorik (Poster)

Multitonmeßtechnik für Akustik und Elektroakustik in drei exemplarischen AnwendungenAlexander Potchinkov*TU Kaiserslautern, FB EIT*

Messungen von Frequenzbereichseigenschaften akustischer und elektroakustischer Systeme mit Multitonsignalen sind schon seit einigen Jahren Stand der Technik. Multitonmessungen sind wegen ihrer innenwöhnenden Parallelität gegenüber Eintonmessungen hocheffizient und wegen ihrer an System- oder Auswertungseigenschaften anpassbarer Amplitudencharakteristik universell. Sie sind aber wegen nicht ohne weiteres separierbarer Intermodulationsartefakte bei den schwach nichtlinearen Systemen der Technik problematisch. Multiton Signale sind technisch bei vertretbarem Aufwand nur mit digitaler Signalverarbeitung möglich und sowohl hinsichtlich ihrer Erzeugung als auch ihrer Auswertung mit der DFT, d.h. periodische Signale im Zeit- und im Frequenzbereich mit gleichen Folgenlängen, verbunden. In diesem Beitrag werden drei exemplarische Anwendungen angesprochen, die Messung von MIMO-Systemen mit disjunkten Multiton-Signalen, die aus einem günstigen Referenzsignal abgeleitet werden, Multiton-Signale als verbesserte Alternativen zu farbigen Rauschsignalen und eine iterative Technik, die Phasenrandomisation, zur Unterdrückung der o.g. in einem Schritt nicht separierbaren Intermodulationsartefakte.

Di.-Do.

Akustische Messtechnik und Sensorik (Poster)

Einfluss von Windbällen bei MessungenLucas Heidemann^a und Manuel Männel^b^a*Chalmers University of Technology, Göteborg;* ^b*Müller-BBM GmbH*

Bei Außenmessungen von Geräuschen werden häufig Windbälle verwendet, um unerwünschte Störgeräusche durch Wind sowie eine Verschmutzung des Mikrofons zu verhindern. Es wird meist davon ausgegangen, dass der Windball keinen Einfluss auf das Messergebnis hat. Im Zuge der Entwicklung eines Haltesystems für Windbälle wurde der Einfluss der Komponenten auf das Messergebnis untersucht. Dazu wurden in einem reflexionsarmen Halbraum Messungen zur Richtcharakteristik eines Mikrofons ohne Windball, mit Windball, mit Haltesystem sowie mit Haltesystem und Windball durchgeführt. Während der Einfluss des Haltesystems auf das Messergebnis im Rahmen der Messunsicherheit war, wurde im Bereich von 2 kHz bis 4 kHz richtungsunabhängig eine Erhöhung des gemessenen Schalldruckpegels bei Verwendung eines Windballs festgestellt. Die Abschirmwirkung des Windballs gegen Wind wurde ebenfalls untersucht und eine gute Abschirmung abhängig vom

Frequenzbereich festgestellt. Oberhalb von 50 Hz konnte bei weißem Rauschen mit einem A- bewerteten Schalldrucksummenpegel von 95 dB(A) und einer Windgeschwindigkeit von 3 m/s kein Einfluss des Windes bei der Verwendung des Windballs mehr festgestellt werden.

Sitzung „Lärmausbreitung / Windkraftanlagen“

Mi. 14:00 Saal 6

Lärmausbreitung / WKA

Berechnung von Mehrfachbeugung bei großen Entfernungen mit strahlbasierten Näherungsverfahren - ein Verfahrensvorschlag

Wolfgang Probst

DataKustik GmbH

Im Rahmen der Lärmkartierung nach der Europäischen Umgebungs lärmrichtlinie ist es oft erforderlich, auch die von weit entfernten Quellen verursachten Schallimmissionen zu berechnen. Dies hat sich vor allem dann als problematisch erwiesen, wenn die direkte Sichtverbindung in bebauten Gebieten blockiert ist und aufgrund von ausbreitungsgünstigen meteorologischen Bedingungen mit strahlbasierten Näherungsverfahren wie dem französischen Verfahren NMPB 2008 nach unten gekrümmte Strahlverläufe zu berücksichtigen sind. Die in diesem Verfahren festgeschriebene Methodik, die auch im Verfahren CNOSSOS-EU:2015 zur Umsetzung der Europäischen Umgebungslärmrichtlinie übernommen worden ist, führt in vielen Fällen bei Einfügung weiterer Gebäude in das Gebiet zwischen Quelle und Immissionspunkt zu einer Erhöhung der berechneten Schalldruckpegel. Der Grund für derartig unplausible Ergebnisse liegt in einer aus physikalischen Gründen ungeeigneten Übertragung des sogenannten "Gummibandverfahrens" auf die genannten ausbreitungsgünstigen meteorologischen Bedingungen. Zur Behebung dieses Mangels wurde ein Verbesserungsvorschlag mit einer logischen und physikalisch plausiblen Erweiterung des genannten Gummibandverfahrens auf derartig gekrümmte Schallstrahlen erarbeitet. Das Verfahren wird erläutert und die mit ihm erzielten Verbesserungen werden an praktischen Beispielen demonstriert.

Mi. 14:20 Saal 6

Lärmausbreitung / WKA

Zum Krümmungsradius in der DIN ISO 9613-2 - eine Analyse mit dem Schallwetter

Karl-Wilhelm Hirsch und Christian Kleinhennrich

Cervus Consult GmbH

Bei der anstehenden Überarbeitung der DIN ISO 9613 gibt es Bestrebungen, die in dieser wichtigen Norm für die Ausbreitungsrechnung von Gewerbe- und Industriegeräuschen bisher vorgegebene Konstante für den Krümmungsradius (5000 m) abstandsabhängig zu formulieren. Ziel ist es, die Immissionsprognosen mit dieser Norm genauer zu machen.

Der Krümmungsradius spielt im Kernverfahren der DIN ISO 9613-2 keine offensichtliche Rolle. Erst bei Dämpfungsbeiträgen durch Wald oder durch Bebauung beispielsweise wird er explizit wirksam. Nun soll er auch bei der Berechnung der Schirmgeometrie Eingang finden. Damit werden Kreisstrahlen möglicherweise mit abstandsabhängigen Krümmungsradien in das Kernverfahren der DIN ISO 9613-2 eingeführt. Der Beitrag stellt eine statistische Analyse des Krümmungsradius auf der Basis des Schallwetters vor. Diese Analyse erlaubt belastbare Aussagen zu dieser Abstandsabhängigkeit. Dabei wird für alle schallausbreitungsgünstigen Stunden eines Jahres eine Kreisstrahlennäherung aus dem physikalischen Ausbreitungsmodell für geschichtete Atmosphären berechnet. Die ermittelte Verteilung dieser Krümmungsradien ist sowohl abstands- als auch winkelabhängig. Die Analyse kann eine Grundlage für die Einführung einer normgerechten Formulierung einer Abstandsfunktion für den Krümmungsradius sein. Es bleibt aber zu diskutieren, ob durch die Einführung dieser Abstandsabhängigkeit die Prognosen im Sinne des Immissionsschutzes tatsächlich um so viel „genauer“ werden, dass der steigende Rechenaufwand zu rechtfertigen ist.

Mi. 14:40 Saal 6

Lärmausbreitung / WKA

Windenergieanlagen und WHO-Umgebungslärm-Leitlinien

Detlef Piorr

LANUV NRW

Am 10.10.2018 berichteten die Medien unter der Überschrift wie "Lärm von Windturbinen kann krank machen" über die am gleichen Tag von der WHO vorgestellten "Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region". In der Meldung wird ausgeführt: "Windenergieanlagen machen Lärm, und der sollte nach einer neuen Richtlinie der Weltgesundheitsorganisation (WHO) durchschnittlich 45 Dezibel tagsüber nicht überschreiten. „Lärm von Windenergieanlagen oberhalb dieses Wertes ist mit schädlichen gesundheitlichen Auswirkungen verbunden“, heißt es in dem WHO-Bericht." In Deutschland dürfen die Geräusche Windenergieanlagen nach der TA Lärm auf Allgemeine Wohngebiete mit einem Beurteilungspegel von 55 Dezibel tagsüber und von 40 Dezibel nachts, auf Dorfgebiete mit 60 dB(A) tags und 45 dB(A) nachts einwirken. Ist also mit der WHO-Empfehlung ein höheres Schutzniveau vor den Geräuschimmissionen von Windenergieanlagen verknüpft als dasjenige, welches in Deutschland bei Einhaltung der Richtwerte der TA Lärm gegeben ist?

Mi. 15:00 Saal 6

Lärmausbreitung / WKA

Zeitliche Veränderungen der durch Windenergieanlagen verursachten Immissionspegel**Till Kühner****Dr. Kühner GmbH**

Die in großen Entfernung durch Windenergieanlagen (WEA) verursachten Schalldruckpegel sind durch ständige Veränderungen geprägt. Die Schallleistung der WEA hängt direkt mit ihrer elektrischen Leistung zusammen, und diese wiederum mit dem Wind. Entsprechend ist zu erwarten, dass auch die Pegel in großen Abständen von der Stärke des Winds abhängen. Ebenso wenig überrascht, dass Immissionspegel von der Windrichtung abhängen. Kurzzeitig kann oft auch in großen Entfernung ein rhythmisches An- und Absteigen der Pegel im Takt der Bewegung der Flügel der WEA beobachtet werden, das als "Wuschen" und "Stampfen" hörbar ist, und als Amplitudenmodulation bezeichnet wird. Führt man eine zeitliche Mittelung der Pegel so durch, dass die Amplitudenmodulationen nicht mehr sichtbar sind, z.B. mit einer Mittelungszeit von 2 Sekunden, kann man einen zeitabhängigen, aber von Amplitudenmodulationen unabhängigen Pegel beobachten, der auch bei konstanter Windrichtung und Leistung der WEA ständigen Änderungen unterliegt. Gegenstand des Vortrags ist die zeitliche Erhaltung und Veränderung der Immissionspegel bei konstanten Rahmenbedingungen an der WEA.

Mi. 15:20 Saal 6

Lärmausbreitung / WKA

Wirkung der WEA-Geräusche auf den Menschen**Kai Pies^a, Sergio C. Martinez^b und Dan Pies^a****^a Schallt. Ing.-Büro Pies GbR; ^b TÜV Rheinland Energy GmbH**

Windenergieanlagen tragen maßgeblich zur Umsetzung der Energiewende bei. Die durch diese Anlagen verursachten Geräusche führen nicht selten zu Beschwerden von Anwohnern, die sich belästigt fühlen. Neben der Höhe des Mittelungspegels und der spektralen Geräuschcharakteristik ist die Amplitudenmodulation (AM) eine wesentliche Größe zur Beschreibung der empfundenen Wirkung der Geräusche. Aktuelle Untersuchungen legen nahe, dass diese Wirkung der Geräuschimmissionen von WEA mittels logistischer Funktionen beschrieben werden kann. Im Rahmen des vorliegenden Beitrages wird aufbauend auf dieser Idee eine entsprechende Funktion hergeleitet und vorgestellt. Eingangsgrößen sind der Mittelungspegel sowie der messtechnisch erfasste und ausgewertete Parameter "pAM5", dessen Bestimmung und Berechnung in vorangegangenen Veröffentlichungen (DAGA 2018) beschrieben wurde. Die empirisch ermittelte Wirkungsfunktion wird anschließend mit einer Vielzahl von Hörbeispielen abgeglichen.

Mi. 15:40 Saal 6

Lärmausbreitung / WKA

FE-based Modeling of Gear-excited Vibrations and Vibroacoustic Transfer in Wind Turbine Drivetrains

Marc Zarnekow, Thomas Grätsch und Frank Ihlenburg

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

The control of noise emission from wind turbines, especially tonalities in the far-field noise spectrum, has become an issue of growing attention and strict regulation. The tonalities can be traced back to mechanical sources within the drivetrain, e.g. gearbox or generator. We present a hybrid approach for gear modeling that combines a detailed finite element analysis of meshing configurations with analytical models for the transient dynamics of helical gears. A comparison with results from the literature shows excellent agreement for spur gears. We also present numerical results for helical gears, which so far have not been extensively studied. The results from the FE analyses are then used to simulate the transient dynamics of the gear system with analytical models. This modelling is applied to the analysis of a wind turbine gearbox, and the resulting frequency spectra are compared to acoustic field measurements. The peak frequencies match exactly over a broadband spectrum of several KHz, where the amplitudes match the experimental measurements qualitatively very well. The excitation model shall be applied in the simulative investigation of the propagation of structural sound through the drivetrain and the radiation of air-borne sound from major vibrating parts of the wind turbine.

Sitzung „Meeresakustik und Wasserschall 1“

Mi. 16:40 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 1

Untersuchung zur Variabilität der Schallausbreitung im Flachwasser

Jan Abshagen und Volkmar Nejedl

Wehrtechnische Dienststelle 71

Die Ausbreitung von Wasserschall im Meer hängt in besonderem Maße von den ozeanographischen Bedingungen sowie den Eigenschaften der begrenzenden Flächen, wie z.B. des Meeresbodens, ab. Die Variabilität der ozeanischen Schichtung sowie der Strömungsbedingungen, hervorgerufen z.B. durch kleinskalige Turbulenz oder den Tidestrom, kann auf unterschiedlichen Zeitskalen zu einer ausgeprägten Variabilität der Schallausbreitungsbedingungen im Meer führen. Es werden Ergebnisse von experimentellen Untersuchungen zur Schallausbreitung und deren Variabilität in der Nordsee vorgestellt. Die Schallsignale wurden bei einem der Experimente von einem stationären Wasserschallsender, welcher von FS Elisabeth Mann Borgese (IOW) abgehängt wurde, ausgesandt und mit einer stationären AMAR-Boje an unterschiedlichen Positionen im Abstand bis zu 10 km empfangen. Der Ausbreitungsverlust

wurde zudem kontinuierlich mit einer frei driftenden Sendeboje und einer Empfangsantenne, die mit niedriger Geschwindigkeit geschleppt wurden, gemessen.

Mi. 17:00 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 1

Experiment zur Wasserschall-Meeresboden-Massen-Kopplung

Arne Stoltenberg und Ingo Schäfer

Wehrtechnische Dienststelle 71

Eine auf dem Meeresboden abgelegte Masse erhöht lokal die Dichte des Bodens. Dadurch ergeben sich andere Schwingungseigenschaften des meist als quasiflüssig angenommenen Sediments. Um diese Auswirkungen auf das Gesamtsystem Masse - Sediment zu untersuchen, wurde ein skaliertes Modellexperiment für den Wassertank der WTD 71 entworfen.

Bei akustischer Anregung wird der Körperschall von Körpern gleicher Form aber verschiedener Dichten auf der simulierten Bodenoberfläche angeregt und ihre Antwortschwingung auf dem Sediment erfasst. Die Körperschallschwingungen werden mit den Vorhersagen von Formeln zur Amplitudenabschwächung als Funktion der Dichten und Geometrien der beteiligten Körper verglichen, um diese Vorhersagen zu verifizieren.

Mi. 17:20 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 1

Untersuchung zur Approximation der Bathymetrie bei der Berechnung von 3D-Rammschallausbreitung im Wasser

Jonas von Pein, Elin Klages, Stephan Lippert und Otto von Estorff

Technische Universität Hamburg (TUHH)

Die Errichtung von Offshore-Infrastruktur, insbesondere der Ausbau der Offshore-Windenergie, führt in der Regel zum Eintrag von Rammschall in das Wasser, da die meisten Strukturen auf Pfahlgründungen basieren. Die resultierenden potentiell sehr hohen Schalldrücke können für marine Säugetiere schädlich sein.

Zur Vorhersage der Schallpegel sowie zur Abschätzung der Notwendigkeit von Schallschutzsystemen sind numerische Berechnungsmethoden notwendig. Da bei starken Änderungen der Bathymetrie die bei den gängigen Modellen angenommene Rotationssymmetrie nicht mehr gegeben ist, wird ein 3D-Modell entwickelt. Dieses basiert auf einem Parabolic Equations (PE) Ansatz mit einer split-step Padé Approximation in Azimut- und Tiefenrichtung. Als Startwerte für das PE-Modell werden die Ergebnisse eines detaillierten Finite-Elemente-Modells genutzt. Hierdurch ist auch die Berücksichtigung von Schallschutzmaßnahmen möglich. An realen Beispielen, die verallgemeinert als Canyon und als schiefe Ebene betrachtet werden können, wird gezeigt, inwieweit die Approximation der Bathymetrie Auswirkungen auf die berechneten Schallpegel hat. Dabei werden unterschiedliche Approximationen der realen

Bathymetrie vorgenommen und die Schallpegel berechnet. Für eine bessere Einschätzung der 3D-Effekte geschieht dies mit Nx2D und 3D-Simulation. Da der Einfluss des Bodens bei der Nutzung von Schallschutzsystemen zunimmt, werden die Szenarien abschließend nochmals mit einem Schallschutzsystem berechnet und der Einfluss der Approximation der Bathymetrie auf die Schallpegel betrachtet.

Mi. 17:40 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 1

Schutz der maritimen Umwelt durch Unterwassergeräuschreduzierung

Antje Weinrich

Wehrtechnische Dienststelle 71

Die Nutzung von Booten und Schiffen beeinflusst die unmittelbare maritime Umwelt auf unterschiedlichen Wegen. Mögliche Geräuschreduzierungen und deren Nachweise werden zunehmend je nach Einsatzbedingungen von Schiffen und Boote erforderlich. Allgemeine akustische Vorgaben im Schiffbau werden in Bau- bzw. Prüfspezifikationen festgelegt. Der Nachweis der in das Wasser abgestrahlten Geräusche erfolgt dabei an geeigneten Messstellen. In Deutschland verfügt die WTD 71 über die einzige Messstelle für Wasserschall von Schiffen und Booten. Welche Möglichkeiten zur Geräuschreduzierung notwendig sind, lässt sich anhand von Messergebnissen nachvollziehen. Diese Präsentation soll einen Überblick über die Geräuschquellen eines Schiffes und deren messtechnischen Nachweis geben sowie Maßnahmen zur Reduzierung der von Schiffen verursachten Unterwassergeräuschen aufzeigen.

Mi. 18:00 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 1

Primäre Schallminderung bei Offshore-Pfahlrammungen durch Veränderung des Rammimpulses

Elin Klages, Jonas von Pein, Stephan Lippert und Otto von Estorff
Technische Universität Hamburg (TUHH)

Zur Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen werden oftmals große Monopfähle in den Boden gerammt. Die Rammungen führen zu sehr hohen Schalldrücken im Wasser, durch die Meeressäuger und Fische gefährdet werden können. Die größer werdenden Abmessungen der in der Entwicklung befindlichen Offshore-Windturbinen verstärken dabei die Notwendigkeit von wirksamen Schallminderungsmaßnahmen. Neben den bereits vorhandenen, meist sekundären Schallminderungssystemen geraten immer mehr auch primäre Maßnahmen in den Fokus. Ein Ansatz ist es hierbei, die Schallabstrahlung bei gleichbleibendem Energieeintrag durch gezielte geometrische und materielle Veränderung des Hammers zu verringern. Dafür ist es zunächst von Interesse, den Zusammenhang zwischen Impuls und Schallabstrahlung zu untersuchen. Anschließend kann der Hammer dann, im Hinblick auf die akustischen Eigenschaften und im Rahmen des technisch Möglichen, verbessert und angepasst werden.

In diesem Beitrag wird die Schallabstrahlung eines gerammten Pfahls untersucht. Darauf aufbauend werden Möglichkeiten zur Verringerung des Schalleintrages durch die Veränderung des Rammimpulses vorgestellt und diskutiert.

Sitzung „Strukturintensität - Berechnung, Messung, Nutzen“

Mi. 9:20 Saal 7

Strukturintensität

Betrachtung der Schallleistungsflüsse körperschalltragender Strukturen mit gekoppeltem Fluid

Sebastian Rothe und Sabine Langer

TU Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik

Ein wesentlicher Schritt beim Lärmarmen Konstruieren ist die Identifikation geeigneter Bereiche zur Platzierung konstruktiver Maßnahmen, wie beispielsweise Dämpfungsfolie, Sicken oder Punktmassen. Voraussetzung hierfür ist eine aussagekräftige physikalische Größe, auf welcher diese Entscheidung getroffen werden kann. Eine geeignete Möglichkeit ist die Analyse der Schallleistungsflüsse in dem betrachteten System, welche Informationen darüber liefert, über welchen Pfad sich der Schall ausbreitet.

Die für den Körperschallfluss repräsentative Größe ist die Strukturintensität (STI). Die äquivalente Größe im Fluid ist die Schallintensität. Beim Lärmarmen Konstruieren auf Basis der STI wird in der Literatur davon ausgegangen, dass es in Bereichen hoher aktiver Strukturintensität zu einer verstärkten Schallabstrahlung kommt und die Platzierung von Maßnahmen zur Reduktion der abgestrahlten Schallleistung in diesen Bereichen sinnvoll ist. Es stellt sich die Frage, in welchen Grenzen die genannte Hypothese bei Betrachtung des gekoppelten Systems, insbesondere unterhalb der Koinzidenzfrequenz (Ausbildung unterschiedlicher Schallabstrahlungstypen), Bestand hat.

In diesem Beitrag werden die Schallleistungsflüsse einer generischen körperschalltragenden Struktur gekoppelt mit dem Fluid betrachtet werden, um den Anteil und den Übertragungspfad des Körperschalls in das Fluid zu identifizieren. Zum Vergleich werden die Bereiche hoher aktiver Strukturintensität ohne Berücksichtigung des Fluids herangezogen.

Mi. 9:40 Saal 7

Strukturintensität

Leistungs-basierte Analyse gekoppelter Systeme mittels SubstrukturierungstechnikenRupert Ullmann^a, Stefan Sicklinger^a und Gerhard Müller^b^a*BMW Group*; ^b*TU München*

Elektromobilität und autonomes Fahren führen zu deutlich gesteigerten Anforderungen an die Fahrzeugakustik. Die Analyse und Optimierung von Fahrzeugkomponenten hinsichtlich von Körperschall muss daher bereits in einer möglichst frühen Phase der Gesamtfahrzeugentwicklung beginnen. Nachdem der Schalldruck an den Positionen der Fahrzeuginsassen zu diesem Zeitpunkt noch nicht zuverlässig prädiktiv werden kann, wird eine physikalische Ersatzgröße benötigt, welche stattdessen in der Struktur ausgewertet wird. Die Analyse von Körperschall-Leistungen kann hierfür ein vielversprechender Ansatz sein - auch für niedrige Frequenzbereiche - nachdem Leistung den Energiefluss in skalaren Werten abbildet. Es wird gezeigt, wie Leistung auf Basis von Substrukturierungs-Techniken ausgewertet werden kann, um den Energiefluss zwischen Substrukturen gekoppelter Systeme numerisch auszuwerten. Die Berechnung der Sensitivität von Leistungswerten bezüglich verschiedener System-Parameter wird vorgestellt. Die Anwendung der Leistungs-basierten Analyse wird anschließend für das gekoppelte System einer Fahrzeug-Hinterachse diskutiert.

Mi. 10:20 Saal 7

Strukturintensität

Leistungsbasierter Optimierungsworflow für vibroakustische Problemstellungen im Fahrzeugbau

Stefan Sicklinger und Rupert Ullmann

BMW Group

Um den gesteigerten akustischen Anforderungen im Fahrzeugbau gerecht zu werden, muss die Analyse und Optimierung von Komponenten bezüglich Körperschall bereits in einer möglichst frühen Phase der Gesamtfahrzeugentwicklung erfolgen. Neben der Auslegung, welche auf die Optimierung von verschiebungsbasierten Transfer-Funktionen zielt, gibt es Methoden welche auf der Analyse von Körperschallleistung aufbauen. Es wird ein entsprechendes Vorgehen vorgestellt, welches Leistung als Designkriterium für mechanische Systeme verwendet. Das System wird dazu als Netzwerk aufgefasst, was einen modularen und hybriden Aufbau ermöglicht. Nachdem zur robusten Auslegung eine Vielzahl von Auswertungen des Netzwerks notwendig ist, wird gezeigt, wie Leistung mittels Modelreduktionsverfahren schnell und akkurat ausgewertet werden kann. Der daraus resultierende Optimierungsworflow wird an realen Fahrzeugstrukturen schließlich diskutiert und die Potentiale daraus aufgezeigt.

Mi. 10:40 Saal 7

Strukturintensität

Entwicklung einer Körperschallbarriere auf Basis der Strukturintensität: Teil 2

Alexander Kokott, Thomas Haase und Hans Peter Monner

DLR, Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

Die Übertragung von Körperschall über Transmissionspfade in beispielsweise Innenräume von Fahrzeugen oder Flugzeugen stellt eine häufige Lärmquelle dar. Bestehende Konzepte zur Schwingungsberuhigung zielen auf die Reduktion der Vibration in Form der Schnelle- oder Beschleunigungssteuerung, führen jedoch nur zu lokaler Beruhigung der Struktur und nicht zur Unterbindung der Transmission von Körperschall. Die Messung und Steuerung dieser Körperschalltransmission in Form der Strukturintensität stellt in der Literatur eine effektive Möglichkeit dar, die Energieübertragung zu reduzieren und somit eine globale Beruhigung zu erreichen. In dieser Studie wird die Strukturintensitätsmessung und -steuerung für den zweidimensionalen Fall bis zu einer Anregungsfrequenz von 1kHz mithilfe eines 2D-Arrays aus Beschleunigungssensoren betrachtet und die Effektivität möglicher Vereinfachungen hinsichtlich Sensorzahl und Arrayausrichtung untersucht. Dabei werden die notwendige Anzahl von Sensoren für ein Array sowie die Anzahl und Positionen (Fernfeld, Nahfeld) der Messstellen bestimmt. Als Basis dient die numerische Ermittlung des Strukturintensitätsflusses mithilfe der FEM. Dabei zeigt sich eine hinreichende Genauigkeit der Messungen unter Nutzung finiter Differenzen. Weiterhin wird experimentell die Reduktion der Strukturintensität unter Anwendung verschiedener Sensorkonzepte und Sensortypen für den eindimensionalen Fall bei (multi-)tonaler sowie breitbandiger Anregung bis 1kHz gezeigt. Die Ergebnisse aus der Literatur konnten dabei weitestgehend bestätigt werden.

Mi. 11:00 Saal 7

Strukturintensität

Entwicklung eines Messverfahrens zur Bestimmung der Strukturintensität von dünnwandigen und gekrümmten Strukturen

Nikolai Kleinfeller, Joachim Bös und Tobias Melz

Fachgebiet SAM, TU Darmstadt

Im Rahmen eines DFG-Forschungsvorhabens wird ein neues Messverfahren entwickelt, um die Strukturintensität (STI) an beliebig gekrümmten und dünnwandigen Strukturen mit Hilfe der 3D-Scanning-Laservibrometrie messtechnisch erfassen zu können. Es ist das Ziel, die numerisch ermittelte STI an komplexen realen Strukturen, z. B. an einer Pkw-Ölwanne, mit der experimentell ermittelten STI abgleichen zu können. Zu diesem Zweck wird eine vollständige Prozesskette von der Aufnahme der Messdaten und deren Weiterverarbeitung bis zur eigentlichen Berechnung der Zielgröße STI entwickelt. Im Sinne einer steigenden Komplexität der zugrundeliegenden Strukturen werden zunächst beliebige Balken und darauf aufbauend beliebige Schalen betrachtet. Im Rahmen dieses Beitrags wird ein Ansatz vorgestellt, mit dem

sich die STI an beliebig gekrümmten und dünnwandigen Strukturen auf Basis von Verschiebungsdaten berechnen lässt. Es wird eine verschiebungsbasierte Formulierung der STI-Gleichung für beliebige Balken- und Schalenstrukturen gezeigt, die die Basis des Messverfahrens bildet. Anschließend wird auf die konkrete Umsetzung des Berechnungsansatzes eingegangen. Für eine Validierung der Berechnungsmethode werden die Ergebnisse mit STI-Verläufen aus numerischen Simulationen verglichen. Zum Abschluss des Beitrags wird auf die Grenzen und die erzielbare Genauigkeit der Berechnung eingegangen. Im nächsten Schritt ist das Messverfahren zu validieren, indem mit Hilfe eines 3D-Scanning-Laservibrometers gewonnene reale Messdaten zur Berechnung der STI verwendet werden.

Mi. 11:20 Saal 7

Strukturintensität

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

Sitzung „Strukturintensität - Berechnung, Messung, Nutzen (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 11:20 (Saal 7); Poster-Forum: Mi. 16:00

NEU: Mi. 9:00 Saal 7

Strukturintensität

Vergleich der Ansätze von numerischer und experimenteller Bestimmung der Körperschallintensität an einfachen Strukturen sowie deren messtechnische Herausforderungen

Jan Bräunig, Eric Hensel und Marieke Pedro

Fraunhofer IWU

Eine Reduktion der Schallemission technischer Strukturen kann beispielsweise durch systematische Beeinflussung der Körperschallübertragung effektiv realisiert werden. Passive Möglichkeiten stellen dabei Dämpfungsschichten oder Rippen dar. Für eine effektive Umsetzung dieser fertigungstechnisch aufwendigeren und gewichtsbringenden Maßnahmen sollte die Kenntnis über die Verteilung und Strömung der Körperschallenergie innerhalb des Bauteils möglichst mit hoher Auflösung von Ort und Intensität vorliegen. Dieser Beitrag vergleicht verschiedene Ansätze zur numerischen und experimentellen Bestimmung der Körperschallintensität, wobei der Schwerpunkt auf der Verarbeitung von Messdaten eines 3D-Laserscanning-Vibrometers und dem Abgleich mit einem Finite-Elemente-Modell liegt. Aufgrund der in den Vorarbeiten aufgetretenen messtechnischen Herausforderungen bezüglich Signal-Rausch-Abstand für die erfassten in-plane-Komponenten, werden Maßnahmen zur Verbesserung der Ergebnisgenauigkeit diskutiert. Der Vergleich der Methoden erfolgt zunächst am Beispiel einer einfachen Struktur, einer frei schwebenden dünne Platte, die von einem elektrodynamischen Shaker angeregt wird. Nach der Beschreibung und Diskussion der

einzelnen Ansätze sowie der erzielten Ergebnisse wird ein Ausblick hin zur Analyse und Herausforderungen an komplexeren Körpern gegeben.

Di.-Do. Strukturintensität - Berechnung, Messung, Nutzen (Poster)

Strukturintensität bei Schalen-Volumen-Modellen mit skalierten Schichtdicken

Matthias Klärner^a, Steffen Marburg^b, Lothar Kroll^a und Mario Wöhrl^a

^a TU Chemnitz; ^b TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Für die Strukturintensität existieren Formulierungen zur Berechnung sowohl für Schalenmodelle aus den Element Schnittkräften und Knotengeschwindigkeiten als auch für Volumenmodelle aus den Elementspannungen und Knotengeschwindigkeiten. Die verschiedenen Ansätze werden demnach auch in unterschiedlichen Einheiten ausgewertet. Sowohl der Vergleich von Modellen unterschiedlicher Elementformulierungen als auch die gleichzeitige Anwendung von Schalen- und Volumenmodellen erfordern vergleichbare Berechnungsansätze. Daher wurden die Ansätze für Schalenmodelle um die Berücksichtigung der Dicke erweitert und mit den Volumenmodellen verifiziert. Weitere Untersuchungen erfolgten mit kombinierten Schalen-Volumen-Modellen von Kernverbunden, bei denen die schubweichen Kerne zur Verbesserung der Elementqualität in ihrer Dicke skaliert und die mechanischen Eigenschaften ähnlichkeitsbasiert angepasst wurden. Die Ähnlichkeitsbetrachtungen werden auch für die Strukturintensität vorgestellt.

Sitzung „Augmented Acoustic Reality“

Mi. 14:00 Saal 7

Augmented Acoustic Reality

Sound localization using hearing device HRTFs

Florian Denk^a, Stephan D. Ewert^a und Birger Kollmeier^b

^a CvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik; ^b CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'

Limited abilities to localize sound sources and other reduced spatial hearing capabilities remain a largely unsolved issue in hearing devices like as hearing aids or hear-through headphones. There, the principal limitation is the acoustic directional information (characterized by the HRTF) that is captured at the microphone of the device. While previous studies showed that localization abilities are impaired when listening through hearing devices, effects of the biased HRTF at the device microphone in isolation have only been studied objectively by means of auditory models [Denk et al., 2018 JASA]. We here present subjective results assessing the impact of the (biased) HRTF on sound localization with normal-hearing subjects. To this end, virtual stimuli were presented over headphones after convolution with HRTFs that were measured several different hearing devices and microphone positions in the individual subjects' ears. We also assess the effects of delay between a direct sound

component and the device output, a limited signal bandwidth, as well and the importance of individually measured HRTFs for achieving valid evaluation results.

Mi. 14:20 Saal 7

Augmented Acoustic Reality

The Relative Influence of Reverberation at the Contralateral versus Ipsilateral Ear on Perceived Externalization of a Lateral Sound Source

Song Li, Roman Schlieper und Jürgen Peissig

Leibniz Universität Hannover, Institut für Kommunikationstechnik

Reverberation is important to perceived externalization of headphone-reproduced virtual sound sources, especially the early reflection part. The result of a previous experiment demonstrated that the degree of externalization decreased substantially by reducing the amount of reverberation at the contralateral ear. In contrast, the perceived externalization changed slightly by removing the reverberation part in the ipsilateral ear signal. In that study, a one-second-long white noise was used as the stimulus, and the simulated virtual sound source was located at a distance of 1.7 m for an azimuth angle of 45°. However, it is still unknown whether or not this effect depends on the type of stimuli and sound-source distances, and how this effect changes as a source moves from lateral to frontal incidence angles. For these purposes, non-individual binaural room impulse responses (BRIRs) were measured for different azimuth angles and distances in a listening room. The amount of reverberation was reduced in BRIRs of either the contralateral or the ipsilateral ear. Such modified BRIRs were convolved with different stimuli, and subjects rated the degree of externalization of the binaurally rendered signals presented over headphones. The results are discussed in the present study.

Mi. 14:40 Saal 7

Augmented Acoustic Reality

Loudness differences between different reproduction techniques

Michael Kohnen und Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Virtual acoustics and especially acoustic augmented reality do need acoustic calibrated outputs to match the expectations of the user. Furthermore, they need to provide a physical realism when used to investigate the influence of sound on the human being and behavior. Though in theory each reproduction method can be assumed to reproduce a perfect representation of the intended virtual source or field they each suffer from uncertainties or non-ideal elements in the reproduction chain. Measuring these influences cannot provide a sufficient perceptual evaluation. Consequently, a listening test was conducted to match different reproduction techniques (CTC, VBAP, HOA) to each other in terms of loudness.

Mi. 15:00 Saal 7

Augmented Acoustic Reality

Vorhersage der wahrgenommenen Okklusion auf Basis der gemessenen akustischen Impedanz von Kopfhörern

Roman Schlieper, Song Li, Stephan Prehs und Jürgen Peissig

Leibniz Universität Hannover, Institut für Kommunikationstechnik

Die "Offenheit" eines Kopfhörers wird oftmals definiert als akustische Impedanz eines Kopfhörers die auf den Gehörgang wirkt und kann mittels verschiedener Verfahren erfasst und analytisch bewertet werden. Geschlossene Kopfhörer weisen meist eine höhere akustische Impedanz auf als offene Kopfhörer. Eine erhöhte akustische Impedanz eines Kopfhörers resultiert in einem erhöhten Schalldruckpegel in den tiefen Frequenzen beim Sprechen. Durch diese Erhöhung, die als Okklusionseffekt bekannt ist, wird die eigene Sprache als sehr dröhnend und unnatürlich wahrgenommen. Dieser Beitrag untersucht, ob die wahrgenommene Okklusion beim Sprechen während des Tragens eines Kopfhörers aus der akustischen Impedanz abgeleitet werden kann. Hierfür wurden die akustischen Impedanzen verschiedener Kopfhörer mit einem Impedanzmessrohr ermittelt und nach ihrer Offenheit geordnet. In einem anschließenden informellen Hörversuch sollten die Probanden die wahrgenommene Okklusion, die von den Kopfhörern verursacht wird, bewerten. Der vorliegende Beitrag vergleicht die objektiv und subjektiv ermittelten Ergebnisse miteinander.

Mi. 15:20 Saal 7

Augmented Acoustic Reality

Technical Requirements for a Personalized Auditory RealityKarlheinz Brandenburg^a, Estefanía Cano^b, Florian Klein^a, Thomas Köller^b, Hanna Lukashevich^b, Annika Neidhardt^a, Johannes Nowak^b, Ulrike Sloma^a und Stephan Werner^a^a*TU Ilmenau, Institut für Medientechnik; ^bFraunhofer IDMT*

At DAGA 2018, we introduced the concept of a Personalized Auditory Reality (PARty), a new research field that investigates methods for manipulation of acoustic surroundings. Within such an auditory reality, users would be able to freely move around, 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 and mixed realities where sounds from actual surroundings are edited and combined with added sound sources. In order to accomplish the main tasks of PARty via a wearable device, a number of requirements need to be met. This contribution outlines necessary characteristics of both hardware and software components. We see, among others, the following questions: Which existing components and systems can be used? How do we measure the quality of prototypes? What computing power is available? A closer look is taken for some of the key components of a PARty system: Decomposing a real-world acoustic scene with the help of a small microphone array, real-time object classification and integration of virtual sound sources in the actual environment.

Mi. 15:40 Saal 7

Augmented Acoustic Reality

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 229)

Mi. 16:40 Saal 7

Augmented Acoustic Reality

Subject movement during the measurement of head-related transfer functions

Saskia Wepner, Jan-Gerrit Richter und Janina Fels

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

In recent years, the need for individually measured head-related transfer functions (HRTFs) has increased steadily. To fulfil this need, current research offers various approaches to develop less time-consuming alternatives to prior measurement methods. As measurement inaccuracies due to subject movement may influence the quality of the acquired HRTFs, best possible conditions are desirable as well as a detailed knowledge of uncertainties occurring during the measurement. In this paper, it is explored how and to what extent subjects move during the measurement procedure. All measurements were conducted with a fast measurement set-up constructed at the Institute of Technical Acoustics, RWTH Aachen University. Four different types of measurement are compared in order to examine which one results in least movement. Three set-ups comprise one measurement with a sitting subject, another one with a standing rotated subject and a last one with a standing, not-rotated subject with the measurement arc rotating around the subject. The last set-up contains a real-time feedback system that allows the subject to perform a correction of position and orientation. The experiment revealed that most movement occurred with the subject's orientation. Position inaccuracies have only negligible influence. With the visual feedback, all movements could be restricted within small constraints.

Mi. 17:00 Saal 7

Augmented Acoustic Reality

Wellenfeldsynthese für den Einsatz in Augmented Acoustic Reality-Umgebungen

Dieter Leckschat, Christian Epe und Kerstin Fuhrmann

Hochschule Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering

In diesem Beitrag wird die Konzeption und eine Implementierung eines Systems für die akustische Wellenfeldsynthese (WFS) vorgestellt. Im Gegensatz zu "großen" Systemen mit sehr vielen Lautsprecherkanälen wurde hier eine individuelle, auf eine Person zugeschnittene Lösung konstruiert. Es werden dabei kopfbezogene Signale über fokussierte Quellen wiedergegeben. Da sich die Lautsprecheranordnung zum Beispiel seitlich in etwa einem Meter Abstand zum Hörer befindet, bleibt das Sichtfeld frei, so dass sich eine Mixtur aus einer realen akustischen Szene und technisch hinzugefügten akustischen Elementen erreichen lässt.

Mi. 17:20 Saal 7

Augmented Acoustic Reality

The Effect of Loudspeaker Radiation Properties on Acoustic Crosstalk Cancelation Using a Linear Loudspeaker ArrayJens Ahrens*Audio Technology, Chalmers University of Technology*

Acoustic crosstalk cancelation refers to the process of driving a set of loudspeakers such that the produced total sound field illuminates one ear of a listener and cancels out on the other ear. This allows for imposing binaural localization cues on the signals by means of head-related transfer functions and thereby make the listeners localize sound sources from directions where there are no loudspeakers. We previously proposed a system that uses a linear array of loudspeakers and superdirective beamforming to perform listener-position-adaptive crosstalk cancellation. The original beamformer employed a point source model for the loudspeakers. We show in this contribution that the actual loudspeaker radiation departs significantly from that of the point source model with respect to the directional dependency as well as with respect to distance attenuation in the domain of interest. We demonstrate that the measured channel separation between left and right ear increases significantly when the actual loudspeaker radiation properties are modeled in the beamformer design.

Mi. 17:40 Saal 7

Augmented Acoustic Reality

DrumEverywhere - Ein augmented reality drumkit mit Pure DataSebastian Merchel, Andreas Peetz, Silvio Ankermann, Vincent Ridder und M. Ercan Altinsoy*TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik*

Dieser Beitrag diskutiert das Konzept und die Implementierung eines Pure Data Patches zur Erstellung eines AR-Schlagzeugs. Als Schlagfläche soll dabei ein beliebiges reelles Objekt dienen, z.B. eine Tischplatte, ein Kleiderständer oder eine Teekanne. Mit Hilfe eines Sensors (z.B. eines Piezos) wird ein Vibrationssignal am Objekt gemessen. Aus diesem sollen mit geringer Latenz durch Merkmalsextraktion und -klassifikation verschiedene Anschlagsarten und/oder -positionen erkannt werden. Diesen können dann beliebige Klänge zugeordnet und über Kopfhörer oder Lautsprecher wiedergegeben werden. So lässt sich jeder physikalische Gegenstand in ein perkussives Musikinstrument verwandeln. Im Rahmen des Projektes wurde ein Prototyp entwickelt und getestet. Die Software gliedert sich im Wesentlichen in drei Abschnitte: die Anschlagserkennung, die Klassifizierung und die Berechnung der Anschlagsdynamik. Die entstandenen Patches werden unter einer Copyleft-Lizenz zusammen mit einer kurzen Dokumentation veröffentlicht, sodass sie von Interessierten ausprobieren und weiterentwickelt werden können.

Mi. 18:00 Saal 7

Augmented Acoustic Reality

Real-time building acoustics noise auralization and evaluation of human cognitive performance in virtual reality

Muhammad Imran, Anne Heimes und Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

There is a concern about steadily growing annoyance due to noise in private and commercial work offices that leads towards reduced power of concentration during mental work and losses of working performance. This paper describes a method to assess the influence of noise disturbances on human cognitive performance in buildings in compliance with standardized data formats of sound insulation and building structure geometries, which are caused by the building materials and constructions. An interface is established between real-time auralization of buildings in virtual reality and evaluation of human working performance under different conditions. In this context, a real-time building acoustic auralization framework in 3D audio-visual technology is developed to introduce more realism and contextual features into psychoacoustic experiments, which help to better analyse and interpret the noise impact in building situations depending on the actual activity such as working and learning. Psychoacoustic experiments are performed by presenting a virtual building scenario to the user by Head Mounted Devices. Initial results of noise effects on human performance are presented in an ecologically valid way.

Sitzung „Augmented Acoustic Reality (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 15:40 (Saal 7); Poster-Forum: Mi. 16:00

Di.-Do.

Augmented Acoustic Reality (Poster)

Using object-based 3D audio in cruise ship entertainment

Christoph Sladeczek, Mario Seideneck, Josua Hagedorn, Tobias Clauß und Tobias Gehlhaar

Fraunhofer IDMT

In the competition for passengers, the cruise industry must offer exceptional entertainment experiences. The limited space of a cruise ship means that areas are used for different applications. The multi-functional room "Schaubühne" on the new TUI cruise liner "Mein Schiff 1" provides passengers with entertainment programmes ranging from boulevard theatre, comedy and magic shows to lectures, concerts and film screenings. Accordingly, an audio system must meet all these different requirements. The technology used - which is called SpatialSound Wave - offers various presets for extending the reverberation time by means of regenerative room simulation to optimally adjust the room acoustics. In addition, the technology also allows actors to move in space and amplify

them in the correct direction through the use of audio objects. The system offers a flexible integration of different media gear to switch easily between the different use cases. The poster describes the technical implementation of an object-based audio system which can be used for 3D sound (re)production as well as for acoustic sound enhancement.

Sitzung „Binauraltechnik“

Mi. 8:40 Saal 8

Binauraltechnik

Examining Age Effects in Auditory Selective Attention in Reverberant Environments

Josefa Oberem^a, Julia Seibold^b, Iring Koch^b und Janina Fels^a

^a*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen;* ^b*Institut für Psychologie, RWTH Aachen*

Using a well-established binaural-listening paradigm, the ability to intentionally switch auditory selective attention was examined under anechoic, low reverberation (0.8 s) and high reverberation (1.75 s) conditions. Young, normal-hearing subjects and elderly, moderately hearing-impaired subjects were tested to analyze influences of the reverberation times and interactions on age effects. Spoken word pairs by two speakers were presented simultaneously to subjects from two of eight azimuth positions. The stimuli were word pairs that consisted of a single number word (i.e., 1 to 9) followed by either the German direction "UP" or "DOWN". Guided by a visual cue prior to auditory stimulus onset indicating the position of the target speaker, subjects were asked to identify whether the target number was numerically smaller or greater than five and to categorize the direction of the second word. Switch costs (i.e. reaction time differences between a position switch of the target relative to a position repetition) and error rates were dependent on reverberation times and age.

Mi. 9:00 Saal 8

Binauraltechnik

The Influence of Stimuli Length in an Experiment on Auditory Selective Attention for Children

Karin Loh und Janina Fels

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Primary and preschool life mostly consists of complex acoustic scenes, which are comparable to the cocktail-party-situation. In these situations it is important to identify the target sound and to ignore distracting sounds coming from different directions. Auditory selective attention enables this ability and is therefore an important tool for the communication and development of a child. In a previous study, an experiment on auditory selective attention was developed for adults in dichotic listening environment and then extended to a binaural listening setup including room acoustic aspects to provide a realistic reproduction of the complex acoustic

scenes. In this work, the paradigm was adapted for children by adding child-oriented elements and a feedback system. Further, the previous digit-word categorization task was simplified for children by substituting it with animal names. To examine the capability of the chosen stimuli an investigation with short and extended stimuli length under anechoic and reverberant situation was conducted with 24 adults.

Mi. 9:20 Saal 8

Binauraltechnik

Kleinste wahrnehmbare Unterschiede in der HRTF-Rekonstruktion aus Hauptkomponenten auf Basis von anthropometrischen Abmessungen

Shaima'a Doma, Hark Braren und Janina Fels

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Für die subjektive Evaluierung von Außenohrübertragungsfunktionen (engl. head-related transfer functions, HRTFs) wurde am Lehr- und Forschungsgebiet für Medizinische Akustik (Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen University) ein Demonstrationstool entworfen, das drei Methoden der HRTF-Individualisierung integriert. Darin können verschiedene Parameter in den Algorithmen verändert und die daraus resultierenden auditiven Unterschiede in virtuellen akustischen Szenen hörbar gemacht werden. Wichtige Parameter sind hier anthropometrische Daten von Kopf und Pinna, die in dem Demonstrationstool in diskreten Schritten einstellbar sind. Eines der Verfahren, das HRTFs als gewichtete Summe von Hauptkomponenten rekonstruiert, wurde in einem Hörversuch näher untersucht. Kleinste wahrnehmbare Unterschiede (just noticeable differences, JNDs) von vier anthropometrischen Abmessungen wurden bestimmt, die in die Schätzung der entsprechenden Gewichte einfließen. Unterschiede zwischen JNDs für Kopf- und Pinna-Abmessungen, zwischen der Sensitivität auf Vergrößerung und Verkleinerung von Parametern, sowie eine Abhängigkeit der JNDs von den eigentlichen Abmessungen des Probanden wurden untersucht. Dabei ließ sich eine starke Korrelation zwischen der Kopftiefe der Probanden und entsprechenden JNDs feststellen. Aus den Ergebnissen wurden geeignete Schrittweiten für die im Tool einstellbaren Parameter abgeleitet.

Mi. 9:40 Saal 8

Binauraltechnik

Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 234)

Mi. 10:00 Saal 8

Binauraltechnik

On the Perceptually Acceptable Noise Level in Binaural Room Impulse Responses

Wiebke Hahne, Vera Erbes und Sascha Spors

Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik

The practical measurement of binaural room impulse responses (BRIRs) is impaired by equipment and background noise. The noise level in the BRIR depends amongst others on the duration of the excitation signal. With the increasing use of fast measurement techniques, e.g. for the measurement of individual BRIRs, the question arises which level of noise is perceptually acceptable. This paper presents a perceptual study on the threshold of detecting noise in BRIRs. As reference, a set of BRIRs is measured resulting in a high peak-to-noise ratio (PNR) by long-term averaging. In order to generate the stimuli, these BRIRs are impaired by additive white Gaussian noise of different levels. The BRIRs are convolved with a speech stimulus and presented in a 3AFC listening test with a 2Up-1Down rule to the subjects. The results of perceptual experiment are statistically analysed and discussed.

Mi. 10:20 Saal 8

Binauraltechnik

Binaural Reproduction of Signals captured in a reverberant Room with a Virtual Artificial HeadMina Fallahi^a, Martin Hansen^a, Simon Doclo^b, Steven van de Par^c, Dirk Püsche^d und Matthias Blau^a^a*Jade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörtechnik u. Audiologie;* ^b*CvO Universität Oldenburg, Signal Processing Group;* ^c*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik;* ^d*Akustik Technologie Göttingen*

As an alternative to conventional artificial heads, a microphone array-based filter-and-sum beamformer, referred to as Virtual Artificial Head (VAH), can be used to synthesize the directivity patterns of individual HRTFs (Rasumow et al. JAES 2017). Fallahi et al. (DAGA 2017/18) proposed to calculate the beamformer filter coefficients by solving a constrained optimization problem, i.e. by minimizing a narrowband least-squares cost function subject to constraints on the spectral magnitude synthesis error and the mean White Noise Gain. So far, this method has been evaluated only for simulated microphone arrays in free-field conditions. Results showed that, when choosing a proper array topology and appropriately defined constraints, the VAH perceptually outperforms classical artificial heads for music content in the horizontal plane (Fallahi et al. AES/Tokyo 2018) with regard to overall audio quality. In this contribution, real recordings were performed with a prototype VAH in a reverberant environment, where sensor noise and positional stability of the microphones come into play, and reflections from azimuths and elevations different from those of the source(s) are present. It is investigated to

which extent the parameters and constraints within the optimization problem need to be modified in order to achieve a perceptually convincing binaural sound reproduction.

Mi. 10:40 Saal 8

Binauraltechnik

Evaluating out-of-head localization of a dry source from the front reproduced with cue-preserving headphones

Hannes Pomberger^a, Alois Sontacchi^a, Matthias Frank^a, Thomas Gmeiner^b und Michele Lucchi^b

^a*Kunstuniv. Graz, Inst. f. Elektron. Musik u. Akustik;* ^b*USound GmbH*

Sources from the frontal direction are still particularly challenging in binaural reproduction, as there are virtually no interaural time- and level differences. The perceived image of a binaural reproduction typically suffers from a vertical mislocalization and in-head localization. In the literature, different reasons for this problem can be found: the lack of individual spectral pinna-cues as well as missing room information. Even for a frontal position, a real sound source in an anechoic environment is typically localized clearly outside of the head. However, without any room information there are virtually no distance cues and the distance is not adequately perceived. Room information significantly supports distance perception and consequently externalization, however, it cannot provoke out-of-head localization by itself. Within this work, we investigate dry reproduction of frontal sources by a new headphone system. This new headphone contains additional tiny loudspeakers, which create similar individual spectral pinna-cues as a source from the frontal position. This is supported by dummy head measurements. A listening experiment is conducted in which the new headphone system is compared to existing approaches in terms of out-of-head localization, vertical localization and coloration. A loudspeaker in an anechoic room acts as reference stimulus.

Mi. 11:00 Saal 8

Binauraltechnik

The Contribution of Individual HRIRs on Externalization

Florian Wendt^a, Marton Marshall^b und Robert Höldrich^a

^a*Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik und Akustik;*

^b*Technical University of Denmark, Dep. Electrical Engineering*

Listeners perceive the sounds of the real world to be externalized. For sound sources in closed environments this is largely due to interaural cues provided by the reverberation of the room described by the room impulse response (RIRs) and the filtering by head, torso, and pinna expressed as head-related impulse responses (HRIRs). The latter vary with listeners and it is known that individual HRIRs improve the externalization. To provide more insights into the relative contribution of RIRs and HRIRs on the externalization we performed a listening experiment. Listeners were asked to rate the externalization of speech convolved with different RIRs with individual and generic HRIRs. The results of the

experiment suggest that the importance of individual HRIR diminishes with increasing reverberation time.

Mi. 11:20 Saal 8

Binauraltechnik

A Super-Resolution Ambisonics-to-Binaural Rendering Plug-In

Peter Maximilian Giller und Christian Schörkhuber

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

Headphone-based reproduction of Ambisonic sound scenes is an active research area. Potential applications are to be found in gaming and virtual reality, simulation and auralization, or music production. Binaural rendering can be achieved via Ambisonic decoding for an array of virtual loudspeakers and subsequent convolution with the respective HRTF, or, in case of the more recent least-squares methods, direct rendering via multiplication with a decoder matrix. For lower-order input signals, the output suffers from poor resolution and externalization, and, most notably, a severe roll-off towards higher frequencies. While various methods have been proposed to remedy timbral artifacts or to enhance the spatial resolution, the effectiveness of signal-independent rendering methods appears to be limited for lower-order input signals. In this contribution we present an open source audio plug-in for signal-dependent binaural rendering of low order Ambisonic signals. The plug-in is based on a recently proposed parametric extension of the constrained least-squares decoder, where both direct sound impinging from the most prominent source direction and diffuse sound are reproduced exactly.

Sitzung „Binauraltechnik (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 9:40 (Saal 8); Poster-Forum: Mi. 16:00

Di.-Do.

Binauraltechnik (Poster)

Analysis of Pinna-Related Features of HRTFs using 3D-Printed Ears

Hark Braren und Janina Fels

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

The current advancements in 3D-scanning and additive manufacturing technologies allow for highly accurate acquisition and reproduction of 3D-shapes, including for instance human pinnae. These methods have been applied to investigate the effects of individual pinnae on head-related transfer functions (HRTFs) using classic measurement techniques. In a preliminary study, the outer ear shapes of 20 subjects have been digitized using an Artec Space Spider structured light scanner. They have been digitally adapted to be mounted in a dummy head including moulds to accurately position microphones in the ear canals to then be printed on a consumer grade 3D-printer. The ITA dummy head with replaceable ears moulds was chosen as a consistent head and torso

geometry for the HRTF measurements. The measurements were carried out using the interleaved sweep method and a specialized measurement arc in the hemi-anechoic chamber at the Institute of Technical Acoustics in Aachen. Because all subjects' ears were installed in the identical artificial head, a direct comparison of the pinna-related effects without the influence of variations of other subject specific body geometries was possible. The process and results of the analysis are discussed on the poster.

Di.-Do.

Binauraltechnik (Poster)

Analysis of the Directional Characteristics of Hearing Aids in a Situation with two SpeakersHendrik Husstedt und Leif Johannson*Deutsches Hörgeräte Institut*

Modern hearing aids can not only gain sounds but can also help to easier understand speech in noisy situations. Beside the noise reduction, directional microphones are an important feature, which can increases signal-to-noise ratio (SNR). In situations where speech and noise come from different directions, the hearing aid can focus on the direction of speech. However, in many situation, people talk to more than one person so that speech comes from different directions. The question arises what directional characteristic a hearing aid chooses in theses situations. Therefore, in this work, the directional characteristics of hearing aids in a situation with two speakers is analyzed. To this end, binaural coupled hearing aids of six different manufacturers were placed on a KEMAR and sound was presented from eight directions. Two different configurations with speech coming from $\pm 45^\circ$ and $0^\circ/90^\circ$ were considered, and noise was presented from all other directions. The extended phase inversion method was used to analyze the directional characteristic of the hearing aid, and to compute the SNR for each speech source. The results reveal different strategies of the manufacturers and show a higher benefit of the directional microphones in the situation with speech coming from $\pm 45^\circ$.

Sitzung „Geschichte der Akustik / Lehre der Akustik“Mi. 14:00 Saal 8Geschichte der Akustik / Lehre der Akustik**Akustik in der 'Schule von Athen'**Peter KöltzschTU Dresden

Das weltbekannte Gemälde von Raffael "Die Schule von Athen", 1510/1511 für den Papstpalast im Vatikan gemalt, verkörpert die Denkschule des antiken Griechenlands bis ins Zeitalter der Renaissance - das antike Denken als Ursprung der europäischen Kultur, ihrer Philosophie und Wissenschaften. In einer monumentalen Darstellung wird eine fiktive, marktplatzähnliche Versammlung großer Wissenschaftler gezeigt, in der Mitte stehend die Größten, Platon und Aristoteles. Der Vortrag benutzt dieses Gemälde als "Rahmen" dafür, auf die Beiträge der dargestellten Personen zur Akustik hinzuweisen: Platon (Klassifizierung der Geräusche, akustische Semantik, Schall als "hörbaren Ausdruck des menschlichen Seelenlebens", Schweigsamkeit als psychologisches und pädagogisches Prinzip); Aristoteles (Sprachapparat, Arten der Töne, "De audibilius - Über das Hörbare"). Des Weiteren sind abgebildet: Pythagoras ("Alles ist Zahl"), Ptolemäus (Musiktheorie, Harmonik), Diogenes (Hörvorgang), Euklid (Tonsystem, Zahlenverhältnisse). Nicht eindeutig ist die Zuordnung von Empedokles, Boethius, Xenophon u. a., von denen auch Beiträge zur Akustik bekannt sind. Bemerkenswert ist, dass Raffael in dieses Gemälde auch den arabischen Arzt Averroes (Ibn Rušd, akustische Beiträge) eingegliedert hat, der im 12. Jahrhundert und damit 1700 Jahre nach der Blütezeit der griechischen Antike lebte. Raffael wollte damit die Leistungen der arabisch-muslimischen Wissenschaftler des Mittelalters als Mittler der antiken Kultur in den Okzident und ihre eigenständigen Beiträge zur Philosophie würdigen.

Mi. 14:20 Saal 8Geschichte der Akustik / Lehre der Akustik**"Raum- und Schiff-Phonetik" - Panconcelli-Calzia und der Lautstärkemesser nach Barkhausen**Rüdiger HoffmannTU Dresden, Inst. f. Akustik u. Sprachkommunikation

Der bedeutende Experimentalphonetiker Giulio Panconcelli-Calzia (1878 - 1966), der ab 1910 in Hamburg wirkte, betrachtete die Phonetik ausdrücklich nicht als Geistes-, sondern als Naturwissenschaft. Insofern ist es nicht verwunderlich, dass er keine strenge Grenze zwischen der Phonetik und bestimmten akustischen Teilgebieten wie dem des Lärmschutzes gezogen hat. Unter seinen nachgelassenen Unterlagen, die sich heute in der historischen akustisch-phonetischen Sammlung (HAPS) der TU Dresden befinden, gibt es einen schmalen Ordner, der mit "Raum- und Schiff-Phonetik" beschriftet ist. Sein Inhalt belegt, dass sich Panconcelli-Calzia im Zeitraum 1927 - 1930 in praktischen

Projekten mit Fragen der Lärmessung und des Lärmschutzes beschäftigt hat. Der vorliegende Beitrag gibt dazu eine Übersicht unter besonderer Berücksichtigung des Umstandes, dass Panconcelli-Calzia bei seinen Untersuchungen den Lautstärkemesser nach Heinrich Barkhausen (1881 - 1956) eingesetzt hat, der 1925 zum Patent angemeldet und danach von der Firma Siemens und Halske produziert wurde. Die Arbeiten von Panconcelli-Calzia bereichern demnach unsere Kenntnisse über die frühen Anwendungen des "Barkhausen-Messers".

Mi. 14:40 Saal 8 Geschichte der Akustik / Lehre der Akustik

Interaktive Akustik-Apps zur Veranschaulichung akustischer Phänomene in der Lehre

Johannes Schmid, Jonas Schmid, Lennart Moheit und Steffen Marburg
TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

In der Vorlesung oder im Schulunterricht können physikalische Effekte und die dahinterstehende Theorie anschaulich anhand von Experimenten verdeutlicht werden. Der Aufbau von Versuchen ist jedoch oft sehr zeitaufwendig und mit der Anschaffung von teuren Messgeräten verbunden. Zusätzlich können spezielle Laborbedingungen für das Gelingen eines Experiments notwendig sein. Der Einsatz von Simulations-Apps hingegen umgeht diese Probleme und ermöglicht es, Effekte der Akustik und Strukturdynamik ohne großen Aufwand in einem "virtuellen Experiment" zu demonstrieren. Dazu bietet der Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme der TU München zahlreiche Simulations-Apps an, die frei zugänglich und einfach über den Webbrowser aufrufbar sind. Die physikalischen Problemstellungen werden dabei im Hintergrund auf Basis der Finite Elemente Methode (FEM) mithilfe von COMSOL Multiphysics® berechnet und die Ergebnisse werden dann online im Webbrowser dargestellt. Der Nutzer hat dabei die Möglichkeit, die Geometrie und die zugrunde liegenden Berechnungsparameter interaktiv zu verändern und die Ergebnisse in verschiedenen Darstellungsformen zu visualisieren. Dadurch werden die akustischen Phänomene sichtbar und erlebbar gemacht und das interaktive Konzept trägt zu einem besseren Verständnis und zu einer lebhaften Lernumgebung bei. In diesem Beitrag wird zunächst das Konzept des App-Servers erklärt und anschließend anhand konkreter Beispiele die Einsatzmöglichkeiten der Apps in der Lehre der Akustik aufgezeigt.

Mi. 15:00 Saal 8 Geschichte der Akustik / Lehre der Akustik

Soundwalk in der Lehre - Vom Messen zum bewussten Wahrnehmen von Geräuschen

Dagmar Rokita, Sebastian Mellert und Friedrich Ueberle

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

In der Lehre der Akustik stehen klassischerweise physikalische Zusammenhänge und objektive Messmethoden im Fokus. An der HAW Hamburg wird seit dem Sommersemester 2018 das Curriculum zusätzlich

durch einen Soundwalk ergänzt. Dabei werden von den Studierenden auf einer Strecke, die ihnen vom täglichen Weg zum Campus bekannt ist, 14 Stationen angesteuert. An jeder dieser Stationen ordnen die Studierenden ihre Höreindrücke verschiedenen Adjektiven zu. Zusätzlich werden die dominanten Geräuschquellen in absteigender Reihenfolge, sowie Gedanken und Assoziationen zur aktuellen Station notiert. Ein Mitglied der Gruppe trägt ein Messgerät zur Aufzeichnung des Schalldruckpegels. Im Anschluss an den Soundwalk findet ein Gespräch statt, in dem die individuellen Höreindrücke ausgetauscht werden. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Studierenden durch den Soundwalk am eigenen Leib die Diskrepanz zwischen objektiven physikalischen Messwerten und ihrer subjektiven Wahrnehmung erleben. Viele Studierende waren überrascht welche Vielfalt an Geräuschen sie auf dem vertrauten Weg wahrgenommen haben. Außerdem werden Ergebnisse eines Soundwalks an einer kasachischen Hochschule vorgestellt. Hier ist besonders die unterschiedliche Bewertung durch einheimische Studierende und deutsche Gastdozenten interessant.

Mi. 15:20 Saal 8 Geschichte der Akustik / Lehre der Akustik

Generation of Architectural Designs Using Soundscapes: an Educational Case Study

Josep Llorca, Margret Sibylle Engel, Michael Kohnen, Janina Fels und Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Architectural design process contains a crucial stage called "insight", in which the vital creative phase of the design process begins. Additionally, "design fixation", or simply designing from external stimuli, has been one of the most common methods to approach this phase. Sound as external stimuli for designing, has been used in many historical cases. However, it has never been considered as a design engine for inhabited interior environments. For this reason, some experiments were taken designing from a soundscape. This paper will present an educational experience at Faculty of Architecture in RWTH Aachen University. The main features -such as active learning process, project-based workshop or decodification of spatial perception- will be highlighted.

Mi. 15:40 Saal 8 Geschichte der Akustik / Lehre der Akustik

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

Sitzung „Geschichte der Akustik / Lehre der Akustik (Poster)“

Kurzvorträge: Mi. 15:40 (Saal 8); Poster-Forum: Mi. 16:00

Di.-Do.

Geschichte / Lehre der Akustik (Poster)

An electronic instrument based on BELA - a tool for teaching digital signal processing

Bastian Epp und Hjalte Møller

Hearing Systems Group, Technical University of Denmark

Digital signal processing (DSP) is a discipline with increasing importance in a broad variety of applications. DSP is also a mandatory element of many study programs, including Electrical Engineering (EE) at the Technical University of Denmark (DTU). In order to anticipate the rapid technological developments, new teaching methods for DSP in the Bachelors program of EE at DTU are developed making use of these new technological developments. In this contribution, a digital instrument build in a student project, based on the embedded computer platform "BELA" is presented as an example platform for digital signal processing. The instrument features a number of in- and output interfaces to interact with the implemented algorithm based on a number of commonly used concepts in digital signal processing (FIR filters, IIR filters, delay lines, etc). The latency of the instrument is stable and below 2 ms even though running multiple filters and delay lines in parallel. This instrument serves as a proof-of-concept and as a starting point to develop a low-cost and open-source DSP teaching platform.

Sitzung „Philosophie in der Akustik“

Mi. 16:40 Saal 8

Philosophie

Schallschutz: Schutzziele und Menschenbild am Beispiel der DIN 4109

Heinz-Martin Fischer und Andreas Drechsler

Hochschule für Technik Stuttgart

Die Formulierung von Anforderungen an den Schallschutz ist stets von kontroversen Interessen geprägt. Es geht dabei nicht nur um den Schutz der Menschen vor Lärm, sondern unter anderem auch um wirtschaftliche Interessen und rechtliche Aspekte. Anhand der neuen DIN 4109 soll exemplarisch betrachtet werden, inwiefern die Schutzziele und die daraus abgeleiteten Anforderungen - meistens unausgesprochen - durch ein bestimmtes Menschenbild und die aktuelle gesellschaftliche Verfasstheit geprägt werden. Es wird die These vertreten, dass erst eine klare Definition des zugrunde gelegten Menschenbildes eine klare und folgerichtige Festlegung von Anforderungen ermöglicht. Der Beitrag will

kein abgeschlossenes Konzept präsentieren, sondern als Anregung verstanden werden, die Zusammenhänge zwischen Festlegungen von Anforderungen und dem Menschenbild stärker ins Bewusstsein zu rufen und thematisch weiter zu verfolgen.

Mi. 17:00 Saal 8

Philosophie

Alexa und Co.: Welchen Einfluss haben technische Assistenten auf die Entwicklung zwischenmenschlicher Beziehungen?

Andrea Ebner

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Immer mehr Menschen erweitern ihren Freundeskreis oder ihre Familie um ein unscheinbares Mitglied. Alexa ist einer von mehreren "intelligenten" Assistenten, die bei alltäglichen Dingen helfen können. Sie planen den Tag und präsentieren das Wetter, spielen die Lieblingshits aus den 90ern, unterhalten die gesamte Familie mit zufälligen Witzen und koordinieren die täglichen Einkäufe. Unter anderem Bequemlichkeit verleitet Menschen dazu, sich ein Abhörgerät in die Wohnung zu stellen. Kinder wachsen mit der Maschinen-Freundin auf und akzeptieren sie als Teil ihres Privatlebens. Sie kommunizieren mit ihr wie mit anderen Menschen auch. Was unterscheidet dann noch Mensch und Maschine? Wissen die Kinder überhaupt, inwieweit sich große Konzerne durch derartige Helfer in das Privatleben einmischen und es beeinflussen können? Wie ändert sich durch die neue Spezies Roboter der zwischenmenschliche Umgang(ston)? Unsere Nachfolgegeneration wächst mit einer anderen Selbstverständlichkeit von Technik und Information auf. Smartphones sind nicht mehr nur praktische Unterstützer bei einzelnen Aufgaben, sie sind Tor zur Welt und essentiell für das soziale Leben. Kommunikation findet über Bilder und Videos statt, Informationsübermittlung anhand von Sprache, Geschichtenerzählen und gemeinsamem Lachen hat sich in die alles umspannende Zwischenwelt namens Internet verlagert. Von der Beziehung zur Technik und den Auswirkungen auf das Miteinander der jungen Generation handelt der Beitrag.

Mi. 17:20 Saal 8

Philosophie

Wie klingt, was wir hören? Das Qualia-Problem in der Akustik

Michael Haverkamp

Multisensory Design

Die Entwicklung quantitativer Verfahren zur Beschreibung der Schallwahrnehmung hat die Möglichkeiten deutlich erweitert, Geräuscheigenschaften zu bestimmen und zu optimieren. Psychoakustische Größen helfen bei der Beurteilung hörbarer Geräuscheigenschaften wie Lautheit, Rauigkeit, Schärfe, Tonalität und Tonhöhe. Warum ist es dennoch bislang nicht möglich, präzise zu beschreiben, wie ein Geräusch in der subjektiven Wahrnehmung klingt? Dies wäre zur Definition und Kommunikation von Entwicklungszielen für das Sounddesign, für die rechtliche Fixierung von "Geräuschmarken" sowie für das Verständnis der Lästigkeit auditiver Ereignisse von essentieller Bedeutung.

Um sich dieser Fragestellung zu nähern, soll zunächst das Qualia-Problem der Wahrnehmung im Hinblick auf die auditive Wahrnehmung umrissen werden. Es zeigt sich, dass die Entwicklung zielführender Metriken für die Geräuschbewertung genau daran scheitert.

Selbst unter der hypothetischen Annahme eines vollständigen Satzes relevanter Parameter würde eine eindeutige Beschreibung an der Unmöglichkeit scheitern, individuelle Assoziationen und Bedeutungsschichten präzise einzubeziehen. Zudem vereitelt der generelle Holismus der Wahrnehmung diesen Ansatz.

In diesem Beitrag werden verschiedene Ansätze einer verbesserten Beschreibung von Geräuschen beschrieben:

1. Verbalisierung der Empfindung und Onomatopoeia.
2. Einbezug weiterer Modalitäten als Tertium Comparationis, auditiv-visuelle Synästhesie (Farbenhören), Haptik, Geruch, synästhetische Metapher ("Klangfarbe").
3. Körperbezogene Größen wie die Bewegung in Geräuschen und Musik.
4. Klassische und neue Ansätze einer Musik- und Geräuschnotation.

Vortrag entfällt

Philosophie

Mehr Resonanz, bitte!

Elisabeth Steiner

Universität Mozarteum Salzburg

Aus dem Blickwinkel der soziologischen Anthropologie steht die "Resonanztheorie" für gesellschaftliche Bedingungen, die gelingende Beziehungen fördern oder behindern. Der Begriff Resonanz (Mitschwingen) wird aus der Physik übernommen bedarf im anthropologischen Sinne jedoch einer Abgrenzung; im zwischenmenschlichen Resonanzraum entsteht ein Feld wechselseitiger Prozesse, Inspiration und Interaktion, welches über den messbaren Widerhall im physikalischen Sinne hinausgeht. Wir sind vom Wunsch nach Resonanz beseelt. Zugleich hat jedoch die gesellschaftliche Entwicklung in ihrer Geschichte durch die Steigungslogik der Moderne dafür gesorgt Resonanzräume zu minimieren. Niemand intendiert und will das, aber Unzählige tragen dazu bei. Obwohl die Digitalisierung vieler Arbeits- und Lebensbereiche insbesondere durch die Nutzung sozialer Medien Resonanzerfahrungen (Liken, Teilen, Kommentieren) bis ins Unermessliche steigert, haben immer mehr Menschen das Gefühl einer "stummen, gleichgültigen Welt" gegenüberzustehen. "Welche Rolle spielen das Hören, das Reden und die Sprache heutzutage?" "Welchen Einfluss haben sie auf die verbale und nonverbale Interaktion der modernen Gesellschaft und die Entstehung eines Resonanzraumes?" Resonanz bedeutet nicht nur zu sich kommen und Verbundenheit erfahren, sondern ist ein wichtiger Faktor, um der Isolation und Zerrissenheit unter Menschen entgegenzuwirken. Das Leben gelingt nicht allein, wenn wir reich an Ressourcen und Optionen sind, sondern vielmehr in der lebendigen Interaktion mit unserer Umwelt.

Mi. 17:40 Saal 8

Philosophie

Die innere Stimme und der Lärm

Monika Gatt, Marcus Maeder und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Die meisten Menschen behaupten, eine innere Stimme zu haben, die sie anweist, etwas zu tun oder warnt, etwas Anderes zu unterlassen. Ebenso wichtig ist ein geschützter äußerer Raum, nach E. Hall ø 80 cm, Privacy Radius siehe DIN EN 60268-16, STI <=0.2 sowie Art. 2 Abs. 1 in Verbindung mit Art. 1 Abs. 1 GG. Dass die akustische Privatsphäre respektiert wird ist von existenzieller Bedeutung für das Wohlbefinden, Nichtbeachten führt zu Irritationen und Fehlentscheidungen. Innerhalb dieser Intimsphäre kann man vertrauliche Gespräche führen. Die Stimme als akustisch-philosophisches Problem kann demnach physikalisch beschrieben und ethisch erfahren werden. Die Philosophie kennt Daemonion und Genius durch Sokrates, im Wort Genie, im In-genieur, bis heute erhalten. Aristoteles legte Wert auf die seelische Fähigkeit, körperliche Bedürfnisse, emotionale Befindlichkeiten und rationale Ansprüche in Einklang zu bringen, sodass es zu vernünftigem, tugendhaftem Handeln kommt. Heute reduziert man menschliche Begabung auf Kreativität. Braucht man äußere Stille, um die innere Stimme wahrzunehmen? In welcher Beziehung steht die stille Selbsterfahrung zu Lärm? Ist die innere Stimme gesellschaftlich abbildbar oder führt das Hören auf sich selbst zu ethischen Konflikten? Darf, muss, soll die innere Stimme ein Geheimnis bleiben in einer Lebenswelt, die von globaler Selbstdarstellung breitgetreten wird? Muss man immer alles sagen?

Fachvorträge und Poster am Donnerstag, den 21.03.2019

Sitzung „Raumakustik“

Do. 8:40 Saal 1

Raumakustik

Hallkabine 2.0

Uwe Keil

Keil GmbH

Üblicherweise werden zur Bestimmung des Schallabsorptionsgrades mehrere Quadratmeter eines Prüfmaterials benötigt, um es dann in einem Hallraum ($V > 200 \text{ m}^3$) zu vermessen. Während der Neuentwicklungsphase stehen aber nicht immer ausreichende Mengen zur Verfügung oder der finanzielle Aufwand der Materialfertigung ist zu hoch. Messungen mit kleinen Proben (ca. 1 m^2) in Hallkabine ($V = 6 - 10 \text{ m}^3$) decken jedoch nur den Frequenzbereich ab 400 Hz ab und können nur qualitativ mit Ergebnissen aus dem Hallraum gemäß ISO 354 verglichen werden. Der Vortrag und Bericht zeigt eine Lösung welche die Fa. Keil in Zusammenarbeit mit der TU Darmstadt ermittelt hat, welche trotz kleiner Proben eine hervorragende Reproduzierbarkeit mit Messung gemäß ISO 354 aufweist.

Do. 9:00 Saal 1

Raumakustik

Rechnerische Vorhersage von Messergebnissen des Schallabsorptionsgrads in Hallraum und Alpha-Kabine

Sebastian Kluth, Mirko Ruhnau, Christian Schulze und Jörn Hübelt

Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH

Die Zertifizierung von Schallabsorbern für die raumakustische Anwendung erfolgt im Allgemeinen durch Messung des Schallabsorptionsgrads für diffusen (statistischen) Schalleinfall im Hallraum oder in der Alpha-Kabine. Dies erfordert eine Prüfkörperfläche von ca. 12 m^2 bzw. $1,2 \text{ m}^2$. Gerade im Entwicklungsprozess neuer Materialien, bei dem es in erster Linie um die Optimierung des Schallabsorptionsgrads geht - z. B. durch Variation von Geometrie, Material- und Fertigungsparametern von Einzelschichten sowie die eventuelle Kombination von verschiedenen Einzelschichten - können so eine Vielzahl von Messungen erforderlich sein, verbunden mit einer großen Menge erforderlichen Probenmaterials. Zu Entwicklungszwecken wird daher oft auf Messungen im Impedanzrohr zurückgegriffen, bei denen jedoch ausschließlich der Schallabsorptionsgrad für senkrechten Schalleinfall gemessen werden kann. Im Vortrag wird daher eine rechnerische Vorhersage von Messergebnissen des Schallabsorptionsgrads im Hallraum und in der Alpha-Kabine vorgestellt. Diese basiert vor allem auf der Messung der charakteristischen Absorberkennwerte im verlängerten Impedanzrohr (Transmissionsrohr)

und der Integration des simulierten Schallabsorptionsgrads über die verschiedenen Schalleinfallswinkel. Zur Demonstration der Wirkungsweise des Verfahrens werden Simulationsergebnisse und Messergebnisse des Schallabsorptionsgrads für senkrechten und diffusen Schalleinfall exemplarischer Schallabsorber einander gegenübergestellt.

Do. 9:20 Saal 1

Raumakustik

Simulation von Resonanzabsorbern zur Optimierung tieffrequenter Schallfelder in Räumen

Jan Michael Kimmich^a, Stefan Frank^a, Anton Schlesinger^b und Martin Ochmann^b

^aHTW Berlin; ^bBeuth Hochschule für Technik Berlin

Die meisten raumakustischen Simulationen basieren auf Methoden der geometrischen Akustik und liefern daher keine zuverlässigen Ergebnisse unterhalb der Schröder-Frequenz. In vielen Anwendungen der Raumakustik sind Simulationen des tieffrequenten Schallfeldes aber notwendig, um gezielte Maßnahmen mit raumakustischen Elementen entwickeln zu können. Diese Anwendungen umfassen vor allem Räume, wie Tonstudios oder Orchestergräben, deren Abmessungen für hinreichend tiefe Frequenzen klein im Verhältnis zur Wellenlänge sind. In solchen Räumen kann die Schröder-Frequenz deutlich oberhalb der unteren Hörgrenze liegen und der Einfluss von Raummoden kann daher besonders störend sein. Zur exakten Berechnung von tieffrequenten Schallfeldern sind wellenbasierte Simulationsverfahren notwendig. In diesem Beitrag soll die Anwendung der Finiten-Elemente-Methode zur Simulation des tieffrequenten Schallfelds in einem Orchestergraben betrachtet werden. Eine gängige Maßnahme zur Reduzierung des Schalldrucks im tieffrequenten Bereich ist der Einsatz von Resonanzabsorbern. Verschiedene Methoden zur Simulation von Resonanzabsorbern mittels Impedanz-Randbedingungen sowie direkten Berechnungen mit und ohne Berücksichtigung von Verlusten sollen verglichen werden. Möglichkeiten für den Einsatz des Verfahrens in der raumakustischen Planung werden am Beispiel des Orchestergrabens aufgezeigt.

Do. 9:40 Saal 1

Raumakustik

Die Raumakustische Simulation im Zuge der Renovierung des Mariendomes in Linz (Fallstudie)

Jakub Benkiewski^a, Vojtech Chmelík^b, Wolfgang Schaffer^c und Herbert Müllner^a

^a Versuchsanstalt TGM, Fachbereich Akustik und Bauphysik; ^b STU SvF Bratislava; ^c Dombaumeister Architekt, Linz

Gebetshäuser werden nicht mehr nur für Messen, sondern immer öfter für kulturelle Events und Konzerte genutzt. Gleichzeitig versuchen Architekten das Kircheninterieur immer öfter zu alten Traditionen zurückzuführen, was oft zu einer Veränderung, wie der Position des Altares führt. Die folgende raumakustische Fallstudie wurde im Rahmen

der Renovierung des Mariendoms der Diözese Linz getätig. Eine Einschätzung der möglichen Verbesserungen vor dem Sanierungsbeginn wurde in Auftrag gegeben. Ein Vergleich der Raumakustik vor und nach der Sanierung, mit und ohne elektrische Beschallungsanlagen, sowie Varianten mit reflektierenden Deckensegeln, die über den Bänken hängen, wurden berechnet. Aufgrund der neuen Innenarchitektur und der damit verbundenen Umpositionierung von Altar, Chor und Musik, Orgel und Bänke für Besucher der Kirche, wurde besonders auf die Wünsche, Anregungen und auf die Erfahrung des Architekten bzw. des Domkapellmeisters eingegangen. Die Akustiksimulation wurde in der Raumakustik-Software (Odeon) durchgeführt. Die Kalibrierung des virtuellen Modells erfolgte durch Vorort durchgeführte Messungen. Zahlreiche unterschiedliche Varianten wurden im Zuge der Renovierung simuliert, bis hin zur schlussendlich installierten Beschallungsanlage.

Do. 10:00 Saal 1

Raumakustik

Analysis tools for multiexponential energy decay curves in room acoustics

Florian Muralter

Deustotech, University of Deusto (Bilbao)

Energy decay curves (EDCs) in room acoustics can be of multiexponential nature. A well known example are coupled volume spaces like concert halls with an attached reverberation chamber to adapt the acoustic behaviour, changing the early and late decay. However, multiple sloped EDCs also occur in single volumes like reverberation chambers. In the presence of a multiexponential decay, the commonly used linear regression to obtain reverberation times becomes problematic. Within this work, three state-of-the-art algorithms to extract decay times from multiexponential EDCs are investigated. The first algorithm is based on the variable projection method, whereas the second and third algorithm are based on the assumption that a decay time distribution can be computed from the EDC via the inverse Laplace transform. With the proposed methods, measurements from a reverberation chamber were analysed, decay times and their distributions were estimated. With the obtained results, the single sloped frequency range in a reverberation chamber can be defined, serving as an estimate of where commonly used linear regression methods remain valid.

Do. 10:40 Saal 1

Raumakustik

Flatterechos und wo sie zu finden sind

Klaus-Hendrik Lorenz-Kierakiewitz

Peutz Consult GmbH

Der Terminus "Flatterecho" bezeichnet periodische Rückwürfe bzw. Rückwurffolgen, welche die Hörsamkeit von Schallereignissen negativ beeinträchtigen können. Die Problematik von Flatterechos und ihrer die Hörsamkeit beeinträchtigenden Wirkung hat sich aufgrund der im 20 Jh.

vorherrschenden Baustile durch die zum Einsatz kommenden Geometrien und Materialien und den immer einfacher verfügbaren exakten Messmethoden im Baugewerbe (Lasertechnik) gegenüber Bauten aus früheren Epochen drastisch verschärft: beispielsweise sind parallele Flächen mittlerweile exakt parallel baubar - und werden auch exakt parallel gebaut. Diese Tendenz wird weiter verschärft durch eine zunehmende Ökonomisierung des Bauens in jüngster Zeit.

Aufbauend auf einer Typisierung der möglichen Erscheinungsformen des Phänomens "Flatterecho" - zeitlich periodisch wiederholte Mehrfachwahrnehmbarkeit von Schallereignissen, messbare Verlängerung der Nachhallzeit und Klangfarbenmodifikation - soll in diesem Beitrag anhand von prägnanten Beispielen aus der Praxis gezeigt werden, welche Geometrietypen und Konfigurationen von Raumbegrenzungsfächen besonders anfällig bezüglich einer Ausbildung von Flatterechos sind. Darüber hinaus soll die Wirkung verschiedener Typen und Stärken von Flatterechos auf die Verständlichkeit von Sprache und Hörsamkeit mit Hilfe von Auralisationen in Hörbeispielen demonstriert werden. Diese phänomenologische Darstellung soll dazu dienen, Verständnis des und Sensibilität bezüglich des Phänomens Flatterecho zu schärfen und anhand der dahinterliegenden Prinzipien Wege in der beraterischen Praxis aufzuzeigen, um solche unerwünschten raumakustischen Artefakte zu vermeiden.

Do. 11:00 Saal 1

Raumakustik

Pegelmodelle zur Planung von (Betriebs-)Restaurants

Alexander Dickschen und Benjamin Müller

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

In (Betriebs-)Restaurants suchen Gäste neben der Nahrungsaufnahme auch einen attraktiven Ort für Gespräche und zur Erholung. Wegen hohen Pegeln finden Konversationen in vielen solchen Einrichtungen leider eher schreiend statt und von Erholung ist keine Spur. Es stellt sich daher die Frage, welche Parameter neben der Nachhallzeit für die Pegelentwicklung im Raum ausschlaggebend sind.

Die wichtigsten Störschallquellen sind die Gespräche an den anderen Tischen. Jedoch tragen auch Abzugshauben, Küchengeräte in offenen Essensausgaben oder Kompressoren in Kühltheken zu erhöhten Schallpegeln im Raum bei. Oft sprechen bereits die ersten Gäste, die den leeren Raum betreten, mit erhöhten Sprachpegeln, um das Hintergrundgeräusch zu übertönen.

Wir gehen der Frage nach, welchen Beitrag raumakustische Pegelmodelle zu einer adäquaten Auslegung leisten können. Es gibt verschiedene Modelle, die auf einfachen Größen wie Personenzahl, Raumvolumen und Nachhallzeit eine analytische Pegelprognose ermöglichen. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich der Raumpegel wegen Lombard-Effekt und Sprachverständlichkeit auf einen Pegel einstellt, der errechnet werden kann. Im Vortrag zeigen wir die Annahmen und Limitierungen eines solchen raumakustischen Pegelmodells. Auf eine kurze

theoretische Herleitung des Modells folgt der Vergleich von Rechnergebnissen mit gemessenen Pegeln eines Betriebsrestaurants mit 260 Sitzplätzen. Von den Ergebnissen ausgehend hinterfragen wir die Vorschläge zur Schallabsorption der DIN 18041.

Do. 11:20 Saal 1

Raumakustik

Fallbeispiele zu Zeitverlaufsanalysen des Lärms in Gaststätten vor und nach einer raumakustischen Ertüchtigung

Ulrich Schanda

Technische Hochschule Rosenheim

In der Literatur wird von mehreren Messungen des Lärms in Gaststätten als Funktion der Gästezahl berichtet. Modelle zur Prognose des Lärms als Funktion der Nachhallzeit des leeren Gastraums, der zusätzlichen Absorptionsfläche pro Gast, der Lombard-Konstante und der sog. Gruppengröße als das Verhältnis der tatsächlichen Sprecherzahl verglichen zur Gesamtgästezahl sind verfügbar. Aus den Analysen dieser Messungen wurde abgeleitet, dass die Verdoppelung der äquivalenten Absorptionsfläche den Schalldruckpegel im Raum um etwa 6 dB senkt; bei einer konstanten Schallleistung von fiktiven Schallquellen wären nur 3 dB zu erwarten. Grund hierfür ist der Lombard-Effekt, der die Sprecher im Sinne einer lärmreduzierenden Rückkopplung "leiser" werden lässt, wenn der Störgeräuschpegel geringer wird. Im vorliegenden Vortrag werden Fallbeispiele gezeigt, bei denen eine raumakustische Ertüchtigung durch Einbringen zusätzlicher Absorptionsmaßnahmen durchgeführt wurde. Zeitverlaufsanalysen des Lärms als Funktion der Gästezahl vor und nach der raumakustischen Ertüchtigung lassen es zu, die o.g. Modellparameter zu validieren.

Do. 11:40 Saal 1

Raumakustik

Singing adaptation in real and virtual acoustics

Paul Luizard, Stefan Weinzierl und Erik Brauer

TU Berlin, FG Audiokommunikation

This research project currently running at the TU-Berlin aims to investigate the capacity of adaptation of trained singers to the acoustics of various venues. A given short musical program is recorded in each room by means of a near-field microphone. In addition, room acoustical measurements are performed using a dodecahedral sound source, omnidirectional microphones and a dummy head. Another set of measurements consists in placing the dummy head together with a directional loudspeaker on a rotative plate in order to measure impulse responses from different orientations, at the position of the singer on stage. The second phase of recordings takes place in an anechoic chamber. It is the replication of the first experiment in virtual conditions. Interactive auralization is performed, i.e. the singers could hear their own voice in the virtual room while singing using real-time convolution and head tracking. Each note from the singing recordings in both real and virtual rooms is analyzed in

terms of tempo, loudness, and timbre features. This data is further compared to the room acoustical parameters and correlations are estimated. It appears that the sound color of the room response plays an important role, along with the early reverberation time and the room gain.

Do. 14:20 Saal 1

Raumakustik

Studios für die Industrie, Anforderungen und Möglichkeiten

Walter Baumann

G+H Schallschutz GmbH

Studios werden zunehmend auch in der Industrie z.B. für sound design benötigt. Die aus Rundfunk und Fernsehen bekannten Vorschriften bezüglich der Raumakustik sind hier allerdings kaum in die Praxis umzusetzen oder führen zu Widersprüchlichkeiten. Anhand von Messergebnissen in zwei ausführten Beispielen soll dies diskutiert werden.

Do. 14:40 Saal 1

Raumakustik

Akustik mit Deckensegel - wie erzielt man die beste Wirkung!

Thomas Plötzner

OWA, Amorbach

Concepts involving architectural acoustics include more and more the idea of modular sound absorbing elements like canopy islands. However, without the knowledge regarding their operating principles it can be problematic to estimate the correct effect on reverberation times. The aim of the research, carried out according to ISO 354, was to analyze the influence on the total absorption with varying parameters like canopy dimensions, suspension heights, distance between the elements and mounting angles. We also measured the effects of the different canopy surfaces (front face, reverse side and the edges). A comprehensive understanding of these modular acoustic units will enable us to implement them in the most effective way.

Do. 15:00 Saal 1

Raumakustik

”Weinberg“ contra ”Schuhkarton“ - Wie hängt der Seitenschallgrad vom Grundriss-Typ eines Konzertsaales ab?

Uwe Stephenson

HafenCity Universität

Neben der Nachhallzeit ist der Seitenschallgrad S der wichtigste raumakustische Parameter für Konzertsäle. Naturgemäß hängt er vor allem vom Verlauf der Seitenwände (der ”Primärform“) ab. Aller Erfahrung nach scheinen deshalb Rechteck-Räume die besten Konzertsäle zu sein, Trapezräume sind ungünstig und Zentralräume (mit dem Orchester etwa in der Mitte) noch ungünstiger. In letzter Zeit werden von Architekten ”Weinberg“-artige Säle bevorzugt, Zentralräume, in denen ”Zwischenmauern“ bzw. eine Terrassierung den Seitenschallgrad erhöhen sollen. Eine zentrale Frage ist, ob man dadurch im Mittel jemals Seitenschallgrade wie im ”Schuhkarton“ erreichen kann. S ist definiert als das Verhältnis der ”frühen“ ”seitlich“ eintreffenden Energie zur

“frühen” Energie, wobei “früh” heißt: bis 80ms verzögert und “seitlich” durch einen cosinus-Faktor ausgedrückt wird. Näherungsweise genügt deshalb unter Umständen eine 2-dimensionale Betrachtung bzw. eine 2D-Schallteilchen-Simulation. Dabei werden variiert: Grundriss-Typen, Raumproportionen, Schallquellenposition und Streugrad oder Substrukturierung der Wände. Um die Gründe für Änderungen verstehen zu können, werden auch geometrische Überlegungen mit periodisch angeordneten Publikumsbereichen (“Nischen”) und Spiegelquellen angestellt. Die Ergebnisse werden als farbige Landkarten mit Mittelwerten präsentiert.

Do. 15:20 Saal 1

Raumakustik

DIN 18041-2016: Erreicht eine ergonomisch wichtige Norm ihr Ziel hinsichtlich Sprachverstehen, Schallbelastung und Lärmminderung in Unterrichts- und Kommunikationsräumen?

Helmut Fuchs^a, Gerhard Graber^b und Jamilla Balint^b

^a Casa Acustica; ^b TU Graz

Bei der Überarbeitung dieser Richtlinie wurden die Anforderungen bezüglich der Nachhallzeiten in kleineren Räumlichkeiten durch Verschärfung im mittleren bei gleichzeitiger Lockerung im tieferen Frequenzbereich signifikant geändert. Nach drei Jahren lohnt daher eine kritische Diskussion auf Basis aktueller wissenschaftlicher Forschungs- und praktischer Umsetzungsergebnisse bezüglich Sprachverstehen, Lärmentstehung und raumakustischer Sanierungsmaßnahmen. In Zeiten da Lehrermangel, krankheitsbedingter Unterrichtsausfall und Bildungsdefizite in den Fokus rücken, sollten sich Architekten und ihre Berater des Beitrags unzureichender Raumakustik an dieser Entwicklung bewusst sein und sich herausgefordert fühlen, die raumakustischen Verhältnisse in Ausbildungs-, Arbeits- und Freizeitbereichen nach heutigem Stand des Wissens und der Technik zu verbessern. In der Praxis geht es darum, wie möglichst effizient und kostengünstig eine gute Raumakustik erreicht werden kann. Am Beispiel zweier Hörsäle der TU Graz werden dazu zwei konkurrierende Sanierungskonzepte vorgestellt: das eine konzentriert sich, wie gewohnt, auf die Absorption der mittleren Frequenzen, das andere zielt dagegen auf eine möglichst konstante Nachhall-Charakteristik im Raum. Die Ergebnisse werden vor dem Hintergrund der DIN 18041-2016 und der ÖNORM B 8115-3, 2005 diskutiert.

Do. 16:00 Saal 1

Raumakustik

Schallabsorbierende Wandpaneele? Ein MUSS für die Klassenraum-Akustik!

Carsten Ruhe

hörgerichtet planen und bauen

DIN 18041:2016 fordert für Klassenräume (Raumgruppe A4) mit einem typischen Volumen von etwa 180 m³ eine Nachhallzeit von $T_{soll} = 0,45$ s $\pm 20\%$. Auch wenn es rechnerisch “gerade eben” ausreicht, lediglich

die Decke vollflächig hochgradig schallabsorbierend zu belegen, ist nicht von vornherein sichergestellt, dass der Raum den Anforderungen an ein barrierefreies Zuhören und Verstehen entspricht. Werden Schallabsorber auch in der zweiten (und ggf. dritten) Raumdimension angebracht, so verbessert sich die Situation schlagartig erheblich und die Räume werden von den Nutzern als viel besser beurteilt. Im Gegensatz zu den Aussagen vieler Hörer liegen aber nur wenige messtechnische "Beweise" über diese erheblich bessere Qualität vor. Deshalb sträuben sich die Schulbau-Träger oft, den dafür notwendigen Aufwand von etwa 1.000 € Klassenraum zu investieren. Auch die Argumente einiger Akustiker, die horizontalen Reflexionen würden ohnehin eher eintreffen als die in der Norm benannten 50 ms nach dem Direktschall, sind in diesem Sinne kontraproduktiv. Messergebnisse vorher/nachher aus Klassenraum-Ergänzungen und aus verschiedenen neuen Förderzentren für Hörge-schädigte belegen eindeutig den Gewinn durch die Wandpaneele. Of-fenbar schränken horizontale Schallreflexionen die Sprachverständlich-keit viel früher ein, als erst nach 50 ms. Hierzu werden verschiedene Plausibilitäts-Überlegungen vorgestellt. Man sollte sie wissenschaftlich untersuchen, sobald die Messtechnik dafür angepasst ist.

Do. 16:20 Saal 1

Raumakustik

Softwaregestützte Entwicklung von Gestaltungskonzepten für Mu-sikübungsräume

Irina Oshkai^a, Susanne Schwickert^a und Malte Kob^b

^a*Hochschule Ostwestfalen Lippe;* ^b*Hochschule für Musik Detmold*

In diesem Beitrag wird die Entwicklung von Gestaltungskonzepten für Übungsräume eines Musikinternats erläutert. Der Übungsräum stellt für die Kinder und Jugendliche, die über 4 Stunden täglich musizieren, ein Werkzeug zum erfolgreichen Lernen und Üben der musikalischen Inhalte dar. Er ist somit ein wesentlicher Einflussfaktor für die Persönlichkeitsbildung der begabten Jungstudierenden. Das besondere Augenmerk mal bei der Gestaltung der kleinen Übungsräume richtet sich auf das Zusammenspiel der Raumakustik und der Architektur, das ermöglicht, das Üben zu einem Ereignis für die Kinder zu machen. Die Gegenüber-stellung und die Kombination der relevanten theoretischen Grundlagen der Raumakustik und der aus einer raumakustischen Analyse der Be-standsübungsräume der Musikhochschule gewonnen Kenntnisse führen zur begründeten Formulierung der optimalen akustischen Qualitätskrite-riren für die kleinen Übungsräume. Es werden die gestaltete Geometrie, Atmosphäre und Akustik der Räume des neugeplanten Musikinternats vorgestellt und anschließend die Ergebnisse der softwaregestützten Si-mulation der Raumakustik in Bezug auf Erfüllung der gestellten Anfor-derungen diskutiert.

Do. 16:40 Saal 1

Raumakustik

Orchestergräben in Mehrpartentheatern - Typische Herausforderungen bei der Gestaltung

Tobias Behrens und Wolfgang Ahnert

ADA Acoustics & Media Consultants

Die Gestaltung des Orchestergrabens bei Um- und Neubau von Mehrpartentheatern gehört zu den typischen Aufgabenstellungen des Raumakustikers. Bei vielen Orchestergräben finden sich oft Unzulänglichkeiten (zu eng, zu laut, schlechtes Untereinander-Hören im Graben, unzureichende Interaktion mit Bühnenakteuren, schlechte Orchesterbalance und Überdeckung der Bühnenakteure im akustischen Gesamtergebnis im Zuschauerbereich usw.). Anhand von verschiedenen bearbeiteten Projekten und Literaturangaben wird im Beitrag ein Überblick geboten über Ist- und Sollwerte bezüglich der Grabengröße, Anzahl der Musiker, Öffnungsmaß des Grabens und lichte Höhe im überdeckten Bereich, sowie zu Lärmbelehrungen (Kennwerte, typ. Maximalwerte, Zusammenhänge mit der Graben-Geometrie und raumakustischen Gegebenheiten). Lösungsansätze zur Konzeption raumakustischer Maßnahmen in Orchestergräben werden dargestellt und diskutiert.

Sitzung „Lärmschutz“

Do. 8:40 Saal 2

Lärmschutz

Frequency Limits of Locally Resonant Acoustic Metamaterials

Aidin Nojavan und Sabine Langer

TU Braunschweig, Institut für Konstruktionstechnik

The advent of Acoustic Metamaterials (AMM) has opened great potential in highly effective noise control. Thanks to their engineered microstructure, AMMs can present extraordinary characteristics, which are normally not observed in the nature. In Locally Resonant Acoustic Metamaterials (LRAM), negative values of effective mass density are achieved through local resonances within the material structure. The negative effective mass hinders wave propagation through the LRAM structure, proposing LRAMs as highly effective acoustic insulation. However, this effect is present only at a narrow frequency range, called bandgap. As a result, LRAMs are required to be designed for each specific application. Accordingly, the performance limits of LRAMs should be considered during the design process. In this study, the frequency range for LRAM operation is analyzed analytically and examined numerically, in particular for a membrane type one.

Do. 9:00 Saal 2

Lärmschutz**Passiver Schallschutz - Probleme eines ungeliebten Kindes**Urs Reichart^a und Jens Dittmer^b^aDEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH;^bBezirksamt Eimsbüttel - Amt für Verbr.-schutz, Gewerbe und Umwelt

Völlig zu Recht sieht der Gesetzgeber einen Vorrang des aktiven vor dem passiven Schallschutz vor. Dies ist bei einer quellsolierten Betrachtungsweise konsequent und sinnvoll umsetzbar. In den vergangenen Jahren sind jedoch auf Grund von höchstrichterlicher Rechtsprechung immer neue Anforderungen bezüglich der zu betrachtenden Quellen und Situationen entstanden, wie bspw. die immer öfter notwendige (und sinnvolle) Gesamtlärmbetrachtung oder die Berücksichtigung der Auswirkungen im nachgeordneten (Straßen-)Netz. Hier entsteht das Problem, dass der Baulast- oder Vorhabenträger keine Eingriffsmöglichkeiten für die anderen Quellen (nachgeordnete Straßen, Schienenwege, Flugbetrieb etc.) hat und somit aktiver Lärmschutz - wenn er überhaupt geometrisch sinnvoll anzutreten ist - nicht oder nicht wirtschaftlich sinnvoll möglich ist. Das ungeliebte Kind passiver Schallschutz wird in der Praxis häufig zur einzigen möglichen Maßnahme. Aber auch hier gibt es neue Bezugspunkte und auch Konflikte mit angrenzenden Rechtsbereichen - wie bspw. der Energieeinsparverordnung (ENEV) - oder ähnlichen Anforderungen für andere Quellen - wie bspw. zwischen Flug- und landgebundenem Verkehr. Der Vortrag will an Beispielen aufzeigen, welche Probleme bereits bestehen, welche in Zukunft zu erwarten sind und wie mit diesen Problemen unter der bestehenden Rechtslage umgegangen werden kann.

Do. 9:20 Saal 2

Lärmschutz**In situ - Qualitätskontrolle einer Lärmschutzwand unter Verwendung mit einer Schallintensitätssonde**Gustav Luckinger^a und Blasius Buchegger^b^aAkustik Engineering Luckinger e.U.; ^bTU Graz

Die akustischen Eigenschaften von Lärmschutzwänden werden vorwiegend durch die Absorption und die Schalldämmung beschrieben. Diese Eigenschaften können beispielsweise durch messtechnische Untersuchungen im Labor bestimmt werden. In der Praxis gilt es dann, die akustische Wirksamkeit der baulichen Ausführung und der verwendeten Materialien sicherzustellen. Aktuelle Messverfahren zur Überprüfung der Eigenschaften von Lärmschutzwänden im Feld erfordern teils jedoch einen hohen Messaufwand, beispielsweise aufgrund der zu verwendenden hohen Kanalanzahl und der hierzu notwendigen Verkabelung.

In diesem Beitrag wird die Verwendung einer Schallintensitätssonde als Messmittel aufgezeigt, mit der sich nicht nur die Schallintensität, sondern auf Grund der hohen Phasengenauigkeit die Absorption und die Schalldämmung einer Lärmschutzwand bestimmen lässt.

Do. 9:40 Saal 2

Lärmschutz

Akustische Wirksamkeit von Lärmschutzwandaufsätze: Vergleich von Modell- und Freifeldmessungen mit FE-Simulationen

Fabio Strigari, Wolfram Bartolomaeus und Jennifer Sammet

Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Lärmschutzwandaufsätze bieten eine einfache Möglichkeit zur Verbesserung der akustischen Wirksamkeit bestehender Lärmschutzwände, beispielsweise um gestiegenen Schutzanforderungen gerecht zu werden. Hierbei ergibt sich zum einen eine höhere Pegelminderung aufgrund der faktischen Erhöhung der Wand, zum anderen lassen sich durch spezielle Geometrien, periodische Strukturen oder absorbierende Materialien zusätzliche Einfügungsdämpfungen generieren. Am Beispiel eines Lärmspoilers aus Flüsterschaum wird im Rahmen dieser Studie die durch den Aufsatz erzeugte Pegelminderung untersucht und einer äquivalenten Erhöhung der Lärmschutzwand gegenübergestellt. Hierfür wird auf Freifeldmessungen im Nah- und Fernfeld, Modellmessungen in der Halle für akustische Modelltechnik der Bundesanstalt für Straßenwesen, sowie auf FE-(Finite-Elemente-)Simulationen der Schallausbreitung über die Aufsatzelemente mittels ANSYS zurückgegriffen. Die Vor- und Nachteile und Grenzen der verschiedenen Ansätze werden diskutiert. Die methodenübergreifende Analyse der Ergebnisse erlaubt es, das Pegelminderungspotential zu quantifizieren und Aussagen über die Vorhersagbarkeit der akustischen Wirksamkeit von Lärmschutzwandauflässen mit Hilfe von FE-Simulationen zu treffen. Das Wissen um die Qualität numerischer Simulationen soll zukünftig bei der Optimierung und praktischen Umsetzung derartiger Aufsätze helfen.

Do. 10:00 Saal 2

Lärmschutz

Modell-Prüfstand für akustische StreuungWolfram Bartolomaeus*Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach*

Streuung, Beugung und Reflexion an schallharten oder -weichen Hindernissen beeinflussen das Schallfeld in dessen Ausbreitung.

Die Streuung von Schallwellen an einem schallharten Zylinder wurde analytisch durch eine harmonische Entwicklung nach Besselfunktionen berechnet, mit einem Modell der Finite-Elemente-Methode (FEM) simuliert und in der Halle für akustische Modelltechnik (HaMt) skaliert gemessen. Dabei konnte eine gute Übereinstimmung aller drei Ergebnisse festgestellt werden.

Ebenso wurde die Beugung eines Schallimpulses an einer Kante mit Hilfe der Theorie von Biot, Tolstoy und Medwin (BTM) analytisch berechnet und mit einem FEM-Modell simuliert. Auch diese Simulationen und die in der HaMt gemessene Raumimpulsantwort stimmen zufriedenstellend überein.

Der neue Modell-Prüfstand für akustische Streuung (MPaS) kann für weitere Messungen auch an analytisch nicht mehr einfach beschreibbaren Streukörper(-Anordnungen) verwendet werden. Ebenso sind Messungen an Beugungskanten und über Reflexionsebenen durchführbar. Diese können mit analytischen Lösungen oder zumindest mit FEM-Simulationen abgeglichen werden.

Somit steht mit dem MPaS ein wichtiges Werkzeug zur Modellierung der Ausbreitung des Schallfeldes über Hindernisse zur Verfügung, mit dem in Zukunft z. B. auch optimierte Lärmschutzwandaufsätze an Straßen konstruiert werden können.

Do. 10:40 Saal 2

Lärmschutz

Vergleich von verschiedenen Messverfahren für Fassadenoberflächen

Jochen Krimm^a und Wolfram Bartolomaeus^b

^a*Frankfurt University of Applied Sciences; ^bBundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach*

Die Bestimmung der akustischen Wirkung von strukturierten Fassadenoberfläche im Stadtraum mittels der vor Ort vorhandenen Lärmquellen ist möglich, indem man die gemessenen Schallpegelwerte vor verschiedenen Oberflächen in der gleichen räumlichen Anordnung vergleicht. Das setzt aber ein referenzierbares Eingangssignal für die Messung voraus. In Laboraufbauten, wie etwa der skalierten Messung, wird das die Verwendung einer Schallquelle in einer Messumgebung mit konstanten Bedingungen gewährleistet. Im städtischen Raum, innerhalb der Messumgebung eines Fassadenteststandes wird der vor Ort vorhandene Verkehrslärm als Messsignalquelle eingesetzt. Der Verkehrslärm wird referenzierbar durch das zerlegen in gleiche zeitliche Intervalle oder Einzelereignisse. Diese Referenzbildung wird auch in dem Verfahren der statischen Vorbeifahrt verwendet. Im Rahmen des Projektes "Transformationseffekte von akustischen Fassaden" wurde eine Vor-Ort-Messung und die statistische Vorbeifahrtmessung an einem Fassadenteststand in der gleichen räumlichen Anordnung zeitgleich durchgeführt. Parallel wurde ein maßstäblich verkleinerter Aufbau in der Halle für akustische Messtechnik (HaMt) skaliert gemessen. Diese drei Messungen werden in Bezug gesetzt, um die Einsatzmöglichkeit und Genauigkeit des vorgeschlagenen Vor-Ort-Messverfahren zu bewerten.

Do. 11:00 Saal 2

Lärmschutz

Untersuchung der Lärmreduktion textiler Materialien

Erik Göhler, Martin Heinrich und Rüdiger Schwarze

TU Bergakademie Freiberg

Die Emission von Lärm auf Baustellen ist in vielen Fällen unvermeidbar. Befinden sich diese in Gebäuden, in denen ein fortlaufender Betrieb gewährleistet sein muss, dürfen die Schallwerte in den angrenzenden Gebäudeteilen die Vorgaben der BlmSchV nicht übersteigen.

Kunstfasern sollen dabei helfen, den von Baumaschinen abgestrahlten Luftschall zu reduzieren, und somit die Richtwerte einzuhalten.

In Zusammenarbeit mit dem TITK aus Rudolstadt wurden verschiedene textile Kombinationen aus Vlies und Schaustoff in Sand-wich-bau-wei-se entwickelt. Diese wurden hinsichtlich der Schalltransmission sowie der Schallabsorption experimentell vermessen und numerisch berechnet.

Für die Berechnungen des Schallverhaltens wurden die Modelle für Schallausbreitung in porösen Medien von Delany und Bazley sowie von Johnson, Champoux und Allard verwendet.

Die daraus resultierenden Ergebnisse aus Messung und Berechnung zeigen gute Übereinstimmung. Durch den textilen Aufbau kann dabei ein bewertetes Schalldämmmaß von bis zu $R_w = 13$ dB erreicht werden.

Do. 11:20 Saal 2

Lärmschutz

Cavity mode cancellation by using the perfect absorption of a discrete distribution of Helmholtz resonators

Iván Herrero-Durá^a, Rubén Picó^a, Víctor José Sánchez-Morcillo^a, Alejandro Cebrecos^a, Luis Miguel García-Raffi^a und Vicente Romero-García^b

^a*Polytechnic University of Valencia;* ^b*Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine*

Perfect absorption is receiving an increasing interest in the field of acoustics due to the possibility to absorb waves in deep-subwavelength scale. In practice, acoustic absorbing systems, porous materials or locally resonant materials, are open lossy resonators, presenting leakage of energy due to the aperture and inherent losses given by dissipative mechanisms. Perfect absorption is produced when there is a balance between the leakage and losses in the system, condition known as critical coupling. Helmholtz resonators have interesting properties for sound absorption. Their simple geometry allows the tuning of the viscothermal losses. Furthermore, they can be used to control the dispersion properties of the host medium, producing regions of frequency with slow sound. In this work, we mix these properties to cancel the reflection of a backing cavity. Resonators embedded in a waveguide in which plane waves are propagated compose the system. The last resonator is backed by the air cavity ended by a rigid wall. Slits are created between the upper part of the tube and the resonators to achieve slow sound propagation and shift down the resonance frequency. Optimization algorithms are applied to the design parameters to get maximized and broadband sound absorption.

Do. 11:40 Saal 2

Lärmschutz**Straßenverkehrslärmspektren -
Überprüfung der Korrektursummanden der VDI 2719**Isabel Fischer*TU München*

Die VDI 2719 aus dem Jahr 1987 beinhaltet Korrektursummanden (K-Werte) für unterschiedliche Lärmarten, die eine genauere Planung des Schallschutzes ermöglichen sollen. Diese sind abhängig vom Außenlärmspektrum. Bisher unberücksichtigt bleibt das frequenzabhängige Schalldämmenspektrum der Fenster. Aufgrund des Alters der VDI und deren Grundlagen ist eine Überarbeitung der Verfahren absehbar. Es besteht Bedarf an einer Untersuchung heutiger Straßenverkehrslärmspektren und deren Auswirkungen auf die Korrektursummanden. Hierzu wurde eine Masterarbeit durchgeführt, in der durch Messung aktuelle Straßenverkehrslärmspektren bestimmt wurden. In Kombination mit den Ergebnissen aus vorhergehenden Arbeiten konnten so die K-Werte der VDI 2719 neu ermittelt werden.

Sitzung „Audiologische Akustik“

Do. 14:20 Saal 2

Audiologische Akustik**Modeling Loudness Perception in Electrical Hearing with a Phenomenological Auditory Nerve Model**Niklas Löcherer und Bernhard Seeber*TU München, Audio-Signalverarbeitung*

The development of new coding strategies for electrical stimulation in cochlear implants (CI) motivates the demand for models of stimulated auditory nerve fibers (ANF), which can be fitted to individual subjects. With the intention of predicting patients' loudness percepts for biphasic pulse trains, a phenomenological ANF model based on a stochastic leaky integrator approach (Takanen and Seeber, 2017), which takes into account a variety of temporal (refractoriness, rate adaptation, accommodation, facilitation) and spatial (spread of excitation) response properties of the neurons, was combined with a widely accepted loudness model for electrical stimulation (McKay et. al., 2001). The latter considers both temporal and spatial loudness summation effects and takes the neuronal response spread over the whole cochlea as input. It was adapted to incorporate the stochastically fluctuating output of the leaky integration and includes a definition of loudness threshold and maximum comfortable level (MCL) based on the firing probability width along the electrode array. In past work at AIP the ANF model was fitted to individual patients using measurements of the electrically evoked compound action potential (ECAP). The present work extends the approach to reproduce psychophysical loudness data, individual loudness growth and effects on loudness of stimulation rate and phase duration.

Do. 14:40 Saal 2

Audiologische Akustik

Simulation and Measurement of the Pressure at the Eardrum Emitted by Hearing Aids in Auditory Canals Occluded with Custom Ear MoldsFelix Gassenmeyer^a, Hendrik Husstedt^a und Manfred Kaltenbacher^b^aDeutsches Hörgeräte Institut; ^bTU Wien, Mechanik und Mechatronik

The acoustical load when wearing a hearing aid, mainly determined by the geometry of the auditory meatus and the reflection properties of the tympanic membrane and middle ear, is individual and apriori unknown. Hence, the sound pressure emitted by the hearing aid varies when the same device with the same setting is applied to different subjects. Usually the effective pressure is determined by real ear measurements. Alternatively, coupled Finite Element Simulations of the sound field in occluded auditory canals and the acoustic/mechanical transmission to the middle ear have been previously presented for a parametric model of the auditory meatus. In this talk, the findings for the generic model are used to simulate the pressure at the eardrum for real ear geometries occluded by custom ear molds. Finally, the results are compared to measurements.

Do. 15:00 Saal 2

Audiologische Akustik

Towards Predictions of Individual Benefits with Real Hearing AidsDavid Hülsmeier, Anna Warzybok, Birger Kollmeier und Marc René Schädler*CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'*

Accurate individual predictions of the benefit of hearing aids could be employed for a faster systematic development and better initial fitting of hearing aids. The Framework for Auditory Discrimination Experiments (FADE) was shown to accurately predict the speech reception thresholds (SRT) of hearing-impaired listeners and the benefit of several binaural noise reduction algorithms. However, several hours of processed signals were required for each predicted outcome which seem obstructive for predictions with physical hearing aids. Therefore, the framework was optimized to decrease required amount of realtime-data keeping the predictive power of FADE. Thus, an adaptive search paradigm across training and testing signal-to-noise ratios contrary to the original approach was implemented. As a result, this quick approach requires about 45 minutes of data for the prediction of the outcome of the matrix sentence test in an aided condition. The average difference in the predicted SRTs across a fluctuating masker was about 1 dB, i.e., within the empirical accuracy. The approach was evaluated with the open Master Hearing Aid with different hearing aid algorithms and different degrees of hearing loss. It showed SRTs similar to simulations with the original FADE approach. Ultimately, individual predictions for real (own) devices with recorded data are planned

Do. 15:20 Saal 2

Audiologische Akustik

Effect of switch onset cues and visual distractors when listening with gaze and head controlled simulated beamformersLubos Hladek^a, Bernd Porr^b, Thomas Lunner^c und Graham Naylor^a^a*Hearing Sciences (Scottish Section), University of Nottingham; ^bSchool of Engineering, Univ. of Glasgow; ^cEriksholm Research Centre, Oticon*

Integrating gaze-controlled highly-directional beamformers into hearing aids could enhance the listening experience of hearing impaired in noisy environments. In conversations, people can usually reorient their gaze to the new speaker faster and more conveniently than reorienting the head. In this experiment, listeners with various levels of hearing impairment listened to a two-talker conversation using a simulated gaze-(GAZE) or head-controlled (HEAD) beamformer. Targets were presented every 1.5 seconds either from 30° left or 30° right. Targets consisted of spoken digits in diffuse speech-shaped background noise and a static picture of a face. The target direction switched pseudo-randomly after 2-5 presentations, and the upcoming switch was pre-empted by a visual cue 0 ms, 500 ms, or 1000 ms before the switch. The visual scene was either empty or with visual distractors which were silent speaking faces in the frontal field of the participant. The pre-emptive visual cues improved speech perception in the GAZE relative to HEAD condition during the target switching. The visual distractors had little or no effect on speech intelligibility. These results suggest that gaze-controlled beamformers could be a viable way of enhancing listening in conversation in noisy environments. [Supported by the Oticon Foundation, MRC (MR/S003576/1), CSO (Scottish Government)].

Do. 16:00 Saal 2

Audiologische Akustik

Gaze-based attention tracking for hearing aidsHendrik Kayser, Giso Grimm und Volker Hohmann*CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'*

Hearing aid users potentially benefit from highly directional spatial signal processing techniques and the decomposition of sounds into acoustic source objects. However, the successful application of these methods can only be achieved when knowledge of the user's listening preferences is available. Hence, identification of sound sources that are attended by the user in a multi-source scenario is essential. In the present approach a user's gaze behavior is used to estimate attention towards objects in an audio-visual scene: Eye gaze direction is derived via electrooculography and head orientation is measured by a gyroscope to identify the attended objects from an acoustic mixture of sources. Objects are derived via acoustic scene analysis delivering estimates of the spatio-temporal distribution of source positions from binaural hearing device input signals; followed by an object tracking approach. Combined with the gaze-based

measure of attention acoustic objects of interest are enhanced or, alternatively, unattended objects are attenuated. The performance was estimated based on gaze data recorded in a conversation-like situation. First results with simulated spatial filtering show a potential SNR benefit up to 7dB. The algorithm was implemented with different open-source software tools that enable low-latency signal processing and rendering of virtual audio-visual environments in real time.

Do. 16:20 Saal 2

Audiologische Akustik

Masking and place-specificity of auditory steady-state responses (ASSR)

Bastian Epp und Gerard Encina Llamas

Hearing Systems Group, Technical University of Denmark

Auditory steady-state responses (ASSRs) are used to test auditory function in non-responding listeners, mostly applied to estimate hearing threshold. Recently it has been suggested to use ASSR to quantify auditory processing at supra-threshold levels and as a candidate to investigate noise-induced damage of the auditory nerve (AN) fiber synapses. One main assumption when using ASSRs to estimate hearing threshold is that the tested neural population is the same as the population tested with an audiogram. When using ASSRs at higher levels, it is often anticipated that a masking noise will ensure this place-specificity. The current study tested these assumptions using a computational model of the AN. The effects of level and of different types of masking on the ASSR was tested, with a focus on identifying the AN fiber population that contributes most to the observed electrophysiological response. The results show that a) neural populations with a characteristic tuning remote from the frequency of the stimulus in quiet contribute heavily to the observed ASSR response, and b) masking noises have a different effect on the different types of AN fibers and do not mask off-frequency contributions at sound pressure levels that are plausible for behavioural experiments.

Sitzung „Überströmte Schallabsorber“

Do. 8:40 Saal 3

Überströmte Schallabsorber

Eine neuartige Impedanz-Randbedingung zur vollständigen Beschreibung des akustischen Verhaltens perforierter Wandauskleidungen mit Überströmung

Anita Schulz^a, Chenyang Weng^b, Friedrich Bake^a, Lars Enghardt^a und Dirk Ronneberger^c

^a*DLR - Institut für Antriebstechnik; ^bDLR; ^cretired, formerly Drittes Physikalisches Institut, Göttingen*

Zur Lärmreduzierung in Strömungskanälen wie z.B. Flugzeugtriebwerken werden häufig akustische Wandauskleidungen verwendet, wobei die

Kanalwände durch Perforationen akustisch durchlässig gemacht werden. Der entscheidende Parameter für die Anpassung der Wandauskleidung an das zu dämpfende Schallspektrum ist dabei -zumindest im strömungslosen Fall- durch die Wandimpedanz gegeben. Bei Anwesenheit einer Strömung wird diese Anpassung erheblich erschwert, da die Wandimpedanz nicht nur strömungsbedingt verändert wird, sondern als alleiniger Parameter auch nicht mehr ausreicht, um den Einfluss der Wand auf das Schallfeld zu beschreiben. Zur Vervollständigung der Randbedingung muss der Effekt des Impulstransfers berücksichtigt werden, welcher durch das Abbremsen des strömenden, in die Wandöffnungen eindringenden Mediums verursacht wird. Dieser Effekt wurde in den bisherigen Arbeiten entweder völlig vernachlässigt oder durch die unrealistische Annahme der Haftbedingung beschrieben. Um den Impulstransfer zwischen Wand und Strömung korrekt zu berücksichtigen, wird in dieser Arbeit die Proportionalitätskonstante zwischen der akustischen Wandschubspannung und der wandnormalen Schnelle als neuer Parameter der Randbedingung eingeführt. Diese, hier Impulstransferimpedanz genannte, Größe liefert zusammen mit der klassischen Wandimpedanz eine vollständige Beschreibung der akustischen Eigenschaften einer perforierten Wand unter dem Einfluss der Überströmung. Es werden erste Messungen der Impulstransferimpedanz vorgestellt und physikalisch plausible Ergebnisse diskutiert.

Do. 9:00 Saal 3

Überströmte Schallabsorber

Impedanzbestimmung von überströmten Linern: Vergleich modenbasierter und nicht-modenbasierter MethodenFriedrich Bake^a, Chenyang Weng^b, Anita Schulz^a und Lars Enghardt^a^a*DLR - Institut für Antriebstechnik; ^bDLR*

Schalldämpfende Wandauskleidungen, genannt Liner, sind eine wesentliche Technologie zur Schallreduktion in durchströmten Kanälen wie z.B. im Einlauf und Nebenstromkanal von Flugtriebwerken. Eine wichtige Größe zur Beschreibung von Linern ist die Impedanz, das Verhältnis des Schalldrucks zur wandnormalen Schallschnelle an der Lineroberfläche. Bei Überströmung des Liners kann diese Impedanz bisher nicht direkt gemessen werden. Daher kommen hier meist indirekte Verfahren, sogenannte Impedanzreduktionsmethoden, zum Einsatz. Bei diesen wird in der Regel das Kanalschallfeld, mit eingebautem Liner und Überströmung, an verschiedenen Mikrofonpositionen vermessen und dann über entsprechende Modelle für die Schallausbreitung und die Linerrandbedingung eine Linerimpedanz soweit iteriert, bis die Differenz vom modellierten zum gemessenen Schallfeld möglichst minimiert wird. Hierbei unterscheidet man Methoden, bei denen das Schallfeld in akustische Moden zerlegt betrachtet wird, von Verfahren, die das Schallfeld als gesamte numerische Lösung auswerten. In dem vorliegenden Beitrag werden an einem Beispilliner verschiedene Impedanzreduktionsmethoden,

z.T. modenbasiert und z.T. nicht-modenbasiert, hinsichtlich Ihrer Eigenschaften und der sich daraus ergebenen Eignung zur Impedanzbestimmung verglichen. Im Ergebnis zeigt sich, dass bei Linern mit sehr kleiner Resistanz eher nicht-modenbasierte Eduktionsmethoden sinnvolle Ergebnisse liefern, während sie in Frequenzbereichen mit sehr hoher Dissipation unrealistische Ergebnisse zeigen. In diesen Bereichen erscheint vielmehr die Anwendung der modenbasierten Methoden von Vorteil zu sein.

Do. 9:20 Saal 3

Überströmte Schallabsorber

Achieving Axial Fan Sound Reduction with Micro-Perforated Absorbers**Sebastian Floss^a, Florian Krömer^b, Felix Czwielong^b und Manfred Kaltenbacher^a**^a*TU Wien, Inst. f. Mechanik u. Mechatronik; ^bUniv. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentech.*

Aeroacoustic noise sources, especially under distorted flow conditions, are one of the main causes of sound emissions on an axial fan geometry layout in a complex ventilation system scenario. To attenuate sound, one can either modify the aeroacoustic sources by changing the fan blade geometry, or one can use passive absorbing mechanisms which are applied as wall lined structures up- and downstream of the fan. We propose the application of MPAs (micro-perforated absorbers) in the tipflow region of the fan to account for tonal components of the emitted sound pressure spectrum. Possible near-field effects on the absorbing structure will be investigated by simulating MPAs with the Johnson-Champoux-Allard approach in a Finite Element (FE) - framework. This is followed by measurements at an experimental test section where we will investigate the effect of the MPA structure on pressure drop, performance and the overall emitted sound pressure level of the fan.

Do. 9:40 Saal 3

Überströmte Schallabsorber

Dissipationseigenschaften periodisch durchströmter Liner bei streifendem Schalleinfall**Ralf Burgmayer, Lars Enghardt und Friedrich Bake****DLR - Institut für Antriebstechnik**

Perforierte Wandauskleidungen mit Kavität, auch Liner genannt, stellen eine wichtige Schallreduktionstechnologie in durchströmten Kanälen wie beispielsweise Flugzeugtriebwerken dar. Bei modernen, emissionsarmen Triebwerken sind die zu dämpfenden Frequenzbestandteile eher tiefrequent und breitbandig auf einen größeren Frequenzbereich verteilt. Hierfür benötigen konventionelle, auf dem Resonatorprinzip basierende Linerkonzepte einen deutlich größeren Bauraum, der in Triebwerken zumeist nicht verfügbar ist. Daher besteht Bedarf an neuartigen Systemen mit breitbandiger Dämpfung. Vor diesem Hintergrund wird in dieser Arbeit das Wirkungsprinzip des sogenannten Zero-Mass-Flow-Liners (ZML) genauer untersucht. Das Dissipationsverhalten wird durch eine periodische Durchströmung der perforierten Wand erweitert. Für die zusätzliche Dissipation werden Wirbelbildung und -ablösung an den Löchern der perforierten Wand, ähnlich wie bei konstant durchströmten, sogenannten Bias-Flow-Linern (BFL), verantwortlich gemacht. Der Vorteil dieses Konzeptes ist, dass gegenüber dem BFL keine zusätzliche Luftversorgung benötigt wird. Im Labor kann eine periodische Durchströmung beispielsweise mit einem Lautsprecher hergestellt werden. In dieser Studie wird das Dissipationsverhalten periodisch durchströmter

Liner in Abhängigkeit von der Schallschnelle in den Löchern und der Anregungsfrequenz untersucht. Die Ergebnisse zeigen für verschiedene Wandauskleidungen, dass das Dissipationsverhalten mit steigender Schallschnelle einen breitbandigeren Verlauf annimmt und die Anregungsfrequenz einen vergleichsweise geringen Einfluss hat.

Do. 10:20 Saal 3

Überströmte Schallabsorber

Charakterisierung additiv gefertigter akustischer Metamaterialien zur Schallabsorption in Rohrströmungen

Benedikt Berchtenbreiter und Stefan Becker

Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentech.
Metamaterialien sind künstliche Strukturen deren effektive Materialeigenschaften sich grundlegend von denen der Einzelkomponenten unterscheiden. Speziell bei der Entwicklung akustischer Metamaterialien gilt es die effektive Dichte und den effektiven Kompressionsmodul der Struktur zielgerichtet zu variieren, um die Schallausbreitung in einem Material manipulieren zu können. In dieser Arbeit werden additiv gefertigte periodische Strukturen mit einer Gitterkonstante analysiert, die sehr viel kleiner als die zu manipulierenden Wellenlängen ist. Es gelingt dadurch ein verbessertes Absorptionsverhalten gegenüber herkömmlichen faserigen oder porösen Absorbern zu erzielen. In bisherigen Untersuchungen wurden additiv gefertigte Absorberelemente fast ausschließlich in Impedanzrohren mit der Zwei- und Vier-Mikrofon-Methode bei direktem Schalleinfall senkrecht zur Oberfläche im ruhenden Medium charakterisiert. Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Einfluss einer Rohrströmung auf das Dämpfungsverhalten an einem Multi-Port-Prüfstand analysiert. Die Absorber wurden hierfür sowohl durchströmt als auch überströmt. Bei Durchströmung entspricht die Einbausituation der in einem Impedanzrohr. Für die Überströmung wurden die Absorberelemente ähnlich wie in klassischen Rohrschalldämpfern in Kammern angebracht, die eine Erweiterung des Rohrquerschnitts darstellen. Dadurch werden Druckverluste reduziert. Die Untersuchungen zeigen, dass sowohl die variierende Einbausituation als auch die Rohrströmung Einfluss auf die akustischen Eigenschaften der additiv gefertigten Absorber nehmen.

Do. 10:40 Saal 3

Überströmte Schallabsorber

Liner mit flexiblen Strukturen zur verbesserten Schalldämpfung

Karsten Knobloch, Friedrich Bake und Lars Enghardt

DLR - Institut für Antriebstechnik

Passive Schalldämpfung in Form von Linern ist an Flugzeugtriebwerken von immenser Bedeutung. Sowohl im Einlauf als auch im Nebenstromkanal und zum Teil auch im Heißgasbereich kommen Liner zum Einsatz, um dominierende tonale Komponenten zu reduzieren und Breitbandlärm effizient zu verringern. Für zukünftige Flugtriebwerke ist eine weitere Erhöhung der Dämpfungswirkung sowohl für tiefe Frequenzen als auch im Breitband-Bereich erforderlich.

Das neue "FlexiS"-Linerkonzept nutzt die Zellstruktur bisheriger Liner und ersetzt Teile der steifen Grundstruktur durch flexible Elemente. Diese flexiblen Strukturen weisen dabei gleichzeitig eine materialinhärente Dämpfung auf, so dass zwei zusätzliche Mechanismen zur Umwandlung der akustischen Energie genutzt werden: die Anregung der flexiblen Elemente zur Schwingung und die direkte Umwandlung in Wärme durch die Materialdämpfung. Umfangreiche Versuche wurden an mehreren Prototypen durchgeführt. Durch eine Anordnung im Strömungskanal DUCT des DLR-Berlin mit jeweils 5 Mikrofonen stromauf und stromab der Liner-Prototypen wurde die Dissipation der eingestrahlten akustischen Energie bestimmt. Abhängig vom Material der flexiblen Elemente zeigt sich eine Veränderung der Dämpfungswirkung. Es wurde durchgehend eine Vergrößerung der Dämpfung bei tiefen Frequenzen gefunden, teilweise auch eine Erhöhung der Gesamtdämpfung. Dieser Effekt tritt mit und ohne Überströmung gleichermaßen auf. Detail-Untersuchungen der schwingenden Strukturen geben Informationen über die Vorgänge im Zellinneren und der Auslenkung der Struktur selbst.

Do. 11:00 Saal 3

Überströmte Schallabsorber

Aufzeigen der Unterschiede und Herausforderungen von Schalldämpfern bzw. -dämmern für unterschiedliche Anwendungsbereiche

Ralf Bernhard Helmut Buck und Ingo Krebs

Umfotec GmbH

Als Weltmarktführer für Resonatoren auf der Ladeluftseite von Verbrennungsmotoren beschäftigt Umfotec eine große Anzahl Ingenieure in der Entwicklung und Serienumsetzung von Resonatoren unterschiedlichster Materialien. Die Öl enthaltende Ladeluft und kritisch bewertete Druckverluste, führen zum hauptsächlichen Einsatz von Helmholtz-Resonatoren zur Schalldämmung. Für ein gutes Langzeitverhalten, ohne eine Versottung mit Öl, müssen die Kommunikationsöffnungen der Resonatoren im Gegensatz zu Absorberstrukturen ausreichend dimensioniert werden. Die große Herausforderung ist dabei, hohe Schalldämmungswerte zu erzielen und gleichzeitig strömungsinduzierte Geräusche, insbesondere tonales Pfeifen, zu verhindern. Bei Anwendungen im Lüftungs- und HVAC-Bereich kann hingegen auf Absorber oder Kombinationen von Resonatoren und Absorbern zurückgegriffen werden, da Versottung eine untergeordnete Rolle spielt. Damit gelingt es, die typische breitbandige Absorber- und die gezielte frequenzabhängig hohe Resonator-Wirkung zu vereinen und somit auch die Möglichkeit für Soundtuning zu schaffen. Der Vortrag thematisiert die Eigenschaften und Bauformen dieser unterschiedlichen Anwendungen und zeigt deren simulationstechnische Herausforderungen auf. Während eine praxisorientierte, präzise und schnelle Berechnung der Schalldämmung von Resonatoren für die Ladeluftstrecke möglich ist, kann Strömungspfeifen bisher nur für akademische Fälle mit einfachen Geometrien unter Ausnutzung größerer Rechenkapazitäten simuliert werden. Bei

HVAC-Anwendungen mit Kombinationen aus Absorbern und Resonatoren sind praxisorientierte, präzise Vorhersagen von Dämmungs- und Dämpfungseigenschaften nach derzeitigem Kenntnisstand noch schwierig und häufig ungenau.

Do. 11:20 Saal 3

Überströmte Schallabsorber

Aeroacoustic simulation of a flow-excited Helmholtz resonator using OpenFOAM

Péter Rucz

Budapest University of Technology

The flow-excited Helmholtz resonator is a classical example of acoustical resonance induced by fluid flow. Similar phenomena of sound production are also responsible for the noise amplification in ventilation ducts with side branches and the sound generation of air reed wind instruments, for example. In the past few years several studies investigating the fluid flow and the acoustical feedback in the Helmholtz resonator were published. These examinations include analytical treatments, experiments, and simulations based on discrete vortex dynamic models and computational fluid dynamics.

This paper presents the aeroacoustic simulation of a Helmholtz resonator excited by grazing flow. Numerical simulations at different flow speeds are performed by solving the compressible Navier-Stokes equations using the finite volume method implemented in the OpenFOAM software package. The frequency and amplitude of pressure oscillations in the resonator are evaluated and compared with the results of other models published previously. Flow field decomposition techniques are explored in order to get a better insight on the interaction of the flow and the acoustical feedback mechanism.

Sitzung „Lärmbewertung 2“

NEU: Do. 14:40 Saal 3

Lärmbewertung 2

Schall-Immissionsschutz bei Open-Air-Veranstaltungen - Aktualisierte Prognosemethoden

Axel Roy und Andreas Nicht

Akustik Bureau Dresden

Grundlage der durchgeführten Untersuchungen bilden die Ergebnisse der 2006 veröffentlichten Sächsischen Freizeitlärmstudie. Im Zusammenhang mit den im Vortrag "Schall-Immissionsschutz bei Open-Air-Veranstaltungen - Aktuelle Messergebnisse" vorgestellten aktuellen Emissionskenngrößen waren auch die Prognosemethoden einer Aktualisierung zu unterziehen. Dabei spielen die Richtcharakteristiken eine wichtige Rolle, die bei modernen Beschallungsanlagen (z.B. Line Arrays) sehr stark vom Abstrahlverhalten eines Kugelstrahlers abweichen.

Deshalb wurden Richtungs-Balloons verschiedener Beschallungssysteme durch Simulation gewonnen und ihre Parameter für Prognosezwecke aufgearbeitet. Im Zusammenhang mit den messtechnisch bestimmten Schallleistungspegeln und Signalspektren werden Methoden für die Prognose der Schallausbreitung von Open-Air-Veranstaltungen vorgestellt. Wegen des zunehmenden Tieftonanteils im Signalspektrum von Open-Air-Konzerten wird besonderer Wert auf die genauere Prognose von Subwoofer-Emissionen gelegt. Neben einer überschlägigen Prognose werden die aktuellen Möglichkeiten verschiedener Software-Tools zur Schall-Ausbreitungsrechnung für Open-Air-Konzerte erläutert.

NEU: Mi. 18:00 Saal 2

Lärmbewertung 1

Bestimmung und Prädiktion der akustischen Wirkung von Irritationswurfkörpern

Clemens Amon^a, Franz Grafa und Harald Marhold^b

^a Joanneum Research; ^b Bundesministerium für Landesverteidigung (A)
Die Entwicklung und Erprobung nicht-letalier Wirkmittel (NLW) wird bereits seit den späten 1960iger Jahren vorangetrieben. In das breite Licht der Öffentlichkeit rückten diese aber erst etwa 1990. Seit damals kann ein Trend zu neuen Arten von NLW beobachtet werden, die Sicherheitskräften neue Möglichkeiten in der Bewältigung ihrer Aufgaben eröffnen. Das Prinzip der Verhältnismäßigkeit ist in jedem Einsatz zu beachten, um möglichst wenige und geringe Folgeschäden zu verursachen. Speziell die Wirkungen beim Einsatz von sogenannten Irritationswurfkörpern (IWK) oder Blendgranaten sind nur sehr unzureichend untersucht wodurch das Risiko unbeabsichtigter Wirkungen derzeit nicht ausgeschlossen werden kann. Ein wesentliches Problem dabei ist, dass bis dato keine standardisierten Messverfahren zur Erstellung von Spezifikationen von IWK existieren. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Standardisierung des Messverfahrens zur Bestimmung repräsentativer akustischer Parameter und der Untersuchung und Modellierung der akustischen Wirkung von IWK beim Einsatz im Freien und in Räumen. Ein Messstandard wird vorgestellt, der die Vergleichbarkeit von IWK unterschiedlicher Hersteller und Typen möglich macht und die Grundlagen für ein Simulationswerkzeug darstellt, das es Einsatzkräften während einer laufenden Operation erlaubt, die akustische Wirkung eines IWK auf Menschen vor dem Gebrauch abzuschätzen.

Do. 15:00 Saal 3

Lärmbewertung 2

Laboruntersuchungen zur Entwicklung prognostischer Geräusch-emissionsansätze an einer hybriden Freileitung

Saskia Möllenbeck^a, Benjamin Schröder^a, Jonathan Wulff^a, Pascal Sames^b, Andreas Lingenaub^b und Stefan Steevens^a

^a Amprion GmbH; ^b TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH

Im Zuge der Energiewende muss das bestehende Höchstspannungs-Übertragungsnetz neue Aufgaben übernehmen. Dazu gehört auch der

Energietransport über lange Distanzen. Dabei bietet die Übertragung mit Gleichstrom Vorteile. Um Neu- oder Umbaumaßnahmen so effizient wie möglich zu gestalten, kann ein Gleichstromkreis parallel zur bestehenden Drehstromübertragung auf einem Mast geführt werden. Bei solchen hybriden Anordnungen gibt es elektrische Kopplungseffekte zwischen den Systemen. Diese können sich über die elektrische Randfeldstärke an den Leiterseilen auf die Entwicklung von Koronaentladungen auswirken und damit die Geräuschemissionen beeinflussen. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse von akustischen Untersuchungen in Laborversuchen zu hybriden Anordnungen dargestellt. Dabei wird sowohl die Beaufschlagung eines Wechselspannungssystems mit einer Gleichspannung ("DC-Offset") als auch die eines Gleichspannungssystems mit einer Wechselspannung ("AC-Ripple") betrachtet. Die Stärke dieser Einkopplungen wird aus Berechnungen zu einer geplanten hybriden Freileitung hergeleitet. Sich hieraus ergebende Modifikationen der Geräuschemissionen im Vergleich zur reinen Gleich- bzw. Wechselspannungsbeanspruchung werden dargestellt. Auf Basis der Erkenntnisse werden Empfehlungen für ein entsprechendes Berechnungsmodell für die Bestimmung der längenbezogenen Schallleistungen und Beurteilungsgel nach TA Lärm abgegeben.

Do. 15:40 Saal 3

Lärmbeurteilung 2

Laboruntersuchungen zur Bewertung der Geräuschminderung durch verschiedene Leiterseiltechnologien für Höchstspannungsfreileitungen

Benjamin Schröder^a, Saskia Möllenbeck^a, Stefan Steevens^a, Pascal Sames^b und Andreas Lingenu^b

^aAmprion GmbH; ^b TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH

In diesem Beitrag werden verschiedene Möglichkeiten dargestellt, um die Schallemissionen durch Koronageräusche an Leiterseilen von Höchstspannungsfreileitungen zu mindern.

Wahrnehmbare Geräusche an Freileitungen können in seltenen Fällen bei entsprechenden Witterungsbedingungen durch sogenannte Koronaentladungen auftreten. Grund hierfür sind die an Höchstspannungsfreileitungen vorhandenen elektrischen Felder. Während die elektrische Feldstärke am Boden einige Kilovolt pro Meter beträgt, nimmt sie in Richtung der Leiterseile bis auf einige Kilovolt pro Zentimeter an deren Oberfläche zu. Bestehen nun zusätzlich Unebenheiten an der Oberfläche der Leiter (Wassertropfen, Beschädigungen, Schmutzteilchen etc.), so können diese in deren Nähe das elektrische Feld zusätzlich erhöhen. Erreicht die Feldstärke einen bestimmten Schwellenwert, kommt es in bis zu einigen cm Entfernung zur Leiterseiloberfläche zu Entladungen, die sich durch ein Knistern und bedingt durch Ionenbewegungen gelegentlich auch als Brummen bemerkbar machen.

Im Laborversuch werden verschiedene technische Lösungen zur Minderung der Geräuschentwicklung mit Hilfe akustischer Messungen bewertet. Hierbei werden insbesondere verschiedene Oberflächenbehandlungen zur Veränderung des Benetzungsverhaltens, eine Vergrößerung des Leiterseildurchmessers zur Verringerung der elektrischen Randfeldstärke und der Einsatz eines verkleinerten Bündeldurchmessers betrachtet.

Do. 16:00 Saal 3

Lärmbewertung 2

A Crowdsourcing Survey on Environment Noise Characteristics of the German Crowd-Workers

Rafael Zequeira Jiménez, Babak Naderi und Sebastian Möller

TU Berlin, Quality and Usability Lab

Crowdsourcing permits to reach a large pool of users for gathering and annotating data in an efficient and cost effective manner. In a Crowdsourcing context, the users employ their own hardware to execute the tasks from the comfort of their environment. However, there is too little information about the users' background noise and environment characteristics, which is mandatory to judge the validity of the data being collected. Specially, in speech quality assessment and audio related tasks. There have been some attempts to investigate the conditions in which users from English speaking countries, India and Asia conduct crowdsourcing tasks, yet any effort have been made regarding the German crowd-workers. To address this issue, a study in a German-based crowdsourcing platform has been conducted. 220 users participated in total and answered questions regarding the environment in which they normally execute crowdsourcing tasks. Additionally, while conducting the survey, audio and visual data was collected to validate the submitted answers. This paper reports about the environment conditions in which crowdsourcing tasks are being executed. And also the acoustics characteristics of the users' background noises is investigated.

Do. 16:20 Saal 3

Lärmbewertung 2

Implikationen verschiedener Aufnahmetechnologien zur Untersuchung von Umgebungsgeräuschen

André Fiebig^a und Ming Yang^b

^a*HEAD acoustics GmbH*; ^b*HEAD Genuit Stiftung*

Die Auswirkungen von Umgebungslärm auf die menschliche Gesundheit und auf das Wohlbefinden sind unbestritten, aber in ihrer Komplexität nicht vollständig verstanden. Zur tiefergehenden Untersuchung von Wirkungen wird zunehmend der Soundscape-Ansatz eingesetzt, bei dem die menschliche Wahrnehmung einer akustischen Umgebung detailliert erfasst wird. Die aktuelle ISO 12913-2, die als technische Spezifikation 2018 erschienen ist, sieht im Bereich "Soundscape" zur Messung von akustischen Umgebungen den Einsatz binauraler Messtechnik vor. Hierbei ist die Anforderung, das Umgebungsgeräusch derart aufzuzeichnen, dass es dem Höreindruck einer Person in der originalen Situation

entspräche sowie eine gehörrichtige Reproduktion des Umgebungsgeräusches ermögliche. Binaurale Aufnahmen, im Gegensatz zu einem einfachen Messmikrofon, erhalten sämtliche räumliche Informationen aller verteilten Geräuschquellen bzw. Schallereignisse und erlauben eine gehörrichtige Wiedergabe der akustischen Umgebung für weitergehende Untersuchungen. Im Rahmen des Beitrages werden die Implikationen unterschiedlicher Aufnahmetechnologien zur Untersuchung von Umgebungsgeräuschen aus der Perspektive des Konzeptes "Soundscape" diskutiert und spezifische Auswirkungen auf Geräuschurteile in Abhängigkeit der Aufnahmetechnologie näher beleuchtet. Dafür werden in Hörversuchen unter kontrollierten Bedingungen Umgebungsgeräusche dargeboten, die die Versuchsteilnehmer gemäß verschiedener Kriterien bewerten. Hierbei soll vor allem der Einfluss der räumlichen Hörwahrnehmung auf typische Kriterien der Umweltgeräuschbewertung untersucht und quantifiziert werden.

Sitzung „Numerische Akustik 2“

Do. 8:40 Saal 4

Numerische Akustik 2

Sensitivitäten in der Vibroakustik gerippter Strukturen infolge Unschärfe aufgesetzter Feder-Dämpfer-Massen

Johannes Seidel, Stephan Lippert und Otto von Estorff

Technische Universität Hamburg (TUHH)

Bereits geringe Fertigungstoleranzen sowie Varianzen in Materialparametern können in der Akustik vibrierender Systeme signifikante Auswirkungen auf Moden und deren Intensität haben. So kann es unbeabsichtigt zur Verschiebung von Eigenmoden in Richtung dominanter Erregerfrequenzen kommen, was in der Fahrzeugakustik - hier im Speziellen im Flugzeuginnenraum - infolge zunehmender Schwingungsamplituden unmittelbar zur Beeinträchtigung des Komforts führt.

Der Fokus des gegenwärtigen Beitrags liegt auf nicht-strukturellen Massen im Flugzeugbau, den sogenannten Sekundärmassen, die über Feder-Dämpfer-Systeme an der Primärstruktur befestigt sind und einen nicht zu vernachlässigenden Anteil an der Gesamtmasse eines Flugzeigrumpfs ausmachen. Am Beispiel des vereinfachten Modells eines Seitenwandpaneels wird der Einfluss ebendieser Sekundärmassen auf das vibroakustische Verhalten des Gesamtsystems unter Berücksichtigung von Parameterunsicherheiten in den Verbindungselementen untersucht.

Die Fuzzy Arithmetik bietet hier ein geeignetes Framework zur Beschreibung von Unschärfe in den Parametern, der strukturierten Erzeugung von Kombinationsmatrizen und einer abschließenden Auswertung der Ergebnisse hinsichtlich des Einflusses jedes Parameters auf die untersuchte Zielgröße und der dazugehörigen Sensitivitäten. Zur Beurteilung

der Schwingungen des Paneels infolge von Unschärfe in den Verbindungselementen werden Frequenzantwortanalysen im Frequenzbereich der zu erwartenden Anregung durch Triebwerkslärm durchgeführt.

Do. 9:00 Saal 4

Numerische Akustik 2

Greensche Funktion für einen horizontal geschichteten anisotropen Boden

Holger Waubke

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

Die Greensche Funktion für einen anisotropen horizontal geschichteten Halbraum kann im Wellenzahl-Frequenz-Raum bestimmt werden, wobei nur die vertikale Koordinate im Originalraum verbleibt. Für eine Simulation in 2.5 D wird eine numerische Rücktransformation über eine der beiden horizontalen Koordinaten des geschichteten Halbraums benötigt. Dies kann mittels der numerischen inversen Fourier Integraltransformation geschehen. Dies ist jedoch problematisch, da die Greensche Funktion Singularitäten aufweist. Für die Randelemente Methode in 2.5D können die linienförmigen Randintegrale in den Fourier Raum transformiert werden und dort werden Randintegrale analytisch gelöst. Es verbleibt eine numerische inverse Fourier Transformation. Die Amplitude des Spektrums wird durch den Filter der sich aus den Randintegralen ergibt mit zunehmender Wellenzahl stärker abgeschwächt. Dies erleichtert die numerische Behandlung erheblich. Für eine effiziente Transformation wird eine Demodulation mit der Filon Methode zusammen mit einem adaptiven Verfahren verwendet.

Do. 9:20 Saal 4

Numerische Akustik 2

Beurteilung der Auswirkung der atmosphärischen Turbulenz auf die Schallausbreitung auf Grundlage einer Parameterstudie

Jasmin Hörmeyer, Tobias Bohne und Raimund Rolfes

Leibniz Universität Hannover - Institut für Statik und Dynamik

Im Rahmen des Projektes "WEA-Akzeptanz: Von der Schallquelle zur psychoakustischen Bewertung" wird ein numerisches Schallausbreitungsmodell entwickelt, welches die komplexen atmosphärischen Umgebungsbedingungen berücksichtigt. Eine geeignete numerische Methode für ein atmosphärisches Schallausbreitungsmodell ist die auf der Helmholtz-Gleichung basierende CNPE- (Crank Nicolson Parabolic Equation) Methode.

Eine Umgebungsbedingung mit maßgeblichem Einfluss auf die Schallausbreitung in der Atmosphäre ist die atmosphärische Turbulenz. Diese wird durch zeitliche Fluktuation der Temperatur und der Windgeschwindigkeit beschrieben und hat zur Folge, dass Schallwellen an turbulenten Wirbeln gestreut und vom ursprünglichen Ausbreitungsweg abgelenkt werden. Die Auswirkung dieser Schallstreuung auf die Schallausbreitung ist von Parametern wie beispielsweise der Turbulenzintensität, der

Größe von turbulenten Wirbeln sowie der Anzahl an wiederholten und gemittelten Simulationen abhängig.

Durch zufällig generierte Fluktuationen von Temperatur und Windgeschwindigkeit kann die atmosphärische Turbulenz in die CNPE-Methode implementiert werden. In dieser Arbeit wird eine Parameterstudie durchgeführt, mit der Motivation, den Einfluss der zuvor genannten Parameter auf die Schallausbreitung beurteilen zu können. Anschließend kann bewertet werden, welche Parameter eine vergleichsweise hohe Sensitivität aufweisen. Dies stellt die Grundlage für eine Modellanpassung im Zuge der Validierung des Schallausbreitungsmodells mit realen meteorologischen Daten dar.

Do. 9:40 Saal 4

Numerische Akustik 2

Identifikation von Dämpfung durch Schallabstrahlung durch numerische Modalanalyse des gekoppelten Struktur-Akustik Systems.

Suhaib Koji Baydoun und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Dämpfung durch Schallabstrahlung bezeichnet die Energiedissipation vibrierender Strukturen durch Schallabstrahlung ins akustische Fernfeld. Während die Dämpfung durch Schallabstrahlung oftmals vernachlässigbar ist, leistet sie bei Leichtbaustrukturen mit großen abstrahlenden Oberflächenflächen einen wesentlichen Beitrag zur gesamten Strukturdämpfung. Gezielte Maßnahmen zur Erhöhung der mechanischen Dämpfung sind nur dann zielführend, wenn die mechanische Dämpfung größer als, oder zumindest die gleiche Größenordnung aufweist wie die Dämpfung durch Schallabstrahlung. Daher existiert Bedarf an effizienten und flexiblen Methoden zur Quantifizierung der Dämpfung durch Schallabstrahlung in frühen Phasen des Designprozesses. In diesem Beitrag werden die modalen Werte der Dämpfung durch Schallabstrahlung durch eine Eigenwertanalyse des gekoppelten Struktur-Akustik-Systems bestimmt. Die Gleichungen der linearen, zeitharmonischen Akustik und Elastodynamik mittels der Randelementmethode und der Finite Elemente Methode diskretisiert. Durch Bildung des Schurkomplements wird das entkoppelte, reine Strukturmodell unter akustischer Last erhalten. Das nichtlineare Eigenwertproblem wird mittels polynomialer Approximation der akustischen Impedanzmatrix gelöst. Die auf diese Weise ermittelten Eigenvektoren entsprechen den Moden der Struktur unter Fluidlast. Aus den komplexen Eigenwerten lässt sich auf die modale Dämpfung aufgrund der Schallabstrahlung schließen. Der vorgestellte Ansatz wird am Beispiel einer Sandwichstruktur mit Honigwabenkern in Luft erprobt und die Ergebnisse werden mit anderen numerischen Ergebnissen sowie experimentellen Ergebnissen aus der Literatur verglichen.

Do. 10:20 Saal 4

Numerische Akustik 2

Beschleunigtes Transducer-Design durch Nutzung des verallgemeinerten elektroakustischen ReziprozitätsprinzipsChristian Henke*ATLAS ELEKTRONIK GmbH*

I.Allg. ist die Rechenzeit bei der Bestimmung der numerischen Richtcharakteristik von Empfangswandlern um den Faktor 50-100 höher als bei der Betrachtung von Sendewandlern. Die Anwendung des elektroakustischen Reziprozitätsprinzips ermöglicht es aus einer Sendeempfindlichkeit eine Empfangsempfindlichkeit zu bestimmen und somit den Zeitaufwand für die numerische Simulation um den Faktor 50-100 zu beschleunigen. Jedoch werden in der Standardliteratur wie z.B. [U1983, S. 48,50] für die Anwendung des Reziprozitätsprinzip Voraussetzungen benötigt, die in der Praxis von Sonarsystemen i.Allg. nicht erfüllt werden. Überraschenderweise liefern die älteren Arbeiten [FP1945] und [PF1947] die notwendigen mathematischen Werkzeuge um das elektroakustische Reziprozitätsprinzip ohne die einschränkenden Voraussetzungen zu verallgemeinern. Dieser Vortrag soll zum einen zeigen, wie auf Basis der zugrunde liegenden partiellen Differentialgleichungen das verallgemeinerte elektroakustische Prinzip hergeleitet werden kann und zum anderen eine praktisch relevante Anwendung zeigen, bei der dadurch der Simulationsaufwand von einem Monat auf Stunden verkürzt werden konnte.

Do. 10:40 Saal 4

Numerische Akustik 2

NiHu: A multi-purpose open source parallel fast multipole solverPéter Fiala und Péter Rucz*Budapest University of Technology*

We introduce the Fast Extension of NiHu, an open source C++ toolbox for the formulation of various engineering BEM problems. The NiHu toolbox has been widely used to discretise boundary integrals in a generic way, using the conventional BEM. The recently developed Fast Multipole extension aims to provide an interface for the efficient and flexible implementation of different fast integration methods, such as the kernel-dependent Fast Multipole Method, its black-box extensions, or algebraic approaches, such as ACA. Similar to the conventional BEM core, the Fast Extension massively exploits C++ template metaprogramming in order to generate efficient code for different formalisms, while maintaining a generic programming interface. Parallel processing is implemented using OpenMP.

The flexibility of the toolbox is demonstrated by formulating different problems related to computational acoustics: 2D and 3D acoustic radiation-scattering, potential problems, as well as stochastic eigendecomposition. The open source implementation is validated using the EAA benchmark cases such as the Radiatterer, the Pac-man and the Cat's eye arrangements.

Do. 11:00 Saal 4

Numerische Akustik 2

Forced Eddy Simulation des Strahlgeräusches von Einfachstrahlen

Andrej Neifeld und Roland Ewert

DLR

In diesem Vortrag werden Strahlgeräuschvorhersagen für Einfachstrahlen basierend auf einer 0.05m Düse bei subsonischen Austrittsmachzahlen von 0.6 bis 0.9 vorgestellt. Zur direkten Geräuschvorhersage wird hier die sogenannte Forced Eddy Simulation (FES) als eine neuartige skalenauf lösende Methode eingesetzt, wobei die Navier-Stokes Gleichungen in Form nichtlinearer Störungsgleichungen (NLDE) gelöst werden. Der zeitlich aufgelöste Bereich beschränkt sich auf ein räumlich kleineres Gebiet als durch die RANS Lösung der Hintergrundströmung vorgegeben ist. Die Methode kann daher den zonalen RANS/LES Verfahren zugeordnet werden. Weiterhin kommt bei der Vorgehensweise die Fast Random Particle Mesh Methode zum Einsatz, um den Backscatter-Mechanismus, d.h. die turbulente Produktion nicht aufgelöster Skalen im aufgelösten Bereich mittels stochastischer Anfachung explizit zu realisieren. Die Kalibrierung des stochastischen Forcings sowie des verwendeten Wirbelviskositätsmodells erfolgte auf Basis einer direkten numerischen Simulation von Wray für den Zerfall homogener isotroper Turbulenz. Die Ergebnisse für den Einstromstrahl wurden zunächst als Feldlösungen der Dichtegradienten, der aufgelösten turbulenten kinetischen Energie und der Druckschwankungen ausgewertet. Für die weiterführende Bewertung wurden die radialen Profile des Strahls zwischen der RANS- und FES-Lösung verglichen. Für die Validierung der Spektren wurden die Referenzspektren aus den Messungen und Ähnlichkeitsspektren für das Breitbandgeräusch 90° zur Strahlachse und das kohärente Strahlmischungsgeräusch für eine Abstrahlungsrichtung 35° zur Strahlachse verwendet.

Do. 11:20 Saal 4

Numerische Akustik 2

Eine analytische Lösung für die Impulsantwort einer akustischen Linienquelle über absorbierendem BodenMartin Ochmann*Beuth Hochschule für Technik Berlin*

Die Lösung der zweidimensionalen (2D) Wellengleichung bei Anregung durch eine Dirac-Delta-Funktion über einer unendlichen Ebene ist die 2D-Impulsantwort im Halbraum, die auch als das von einer unendlichen Linienquelle im dreidimensionalen Raum (3D) erzeugte Schallfeld betrachtet werden kann. Die von einer Punktquelle generierte 3D-Impulsantwort über absorbierenden oder massenartigen Ebenen kann geschlossen dargestellt werden. Geht man von dieser Lösung aus, so gelingt es, auch für impulsartig abstrahlende Linienquellen über absorbierendem Boden eine einfache exakte Lösung zu finden, die aus dem direktem und dem reflektierter Signal besteht. Der zugehörige Reflexionsfaktor ist eine algebraische Funktion der Bodenimpedanz, der Zeit

und der räumlichen Koordinaten. Darauf aufbauend kann das Schallfeld, das von einer Linienquelle, die ein beliebig Zeitsignal abstrahlt, durch Faltung berechnet werden. Für ein Gauß-Signal wird das Faltungsinintegral numerisch bestimmt. Für einen Rechteck-Impuls können analytische Lösungen in 2D und in 3D hergeleitet werden. Die Abweichungen von den numerisch gewonnenen Lösungen sind sehr klein. Die Kenntnis der 2D-Impulsantworten ermöglicht es, effektive Formulierungen einer akustischen Randelementmethode (BEM) im Zeitbereich über absorbernden Böden zu gewinnen.

Do. 11:40 Saal 4

Numerische Akustik 2

Rückschlüsse aus Wellenlösungen von unendlich periodischen Strukturen auf die Systemantwort einer endlich periodischen Struktur

Matthias Miksch und Gerhard Müller

TU München, Lehrstuhl für Baumechanik

Die vibroakustischen Eigenschaften von Strukturen lassen sich durch gleichmäßig verteilte lokale Resonatoren gezielt beeinflussen. Solche Strukturen werden als akustische Metamaterialien oder auch als lokal resonante Materialien bezeichnet. Im Rahmen des Forschungsvorhabens ALMA (Additive Layer Manufacturing for Acoustic Metamaterials) sollen unter anderem Designregeln für solche Strukturen definiert werden. Mit Hilfe der Wave-Finite-Element Methode (WFEM) lässt sich die Wellenausbreitung in periodischen Bauteilen berechnen. Durch einen Exponentialansatz werden hierbei die Wellenlösungen für die unendlich periodische Struktur aus dem Finite-Elemente Model einer Einheitszelle bestimmt. In diesem Beitrag soll erläutert werden, inwiefern die Charakteristika der Wellenlösungen der unendlichen Struktur für reale begrenzte Strukturen gültig sind. Hierbei wird das Design einer realen Tilerstruktur numerisch untersucht. Es soll gezeigt werden, wie mit Hilfe der WFEM akustische Metamaterialien ausgelegt werden können, deren vibroakustische Eigenschaften auf bestimmte Lastszenarien zugeschnitten sind.

Do. 14:20 Saal 4

Numerische Akustik 2

A computational approach for characterization of rigid frame porous materials

Tanjina Laila, Ferina Saati und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

A number of parameters like flow resistivity, porosity and tortuosity are used to characterize a porous material. In general, such parameters are derived using empirical methods or numerical models, including experimental procedures to some extent. However, conducting these experiments is often expensive and a number of uncertainties lie within. The aim of this paper is to introduce a method to calculate these parameters in a full-scale porous model by using finite element method, considering

thermal and viscous losses on a range of 2-D geometries. Starting with a simple rectangular rigid skeleton, the process moves forward with taking more complex pore shapes into account. The results give an insight to the different boundary conditions and their influence on the proposed numerical procedure.

Do. 14:40 Saal 4

Numerische Akustik 2

Beschleunigungsverfahren für die Energie-Boundary-Elemente-Methode

Matthias Ram^a, Sören Keuchel^b und Otto von Estorff^a

^aTechnische Universität Hamburg (TUHH); ^bNovicos GmbH

Die Boundary-Elemente-Methode (BEM) ist ein etabliertes Verfahren zur Lösung akustischer Fragestellungen. Die zur Modellierung eines Problems erforderliche Zahl der Freiheitsgrade hängt sowohl von der Geometrie der untersuchten Struktur als auch vom betrachteten Frequenzbereich ab. Da die Systemmatrix des zu lösenden Gleichungssystems im Allgemeinen voll besetzt und nicht symmetrisch ist, wird der Speicherbedarf bei der Berechnung von Hochfrequenzproblemen sehr groß und limitiert den Anwendungsbereich auf niedrige bis mittlere Frequenzen. Einen Ansatz zur Erweiterung des Frequenzbereichs stellt die Energie-Boundary-Elemente-Methode (EBEM) dar. Durch den dabei vorgenommenen Übergang auf nicht phasenbehaftete energetische Zustandsgrößen wird die Korrelation zwischen betrachtetem Frequenzbereich und Elementgröße aufgehoben. Die Zahl der Freiheitsgrade wird dadurch bei der EBEM vorrangig durch die Komplexität der Geometrie bestimmt. Zur weiteren Reduktion der Rechenzeiten sowie zur Untersuchung von Strukturen mit sehr hoher geometrischer Komplexität soll ein Fast-Multipole-Algorithmus für die EBEM umgesetzt werden. Diese Klasse von Algorithmen besitzt ein großes Potential zur Aufwandsreduktion in der BEM. Unter anderem können Helmholtz- und Laplace-Probleme hiermit bereits sehr effizient gelöst werden. Die in der EBEM verwendeten Kernel erfordern jedoch eine Anpassung des Algorithmus. Im vorliegenden Beitrag wird die Entwicklung einer Fast-Multipole Formulierung der EBEM vorgestellt und anhand von Testbeispielen diskutiert.

Do. 15:00 Saal 4

Numerische Akustik 2

Accuracy and cost of trailing edge noise source models of distinguished physical modeling complexity

Jürgen Dierke^a, Nils Reiche^b und Roland Ewert^a

^aDLR; ^bDLR AS-TEA

This paper evaluates the cost and accuracy of trailing-edge noise-source models reflecting different levels of physical complexity. The methods evaluated span a range from 2D computations with fully stochastically modeled sources to 3D Very Large Eddy Simulation (VLES) where the

stochastic forcing provides the backscatter part of the unresolved scales. This study is done systematically with different mesh refinements and different source resolutions. The methods used here rest on the Fast Random Particle Method (FRPM) as a stochastic source-model and different propagation-models realized with the volume resolving finite differences solver PIANO and the fast multi-pole boundary element method FM-CAS based on a surface mesh discretisation with simulation cost comparable to a Ffowcs Williams-Hawkins (FWH) solver. Two correction formulas for a '2D to 3D'-correction and one for a '3D-slice to 3D' correction concerning the sound pressure levels are used to compare 2D results with sliced 3D results and full 3D solutions. The benchmark test case is the well known BANC III trailing edge noise test case utilizing a NACA0012 airfoil with a chord of 0.3m and free stream Mach-number of 0.156, hence a Reynolds-number of 1.E6. The evaluated microphone is located 1m below the trailing edge and the span is 1m.

Do. 15:40 Saal 4

Numerische Akustik 2

Choosing the optimal position of a vent microphone in acoustically open hearing systems - a numerical study

Reinhild Roden^a, Nick Wulbusch^b, Alexey Chernov^b, Florian Denk^c und Matthias Blau^a

^a*Jade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörentechnik u. Audiologie;* ^b*CvO Universität Oldenburg, Institut für Mathematik;* ^c*CvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik*

Modern hearing systems are expected to offer various functionalities, e.g. aiding pathological hearing, in-ear monitoring, or providing augmented reality. This implies multiple simultaneous optimization targets for signal processing strategies, including sound pressure equalization together with feedback, noise and occlusion control. Ideally, the userexperience should match that of the open-ear scenario (acoustic transparency), plus specific enhancements. In order to approach all targets simultaneously, multiple in-ear microphones and drivers can be employed. In the current study, we investigate the problem of finding an optimal position for a "vent" microphone that is placed inside the venting tube of the hearing system. Specifically, the transfer function from this microphone to the ear drum in the occluded ear should be minimally dependent on the position of external sources, which is a prerequisite for various signal processing strategies. To this end, we used the Finite Element Method (FEM) to compute transfer functions from external sources to the vent microphone and to the ear drum. By exploiting the reciprocity principle, a large number of external source positions could be considered in one run. Both commercial and custom FEM implementations were used. The resulting optimal positions are discussed for different outer ear and ear canal anatomies.

Do. 16:00 Saal 4

Numerische Akustik 2

Topological design of fluid-structure interaction system using the mixed finite element formulation and boundary element methodWenchang Zhao^a, Haibo Chen^a und Steffen Marburg^b^a*University of Science and Technology of China; ^b TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme*

This paper deals with the topological design of fluid-structure interaction systems. In the fluid-structure interaction analysis, the infinite fluid domain is truncated, and the boundary element method (BEM) is utilized to model the non-reflecting boundary conditions on the truncated surface. The bounded domain is modeled by the mixed finite element method (FEM). The mixed FEM could simulate the fluid and solid simultaneously. By combining the mixed FEM and BEM, the feedback coupling between fluid and structure is established. This coupling offers several benefits to the optimization. Firstly, the mixed FEM does not require the explicit representation of fluid-structure interface. Secondly, it allows to use density-based approaches. Thirdly, the discontinuous variations of fluid-solid interface are transformed into the continuous variations in element assigned design variables. This improves the convergence of optimization process. Finally, the change of FEM-BEM interface could be avoided since we can choose a suitable truncated surface. Based on the coupled formulations, the optimization model for fluid-structure interaction problems is well set up. By numerical studies, we demonstrate that the coupled approach with mixed formulation could deal with all possible designs which may arise in optimization process. Furthermore, the proposed optimization method is verified by several optimization results.

Do. 16:20 Saal 4

Numerische Akustik 2

Berechnung von Biegeschwingungen im Zeitbereich auf einem unendlichen Balken mit der Finiten Differenzen Methode

Katja Stampka und Ennes Sarradj

TU Berlin, Fachgebiet Technische Akustik

Das Hauptmotiv dieser Untersuchung ist die Berechnung von Rollgeräuschen bei Schienenfahrzeugen. Diese sind ein wichtiger Punkt, wenn es um die Lärmreduzierung bei Schienenfahrzeugen geht, da Rollgeräusche besonders bei mittleren Fahrgeschwindigkeiten dominant sind. Durch den Kontakt von Rad und Schiene werden durch Unebenheiten Schwingungen angeregt, die dann als Schall abgestrahlt werden. Um also Rollgeräusche ausreichend genau prognostizieren zu können, ist das Wissen über das Antwortverhalten der Schiene auf Kräfte zwingend notwendig. Bei der Betrachtung sollen auch nichtlineare Effekte und parametrische Anregung, wie sie z. B. durch die Überfahrt über Schwelten entsteht, mit einfließen können. Dies ist nur über eine Bestimmung im Zeitbereich möglich. Als einfachstes Modell für die Schiene wird ein unendlicher Balken gewählt. Die Idee ist nun die Antwort des Balkens mit der Finiten Differenzen Methode (FDM) zu bestimmen, da diese unter

anderem gut für Berechnungen im Zeitbereich geeignet ist. FDM wurde in der Literatur häufig für endliche Balken angewendet. Berechnungen mit FDM für unendliche Balken sind dagegen in der Literatur nicht zu finden. Daher wird in diesem Beitrag die Berechnung der Biegeschwingungen mit FDM eines unendlichen Balkens vorgestellt und diskutiert.

Do. 16:40 Saal 4

Numerische Akustik 2

Simulation von Aerogelen als Isolationsmaterial in der Flugzeugkabinenwand

Christiane Gillner^a, Hannes Marckmann^a, Olgierd Zaleski^a und Otto von Estorff^b

^aNovicos GmbH; ^bTechnische Universität Hamburg (TUHH)

Aerogele sind hoch poröse Festkörper, die in einem Sol-Gel Prozess mit anschließender superkritischer Trocknung hergestellt werden. Es entstehen Materialien mit einer Porosität von bis zu 95 Prozent, die durch den hohen Luftanteil eine sehr geringe Dichte aufweisen. Weiterhin weisen sie gute Eigenschaften in der Schallabsorption und eine geringe thermische Leitfähigkeit auf. Damit bilden sie eine gute Grundlage für Isolationsmaterialien. Aufgrund neuer Turbinensysteme in Flugzeugen, die besonders im tiefen Frequenzbereich lauter sind als aktuelle Turbinen, ist ein neues System für die Schalldämmung in Kabinenwandelementen gewünscht.

Der Schwerpunkt dieses Beitrages liegt auf der Simulation akustischer Eigenschaften von Aerogelen. Durch die neue Anwendung und die verschiedenen Herstellungsvarianten sind die zu verwendenden Modellierungsansätze in der Akustik noch nicht vollständig geklärt. Als Ausgangspunkt dient das Biot-Modell für poröse Medien. Da das reine Aerogel spröde ist, werden verschiedene Verstärkungen (z.B. Kurzfasern oder Vliese) in das Material eingebracht. Hierdurch können unterschiedliche mechanische Modellierungen notwendig werden. Es werden verschiedene Testkonfigurationen betrachtet, wobei mit der Validierung des Modells durch Messungen mit einem Impedanzrohr begonnen wird.

Sitzung „Sprache und Audio im KFZ“

Do. 8:40 Saal 5-a

Sprache und Audio im KFZ

A Robust Acoustic Head Orientation Estimation Algorithm Implementation - Evaluation for Real ICC ScenariosRasool Al-Mafrachi und Gerhard Schmidt*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

In order to improve speech intelligibility and communication quality among the passengers in a car driven at high or even moderate speed, so-called In- car communication (ICC) systems are recently used. ICC systems usually work by recording, processing, and playing-back the desired speech signal of the talking passenger over loudspeakers located close to the passengers. Due to the acoustic directionality of human head, various signal processing technique are required to reduce the degraded intelligibility and distortion in the speech signal which could arise when the talking passengers turn their head. In our last contribution, we had presented the first investigations towards a robust acoustic head orientation estimation of the speaking passenger within a simulated noisy car compartment. We were able to estimate the head orientation horizontal angle (azimuth) precisely with less than 2 degree mean magnitude error even at the worst case (- 5 dB scenario). However, in this contribution we are aiming on implementing a more robust head orientation estimation algorithm with a real-time base estimation and evaluating its performance in a real car environment with different test case scenarios. In addition, we are aiming to extend our algorithm to estimate the vertical angle of the speaker head (elevation)

Do. 9:00 Saal 5-a

Sprache und Audio im KFZ

Perceived Listening Effort for In-car Communication SystemsJan Reimes*HEAD acoustics GmbH*

Communication inside a car cabin can be quite difficult depending on the driving situation, e.g. due to a low signal-to-noise ratio. Up to a certain degree, in-car communication (ICC) systems serve as a remedy for this situation. ICC systems aim to lower the necessary listening effort by recording the talker's speech signal and reproducing it over loudspeakers close to the listener's ears.

Concerning ICC systems in particular, a clear trade-off has to be made between listening effort and speech quality. Accordingly, a tailor- made auditory test design that assesses both attributes simultaneously has been developed recently. The test procedure and the corresponding test conditions are described in the upcoming specification ETSI TS 103 558. Results of auditory tests with this design are presented and analyzed. The technical specification ETSI TS 103 558 will also contain an instrumental evaluation approach for listening effort, which is based on the

same binaural recordings being used as stimuli in the auditory evaluation. This contribution presents an algorithmic overview of the model's first version, as well as initial prediction results. A comparison with the auditory results illustrates the prediction performance of the novel approach.

Do. 9:20 Saal 5-a

Sprache und Audio im KFZ

Active Road Noise Cancellation - speech enhancement through noise reduction in hands-free systems

Juergen Zollner, Vasudev Kandade Rajan, Nikos Zafeiropoulos und Markus Christoph

Harman/Becker Automotive Systems GmbH

Active Road Noise Cancellation (ARNC) is able to reduce the in- vehicle perceived road noise. Road noise is the noise inside vehicles caused by the transmission of the road noise resonances from the tires through the structure of the vehicle to the inside of the vehicle. In this work, the benefit of available ARNC for hands-free systems is shown. Stationary and quasi-stationary vehicle noise is well handled in state-of-the art hands-free systems but fast and variable noise components like impulsive road noise scenarios are challenging. In such situations, the ARNC can work in tandem with a hands- free system to eliminate or suppress such noise types. The paper shows the improvements in a speech situation with a remote party with and without an ARNC system. The paper further proposes a hybrid system in which the ARNC is combined with a noise reduction system.

Do. 9:40 Saal 5-a

Sprache und Audio im KFZ

Near-End Listening Enhancement: The Impact of Far-End Noise Reduction

Markus Niermann, Peter Vary und Peter Jax

RWTH Aachen, Institut für Kommunikationssysteme

When making telephone calls in a car, driving noise often affects the conversation, both in the transmit and the receive direction. To improve speech intelligibility/perception at the receiving end, so-called Near-End Listening Enhancement (NELE) algorithms are applied. Common NELE approaches adaptively filter the received speech signal, taking into account the near-end noise characteristics. While it is usually assumed that the received speech signal is noise-free, in many situations this signal is captured at the far-end in a noisy environment, where NR is applied. We study the impact of the far-end NR on the overall performance of the concatenation of NR preprocessing at the far-end and NELE postprocessing at the near-end. It is shown that the blind concatenation of NR and NELE may produce severe performance losses and artifacts. Furthermore, some ideas are presented how to improve the interaction of NR and NELE.

Do. 10:20 Saal 5-a

Sprache und Audio im KFZ

Microphone arrays and distributed microphone arrays in a vehicle
Oliver Kirstein*Ford Werke GmbH Köln*

New technologies like autonomous driving will enable more communication between all passengers in a vehicle like it is in a tram today. Communication within a vehicle requires the ability to capture speech from several locations under continuously changing noise environment. To improve algorithms the a priori knowledge of "Who is talking?" is a good starting point. This contribution is about "How could speech been located within a vehicle and distinguished from not wanted sounds/noise?".

Do. 10:40 Saal 5-a

Sprache und Audio im KFZ

A Study on LCMV Filtering for Crosstalk Cancellation in a Distributed Microphone EnvironmentTobias Wolff^a, Frowin Derr^b, Jan-Philip Janssen^a, Simon Graf^a und Markus Buck^a^a*Nuance Communications Deutschland GmbH*; ^b*Hochschule Ulm*

Speech-driven applications in automotive environments often utilize distributed microphones to capture the speech of all passengers and minimize crosstalk. A Multiple Input Multiple Output processing with minimal crosstalk is desirable to enable seat-dedicated hands-free telephony as well as seat-dedicated voice control. To this end different signal processing methods can be applied. In this paper Linearly Constrained Minimum Variance (LCMV) processing is compared to a Minimum Variance Distortionless Response design. The latter is implemented in the well-known Generalized Sidelobe Canceller structure that targets on minimizing the overall crosstalk power. In contrast, the LCMV approach cancels the different crosstalk components explicitly. Both approaches are compared in terms of their maximum possible crosstalk cancellation gain. Furthermore, temporal adaptation effects are analyzed in single- and multi-talk scenarios.

Do. 11:00 Saal 5-a

Sprache und Audio im KFZ

eCall Testing and Certification - Lessons LearnedUdo Müsch, Marc Lepage, Anuj Sethi, Radi Serafimov und Frank Kettler
HEAD acoustics GmbH

eCall modules are mandatory today and speech communication between driver, respectively passengers in the vehicle involved in the accident and the emergency control center are extremely helpful to judge the severity of a crash. This is considered in the Russian certification process, audio tests according to the GOST 33468 specification cover this and are mandatory for vehicle homologation. EU eCall refers to ITU-T P.1140, which highlights other parameter compared to the Russian GOST specification. Both specifications are applied in the automotive

industry today, often simultaneously for the different markets. The contribution discusses typical challenges and experiences gained from numerous audio tunings and homologation tests with almost all kind of vehicle types. Some performance requirements in both specifications are challenging to meet (like double talk capability), as it could be expected. Other test cases lead to unexpected problems in practice. The specific "Silent call" test from P.1140 requires different noise reduction settings compared to SNR tests in GOST, and can in general be hard to meet with specific, active microphone implementations.

Do. 11:20 Saal 5-a

Sprache und Audio im KFZ

Spectral Envelope Estimation Based on Deep Neural Networks and its use for Speech Reconstruction

Christopher Seitz und Mohammed Krini

Hochschule für angewandte Wissenschaften Aschaffenburg

The speech quality achieved by conventional noise suppression methods at high noise conditions is often unsatisfactory. By recovering highly disturbed speech components with speech reconstruction methods, the overall speech quality can be further improved. The speech reconstruction method presented in this paper is based on the so-called source-filter model of speech production. The focus in this contribution will be on the estimation of the vocal tract filter characteristics (spectral envelope) at high noise conditions as it has been proved to be very important for speech reconstruction. For this purpose a deep recurrent neural network (Deep-RNN) which operates as a regression model for given noise features is utilized. The performance of the trained Deep-RNN will be compared with a priori trained spectral envelope codebooks. Subsequently, a synthetic speech signal is generated using the envelope estimate of the Deep-RNN which is then combined adaptively with a conventionally noise reduced signal depending on the SNR. The quality of the resulting enhanced speech is analysed with objective measures like the log-spectral distance as well as with subjective tests. Both tests indicate a remarkable quality improvement compared to conventional schemes - especially in high noise conditions.

Do. 11:40 Saal 5-a

Sprache und Audio im KFZ

Metrics for the Evaluation of Audio Quality

Magnus Schäfer, Lars Thieling und Lukas Vollmer

HEAD acoustics GmbH

The reliability and the performance of an instrumental assessment method for audio systems hinges on the choice of appropriate metrics that quantify the quality of the system in a hearing-adequate manner. The presented approach for instrumental assessment of audio systems is based on binaural recordings of real music signals as well as measurement signals. The music signals were also used for auditory assessment of audio systems in earlier contributions.

Recently, research results revealed that the perceived overall quality of an audio system can be predicted to a high degree from three attributes: timbre, distortions and immersiveness. Besides a common preprocessing, each attribute requires specific analyses. For example, the analyses for distortions are not based on any binaural cues while these are of paramount importance for assessing immersiveness.

This contribution presents an overview of the assessment system along with an explicit description of analyses with their resulting metrics that are the foundation of the instrumental quality prediction. It describes the relation between the metrics and the quality perception, and makes a comparison with auditory results.

Do. 14:20 Saal 5-a

Sprache und Audio im KFZ

On the Performance of the Partitioned Versus Non-Partitioned Stereo Frequency Domain Adaptive Kalman Filter in In-Car Communication Systems

Inka Meyer zum Alten Borgloh, Jan Franzen und Tim Fingscheidt

TU Braunschweig

In this paper, we investigate a stereo partitioned-block approach to frequency domain adaptive Kalman filtering for usage in feedback control of an in-car communication (ICC) system. To accomplish this, we will compare the stereo partitioned-block processing to stereo non-partitioned processing in the same acoustic conditions and for a variety of scenarios which are relevant in the context of ICC systems.

The results presented in this paper show that despite the possibility to improve computational complexity and overall feedback suppression, the partitioned-block approach will lead to higher robustness to noise.

Do. 14:40 Saal 5-a

Sprache und Audio im KFZ

Optimiertes Tiefton-Lautsprechersystem für automobile Anwendungen

Dirk Olszewski^a und Wolfgang Klippe^b

^a*paragon AG*; ^b*KLIPPEL GmbH*

Tieftonlautsprecher im Automobil sind dem intensiven Spannungsfeld zwischen akustischen Anforderungen, Designansprüchen und Bauraumbeschränkungen ausgesetzt: Auf der einen Seite wird eine hochperformante Bass- und Grundtonwiedergabe gefordert, welche entsprechende Anforderungen hinsichtlich Bauraum und Positionierung stellt. Auf der anderen Seite jedoch wird der geforderte Bauraum beschränkt durch Anforderungen benachbarter Einbauten, während die Einbauposition selbst zusätzlich durch Vorgaben des Interieur-Designs mitbestimmt wird. Die Summe dieser Anforderungen führt oft zu einer suboptimalen akustischen Performanz. In dieser Arbeit wird ein Verfahren vorgestellt, das mittels nichtlinearer adaptiver Regelung den verzerrungsarm nutzbaren Bereich der Membranauslenkung eines Lautsprecherchassis so

erweitert, dass der Einsatz eines Chassis mit geringerer Membranfläche und geringerem benötigten Einbauvolumen bei Beibehaltung der akustischen Parameter ermöglicht. Gleichzeitig wird die Einbettung dieses Verfahrens in eine verteilte Systemarchitektur vorgestellt, welche eine effiziente Implementierung sowie eine flexible Integration in die Entertainment-Infrastruktur des Fahrzeugs ermöglicht. In Summe wird die Realisierung eines automobilen Tiefton-Lautsprechersystems ermöglicht, das aufgrund seiner reduzierten Bauraumanforderungen einen höheren Freiheitsgrad in seiner Positionierung erlaubt. Somit wird beispielsweise eine effiziente Ankopplung an raummoden-optimierten Arbeitspunkten ebenso ermöglicht wie die Höherpositionierung des Chassis im Sinne einer besseren Bühnenabbildung, wenn zusätzlich auch Mitteltonanteile wiedergegeben werden sollen.

Sitzung „Fahrbahngeräusche“

Do. 15:20 Saal 5-a

Fahrbahngeräusche

Langzeitverhalten lärmindernder SMA-Decken

Reinhard Wehr^a, Andreas Fuchs^a, Emanuel Hammer^b und Erik Bühlmann^b

^aAIT Austrian Institute of Technology; ^b Grolimund + Partner AG

Zur Reduktion des Reifen/Fahrbahngeräusches werden in großem Maß lärmarme dichte und semidichte Fahrbahndeckschichten genutzt. Während diese eine gute Wirksamkeit zu Beginn ihrer Liegedauer zeigen, nimmt die lärmindernde Wirkung mit zunehmendem Alter ab.

Um dieses Alterungsverhalten zu analysieren, wird im vorliegenden Paper dazu die Erhebung einer umfassenden Datengrundlage mittels des CPX-Verfahrens (ISO 11819-2) gezeigt. Die Daten werden dazu mit Informationen zum Deckschichttyp, dessen Altersstruktur und Befahrungsstärke verbunden und daraus ein Modell des Alterungsverlaufs erstellt, welches mit Vorbeifahrtsmessungen nach ISO 11819-1 verglichen wird. Ebenfalls werden Korrelationen mit Texturmessungen gezeigt, welche gemeinsam mit den CPX-Messungen durchgeführt wurden.

Do. 15:40 Saal 5-a

Fahrbahngeräusche

Strategie zur erfolgreichen Anwendung von leisen Strassenbelägen im Innerortsbereich

Tina Saurer^a, Hanspeter Gloor^b, Dejan Milo^b und Erik Bühlmann^a

^a Grolimund + Partner AG; ^b Departement Bau Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau, Abteilung Tiefbau

Leise Strassenbeläge stellen eine effektive Lärmschutzmassnahme an der Quelle dar und kommen in der Schweiz auch im Innerortsbereich häufig zur Anwendung. Da sich die spezifischen Eigenschaften von leisen Belägen deutlich von denjenigen konventioneller Strassenbeläge unterscheiden, ergeben sich Auswirkungen auf die Finanzplanung, die

Werterhaltungs- und Unterhaltsstrategie sowie auf die internen Abläufe der Tiefbauämter. Eine erfolgreiche Anwendung von leisen Strassenbelägen als Lärmschutzmassnahme setzt voraus, dass der Lärmschutz tief in die Strategie eines Tiefbauamtes verankert wird und in die Budgetierung und die Prozesse einfließt. Am Beispiel des Kantons Aargau wird aufgezeigt, welche Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Etablierung von leisen Strassenbelägen als Lärmschutzmassnahme beachtet werden müssen. Der vorliegende Beitrag untersucht die finanziellen Auswirkungen, sowie Folgen auf die Planung, die Realisierung und den Unterhalt von Strassen. Des Weiteren werden Konzepte für die Erfolgskontrolle zur Überprüfung der geforderten Wirksamkeit vorgestellt. Der Beitrag zeigt auf, wie leise Strassenbeläge erfolgreich in der Strategie eines Tiefbauamtes integriert und als Lärmschutzmassnahme etabliert werden können.

Do. 16:00 Saal 5-a

Fahrbahngeräusche

Widerstandsfähigkeit von semi-dichten Asphalten bei erhöhter Beanspruchung durch schwere Fahrzeuge

Erik Bühlmann^a, Hanspeter Gloor^b und Dejan Milo^b

^a Grolimund + Partner AG; ^b Departement Bau Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau, Abteilung Tiefbau

Die lärmreduzierenden Eigenschaften von semi-dichten Asphalten (SDA), die bevorzugte Bauweise von leisen Strassenbelägen in der Schweiz, werden oftmals durch kleinere Korngrößen erzielt. Die kleinen Korngrößen können aber zu einer geringeren Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen Beanspruchungen führen. Ziel dieser Studie ist es, zu ermitteln inwiefern erhöhte Beanspruchungen negative Auswirkungen auf SDA haben und ob allenfalls auf spezifischen Abschnitten mit höheren mechanischen Belastungen auf andere Bauweisen zurückgegriffen werden muss. Hierzu werden auf einer repräsentativen Strecke drei Abschnitte mit unterschiedlichen mechanischen Belastungen verglichen (Abbiegen, Beschleunigen, konstante Fahrweise). Dabei werden die Veränderungen der Oberflächentextur (LCMS-Laser), die Porenzugänglichkeit (Luftströmungswiderstand) und die Lärminderung (CPX) erhoben und verglichen. Erste Ergebnisse zeigen, dass gleichmäßig fahrende schwere Fahrzeuge kaum Auswirkungen auf die Oberflächenbeschaffenheit des Asphalts haben, dass Beschleunigungen nur zu geringfügigen bis mässigen Belastungen führen und dass die stärksten Auswirkungen bei abbiegenden LKWs beobachtet werden. SDA mit kleinen Korngrößen können somit grundsätzlich auf Strecken mit vielen LKW angewendet werden. Allerdings sollten bei stark befahrenen Kreuzungen mit abbiegenden schweren Fahrzeugen widerstandsfähigere Rezepturen in Erwägung gezogen werden.

Do. 16:20 Saal 5-a

Fahrbahngeräusche

Reinigung von semi-dichten Asphalten und deren Wirkung auf die AkustikVincent Roth^a, Hanspeter Gloor^b, Dejan Milo^b und Erik Bühlmann^a^a Grolimund + Partner AG; ^b Departement Bau Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau, Abteilung Tiefbau

Semi-dichte Asphalte (SDA) dienen in der Schweiz als etablierte Lärm-schutzmassnahe im Innerortsbereich. Bekannte Alterungsprozesse bei SDA, wie beispielsweise Verstopfungen der von der Oberfläche zugäng-lichen Poren, führen zu einer Abnahme der akustischen Wirkung. Diese Untersuchung ermittelt, ob und wie sich die (akustische) Lebensdau-er eines lärmabsorbierenden Belags mittels verschiedener Reinigungs-massnahmen verlängern lässt. Hierzu werden auf vorbestimmten Ab-schnitten die auftretenden Verschmutzungsarten dokumentiert und die akustischen Auswirkungen von unterschiedlichen Reinigungsverfahren und -zyklen untersucht (Vorher/Nachher-Messung CPX). Zudem wird anhand von Wasserdurchflussmessungen eine allfällige Veränderung der Porenzugänglichkeit ermittelt. Erste Ergebnisse zeigen, dass sich Oberflächenschmutz gut entfernen lässt und lokal eine positive Wirkung von 1 bis 2.5 dB ergibt, während sich tief eingedrungener Schmutz in den SDA nur schwerlich entfernen lässt und somit lediglich eine Wirkung von <0.8 dB erzielt wird. Aufgrund dieser Ergebnisse wird eine Reinigung bei starkem Schmutzeintrag empfohlen, da dadurch die Ver-längerung der Lebensdauer des Belags möglich scheint. Kritisch dabei ist, dass der Reinigungsprozess nicht eine zusätzliche Beanspruchung des Belags zur Folge hat und zu Beschädigungen führt.

Sitzung „Evaluation of 3D audio reproduction of static and moving sources: Psychoacoustic methods and results“

Do. 8:40 Saal 5-b

3D audio reproduction

Sound source localization with head mounted displaysAxel Ahrens, Kasper Duemose Lund und Torsten Dau*Hearing Systems Group, Technical University of Denmark*

To study perception in environments with audio-visual information, head mounted displays (HMDs) can be a valuable tool for the presentation of immersive visual stimuli. To achieve realistic spatial auditory perception, listeners typically require individual head-related transfer functions (HRTFs) and head movements. Loudspeaker-based virtual sound environments (VSEs) typically contain both individual HRTFs as well as head movements. The combination of HMDs and VSEs may therefore be valuable for studying audio-visual perception. However, the HMD itself may affect the listeners' HRTFs and thus influence sound localization performance. A sound localization experiment was conducted without an HMD and with two commercially available products. The localization accuracy was evaluated for sources in azimuth and elevation without visual feedback. The subject responses were recorded using the corresponding virtual reality hand-held controller. The results revealed a reduction of the localization accuracy when the subjects were wearing an HMD. The azimuth error increased mainly at the left quadrant, while the elevation error increased for sources above, below and at the horizon. Even though an increased error was found, additional visual information appear to minimize the influence of the HMDs.

Do. 9:00 Saal 5-b

3D audio reproduction

HMD-based Virtual Environments for Localization ExperimentsTim Lübeck, Johannes M. Arend und Christoph Pörschmann*Technische Hochschule Köln*

Research on virtual acoustic environments (VAEs) has gained more and more interest in the last decades. In this context, VAEs have become an accepted research tool for performing psychoacoustic experiments. However, such experiments were often carried out under varying conditions. There were differences in the VAE systems, in the method of reporting the participant's judgments, or in the statistical measures. This work presents an approach for performing listening experiments in head-mounted display (HMD)-based virtual reality (VR) systems. The experiment was developed in Unity 3D and is therefore easy to implement with standard VR hardware in any laboratory. This allows reproducibility and transparency of future investigations. To conduct sound localization studies using the VR system, we implemented a new pointing method for localization and distance estimation experiments. In an HMD-based

virtual environment, the participants have to move a pointer to the perceived position of the auditory event using a VR controller. This enables judgments in any direction and distance. To evaluate our new method, we compared it with the established finger- and head-pointing methods in a first VR listening experiment. In addition to the localization performance, we also examined effects like the comfort for the participants or the speed of judgment.

Do. 9:20 Saal 5-b

3D audio reproduction

Video Screens for Hearing Research: Reflectivity and Transmittance of Professional Acoustic Screens and Other Fabrics

Jan Heeren, Giso Grimm und Volker Hohmann

CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'

The application of virtual reality in hearing research requires labs with controllable acoustics and big video screens. Implicitly, the acoustical properties of the video screen are a critical factor to the physical accuracy of the virtual acoustics. One requirement to the screen fabric is minimal reflectivity, so that the room-acoustical influence of the screen is small compared with the virtual room acoustics. For applications with loudspeakers behind the video screen, a second requirement is maximal acoustical transparency. In this study, reflectivity and transmittance of 19 different fabrics were measured, including professional acoustic screens and fabrics for various applications. Pieces of 1 m x 1 m were tested for two tension conditions. The influence of a mesh back-layer was also tested. Reflectivity values range from -30 dB to -7 dB. Transmittance values of -0.1 dB to -5.0 dB were measured. A Chiffon fabric showed the lowest reflectivity and the highest transmittance values.

Do. 9:40 Saal 5-b

3D audio reproduction

Aufnahme und Wiedergabe räumlichen Schalls: Fehleranalyse und Korrekturansatz

Matthieu Kuntz und Bernhard Seeber

TU München, Audio-Signalverarbeitung

Ambisonics erlaubt die weitgehend akkurate Aufnahme und kontrollierte Wiedergabe räumlicher akustischer Szenen. Das Schallfeld wird idealerweise an einem Punkt in Kreisharmonische zerlegt, um die Richtungsinformation zu extrahieren. In dieser Arbeit werden die Fehler bei der Aufnahme und Wiedergabe horizontaler Schallszenen mit Ambisonics untersucht. Die Hauptprobleme werden präsentiert und eine einfache Korrektur der Mikrofonsignale vorgestellt. Dabei werden ein geschlossenes, zylindrisches, 36-kanaliges Mikrofonarray sowie ein 36-kanaliges, laufzeitentzerrtes Lautsprecherarray verwendet. Zum einen entstehen Laufzeitenunterschiede aufgrund der Nicht-Koinzidenz der Mikrofone, die frühe Reflexionen im wiedergegebenen Schallfeld verursachen und

zu frequenzabhängigen Phasenverschiebungen führen. Bei einem Mikrofonarray mit 31.5 cm Durchmesser entstehen Laufzeitenunterschiede von bis zu 1.2 ms. Zum anderen beeinflusst der Zylinder das Schallfeld: Hohe Frequenzen werden abgeschattet und die Summierung direkter und umlaufender Wellen bildet Kammfilter. Dadurch wird der Frequenzgang des aufgenommenen Schalldrucks an der Oberfläche des Zylinders richtungsabhängig stark beeinflusst (bis zu -40 dB für hohe Frequenzen). Durch Schätzen der Richtung der Quelle wurde eine richtungsabhängige Gewichtung der Signale berechnet, um den Einfluss der vom Schall abgewandten Mikrofone zu mindern. Mit anschließendem Verzögern der Mikrofonsignale konnte der normalisierte mittlere absolute Fehler im Frequenzgang von 5.6 dB auf 2.6 dB verringert werden. Aktuelle Forschung befasst sich mit der Erweiterung auf Schallszenen mit mehreren Quellen.

Do. 10:00 Saal 5-b

3D audio reproduction

Evaluation of perceptually plausible room acoustics simulation

Stephan D. Ewert^a, Oliver Buttler^a, Josef Poppitz^b, Torben Wendt^b und Steven van de Par^b

^a CvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik; ^b CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

Immersive and convincing acoustics in virtual reality applications require computationally efficient methods. The fast and perceptually plausible room acoustics simulator [RAZR, see Wendt et al., JAES, 62, 11 (2014)] approaches this demand by drastic simplifications with respect to physical accuracy while still accomplishing perceptual plausibility. RAZR is based on a hybrid approach where early reflections are calculated as image sources for a shoebox-room approximation up to a low order, and the later reverberation is generated by a binaurally extended feedback-delay-network (FDN). Here two extensions were evaluated using listening tests: 1) The perception of temporal smearing of early diffuse reflections, effectively simulating effects of scattering and multiple reflections caused by geometric disturbances at walls and by objects in the room, was systematically assessed. A single parameter was introduced to quantify deviations from an empty shoebox room. It was demonstrated that perceptually plausible results can be obtained for auralized natural stimuli and for the binaural impulse responses themselves. 2) It was assessed which spatial resolution is sufficient for the rendering of the late reverberation in a three-dimensional loudspeaker array. In conjunction, a computationally efficient method was developed to account for different wall absorption coefficients resulting in an anisotropic late reverberant field.

Sitzung „Baulärm - Immissionsschutzrechtliche Probleme und aktuelle Fortentwicklung des Minderungsinstrumentariums“

Do. 10:40 Saal 5-b

Baulärm - Immissionsschutz

Möglichkeiten und Grenzen von BaulärmprognosenAlfred Beronius, Hans Högg und Martin CrljenkovicMöhler + Partner Ingenieure AG

Baulärm tritt in unterschiedlicher Art, Umfang und Dauer auf. Dafür ursächliche Bautätigkeiten werden beispielsweise stationär und über einen längeren Zeitraum durchgeführt oder machen, wie beispielsweise beim Einbringen von Mastfundamenten, punktuelle und kurze, dafür propagierende Schichteinsätze erforderlich. Darüber hinaus variiert bei der Durchführung von Bauarbeiten neben der horizontalen auch die vertikale Lage maßgeblicher Schallquellen.

Bei der Erstellung von Baulärmprognosen besteht die technische Möglichkeit, alle Schallquellen mittels Punkt-, Linien-, Flächen- oder 3-D-Körpern zu modellieren. Die Möglichkeit, eine in der Lage variierende Schallquelle zu modellieren, zu berechnen und nach den in der Verwaltungspraxis üblichen Maßstäben zu beurteilen, erscheint bei der Wahl von stationären Quellen aufgrund der Iteration sehr aufwendig.

Zur Diskussion steht daher eine Diskretisierung des Berechnungsansatzes, um ein realistisches, der akustischen Situation gerechtes und dennoch vereinfachtes Prognosebild aufzeigen zu können.

Dies erscheint insbesondere auch dann von Interesse, wenn die Dauer einer zu bewertenden Bauphase über den relevanten Beurteilungszeitraum von 24 Stunden hinausgeht und konservativen Berechnungsverfahren Grenzen aufzeigen.

Eine Diskretisierung des Berechnungsansatzes erscheint insbesondere auch bei komplexen Bauvorhaben zweckmäßig, da eine präzise Modellierung vieler folgender, aneinander gereihter Einzelschallquellen einen hohen zeitlichen und planerischen Aufwand bedeutet.

Do. 11:00 Saal 5-b

Baulärm - Immissionsschutz

Geräuschemissionen von Baumaschinen - Revision der europäischen VorschriftenMichael Jäcker-CüppersArbeitsring Lärm der DEGA

Seit Ende der 70er Jahre hat die Europäische Union mehrere Richtlinien verabschiedet, die sich mit der Bestimmung und der Begrenzung der Schallleistungspegel von Maschinen und Geräten befassten, die zur Nutzung im Freien vorgesehen sind. Darunter fallen auch Baumaschinen. In der Richtlinie 2000/14/EG vom Mai 2000 wurden diese Regelungen zusammengefasst und erweitert. Die Richtlinie 2000/14/EG entspricht nicht mehr dem Stand der Technik: Neue Maschinen sind hinzugekommen und Fortschritte in der Lärmreduktionstechnik machen

anspruchsvollere Vorschriften möglich. Die Kommission plant aktuell die Revision der Richtlinie, sie hat dazu eine öffentliche Konsultation durchgeführt und Studien zur Bewertung und Weiterentwicklung der Richtlinie vergeben. Sie wird dazu ein Arbeitspapier (Staff Working Document) erstellen, das die Leitlinien der Revision festlegt. Der Prozess der Revision wird im Einzelnen vorgestellt und aus Sicht einer ambitionierten Lärmschutzpolitik bewertet.

Do. 11:20 Saal 5-b

Baulärm - Immissionsschutz

Baulärmregulative in Österreich - die Zulässigkeit von baubedingten Schallimmissionen in unterschiedlichen Rechtsmaterien

Christoph Lechner^a und Christian Kirisits^b

^aAmt der Tiroler Landesregierung; ^bZiviltechnikerbüro DI Dr. Christian Kirisits

In Österreich ist die Zulässigkeit von Schallimmissionen in der Regel durch unbestimmte Rechtsbegriffe und nicht durch Grenzwertregime geregelt. Dabei normiert der Gesetzgeber üblicherweise, dass unzumutbare Belästigungen und Gesundheitsgefährdungen vermieden werden müssen. Darüber hinaus gibt es zum Teil Verordnungsermächtigungen, womit detaillierte Festlegungen zu diesen grundsätzlichen Vorgaben erlassen werden können. Zwei rezente Verordnungen zeigen wie groß die Spanne der methodischen Zugänge zur Baulärmbegrenzung ist. Es sind dies die Bundesstraßen-Lärmmissionsschutzverordnung - Bst-LärmIV (BGBI. II Nr. 215/2014), in der im 3. Abschnitt Regelungen für den baubedingten Schall enthalten sind. Dabei werden Schwellenwerte und Grenzwerte definiert, die Ermittlungsmethoden des baubedingten Schalls festgeschrieben sowie Minderungsmaßnahmen und objektbedingte Maßnahmen geregelt. Die zweite Regelung ist die Tiroler Baulärmverordnung (LGBI.Nr. 135/2016), welche für die Zulässigkeit von Baulärm auf Grenzwerte gänzlich verzichtet. Hier wird die Philosophie verfolgt, dass als Bauland gewidmete Grundstücke unter gewissen Rahmenbedingungen wie werktags unter tags und lärmarmen Baubetrieb unabhängig von den daraus resultierenden Immissionen Vortrag geht auf die Bestimmungen im Überblick ein und zeigt eine vergleichende Analyse der sehr unterschiedlichen Methoden.

Do. 11:40 Saal 5-b

Baulärm - Immissionsschutz

Rechtsfragen bei Baulärm in der Praxis

Stefan Planger

Rechtsanwalt

Einzelne Problembereiche bei der Anwendung der AVV Baulärm und mögliche Lösungen sollen anhand von Praxis- und Rechtsfällen dargestellt werden. Dies sind unter anderem Fragen der Gebietszuordnung, Maßnahmen nach der AVV Baulärm, Zu- und Abschläge vom Richtwert.

Hintergrund: Baulärm ist ein aktuelles rechtliches Problem. Bereits 2011 hatte der VGH Kassel eine Stadt zum Einschreiten gegen Baulärm verpflichtet, Aktenzeichen 9 B 1111/11. Ein Jahr später hat dann das Bundesverwaltungsgericht ausdrücklich die verschiedentlich angezweifelte Weitergeltung und ausschließliche Anwendbarkeit der AVV Baulärm von 1970 bestätigt, Entscheidung vom 10.07.2012, Aktenzeichen 7 A 11/11. Seither findet die AVV Baulärm wieder vermehrt in der Rechtspraxis Beachtung.

Sitzung „Fluglärm“

Do. 14:20 Saal 5-b

Fluglärm

Geräuschemissionen von Verkehrsflugzeugen

Thomas Myck^a und Berthold Vogelsang^b

^aUmweltbundesamt; ^bNiedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

In der Vergangenheit sind große Fortschritte auf dem Gebiet des Luftfahrzeug- und Triebwerksbaus erzielt worden. Moderne Verkehrsflugzeuge weisen deutlich geringere Geräuschemissionen als noch in den 1970er Jahren auf. Hierzu haben nicht nur diverse Lärmminde rungsmaßnahmen an Flugtriebwerken beigetragen, sondern auch der Trend zu immer größeren Nebenstromverhältnissen. Durch die Erhöhung des Nebenstromverhältnisses konnte die Strahlgeschwindigkeit deutlich verringert und damit eine beträchtliche Geräuschminderung erreicht werden. Hierfür mussten jedoch größere Triebwerksdurchmesser und somit schwerere Triebwerke in Kauf genommen werden. Dies hat zur Entwicklung neuer Triebwerkstechnologien, wie zum Beispiel dem Getriebefan, geführt. Zudem werden neue Werkstoffe für Flugtriebwerke eingesetzt, um das Schub-Gewichtsverhältnis zu optimieren. Das Triebwerk ist jedoch nicht die einzige Geräuschquelle am Flugzeug. Auch die Auftriebshilfen, das Fahrwerk sowie verschiedene Hohlräume an der Flugzeugzelle verursachen Lärm. Neben vielfältigen Maßnahmen zur Minderung der Einzelquellen lässt sich eine Geräuschminderung auch durch neuartige Flugzeugkonstruktionen erzielen. Aktuelle Konzeptstudien sehen Flugzeuge mit unkonventionellen Triebwerksanordnungen vor, bei denen der Triebwerkslärm durch die Leitwerke abgeschaltet werden soll. Zudem ist ab dem Jahr 2026 ein regelmäßiger Flugbetrieb mit zivilen Überschallflugzeugen zu erwarten. Die Überschallflugzeuge werden mit speziellen Strahltriebwerken ausgerüstet sein. In diesen Beitrag wird der gegenwärtige Stand der Geräuschemissionen von Verkehrsflugzeugen aufgezeigt und die Geräuschentwicklung zukünftige Flugzeuge analysiert.

Do. 14:40 Saal 5-b

Fluglärm

DIN 45689 - ein flexibles Instrument zur FluglärmberrechnungUllrich Isermann^a, Berthold Vogelsang^b und Thomas Myck^c^a*DLR Göttingen*; ^b*Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz*; ^c*Umweltbundesamt*

Zur Ermittlung der Fluglärmbelastung an Flughäfen können verschiedene Berechnungsverfahren angewendet werden. Derartige Verfahren sind in der Regel für eine bestimmte Aufgabenstellung konzipiert. So ist die "Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen, AzB" speziell darauf ausgelegt, die Vorgaben des Fluglärm schutzgesetzes umzusetzen. Zugrunde liegt dabei ein prognostizierter Flugbetrieb, der gewisse Anforderungen an die Datenstrukturen stellt. In der Praxis treten aber mitunter Fragestellungen auf, die eine Modifizierung des AzB-Berechnungsverfahrens und der hinterlegten Datengrundlage erfordern und damit den Anwendungsbereich erweitern würden. Um diesem Anliegen Rechnung zu tragen, wurde die DIN 45689 "Ermittlung von Fluggeräuschmissionen an Flugplätzen" erarbeitet, deren Teil 1 in 2018 veröffentlicht wurde. Sie ermöglicht die Berechnung verschiedener Immissionskenngrößen, wie beispielsweise die Anzahl fluglärminduzierter Aufwachreaktionen. Zur Bestimmung dieser Kenngrößen wird ein Segmentierungsverfahren angewendet wie es auch bei der AzB benutzt wird. Es wurden aber auch bewährte Elemente des Berechnungsverfahrens ECAC Doc.29 in die DIN 45689 aufgenommen. Hierzu gehört insbesondere die Möglichkeit, prozedurale Flugprofile bei der Fluglärmberrechnung zu berücksichtigen. Zudem ist die Verwendung von Flugverlaufsdaten und damit eine realistische Abbildung der Flugverläufe in der Flughafenumgebung möglich. Die DIN ist somit ein flexibles Instrument zur Fluglärmberrechnung, das für unterschiedliche Anwendungsfälle genutzt werden kann. In diesem Beitrag wird die DIN vorgestellt und es werden ihre Anwendungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Do. 15:00 Saal 5-b

Fluglärm

Ein Modell zur Berechnung zukünftiger Lärmmissionen am Flughafen aus FluglärmFelix WillTU München

Lärmmissionen des Luftverkehrs stellen eine nicht zu vernachlässigende gesellschaftspolitische Herausforderung dar. Dies könnte sich in der Zukunft verschärfen, da einerseits ein weiteres Luftverkehrswachstum erwartet wird und sich andererseits der Trend stärker empfundener Belästigung bei gleichen Lärmpegeln fortsetzen könnte. Geeignete Strategien zur Begrenzung und Verringerung zukünftigen Fluglärms in der Umgebung von Flughäfen sind daher nötig. Zur Definition wirksamer Maßnahmen benötigt es Modellierungsfähigkeiten, die zukünftige Lärmmissionen am Flughafen unter unterschiedlichen Szenarien abbilden können. Hierzu haben die Autoren in zurückliegender Forschung

eine neuartige Methode entwickelt und validiert. Die Methode enthält drei Modellierungsbereiche: die Modellierung zukünftiger Flugpläne, der Lärmimmission auf Flugzeugebene sowie der Lärmimmission auf Flughafenebene. Darin wird zunächst unter Berücksichtigung benutzerdefinierter Verkehrswachstumsraten und statistischer Außerdienststellungscurven von Flugzeugen ein zukünftiger Flugplan inklusive des zukünftigen Flugzeugflossenmix modelliert. Lärmimmissionen für einzelne An- und Abflüge werden gemäß der Methode aus ECAC Doc.29 definiert. In der Modellierung von Flughafenlärm wird das Aviation Environmental Design Tool (AEDT) verwendet. Auf diese Weise können zukünftige Flughafen-Lärmimmissionen beliebiger Flughäfen modelliert werden. Die Methode wird beispielhaft an einem Zweibahnflughafen mit parallel unabhängigem Bahnsystem angewandt. Neben einem plausiblen Referenzszenario für den Zeitraum 2016 bis 2040 wird der Einfluss eines ab 2030 auftretenden, stark lärmreduzierten Flugzeugtypes auf die resultierenden Day-Evening-Night Pegel dargestellt.

Do. 15:40 Saal 5-b

Fluglärm

Rechtliche Rahmenbedingungen einer Fluglärmkontingentierung

Jörn Lindmaier

Umweltbundesamt

Im Kontext aktueller Luftverkehrsprognosen, die einen weiterhin steigenden Passagier- und Frachtverkehr erwarten lassen, stellt sich die Frage, wie die staatliche Aufgabe des Gesundheitsschutzes vor Fluglärm konkretisiert bzw. erfüllt werden kann - insbesondere vor dem Hintergrund der wachsenden Erkenntnisse über die negativen gesundheitlichen Auswirkungen für die betroffene Bevölkerung durch Fluglärm. Da es derzeit keine explizite gesetzliche Grundlage gibt, die Fluglärmbelastung an einem Flugplatz bezogen auf die Außenpegel zu begrenzen, hat das Umweltbundesamt ein Forschungsvorhaben vergeben, welches klären soll, ob und wie sich diese Belastung mittels einer Lärmkontingentierung effektiv reduzieren lässt. Dabei liegt der Fokus auf der Situation der Bestandsflugplätze sowie auf der Frage, wie die erforderlichen rechtlichen Rahmenbedingungen für eine Lärmkontingentierung geschaffen werden können.

Do. 16:00 Saal 5-b

Fluglärm

Gruppierung von Luftfahrzeugen für Fluglärmberchnungen

Rainer Schmid, Till Raitor und Ullrich Isermann

DLR Göttingen

Ein zur Umsetzung eines Fluglärmberchnungsverfahren geeignetes Computerprogramm besteht immer aus einem Rechenkern und einer Datengrundlage. Der Rechenkern setzt die dem Berechnungsverfahren zu Grunde liegenden physikalischen Modelle (insbesondere für Schallausbreitung oder Flugmechanik) um. In der Datengrundlage sind die für diese Modelle benötigten akustischen und flugbetrieblichen Parameter

abgespeichert. Der Umfang der Datengrundlage wird sowohl durch die Verfügbarkeit der Daten als auch den Anwendungsbereich des Berechnungsverfahrens bestimmt. Hochwertige Verfahren zur Simulation von Einzelflügen, die z.B. auf Teilschallquellenmodellen beruhen, erfordern entsprechend detaillierte Daten, die in der Regel nur für eine begrenzte Anzahl von Luftfahrzeugen verfügbar sind. Die Datengrundlagen von Rechenverfahren, die zur Flughafenplanung und Fluglärmgesetzgebung herangezogen werden, müssen demgegenüber die am Luftverkehr teilnehmenden Luftfahrzeuge umfassend beschreiben können. Dabei hängt ihre Struktur auch vom Anwendungsbereich des Verfahrens ab: Sind prognostizierte Flugbetriebe zu untersuchen, so setzen sie in der Regel auf einer geeigneten Gruppierung von Luftfahrzeugen auf. In diesem Beitrag wird erläutert, wie solche Gruppierungsschemata erstellt und wie sie in geeigneter Weise so erweitert werden können, dass auch eine typengenaue Modellierung von Luftfahrzeugen möglich ist. Dabei wird sowohl auf die Rolle der akustischen Charakteristika der zu gruppierenden Luftfahrzeuge als auch auf ihre Flugleistungseigenschaften eingegangen.

Do. 16:20 Saal 5-b

Fluglärm

Lärmtransmission durch Sandwichplatten mit verschiedenen Wabkerngeometrien

Martin Radestock und Thomas Haase

DLR, Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik

Im Bereich der Luftfahrt werden ständig leichtbaukonforme Lösungen zur Verringerung der Lärmtransmission gesucht. Das Ziel ist die Erhöhung des Passagierkomforts bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Strukturmasse. Insbesondere unter den neuen Anforderungen der Politik, wie der drastisch zu reduzierende CO₂ Ausstoß, ist die Verringerung der Lärmtransmission bei konstanter oder sogar geringerer Masse eine große Herausforderung. Deswegen wird in dieser Studie untersucht, inwiefern mit Hilfe der Wabkerngeometrie von Sandwichplatten, bei konstanter Masse, die Schalldämmung dieser Strukturen beeinflussen werden kann. Dabei ist der Fokus nicht darauf gerichtet, dass Schalldämmmaß zu erhöhen sondern innerhalb gewisser Frequenzbereiche zu verschieben oder anzupassen. In numerischen Vorstudien mit verschiedenen Wabkerngeometrien zeigt sich ein deutlicher Einfluss der Wabengeometrie auf das Schalldämmmaß. Dabei lassen sich Einbrüche in der Schalltransmission verschieben. Dieser Effekt könnte gezielt für eine spätere Flugzeugkonfiguration eingesetzt werden, um kritische Frequenzbereiche besser zu adressieren. Erste Prototypen verschiedener Wabkerngeometrien wurden mit Hilfe des 3D-Druck gefertigt und im Transmissionsprüfstand vermessen. Die Messergebnisse zeigen ebenfalls einen Einfluss der Wabkerngeometrie auf das Transmissionsverhalten und geben wertvolle Erkenntnisse bzgl. Dämpfung und Schwingungsverhalten für die weiterführende Simulation.

Do. 16:40 Saal 5-b

Fluglärm

Automatische Prüfung der Korrelation von FluglärmereignissenKai Johannsen^a, Thomas Schenk^b, Konrad Schenk^b und Lisa Klein^c^aFlughafen Berlin Brandenburg GmbH; ^bKSZ Ingenieurbüro GmbH;^cTopsonic Systemhaus GmbH

Verkehrsflughäfen sind nach §19a Luftverkehrsgesetz dazu verpflichtet eine Fluglärmüberwachungsanlage in der Umgebung des Flughafens zu betreiben. Hierbei müssen die Anforderungen der DIN 45643 Messung von Fluggeräuschen beachtet werden. Danach werden Lärmergebnisse durch die Überschreitung einer individuell festgelegten Schwellen identifiziert. Dann findet mithilfe nichtakustischer Daten (Radarspuren/Flugtagebuch) eine Korrelation mit den Flugereignissen statt. Obwohl die Radarspuren eine gute automatische Zuordnung gewährleisten, ist eine manuelle Prüfung der Zuordnung für jedes einzelne Flugereignis in der Regel unverzichtbar. Zum Beispiel kann das Fluggeräusch durch Störgeräusche kontaminiert und damit für die Auswertung ungültig sein. Besonders an den für die Entgeltabrechnung herangezogenen Referenzmessstellen ist eine genaue manuelle Überprüfung unerlässlich.

Um den Aufwand der manuellen Prüfung reduzieren zu können und zukünftig auch eine zeitnahe Abrechnung der Einzelereignisse zur Be-rechnung der Entgelte zu gewährleisten, sollte eine automatische Prüfung der Lärmergebnisse entwickelt werden. Hierzu wurde ein Set von Kriterien definiert, die auf Basis der akustischen Eigenschaften des Signals verdächtige Lärmergebnisse identifizieren. Die Prüfungen wurden in die Fluglärmüberwachungssoftware der Flughäfen Tegel und Schönefeld implementiert. In dem Beitrag werden die ersten Ergebnisse aus der Praxis dargestellt und weitere Verbesserungsmöglichkeiten diskutiert. In einem zweiten (Poster)beitrag wird ein Kriterium (neuronale Netze) genauer betrachtet.

Sitzung „Meeresakustik und Wasserschall 2“

Do. 9:00 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 2

Modellgestützte Untersuchung der Blasenbildung und des Übertragungsverlusts eines offshore eingesetzten BlasenschleiersTobias Bohne^a, Tanja Grießmann^b und Raimund Rolfes^a^aLeibniz Universität Hannover - Institut für Statik und Dynamik; ^bLeibniz Universität Hannover

Der Ausbau der Offshore-Windenergie ist mit einer deutlichen Lärmbelastung der Meeresumwelt verbunden. Der Blasenschleier ist dabei eines der am häufigsten verwendeten Systeme, um die Belastung, die insbesondere auf die Rammung der Gründungspfähle zurückzuführen ist, in den gesetzlich festgelegten Grenzen zu halten. Die Größe der Luftblasen stellt dabei ein entscheidendes Kriterium für die Wirksamkeit

des Blasenschleiers dar. Auf Grund der anspruchsvollen Umgebungsbedingungen existieren keine direkten Messungen der Blasengrößenverteilung. Es wird daher ein physikalisch basiertes Modell vorgestellt, das es ermöglicht die Blasengrößenverteilung im Blasenschleier in Abhängigkeit des Düsendurchmessers und des Düsenabstands zu bestimmen. Die so gewonnene Blasengrößenverteilung stellt die Grundlage für die Berechnung des Übertragungsverlusts des Blasenschleiers dar. Im Rahmen des Vortrags werden die Blasengrößenverteilung und der zugehörige Übertragungsverlust für verschiedene Düsenchlauchkonfigurationen vorgestellt.

Do. 9:20 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 2

Vergleich verschiedener piezoelektrischer Dünnschichtsensoren für SONAR-Anwendung

Alexej Namanas^a, Hanna Lewitz^a, Jan Abshagen^b und Gerhard Schmidt^a

^a*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; ^b Wehrtechn. Dienststelle 71*

Im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen dem Lehrstuhl für digitale Signalverarbeitung, dem Lehrstuhl für Anorganische Funktionsmaterialien und in Kooperation mit der Wehrtechnischen Dienststelle 71 der Bundeswehr wurden Wasserschallmessungen von piezoelektrischen Dünnschichtsensoren analysiert. Die verwendeten Sensoren unterschieden sich nach Art der verwendeten piezoelektrischen Materialien (AIN, Al-ScN und PZT). Die Flächengröße der aktiven Schicht war ebenfalls variabel. Als Referenz wurden Aufnahmen von Hydrophonen TC4050 von Reson verwendet. In einem definierten Messablauf wurden die Dünnschichtsensoren und Referenzhydrophone mit CW- bzw. LFM-Pulsen der Dauer 20 ms bzw. 500 ms im Vorbeifahren aus unterschiedlichen Entfernung und Einfallswinkeln im Sognefjord, Norwegen, beschallt. Bei den gewonnenen Aufnahmen wurde eine SNR-Schätzung durchgeführt. Durch zusätzliche Abschätzung der interferierenden Signale und der Rauschanteile in nutzsignalfreien Zeitbereichen bei Referenzhydrophonen und Dünnschichtsensoren konnte die Robustheit der Frequenzgangschätzung der Sensoren verbessert werden. SNR-technisch unterlagen alle Dünnschichtsensoren den Referenzhydrophonen. Eine gute Performance zeigten die AIN- und die AlScN- Sensoren dennoch. Die PZT-Sensoren wiesen geringstes SNR auf. Die betragsmäßige Frequenzgangschätzung anhand der Aufnahmen von LFM-Pulsen mit zusätzlicher Mittelung über alle Pings ergab für Sensoren gleicher Art ähnliche Verläufe.

Do. 9:40 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 2

Adaptives Beamforming als Teil einer klassischen SONAR-SignalverarbeitungsketteSebastian Knabe und Jens Reermann

ATLAS ELEKTRONIK GmbH

Die meisten SONAR-Signalverarbeitungsketten wie beispielsweise die Breitbanddetektion, die Pulsdetektion und die Schmalbanddetektion basieren auf der Analyse von Zeitbereichssignalen. Diese werden in der Regel zuvor einer Richtungsbildung (engl. beamforming, BF) unterzogen. Die Performance der Signalverarbeitungsketten ist folglich durch die Qualität dieser Vorverarbeitung limitiert. Ein konventioneller Delay-and-Sum BF-Ansatz ist begrenzt im Sinne der Verbesserung des Signal-zu-Rausch-und-Störungsverhältnisses (engl. signal-to-noise-plus-interference ratio, SNIR) oder der Zieltrennungsfähigkeit. Adaptive Richtungsbildung (engl. adaptive beamforming, ABF) hingegen kann eine verbesserte Performance erzielen und ist das Mittel der Wahl für Breitbanddetektionen (BDT).

ATLAS ELEKTRONIK GmbH hat einen ABF entworfen, der nicht nur Spektren für die Breitbanddetektion mit einer geringen zeitlichen Auflösung berechnet, sondern ebenfalls entsprechende Zeitbereichssignale bereitstellt. Fokus liegt hierbei auf den Erhalt der vorteilhaften Eigenschaften des ABFs und der Anwendbarkeit von empfindlichen Schmalbandanalysen, wie z.B. Low Frequency Analysis and Recording (LOFAR) oder Detection of Envelope Modulation on Noise (DEMON).

In diesem Paper wird die Generierung der Zeitbereichssignale vorgestellt. Die Eigenschaften des Ansatzes werden anhand von Simulationen und Seedaten diskutiert.

Do. 10:00 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 2

Entwurf und Implementierung einer kognitiven Steuereinheit für ein Echtzeit-MIMO-SONAR-SystemBastian Kaulen, Alexej Namenas und Gerhard Schmidt*Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Kognition ist ein weiterer großer Schritt in modernen RADAR- und SONAR-Systemen. Da das Hauptaugenmerk an Veröffentlichungen der letzten Jahre in diesem Gebiet auf RADAR-Systemen lag, ist die Anwendung in SONAR-Systemen noch relativ selten. Außerdem sind viele der Veröffentlichungen rein theoretischer Natur und motivieren lediglich die Kognition in solchen Systemen. Ziel dieser Arbeit ist daher die konkrete Implementierung einer kognitiven Steuereinheit in ein Echtzeit-MIMO-SONAR-System. Zuerst wird der Begriff der Kognition erläutert und anschließend auf die verschiedenen Anforderungen eines modernen SONAR-Systems bezogen. Anschließend wird ein vorhandenes Echtzeit-MIMO-SONAR-System vorgestellt und um eine kognitive Steuereinheit erweitert. Umgesetzt wurde der kognitive Entscheidungsprozess durch eine Steuereinheit, welche die Sendesignalverarbeitung

auf die Umwelt anpasst. Basis dieser Anpassung sind Rückschlüsse auf der Basis der empfangenen Signale. Dazu wurden als Eingangsparameter die Position der Ziele, die entfernungsabhängige Richtung und die vorherigen ausgewählten Gebiete gewählt. Diese Informationsquellen werden auf eine einheitliche und vergleichbare Darstellung abstrahiert, anschließend gewichtet und addiert. Anhand dieser Darstellung wird dann eine Entscheidung getroffen, welches Gebiet im nächsten Ping illuminiert werden soll. Als letzten Schritt werden dann die Parameter des SONAR-Systems auf das neue Gebiet angepasst.

Do. 10:40 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 2

Fluid-Structure-Acoustic Interaction of a Towed Sonar Array System

Florian Wachter und Stefan Becker

Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentech.
Towed sonar arrays are designed as long thin circular cylinders utilized as underwater sound receivers. These arrays usually have a very large ratio of length to radius, in the order of 10^5 . When fluid flows parallel to such a cylindrical geometry an axisymmetrical turbulent boundary layer (ATBL) develops that has a turbulent boundary layer thickness much larger than the cylinder radius. In such flows, curvature effects become significant, leading to changes in the turbulent boundary layer (TBL), especially on mean velocity profiles and turbulent fluctuations, causing higher skin-friction coefficients and different characteristics of wall-pressure fluctuations compared to the planar case (TBL of a flat plate or channel flow). The special features of the ATBL are interesting for sonar array designers because the performance of these devices is usually limited by the noise generated by the turbulent fluctuations around the surface of the array. Therefore, one-way coupled fluid-structure-acoustic interaction computations are carried out for a simplified sonar array geometry. The approach and the first results are presented.

Do. 11:00 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 2

Nichtlineare Signalverarbeitung für Systeme zur Unterwassertelefonie

Tim Owe Wisch und Gerhard Schmidt

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Sprachkommunikation unter Wasser unter Nutzung von sowohl analogen, digitalen und auch gemischten Verfahren ist noch immer ein spannendes Forschungsfeld. Durch die breite Verfügbarkeit von leistungsfähiger Hardware entsteht die Möglichkeit, sich die Vorteile etablierter Verfahren in Kombination mit neuen, komplexen Algorithmen zu Nutze

zu machen. Durch die physikalisch bedingten Begrenzungen unter Wasser und im Hinblick auf die spektrale Effizienz kann bspw. die bekannte Technik der Einseitenbandmodulation ohne Träger verwendet werden. Auf der Sprachsignalseite können in einem solchen System verschiedene Signalanpassungen vorgenommen werden, um die Ansteuerung der analogen Verstärker zu verbessern und die Sendeleistung der Schallwandler optimal auszunutzen. Zudem können verschiedene Limiter, Kompressoren und weitere Verfahren angewendet werden, um die Robustheit des Systems gegenüber Störungen im Wasser und Hardwabeschränkungen zu verbessern. Zur Evaluation der Auswirkungen der Verfahren auf das Sprachsignal werden subjektive und objektive Tests (STOI-Algorithmus) verwendet.

Do. 11:20 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 2

Selbsterkennende akustische Unterwasserkommunikation

Ivor Nissen

Wehrtechnische Dienststelle 71

Unterwasserkommunikation muss sich auf unterschiedlichste akustische Kanalbedingungen anpassen, da mit Ort und Zeit die Ausbreitungsbedingungen sich in Größenordnungen von Millisekunden und Dezimetern ständig verändern - das sogenannte SONAR-Wetter höchst variabel ist. Der Sender einer Nachricht muss insbesondere maximale Zeit- und Doppler-Spreizung hinreichend gut schätzen und festlegen. Ein pessimistisch zu hoher Schätzwert verschenkt Datenrate, eine optimistisch zu niedriger führt zu Dekodierfehlern beim Empfänger. Im Netzwerk potenziert sich diese Kunst der Verbindungsaufnahme.

Aber auch der Empfänger muss wissen, welches Modulationsprofil vom Sender gewählt wurde, um sich anzupassen. Adaptive akustische Unterwasserkommunikation nutzt oftmals kodierte Präambeln, die Mapping-, Kodier- und Modulationsparameter enthalten und der eigentlichen Datenübertragung insbesondere für Synchronisations- und Aufweckzwecke vorangestellt werden. Der Empfänger nutzt dann die Präambeleinstellung, um die empfangende Wellenformung einem Profil korrekt zuordnen und erstgenannte auswerten zu können. Das verlängert nicht nur die eigentliche Nachrichtenübertragung, sondern führt auch zu einer Steigerung der Korrelationsaufwände in kleinen stromsparenden Modems.

In diesem Beitrag soll als selbsterkennende Methode das iterative Dekoding vorgestellt werden, unterstützt durch Schätzung der Mappingzustände mittels Clusterung und der Signallänge durch den Energieeintrag. Mit Hilfe der iterativen Dekodierung kann der Empfänger ohne Präambel Modulationsparameter erkennen, indem eine Minimierungsaufgabe mit implizitem Abstiegsfunktional gelöst wird, ähnlich der Blinden Kanalschätzung.

Do. 11:40 Saal 6

Meeresakustik und Wasserschall 2

Study of Probe Signal Properties Influence on Coherence Bandwidth Estimation for Underwater Acoustic Communication Channel

Iwona Kochanska, Jan Schmidt und Jacek Marszal

Gdansk University of Technology, Fac. of Electronics, Telecomm. and Informatics

A signal transmitted in a shallow underwater acoustics communication channel suffers from time dispersion due to the multipath propagation and the refraction phenomenon. This causes the intersymbol interference, the consequence of which is frequency-selective fading observed in the frequency response of the channel. Coherence bandwidth defines maximal bandwidth, wherein the channel amplitude characteristic remains constant and its phase characteristic is linear. It can be calculated on the basis of the channel impulse response, measured with the use of the correlation method and frequency modulated signals or pseudorandom binary sequences. Probe signals have a narrow, impulse-like autocorrelation function if considered in baseband. However, in the case of passband impulse response measurement, the influence of the probe signal on the estimate of impulse response, and thus on the estimate of coherence bandwidth, is no longer negligible. The paper presents the results of simulations and measurements conducted in an inland reservoir.

Sitzung „Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung“

Do. 14:20 Saal 6

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Prinzipien und Konzepte automatischer Mikrofonmischer

Natanael Nieland

TU Kaiserslautern

Der automatische Mikrofonmischer ist für Sprachanwendungen bei denen mehrere Mikrofone zum Einsatz kommen unerlässlich und wird u.a. bei AV-Konferenzen und Podiumsdiskussionen, in Sendestudios und Kirchen eingesetzt. Eine hohe Signalqualität und Sprachverständlichkeit, sowie die Stabilität bei rückkoppelnden Anlagen wird durch seinen Einsatz gewährleistet. Seit dem Beginn der Entwicklung automatischer Mikrofonmischer in den späten 1960er Jahren wurde eine Vielzahl unterschiedlichster Techniken entworfen, die sich auch in aktuellen Produkten wiederfinden. Die Verfahren unterscheiden sich insbesondere in dem zur Detektion von Sprache verwendeten Schwellwertsignal und der Abschwächungscharakteristik der Mikrofonkanäle. Dem Systemdesigner stellt sich die Frage, welche Vor- und Nachteile verschiedene Techniken in einem speziellen Anwendungsfall mit sich bringen. Der folgende Vortrag soll die aus einer Patentrecherche gewonnenen Erkenntnisse über die bestehenden Konzepte automatischer Mikrofonmischer vermitteln, wobei eine Kategorisierung der Verfahren vorgenommen wurde.

Nachdem die Notwendigkeit des Einsatzes automatischer Mikrofonmischer aufgezeigt wurde, sollen die grundlegenden Prinzipien des automatischen Mischens erläutert werden. Im Anschluss wird eine Auswahl unterschiedlicher Verfahren, sowie deren Vor- und Nachteile diskutiert.

Do. 14:40 Saal 6 Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Verfahren zur Multikanal-Echokompensation in immersiv verknüpften Räumen

Marcel Nophut, Robert Hupke, Stephan Preihs und Jürgen Peissig

Leibniz Universität Hannover, Institut für Kommunikationstechnik

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Projekts "LIPS - Live Interactive PMSE Services" arbeiten die Projektpartner aus Industrie und Forschung an einer immersiven audiovisuellen Verbindung zwischen entfernten Räumlichkeiten, die es Menschen erlauben soll in einer möglichst natürlichen Art und Weise miteinander kommunizieren und sogar musizieren zu können. Dazu werden die Schallquellen im einen Raum aufgenommen, die Signale mit geringer Latenz übertragen und im jeweils anderen Raum über ein Multikanal-Lautsprechersetup wiedergegeben. Eine bidirektionale akustische Verbindung von Räumen erzeugt jedoch eine Feedback-Schleife, die akustische Echos oder Rückkopplungen hervorruft. Um diesem Problem zu begegnen nutzen bestehende mono- und stereophonische Systeme häufig eine adaptive Echokompensation, die die akustischen Übertragungsfunktionen im Raum schätzt, um so die Echos der Lautsprechersignale aus den aufgenommenen Mikrofonsignalen herauszufiltern. Bei Mehrkanalsystemen ist dieses Problem aufgrund der Korrelation der Lautsprechersignale in der Regel nicht eindeutig lösbar. Mit wachsender Anzahl der Kanäle tritt dieses sogenannte "Non-Uniqueness Problem" immer stärker zutage, was zu einer höheren Fehlanpassung der Schätzung führt. Eine vorgeschaltete Dekorrelation der Lautsprechersignale wirkt diesem Phänomen entgegen und führt zu einer Verbesserung der Schätzergebnisse. Dieser Beitrag stellt einige gängige Algorithmen und Methoden der Multikanal-Echokompensation vor und vergleicht deren Leistungsfähigkeit anhand von Simulationen mit Aufnahmen aus einem realitätsnahen Modellaufbau.

Do. 15:00 Saal 6 Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Elektroakustischer MEMS-Wandler für Im-Ohr-Anwendungen

Lutz Ehrig^a, Holger Conrad^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*

In diesem Beitrag wird ein neuartiger elektroakustischer MEMS-Wandler vorgestellt. Der Wandler basiert auf CMOS-kompatiblen, elektrostatischen Biegeaktoren. Deren bimorph-ähnliche Funktionsweise basiert auf der durch die Geometrie definierten Transformation elektrostatischer Kräfte in mechanische Schichtspannungen. Die sich uniaxial verkrümmenden Aktoren sind so orientiert, dass eine Auslenkung lateral,

d.h. in der Chip-Ebene erfolgt. Die paarweise Anordnung einer Vielzahl dieser Aktoren in sogenannten Luftkammern führt zu einem MEMS-Lautsprecherchip, der eine mess- und hörbare Schallabstrahlung ermöglicht. Die Freiheiten im Design der Lautsprecherchips sind aufgrund des Aktorprinzips enorm hoch. Anhand einer ersten gefertigten Generation konnte die Funktionsweise nachgewiesen werden. Durch weitere Optimierung des Bauelementdesigns wird eine weitere Verbesserung des Schalldruckpegels und der Linearität angestrebt. Dadurch erschließen sich Einsatzmöglichkeiten für Im-Ohr-Anwendungen wie Hearables, Hörgeräte, IEMs und Kopfhörer.

Do. 15:20 Saal 6 Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Optimization of Aspect Ratio and Material Parameters of a DML Membrane

Shanavaz Sanjay Abdul Rawoof, Benjamin Zenker, Sebastian Merchel und M. Ercan Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik

The frequency response of a Distributed Mode Loudspeaker (DML) is predominantly conditional to the selection of membrane materials, dimensions and exciter positioning. Optimization of the frequency response results in the emphasis on the equal distribution of modes. Simulation techniques provide the possibility to investigate the effect of material parameters on the modal distribution. In order to achieve the best design, these parameters are optimized. The model of a membrane with respective material properties are developed and the modes are investigated with the simulation software wave6. The material properties used in simulations were validated with experimental measurements. This model is further utilized to optimize the aspect ratio and material parameters aimed at obtaining an equal distribution of modes.

Do. 15:40 Saal 6 Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Akustische Detektion und Lokalisation von UAVs mit Mikrofonarrays in Echtzeit

Martin Blass und Franz Graf

Joanneum Research

Unbemannte Luftfahrzeuge (UAVs), wie z.B. Drohnen, können seit einiger Zeit in unterschiedlichsten Preis- und Gewichtsklassen kommerziell erworben und betrieben werden. Da für den Betrieb dieser Geräte kein Expertenwissen nötig ist und diese auch von Privatpersonen als Angriffsmittel eingesetzt werden können, stellen UAVs eine potentielle Gefahr für Personen und öffentliche Einrichtungen dar. Wir präsentieren ein Gesamtkonzept zur akustischen Lokalisation und Detektion von UAVs in Echtzeit durch den Einsatz von Mikrofonarrays und Methoden des maschinellen Lernens. Wir beschreiben den Entwurf geeigneter Mikrofonarrays, inklusive deren Konstruktion und verwendeter Hardware, sowie ein definiertes Prozedere zur Aufzeichnung von UAV-Audiiodaten.

Das System verwendet eine MPEG7-Datenbank zur Verwaltung von annotierten Audiosegmenten und relevanten Metadaten. Aus annotierten Audiodaten werden akustische Merkmale extrahiert, die für das Training von Klassifikationsalgorithmen verwendet werden, um zwischen der An- bzw. Abwesenheit von UAV-Geräuschen zu unterscheiden. Für die akustische Lokalisation werden Beamforming-Techniken in Kombination mit einem einfachen Algorithmus zur Verfolgung mehrerer Schallquellen verwendet. Das System wird durch gängige Klassifikations-Metriken und einem vorgeschlagenen Fehlermaß für die Lokalisationsgenauigkeit evaluiert. Abschließend wird ein Einblick in die Echtzeit-Implementierung und die Fusionierung von Beamforming und Audio-Klassifikation gegeben.

Do. 16:00 Saal 6 Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Phase in der Zeit-Frequenz Ebene

Peter Balazs

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

Die Phasen Information in der Zeit-Frequenz Analyse respektive Filterbankantworten von Audiosignalen wurden in der Vergangenheit oft vernachlässigt. In den letzten Jahren wurden der Phaseninformation mehr Bedeutung zugemessen (Stichwort 'phase retrieval'). In dieser Arbeit präsentieren wir die Grundlagen der Phase in der Zeit-Frequenz Ebene. Wir präsentieren einen Überblick über die Bedeutung der Phase für Methoden wie den Phasenvocoder oder für die Schärfung der Zeit-Frequenz Darstellung ('Reassignment'). Zuletzt zeigen wir dass die Amplitude und die Phase (nahezu) die selbe Information erhält. Wir zeigen Methoden, um ein Signal direkt aus dem Spektrogramm (ohne Phaseninformation) zu rekonstruieren.

Do. 16:20 Saal 6 Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Acoustic Scene Classification with Hilbert-Huang Transform Features

Jürgen Tchorz

TH Lübeck

The Hilbert-Huang transform breaks down non-stationary and non-linear signals into a finite number of components. These components are called intrinsic mode functions (IMF) which form a complete and nearly orthogonal basis for the original signal. Subsequent Hilbert transforms yield the instantaneous frequencies of the IMF. The distributions and short-term fluctuations of these instantaneous frequencies are partially non-overlapping in different acoustic scenes. This finding is exploited for automatic scene classification. A feature set based on instantaneous frequencies is described. A long short-term memory deep neural network is trained using those features computed from the development data set of the DCASE 2018 acoustic scene classification challenge (Task 1B). The data set contains in total 28 hours of audio recorded in 10 different

urban scenes such as "airport" or "shopping mall". The classification rates are compared to those achieved with standard log mel-band energy and amplitude modulation spectrogram (AMS) features, using the same classifier, as well as to the results of the DCASE 2018 challenge baseline system.

Do. 16:40 Saal 6

Elektroakustik und Audiosignalverarbeitung

Simulation framework for detecting and tracking moving sound sources using acoustical beamforming methods

Péter Tapolczai, Péter Fiala, Gergely Firtha und Péter Rucz

Budapest University of Technology

Microphone arrays and beamforming procedures enable the localization of sound sources and are used in a great number of industrial applications. Remote sound sources can be localized by creating an acoustical image of the spatial distribution of the source strength. Acoustical focusing can also be implemented in order to get a high-gain directed antenna and hence attain the filtered signal of selected sources. Application to moving sound sources involve a number of challenges, such as taking the effect of the Doppler-shift into account, or to apply the acoustical focusing with a time-varying focal point.

In this contribution a simulation framework for the detection and tracking of moving sources is introduced. It is shown that in case of moving sources, source localization and acoustical focusing can be implemented in a feedback loop to enhance the quality of the detection. The object oriented simulator is capable of evaluating the sound field of arbitrary moving sound sources and contains implementations of various beamforming methods for acoustical imaging and source localization. The reconstruction of the trajectory of the moving source is supplemented by a nonlinear Kalman filter. Tracking of a small unmanned aerial vehicle is demonstrated as an example application.

Sitzung „Schwingungstechnik“

Do. 9:00 Saal 7

Schwingungstechnik

Methoden zur Steifigkeitsmodellierung von Evolventenverzahnungen

Andreas Beinstingel^a, Michael Heider^b, Burkhard Pinnekamp^b und Stefan Marburg^c

^aRenk AG, TU München; ^bRenk AG; ^cTU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Das Schwingungs- und Geräuschverhalten von Zahnradgetrieben ist ein wesentliches Qualitätsmerkmal. Dabei stellt der Zahneingriff eine signifikante Anregungsquelle dar. Die Weiterleitung in Form von Körperschall

bis zur Gehäuseoberfläche bedingt letztendlich die maßgebliche Luftscharlemmission. Eine systematische Optimierung des Geräuschverhaltens erfolgt vorzugsweise im frühen Entwicklungsstadium. Aus diesem Grund ist es wichtig, einen virtuellen Prototyp zu besitzen, der in der Lage ist die komplexen Wechselwirkungen im Transferpfad abzubilden. Das ermöglicht eine realistische Bewertung und zielführende Verbesserung des akustischen Verhaltens. Der Steifigkeitsmodellierung des Zahnkontaktees kommt hierbei besondere Bedeutung zu. Diverse Modellierungstechniken sind Gegenstand dieses Vortrags.

Do. 9:20 Saal 7

Schwingungstechnik

Einfluss verschiedener Lagerung bei der experimentellen Bestimmung von Dämpfungswerten

Christian A. Geweth, Patrick Langer, Kheirullah Sepahvand und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Die Ursachenidentifikation bei eventuell vorhanden Abweichungen zwischen einem numerischen Modell und experimentellen gewonnen Daten kann sich nicht nur als zeitintensives, sondern auch als kostspieliges Unterfangen erweisen. Dabei lassen sich einzelne Eingangsparameter eines numerischen Modells nur über experimentelle Untersuchungen bestimmen. Von diesen für computergestützten strukturdynamischen Modell üblicherweise benötigten Eingangsparameter gehört die Dämpfung zu denen, welche sich nur mit einem vergleichsweise großen Aufwand bestimmen lassen. Ursächlich hierfür ist unter anderem das Problem, dass eine ideal frei-freie oder ideal feste Lagerung, anders als bei der numerischen Modellierung, in einem Experiment nicht realisierbar ist. Dies hat zur Folge, dass eine Beeinflussung der zu messenden Struktur durch die verwendete Lagerung nicht ausgeschlossen werden kann. Im Rahmen dieser Arbeit wird der Einfluss verschiedener Möglichkeiten zur Lagerung von Proben auf die gemessenen Dämpfungswerte untersucht. Dafür wurden verschiedene Strukturen unter unterschiedlichen Randbedingungen untersucht. Durch die mehrfache Wiederholung der einzelnen Messungen, erlauben es dabei Rückschlüsse auf die Wiederholbarkeit der einzelnen Messungen zu ziehen. Aus den im Rahmen dieser Untersuchungen gewonnen Erkenntnissen werden Vorschläge zu der Reduzierung des Messaufwandes bei Dämpfungsmessungen abgeleitet.

Do. 9:40 Saal 7

Schwingungstechnik

Biegeschwingungen der Sportwaffen Florett, Degen und Säbel

Thomas Kletschkowski

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Die Klingen der Sportwaffen Florett, Degen und Säbel können aus Sicht der Schwingungslehre als einseitig eingespannte, schlanke, biegeelastische Kontinua mit örtlich veränderlicher Massenbelegung und von der

Glocke zur Spitze hin sinkendem Flächenträgheitsmoment (Verjüngen des Querschnitts) betrachtet werden. Letzteres unterscheidet sich bei allen Waffen bezüglich der horizontalen und vertikalen Achse. Das Gesamtgewicht aller Sportwaffen variiert zwischen 340g (Säbel) und 395g (Degen). Die Gesamtlänge aller Waffen beträgt ca. 105cm.

Die vorliegende Arbeit befasst sich insbesondere mit den ersten und zweiten Biegeeigenformen in horizontaler und vertikaler Richtung, die im Gefecht sowohl durch Klingenschlag, aber auch durch das plötzliche Abstoppen der Klingebewegung angeregt werden können. Letzterer Fall ist insbesondere im Florett- und Degenfechten bedeutsam, um durch Schnippen Treffflächen auf dem Rücken (Florett) oder hinter der Glocke (Degen) zu erreichen, die einem direkten Stoß nicht zugänglich sind.

Experimentelle Untersuchungen zeigen, dass die Grundbiegeschwingungen aller Waffen nahe 7Hz aufzufinden sind. Die zweite Biegeeigenform variiert - je nach Waffe - zwischen 23Hz und 28Hz. Die vorliegende Arbeit erläutert sowohl die Modellvorstellungen im Sinne der Schwingungslehre, als auch das experimentelle Vorgehen zur Bestimmung (mittels Anschlagen und Ausschwingen) und Visualisierung der Beigeeigenformen (mittels harmonischer Erregung) aller drei Waffen. Weiterhin werden Einflüsse von Nichtlinearitäten sowie Fragen der Dämpfung diskutiert.

Do. 10:00 Saal 7

Schwingungstechnik

Eigenspannungsmessung an Composite-Druckbehältern: Bewertung experimenteller Methoden

Sebastian John, Daniel Kadoke, Dorit Munzke und Georg Mair

BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

In der Energie- und Automobilbranche stellt die Erarbeitung neuer Ansätze zur Energiespeicherung den Druckbehälterbau vor neue Herausforderungen. Bei der Entwicklung mobiler Lösungen spielt dabei die spezifische Energiedichte des Speichers eine entscheidende Rolle. Entsprechende Konstruktionen müssen den Anforderungen eines möglichst geringen Gewichts bei gleichzeitig immer höheren Betriebsdrücken gerecht werden. Genannte Anforderungen bedient der Einsatz moderner Hybridspeicher, bestehend aus konventionellen Metall- und modernen Faserverbundwerkstoffen. Im Gegensatz zur rein monolithischen Metallstruktur ist das Schadens- und Degradationsverhalten von Hybridstrukturen bisweilen nicht ausreichend genau erforscht. Als zuständige Behörde für die öffentlich technische Sicherheit ist die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) gefordert, genannte Problemstellungen zu untersuchen, um künftig präzisere Aussagen zur Abschätzung der Lebensdauer geben zu können. Gegenstand der Untersuchungen bilden Typ III-Druckbehälter, bestehend aus einem Aluminium-Liner und einer kohlefaser verstärkten Armierung. Als lebensdauerbestimmender Parameter wurde der Eigenspannungszustand fokussiert, welcher mit

der Lastwechselfestigkeit des Aluminium-Liners als lebensdauerbegrenzende Komponente korreliert. Die zerstörungsfreie Eigenspannungserfassung erfolgt mittels einer experimentellen Modalanalyse, wobei im Rahmen eines künstlichen Alterungsprogramms ein versuchsbegleitendes Monitoring Aussagen über den Degradationsprozess liefern soll. Er-gänzend erfolgt eine Analyse des Dehnungsverhaltens, u.a. mittels optischer Messverfahren wie dem Streifenprojektionsverfahren. Durch den Vergleich verschiedener Verfahren sollen Rückschlüsse auf das Alterungsverhalten gezogen und die Ergebnisse der experimentellen Modalanalyse verifiziert werden können.

Do. 10:40 Saal 7

Schwingungstechnik

Aktive Reduktion des Schallfeldes in einer zylindrischen Kompositstruktur anhand struktureller Fehlersensoren

Bernd-Christian Hölscher^a, Christian Hesse^b, Thomas Haase^c und Michael Sinapius^a

^a*TU Braunschweig, Institut für Adaptronik und Funktionsintegration;*
^b*DLR, Institut für Systemarchitekturen in der Luftfahrt;* ^c*DLR, Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik*

Aktive Systeme sind effektive Lösungen für tieffrequente Problemstellungen der Schwingungsdämpfung, sowohl zur Unterdrückung von Strukturschwingungen als auch für Probleme der Schallab- und -ein-strahlung. Insbesondere für gekoppelte Systeme aus Struktur und Fluid, bei denen unter Verwendung struktureller Fehlersensoren eine globale Reduktion des Schallfeldes erreicht werden soll, ist die Implementierung derartiger Lösungen allerdings häufig sehr ineffizient. Bei der oft verwen-deteten Behandlung der Schallabstrahlung mittels Singulärwertzerlegung entstehen frequenzabhängige Schallstrahlungsmoden, die daraus resul-tierende hohe Modellordnung des benötigten Reglers ist durch heutige Signalverarbeitungssysteme kaum leistbar. Für Phänomene der Schallleinstrahlung in Innenräume erlauben die Fluidmoden jedoch die Formulierung frequenzunabhängiger Moden des gekoppelten Systems. Mit den frequenzabhängigen Schallstrahlungseffizienzen ermöglichen die-
se eine erhebliche Ordnungsreduktion des Reglers. In diesem Beitrag wird ein auf frequenzunabhängigen Schallstrahlungsmoden basieren-des System mit analytisch-numerischen Methoden betrachtet. Kern der Untersuchung ist dabei die Wahl geeigneter Schallstrahlungsmoden und Aktuatorpositionen sowie die Wechselwirkungen zwischen diesen bei-den Parametern. Zu diesem Zweck wird eine generische Kompositstruk-tur mit eingeschlossenem Fluid, örtlich verteilter Anregung und einem anhand experimenteller Untersuchungen identifizierten Aktuatormodell betrachtet. Anhand der Schallstrahlungsmoden des eingeschlossenen Fluids wird auf Grundlage einer optimalen Regelung die erreichbare glo-bale Reduktion des Schallfeldes durch geeignete Platzierung des ver-wendeten Aktuators betrachtet. Abschließend erfolgt mittels Parameter-variation eine Untersuchung der Wechselwirkung zwischen berücksich-tigten Schallstrahlungsmoden und optimaler Aktuatorposition.

Do. 11:00 Saal 7

Schwingungstechnik

Vibro-Acoustical Analyses of a DishwasherSerkan Atamer und M. Ercan Altinsoy*TU Dresden, Lehrstuhl für Akustik und Haptik*

This study aims to examine the main noise generation mechanisms and transfer paths of a dishwasher. Typical sound sources of a dishwasher are pump (circulation/drain), motor, spray arms, water sloshing (impact excitation), water flow, water-inlet valve, heating and drying fan. Dishwashers have a complex overall sound generation mechanism including the mechanical vibrations coming from rotating machinery and vibrations induced by random water splashes in different directions and different velocities over the inner surface of the tub. After each wash cycle, the dishwasher drains the dirty water. Rinse and drain cycles are repeated several times. All these processes cause various characteristic sounds, which differ from each other. With the help of TPA methodologies by implementing structural changes, it is aimed to reveal these transfer paths and their effect of overall sound emission characteristics.

Sitzung „Körperschall“

Do. 11:20 Saal 7

Körperschall

Berechnung der vollständigen Dispersionscharakteristik von abstrahlenden Lambwellen mittels VariablentransformationDaniel A. Kiefer, Michael Ponschab und Stefan J. Rupitsch*Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik*

Entlang einer Platte können sich unterschiedliche geführte mechanische Wellen ausbreiten, darunter sogenannte Lambwellen. Grenzt ein Fluid an die Platte an, so ändern sich im Allgemeinen die Ausbreitungseigenschaften dieser Wellen erheblich. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Energie von der Platte in das Fluid übergeht und dort eine akustische Welle anregt. Für Anwendungen ist häufig die Interaktion zwischen Platte und Fluid maßgeblich. Diese Interaktion kann als abstrahlende Lambwelle modelliert werden und führt zu einem nichtlinearen Eigenwertproblem, welches aus numerischer Sicht schwer zu lösen ist. In diesem Beitrag wird eine Variablentransformation vorgestellt, die das Problem auf ein polynomielles Eigenwertproblem zurückführt. Dies erleichtert das Lösen, da polynomiale Eigenwertprobleme durch Überführen in einen höherdimensionalen Zustandsraum als lineares Eigenwertproblem aufgefasst werden können. Für Letztere existieren hoch effiziente und robuste numerische Lösungsmethoden, die somit nach Anwenden der vorgeschlagenen Transformationen direkt zur Berechnung von abstrahlenden Lambwellen eingesetzt werden können. Im Gegensatz zu konventionellen Nullstellensuchverfahren findet die vorgestellte Methode zuverlässig alle Moden der fluidbelasteten Platte. Wie die resultierenden

Dispersionskurven zeigen, können sich die Lösungen erheblich von denen der freien Platte unterscheiden. Die Ergebnisse wurden mit anderen Berechnungen verglichen und zeigen eine sehr gute Übereinstimmung.

Do. 11:40 Saal 7

Körperschall

Berechnung der Auswirkung mechanischer Spannungen auf die Ausbreitung von Lamb-Wellen

Michael Ponschab, Daniel A. Kiefer und Stefan J. Rupitsch

Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik

Mechanische Spannungen in einem Festkörper beeinflussen die Ausbreitung elastischer Wellen. Dieser nichtlineare Effekt wird als Akustoelastizität bezeichnet und wurde für Volumenwellen ausführlich behandelt. Seit einigen Jahren wird auch die Auswirkung auf die Ausbreitung geführter Wellen in üblicherweise eine Methode zur Nullstellen-suche oder eine Finite-Elemente-Methode eingesetzt. Ein alternativer numerischer Ansatz zur Berechnung der Dispersion von Lamb-Wellen basiert auf der spektralen Kollokationsmethode. Dieses Verfahren konvergiert schneller als die anderen Methoden und ist unkompliziert zu implementieren. In diesem Beitrag werden geführte Wellen in einer mechanisch vorgespannten Platte modelliert und mittels spektraler Kollokationsmethode berechnet. Die resultierenden Änderungen der Phasen- und Gruppengeschwindigkeit stimmen sehr gut mit Literaturergebnissen überein und werden erörtert. Spannungsgradienten über die Plattendicke, wie sie beispielsweise durch Biegemomente hervorgerufen werden, bereiten bei der Modellierung Schwierigkeiten. Solche Spannungsgradienten wurden bisher durch Schichten mit homogener Spannung angenähert, wodurch Gradiententerme in den zugrunde liegenden Gleichungen vernachlässigt wurden. Wie der Einfluss von Biegemomenten auf die Wellenausbreitung einer Platte ohne diese Vereinfachung mit Hilfe der spektralen Kollokation berechnet werden kann, wird ebenfalls in diesem Beitrag vorgestellt.

Do. 14:20 Saal 7

Körperschall

Einfluss von Vernetzungsparametern auf die Modalanalyse geometrisch unterschiedlich komplexer Strukturen mittels der Finite-Elemente-Methode

Andreas Schneider, Karl-Alexander Hamilton Hoppe, Patrick Langer und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Diese Arbeit behandelt die Quantifizierung von Diskretisierungsfehlern für einfache und komplexe Komponenten bei der Anwendung der Finite-Elemente-Methode. Ziel ist die Minimierung des Fehlers einer numerischen Modalanalyse relativ zu entsprechenden, hochgenauen experimentellen Ergebnissen. Zunächst werden existierende Vernetzungsstrategien und verbundene Qualitätskriterien betrachtet. Nachfolgend werden an Hand geometrisch einfacher Strukturen die Einflüsse geometrischer Approximationsgüte, verzerrter Elemente und der Netzfeinheit

auf die Simulationsergebnisse untersucht. Die Autoren fokussieren sich hierbei auf eine angemessene räumliche Verfeinerung des Netzes, speziell in Bereichen hoher Dehnung. Auf den gewonnenen Erkenntnissen baut eine Parameterstudie einer komplexeren Geometrie auf. Um die Ergebnisse der Parameterstudie in Relation zu bekannten Unsicherheiten zu setzen, werden zusätzlich die Parameterunsicherheiten bezüglich der Materialeigenschaften sowie der Geometrie betrachtet. Die Arbeit lässt Diskussionen zu, inwieweit der Fehler durch die Diskretisierung zu industriell relevanten Material- und Geometrieunsicherheiten vernachlässigbar ist.

Do. 14:40 Saal 7

Körperschall

Akustische Eigenschaften einer geometrisch unvollständig ähnlichen Getriebebaureihe

Christian Adams^a, Joachim Bös^a, Konstantin Völker^b, Markus Lutz^b und Tobias Melz^a

^a*Fachgebiet SAM, TU Darmstadt; ^bSEW-Eurodrive GmbH*

Modellgesetze können in der Maschinenakustik eingesetzt werden, um das akustische Verhalten von Maschinenbaureihen zu analysieren. Dabei geht es weniger um eine exakte Vorhersage des akustischen Verhaltens als vielmehr um eine schnelle und zuverlässige Abschätzung. In diesem Beitrag werden die akustischen Eigenschaften einer Getriebebaureihe analysiert und die Modellgesetze der Getriebebaureihe hergeleitet. Die Getriebebaureihe ist geometrisch unvollständig ähnlich, d. h. die geometrischen Abmessungen werden mit unterschiedlichen Faktoren skaliert. Dadurch lässt sich das akustische Verhalten der Getriebebaureihe nur näherungsweise mit den Modellgesetzen abschätzen. Zunächst werden experimentelle Modalanalysen an drei Getriebegehäusen aus einer Getriebebaureihe durchgeführt und die Reihenfolge der Eigenschwingformen analysiert. Anschließend werden Finite-Elemente (FE)-Modelle der Getriebegehäuse aufgebaut und verifiziert, so dass die Reihenfolge der Eigenschwingformen mit der aus der experimentellen Modalanalyse übereinstimmt. Mit Hilfe der FE-Modelle wird das akustische Verhalten der Getriebebaureihe untersucht, wobei sowohl das Eigenverhalten als auch das Betriebsverhalten bei einer vorgegebenen dynamischen Anregungskraft betrachtet werden. Das Betriebsverhalten wird experimentell validiert, indem die Betriebsschwingformen eines Getriebegehäuses exemplarisch mit 3D-Laservibrometrie untersucht werden. Die Betriebsschwingform des gesamten Getriebegehäuses wird dabei aus drei separaten Einzelmessungen zusammengefügt. Im letzten Schritt werden Modellgesetze angewendet, um das akustische Verhalten eines Getriebegehäuses auf die beiden anderen Getriebegehäuse zu übertragen.

Do. 15:00 Saal 7

Körperschall

Zur Relevanz Viskoelastischer Eigenschaften in der Vibro-Akustischen Anwendung von Elastomeren

Jens Meier, Aleksandra Maslak, Lukas Diekmeyer und Thomas Alshuth
Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V.

Die mechanischen und somit auch akustischen Eigenschaften von Elastomeren sind prinzipiell stark von den Parametern Temperatur, Frequenz und Druck, aber auch von der mechanischen Belastungsgeschichte abhängig. Da dieses Eigenschaftsbild bereits durch Nuancen in der Mischungsrezeptur signifikant beeinflusst werden kann, ist die Datenbank-Suche nach zuverlässigen Materialparametern für die Simulation oft nicht zielführend. Aufgrund der hieraus folgenden Notwendigkeit, anwendungsspezifische Materialcharakterisierungen vorzunehmen, ist es hilfreich zunächst das Parameterfenster zu definieren um den erforderlichen Prüfbedarf einzuschränken. Hier werden die oben genannten Effekte, insbesondere die nicht-linearen Anteile, in ihrem physikalischen Zusammenhang dargestellt. Als Charakterisierungsmethoden zur Materialcharakterisierung werden Dynamisch-Mechanische Untersuchung, Relaxationsversuch, Ultraschall-Transmission sowie Dielektrische Analyse vorgestellt und die resultierenden Materialdaten in ihrer Relevanz für die akustische Simulation diskutiert.

Do. 15:40 Saal 7

Körperschall

Eine Parameterstudie zur Messung von Hand-Arm Vibrationen unter Anwendung der internationalen Norm

Leopold Winter, Magdalena Scholz und Steffen Marburg

TU München, Lehrstuhl für Akustik mobiler Systeme

Bei vielen täglichen Aktivitäten treten Hand-Arm Vibrationen (HAV) auf. Besonders bei der Arbeit mit handgehaltenen Werkzeugen sind Personen teils einer hohen Schwingungsbelastung ausgesetzt. Diese Belastung kann auf Dauer zu Veränderungen im Hand-Arm System führen, welche als Hand-Arm-Vibration-Syndrom (HAVS) bezeichnet werden. Die aktuelle internationale Norm DIN EN ISO 5349:2001-12 beschreibt das Vorgehen beim Messen dieser Vibrationen und beinhaltet darüber hinaus eine Risikoevaluation. Die praktische Auslegung der Vorschrift lässt dem Anwender Spielraum. Studien zeigen bei der Messung von HAV große Abweichungen. Eine korrekte Messung der HAV ist wesentlich für die Einschätzung des Risikos für das Auftreten des HAVSs. Unterschiedliche Messungen mit denselben untersuchten Werkzeugen liefern teils stark voneinander abweichende Ergebnisse. Es wird vermutet, dass diese Unterschiede unter Anderem auf die Definitionen in der Norm zurückzuführen sind. Ziel der Arbeit ist es deshalb, den Freiraum in der Norm herauszuarbeiten. Anschließend wird der Einfluss der frei gestaltbaren Variablen experimentell untersucht.

Do. 16:00 Saal 7

Körperschall

In-situ Körperschallquellencharakterisierung eines Klimaaggregats auf einem Zugdach

Jenny Böhm

TU Berlin

Beim Design neuer Züge werden akustische Anforderungen an relevante Schallquellen und Bauteile gestellt, um das Erreichen der akustischen Ziele sicher zu stellen. Zur Überprüfung dieser Anforderungen sind Methoden zur Schallquellencharakterisierung erforderlich. Eine Luftschaallquelle kann über die Schallleistung und Richtwirkung charakterisiert werden. Bei Körperschallquellen ist die übertragene Leistung jedoch auch vom Empfänger abhängig. Als unabhängiges Maß für die Aktivität einer Körperschallquelle werden typischerweise die freie Schnelle oder blockierte Kraft verwendet. Im H2020 Shift2Rail Forschungsprojekt DESTINATE wurden Methoden zur Charakterisierung von bahnspezifischen Körperschallquellen untersucht. DESTINATE steht für "Decision supporting tools for implementation of cost-efficient railway noise abatement measures" und lief von November 2016 bis Oktober 2018. Im Projekt wurde eine in-situ Messung der blockierten Kräfte an einem Klimaaggregat durchgeführt und verifiziert. Das Klimaaggregat war direkt auf dem Dach einer Tram montiert. Im vorliegenden Beitrag werden die Projektergebnisse vorgestellt und die Anwendbarkeit der in-situ Charakterisierung in der Bahnindustrie diskutiert.

Do. 16:20 Saal 7

Körperschall

Minderung der akustischen Wirksamkeit von Schalldämpfersystemen durch KörperschallausbreitungChristian Schulze^a, Paul Lindner^a, Jörn Hübelt^a, Mirko Ruhnau^a, Jan Troge^b, Tom Georgi^b und Dag Levermann^c^a *Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH*; ^b *Fraunhofer IWU*;^c *Luhe-Stahl GmbH*

Zur Reduzierung des Entwicklungsrisikos bei der Auslegung von Schalldämpfern werden möglichst genaue Auslegungs- und Berechnungswerzeuge benötigt. Einen wichtigen begrenzenden Faktor stellt hierbei die Übertragung von Körperschall über die Schalldämpferbauteile dar, die bisher ausschließlich durch Sicherheitsbeaufschlagungen berücksichtigt wird. Nun wurde ein neues Berechnungsverfahren geschaffen, das den Körperschalleinfluss auf die Luftschaalldämpfung eines Schalldämpfers analytisch beschreiben kann. Dabei kommt ein SEA-Modell (statistische Energieanalyse) zum Einsatz. Die dafür erforderlichen Modellparameter wurden aus den für den Körperschall bedeutsamen Eigenschaften der Schalldämpferbauteile abgeleitet. Im Beitrag werden Ergebnisse zur Validierung der Berechnungsmethodik an Schalldämpfern in Modell- und Originalgröße präsentiert. Insbesondere wird die Gesamtschalldämpfung eines Schiffsschalldämpfers prognostiziert auf Basis der direkt am Motorprüfstand gemessenen Luftschaalleistung und

Körperschallleistung. Abschließend erfolgt der Vergleich der Durchgangsdämpfung des Schiffsschalldämpfers mit Messergebnissen, die in situ am Abgassystem eines Schiffs ermittelt wurden.

Sitzung „Medizinische Akustik“

Do. 8:40 Saal 8

Medizinische Akustik

Pegelabhängigkeit der Mithör- und Sprachverständlichkeitsschwellen nahe der Hörschwelle von Normalhörenden

Lara Stürenburg, David Hülsmeier, Lena Haverkamp, Anna Warzybok und Marc René Schädler

CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'

Simulationen mit dem "Framework for Auditory Discrimination Experiments" (FADE) haben gezeigt, dass individuelle Sprachverständlichkeitsschwellen im Störgeräusch von Schwerhörenden mit höherer Genauigkeit vorhergesagt werden können, wenn ein individueller Modellparameter u_L , der die Unsicherheit bei der Pegelbestimmung abbildet, berücksichtigt wird. Für Schwerhörende wurden die Werte dazu mit einem Tone- in-Noise-Detektionsexperiment bestimmt. Werte, Frequenz- und Pegelabhängigkeit dieses Parameters für Normalhörende sind unbekannt. Um eine Datenbasis für die Anpassung der Modellparameter zu schaffen wurden in dieser Arbeit Sprachverständlichkeitsschwellen des Oldenburger Satztests und Mithörschwellen von Sweeps bei 0.5, 1, 2 und 4 kHz mit Hilfe eines adaptiven Verfahrens bei Normalhörenden gemessen. Die Messungen wurden mit hörschwellensimulierenden Rauschsignalen bei unterschiedlichen Lautstärkepegeln durchgeführt, um den Einfluss der individuellen Hörschwellen zu minimieren. Die Ergebnisse zeigen eine Abhängigkeit der gemessenen Detektionsschwellen vom Rauschpegel und von der Frequenz. Dabei scheinen die Mithörschwellen und die Sprachverständlichkeitsschwelle relativ zum Rauschpegel abhängig zu sein. Die Mithörschwellen zeigen auch eine Abhängigkeit der Frequenz auf. Damit deuten die Daten darauf hin, dass zur genauen Vorhersage von Sprachverständlichkeits- und Mithörschwellen von Normalhörenden ein pegel- und frequenzabhängiger Parameter u_L benötigt wird. Diese Annahme muss durch Simulationen dieser Experimente mit FADE überprüft werden.

Do. 9:00 Saal 8

Medizinische Akustik

A Connected System for the Improvement of Hearing Aids Fitting and Automatic Algorithm Selection

Jan Brunnberg und Benjamin Cauchi

OFFIS Institut für Informatik

Progress in hearing aid technology, motivated by the growing number of people affected by hearing-loss, has permitted to improve the speech intelligibility and quality of life of hearing aid users. However, these benefits still come at the price of a fitting period that can be tedious, costly for the acousticians, reduce the satisfaction of the end user and, ultimately, hinder the acceptance of hearing aids. Additionally, even a well fitted hearing aid needs to adapt the speech enhancement algorithm it uses to the encountered acoustic condition. Though most modern hearing aids are already equipped with an acoustic scenes classifier used to determine the best algorithm, this classification is limited and the algorithm selection could be improved by using recent advances in the field of computational auditory scenes analysis. For this purpose, researchers require a large database of labeled data that, contrary to most existing corpora, is tailored to hearing aid applications. The system described in this paper uses the connectivity features of modern hearing aids to both shorten the fitting period and improve the automatic selection of algorithms.

Do. 9:20 Saal 8

Medizinische Akustik

Akustische Charakterisierung eines gemittelten Vokaltraktmodells basierend auf den MRT-Daten professioneller TenöreJudith Probst^a, Alexander Lodermeyer^a, Matthias Echternach^b, Stefan Kniesburges^c und Stefan Becker^a^aUniv. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagen-tech.; ^bKlinikum der Universität München, Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde; ^cUK Erlangen, Abt. Phoniatrie&Pädaudiologie

Für die Formung von Stimme ist der menschliche Vokaltrakt verantwortlich. Durch seine Resonatoreigenschaften filtert er das von der Stimmlippenpendringung induzierte Rohsignal und erzeugt so, je seiner nach Form, die unterschiedlichen Laute der menschlichen Stimme. Um den Einfluss des Vokaltrakts auf die Stimmgebung zu untersuchen, werden seine akustischen Eigenschaften charakterisiert. Basierend auf den Daten bildgebender Verfahren konnten so bereits unterschiedliche Laute in numerischen und experimentellen Modellen nachgebildet werden. Bedingt durch die Geometriegewinnung mittels bildgebender Verfahren liegen jedoch nur individuelle Datensätze und somit auch Modelle individueller Vokaltrakte vor. Um den Einfluss des Vokaltrakts auf die Fluid-Struktur-Akustik-Interaktion der Phonation zu untersuchen, ist jedoch ein Modell nötig, das keine starken individuellen Einflüsse aufweist. Dies wird durch eine Mittelung über sechs vereinfachte individuelle Vokaltraktgeometrien basierend auf den MRT-Aufnahmen professioneller

Tenör realisiert. Die akustischen Eigenschaften des erzeugten Modells werden dann in einem experimentellen Aufbau mit künstlichen Stimmlippen untersucht. Die Validierung des Modells anhand von Gesangsaufnahmen der Tenör zeigt, dass die akustischen Eigenschaften und der vorgegebene Vokalklang reproduziert werden. Der vorgestellte gemittelte Vokaltrakt ist also dazu geeignet, in zukünftigen, detaillierteren Untersuchungen den Einfluss des Vokaltrakts auf die Phonation zu ergründen.

Do. 9:40 Saal 8

Medizinische Akustik

Numerische Studie der akustischen Übertragungseigenschaften des menschlichen Vokaltraktes

Mario Fleischer, Alexander Mainka und Dirk Mürbe

Charité Universitätsmedizin Berlin

Der menschliche Vokaltrakt (VT), die luftgefüllte Kavität zwischen den Stimmlippen und der Mundöffnung, fungiert als akustischer Resonator der eine frequenzabhängige Verstärkung des primären Stimmschalls bewirkt.

In dieser Studie wurden drei Probanden untersucht, welche die Vokale /a/, /i/ und /u/ sowohl sängerisch als auch sprechhaft in einem 3-Tesla MRI mit einer Tonhaltezeit von ca. 9 s phonierten. Die entstandenen 3D-Bildaufnahmen wurden segmentiert, in numerische Volumenmodelle überführt, systematisch manipuliert und mittels der Finiten Elemente Methode einer numerischen Analyse im Frequenzbereich unterzogen. Die Manipulation beeinhaltete zum einen die Entfernung bestimmter Kehlkopf-Segmente und zum anderen den Austausch des unteren VTs zwischen Modellen sängerischer und sprechhafter Einstellung. Die insgesamt 90 Modelle wurden hinsichtlich der Formantfrequenzlage sowie Verstärkungseigenschaften untersucht

Es zeigte sich, dass 1) die Vokalformanten F1 und F2 nur schwach durch die Manipulationen beeinflusst werden 2) größere Manipulationen einen Verlust der Verstärkungseigenschaften im Bereich > 2 kHz nach sich ziehen und 3) akustische Trägheit des VT maßgeblich ändern.

Alle Ergebnisse erwiesen sich als unabhängig vom gewählten Vokal sowie vom Probanden und lassen Rückschlüsse auf die Effizienz postulierter zusätzlicher subglottischer akustischer Quellen zu.

Do. 10:00 Saal 8

Medizinische Akustik

Entwicklung optimierter Ankopplungsbedingungen von aktiven Mittelohrimplantaten durch Laser-Doppler-Vibrometrische Messungen am humanen FelsenbeinSebastian Schraven^a, Ernst Dalhoff^b und Robert Mlynki^a^a*Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde Rostock;* ^b*Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Tübingen*

Rezidivierende Gehörgangsentzündungen sowie eine komplexe Anatomie des äußeren Ohres besonders nach rekonstruktiver Mittelohrchirurgie können die Anpassung konventioneller Hörgeräte erschweren und führen häufig nur zu einer insuffizienten Verstärkung des Schalls. Aktive Mittelohrimplantate führen durch einen Schallwandler, welcher an bewegliche Strukturen des Mittelohres angebracht wird, zu einer direkten Stimulation der Cochlea. Die Vibrant Soundbridge® (VSB) (MedEl) ist das am häufigsten verwendete aktive Mittelohrimplantat. Seit der ersten Implantation der VSB im Jahre 1996 wurden die Indikationskriterien über die Jahre von einer mittelgradigen Schallempfindungsschwerhörigkeit bis hin zur einer Schalleitungs- und kombinierten Schwerhörigkeit erweitert. Sowohl bei regelrechter als auch bei veränderter Mittelohranoatomie ist eine suffiziente Ankopplung des FMT essentiell für das audiologische Ergebnis. Durch Laser-Doppler-Vibrometrische Messungen an humanen Felsenbeinen konnten neue Coupler (short process (SP)-, long process (LP)- und round window soft (RWS)-Coupler entwickelt werden, welche zu einer signifikant verbesserten Auslenkungsamplitude führten. Seit Oktober 2014 werden die neuen Coupler klinisch eingesetzt. Der SP-Coupler führt neben einer geringeren Operationszeit und einem reduzierten Risiko einer Fazialis- oder Chorda-tympani-Verletzung zu einem signifikant verbesserten Sprachverständen. Der SP-Coupler stellt daher das aktuelle Standardverfahren bei der VSB-Implantation bei regelrechter Mittelohranoatomie dar.

Sitzung „Virtuelle Akustik“Do. 10:20 Saal 8Virtuelle Akustik**Idea for Sign-Change Retrieval in Magnitude Directivity Patterns**Franck Zagala^a und Franz Zotter^b^a*Kunstuniversität Graz;* ^b*Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik u. Akustik*

This contribution deals with an idea to insert potential sign-changes in three dimensional magnitude directivity measurements to simplify their global interpolation in terms of spherical harmonics. Directivity patterns, e.g. of musical instruments, are often measured on a grid of spherically surrounding directions. While the magnitude is most reliable and carries the most essential information, phase can be error-prone and irrelevant, especially at high frequencies. Disposal of the phase often reduces potential destructive interference due to poor centering, spatial sampling, etc.

In such cases, the resulting all-positive zero-phase pattern is probably the most simple representation of the directivity not only for an accurate local interpolation using three neighboring measurement nodes, but for global interpolation using spherical harmonics.

However, accuracy suffers for some particularly simple patterns such as the first-order dipole pattern. While it might be acceptable that after disposing the phase local interpolation just cannot reconstruct the zeros, a global interpolation using low-order spherical harmonics decomposition gets inaccurate everywhere.

Here, we assume that directivity patterns should be of uniform phase everywhere, except between the connected regions associated with different directional peaks, where a potential sign change should be investigated. Our contribution tests the idea in a simulation study with some examples.

Do. 10:40 Saal 8Virtuelle Akustik**Time-Domain Representations of a Plane Wave with Limited Spatial Bandwidth in the Spherical Harmonics Domain**Nara Hahn und Sascha Spors*Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik*

Spherical harmonics expansion is often used to describe the sound fields captured by microphone arrays or reproduced by multichannel loudspeaker systems. Although the majority of the related sound field analysis and synthesis methods are formulated in the temporal frequency domain, their time-domain implementation can improve the computational efficiency significantly as the computation of the spherical Bessel function and/or the spherical Hankel function is avoided. The goal of this paper is to find an explicit time-domain representation of a spatially

band-limited plane wave suited for discrete-time realization. Two derivations, one based on series expansion and the other on plane wave decomposition, are introduced and their equivalence is revealed. The series expansion is used to express the spherical Bessel function in the Laplace domain. The inverse Laplace transform consists of two right-sided signals corresponding to the spherical Hankel function of the first and second kind. In the plane wave decomposition, the sound field consists of an infinite number of plane waves due to the spatial band limitation. The amplitude, time- of-arrival, and propagation direction of the individual plane waves are derived, which provides deeper understanding of the spatial structure of the sound field.

NEU: Mi. 11:20 Saal 1 Raumak., Lokalisation, Audiotechnik (Poster)

Development of a 7th Order Spherical Microphone Array for Spatial Audio Recording

Damian T. Dziwis, Tim Lübeck, Johannes M. Arend und Christoph Pörschmann

Technische Hochschule Köln

The increased research in spatial audio processing and technical achievements in mixed reality systems created a demand for appropriate microphone arrays to record and reproduce immersive spatial audio. Current findings in research show that high order spherical microphone arrays can be a good choice for an adequate reproduction, but unfortunately, they are barely available. Our own investigations on sound field decomposition for binaural rendering revealed that a 7th order rigid-sphere microphone array with the size of an average human head and 86 microphones arranged according to a Lebev grid provides good perceptual results. As there is simply no real-time microphone array matching these specific requirements, we developed one within the scope of a current research project. This work describes the development of such a microphone array as an open-source hardware project using components that are easy to access and produce in order to increase the availability of spherical microphone arrays for research and media production. The array is composed of Sennheiser KE14 electret condenser microphones, 3D printable body components, and standard peripheral audio devices. Subsequently, we present a first technical evaluation concerning functionality and applicability for sound field decomposition.

Do. 11:00 Saal 8

Virtuelle Akustik

Sound field reproduction using the Lasso and OMP method with fixed directivity loudspeakers.

Bokai Du, Michael Kohnen und Michael Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

A spherical array of loudspeakers is usually installed in sound field reproduction system. For these systems, the loudspeaker signal design is traditionally relied on least-squares(LS) and high-order Ambisonics (HOA)

methods. In some cases of sound incidence to the sweet spot, the desired sound field comes only from one or a small number of sources. Taking this sparsity into consideration, as a result, the desired sound field can be reproduced when only a small number of loudspeakers in the spherical array are activated. In this paper, the performance of the least-absolute shrinkage and selection operator (Lasso) and orthogonal matching pursuit (OMP) are compared with the LS method. Simulation results were investigated to evaluate the performance differences between the Lasso and OMP method with the LS method. Furthermore the effect of using fixed directivity loudspeakers were evaluated in terms of simulation.

Do. 11:20 Saal 8

Virtuelle Akustik

Optimized Sound Field Generation in the Time Domain - Validation for Source Arrays in 2D

Mathias Lemke^a, Florian Straube^b, Lewin Stein^a und Stefan Weinzierl^b

^a*TU Berlin, Inst. f. Strömungsmechanik u. Technische Akustik;* ^b*TU Berlin, FG Audiokommunikation*

Line Source Arrays (LSAs) are used for sound reinforcement aiming at the synthesis of homogeneous sound fields for the whole audio bandwidth. The deployed loudspeaker cabinets are rigged with different tilt angles and/or electronically controlled. The determination of the optimal geometric arrangement and electronic drive is an ill-posed inverse problem. In a preceding contribution, we introduced an adjoint-based approach for sound reinforcement problems in the time domain.

By defining a target sound field within an objective function the method allows the optimization of acoustic sources also considering a base flow or thermal stratification. It is based on the Euler equations and the corresponding adjoint which are solved by means of computational aero-acoustic (CAA) techniques. Both, appropriate driving functions and appropriate positions of the sources for the synthesis of a desired sound field can be determined.

We will present new validation examples with several loudspeakers for a typical straight and a typical circular two-dimensional loudspeaker array setup. It will be shown that pre-specified driving functions - amplitudes and phases - can be regained using the adjoint-based method.

Do. 11:40 Saal 8

Virtuelle Akustik

On the Connections of High-Frequency Approximated Ambisonics and Wave Field Synthesis

Frank Schultz^a, Gergely Firtha^b, Fiete Winter^a und Sascha Spors^a

^a*Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik;* ^b*Budapest University of Technology*

From numeric 2.5D sound field synthesis (SFS) it is known that the spatially-fullband technique Wave Field Synthesis (WFS) constitutes a high-frequency approximation of Near-Field Compensated Infinite Order

Ambisonics. Recently, the authors have analytically shown equivalence of 2.5D WFS and a high-frequency/far-field approximation of the Spectral Division Method (SDM) using linear arrays. SDM constitutes the explicit SFS solution in cartesian coordinates. This contribution therefore aims at showing equivalence of the explicit solution in circular/spherical coordinates, namely Ambisonics, and the WFS. For that the recently introduced local wavenumber vector concept is utilised, which essentially links SFS approaches to geometric acoustics.

Do. 14:20 Saal 8

Virtuelle Akustik

Dynamische binaurale Auralisierung von Klassenraumakustik - Einfluss der Quellenrichtcharakteristik

Armin Budnik^a, Henning Steffens^b, Stephan D. Ewert^c, Steven van de Par^b und Matthias Blau^a

^aJade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörtechnik u. Audiologie; ^bCvO Universität Oldenburg, AG Akustik; ^cCvO Universität Oldenburg, Medizinische Physik

In einer vorherigen Studie von Blau et al. (2018) wurde gezeigt, dass eine typische Klassenraumsituation durch dynamische, binaurale Auralisierung (im Originalraum mit Kopfhörer) nahezu identisch zu einer Originaldarbietung (über Lautsprecher im Raum) nachgebildet werden kann. Die besten Ergebnisse konnten dabei für Auralisierungen mit gemessenen, binauralen Raumimpulsantworten (BRIRs) erzielt werden, während Abstriche bei simulierten BRIRs zu konstatieren waren. Aufgrund der Rückmeldungen der Studienteilnehmer wurde vermutet, dass die Simulation der BRIRs verbessert werden könnte, wenn anstelle der in Blau et al. (2018) angenommenen, omnidirektionalen Richtcharakteristik der Quellen, die tatsächliche Richtcharakteristik verwendet wird. Zur Überprüfung dieser Vermutung wurde eine Probandenstudie mit 20 Teilnehmern durchgeführt. Diese sollten in einem Hörexperiment die Übereinstimmung zwischen binauraler Auralisierung und Lautsprecherdarbietung hinsichtlich fünf verschiedener Attribute (Halligkeit, Quellbreite, Quelldistanz, Schallquellenrichtung, Gesamteindruck) für sechs verschiedene BRIR-Sätze (ein Satz gemessene Kunstkopf-BRIRs, fünf Sätze simulierte BRIRs) bewerten. Die Ergebnisse zeigen, dass die Berücksichtigung der Quellenrichtcharakteristik zu einer besseren Bewertung als bei angenommener Omnidirektionallität führt.

Do. 14:40 Saal 8

Virtuelle Akustik

Synthesis of Near-Field HRTFs by Directional Equalization of Far-Field Datasets

Johannes M. Arend und Christoph Pörschmann

Technische Hochschule Köln

HRTFs are virtually independent of sound source distance in the far field, but vary significantly in the near field. The change of an HRTF when a sound source shifts in distance can be described by a distance variation

function (DVF). To synthesize near-field HRTFs, it is a common method to apply DVFs to far-field HRTFs. In this study, we present a modified version of our recently proposed method for spatial upsampling of sparse HRTF datasets. The approach is based on a spectral equalization of the sparse HRTF dataset with a directional rigid sphere transfer function (STF), spatial upsampling of this dataset by an inverse spherical harmonics transform on a dense grid, and a spectral de-equalization of the processed dataset with the same STF. In the modified implementation, near-field HRTFs can be synthesized by applying a STF for a point source in the near field as the de-equalization function instead of a STF for a plane wave in the far field. The method is pretty similar to the DVF method, but has the advantage that parallax effects can be appropriately considered. To evaluate our approach, we compare synthesized near-field HRTFs to measured ones, focusing on binaural cues and spectral characteristics.

Do. 15:20 Saal 8

Virtuelle Akustik

A Method for Spatial Upsampling of Directivity Patterns of Human Speakers by Directional Equalization

Christoph Pörschmann und Johannes M. Arend

Technische Hochschule Köln

Directivity patterns of human speakers are required for various applications in virtual acoustics. They can either be measured sequentially for an arbitrary number of directions or simultaneously using a surrounding microphone array. In the latter, the resolution of the directivity pattern is limited by the number of array microphones, and appropriate spatial upsampling is required, for example by interpolation in the spherical harmonics (SH) domain. However, as the number of measured directions limits the maximal accessible SH order, the SH-transformed directivity pattern shows restricted spatial resolution and suffers from order-truncation errors. Recently, we presented a method for spatial upsampling of sparse head-related transfer function (HRTF) sets. The approach bases on a spectral division (equalization) of the sparse HRTF set with a simplified model of a human head, spatial upsampling of the equalized set by an inverse spherical harmonics transform on a dense grid, and a spectral multiplication (de-equalization) with the same head model. Now we apply this method to human speaker directivity measurements to reduce the spatial complexity of the SH-transformed directivity patterns. Based on measurements of a dummy head with integrated mouth simulator, we evaluate the approach and compare it to a reference measured on a dense grid.

Do. 15:40 Saal 8

Virtuelle Akustik

Real-Time Implementation of Binaural Rendering of High-Order Spherical Microphone Array Signals

Hannes Helmholtz, Carl Andersson und Jens Ahrens

Audio Technology, Chalmers University of Technology

We previously presented an implementation of a complete processing pipeline for the rendering of high-order spherical microphone array signals based on impulse responses in the Python package 'sound_field_analysis-py'. Although the resulting ear impulse responses can be computed for different head orientations so that head tracking can be applied upon playback, this implementation is limited to static scenarios. In the present contribution, we present the current status of our extension of 'sound_field_analysis-py' to streamed signals, which enables capturing and rendering of dynamic scenes. Viewing it from a research perspective, our implementation finally allows for evaluating the perceptual consequences of microphone mismatch and microphone self-noise, which constitute factors that limit the physical accuracy in practice. It has recently been shown that authentic rendering requires orders of up to 12, which means that several dozens of channels have to be processed in real time. We identify the bottlenecks in terms of processing costs and demonstrate how we tuned our implementation for optimal performance by identifying redundant operations and pre-computable data.

Do. 16:00 Saal 8

Virtuelle Akustik

Improving externalization in Binaural Ambisonic DecodingDaniel Rudrich und Matthias Frank*Kunstuniversität Graz, Inst. f. Elektronische Musik u. Akustik*

Ambisonics has become the standard audio format for 360-degree videos and virtual reality. Content is typically created by Ambisonic microphone recordings, single synthetically spatialized/encoded sources, or a combination of both. Whereas real-world recordings include room information by nature, synthetically spatialized sources often lack in physically plausible reverberation. However, this room information is crucial for externalization in binaural headphone playback. As production is typically done using loudspeaker playback, the studio's room already supports externalization, without the need for additional reverberation. However, such productions can suffer from a lack of externalization when played back binaurally over headphones. Employing measured binaural room impulse responses (BRIRs) from loudspeaker setups in studios improve externalization, however the directions of the direct sound are limited to the loudspeaker directions. Our approach tries to combine state-of-the-art binaural Ambisonic decoding without virtual loudspeakers with room information created by virtual loudspeakers in a simulated room. A listening experiment compares the results to binaural playback using BRIRs and evaluates how accurate the room simulation has to be done for plausible playback and improved externalization.

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

Abdul Rawoof, Shanavaz S.	303	Baumgartner, Robert	45, 76
Abi Raad, Elie	202	Baydoun, Suhail Koji	176, 271
Abshagen, Jan	217, 297	Beck, Eugen	181
Achs, Günther	114	Becker, Julian	156
Ackermann, David	130	Becker, Stefan	59, 83, 84, 145, 263, 299, 315
Adams, Christian	311, 103	Beer, Daniel	144
Ahnert, Wolfgang	251	Behler, Gottfried	128
Ahrens, Axel	287	Behler, Oliver	77, 163
Ahrens, Jens	117, 228, 323	Behn, Maximilian	100, 171
Al Hares, Shahd	180	Behrens, Tobias	251
Al-Mafrachi, Rasool	279	Beinstingel, Andreas	305
Alma, Ugur Alican	156	Beinstingel, Ramona	73
Alshuth, Thomas	312	Bellmann, Michael	104
Alten, Karoline	122	Benes, Karel	181
Altinsoy, M. Ercan	61, 76, 94, 152, 156, 228, 303, 309	Benkiewski, Jakub	244
Altmikus, Andree	78	Bente, Klaas	192
Alu, Andrea	107	Berchtenbreiter, Benedikt	263
Amann, Jasmin	54	Bergner, Jakob	78, 80
Amon, Clemens	266	Beronius, Alfred	290
Anderson, Sean R	75	Bertet, Stéphanie	112
Andersson, Carl	117, 323	Beyer, Lukas	126
Ankermann, Silvio	228	Biermeier, Thomas	145
Arend, Johannes M.	287, 319, 321, 322	Bietz, Heinrich	139
Arendt, Ilka	90	Bitzer, Joerg	149
Arnold, Jörg	109	Blass, Martin	303
Asmussen, Bernd	70	Blau, Matthias	104, 232, 276, 321
Aspöck, Lukas	51, 128, 143	Bleiholder, Stefan	188
Atamer, Serkan	309	Blickensdorff, Johannes	64
Bacher, Stefan	135	Blumrich, Reinhard	60, 61
Bader, Nicki	199, 204	Böhm, Jenny	313
Bake, Friedrich	259, 260, 262, 263	Böhm, Michael	91
Balazs, Peter	304	Bös, Joachim	103, 147, 222, 311
Balint, Jamilla	249	Bohne, Tobias	79, 270, 296
Balz, Isabel	202	Boonen, Rene	210
Baron, Thierry	195	Bornmann, Peter	206
Bartolomaeus, Wolfram	253, 253, 254	Borysyuk, Andriy	175
Batke, Johann-Markus	118	Brade, Maxim	47
Baudson, Romain	174	Bracklo, Kristin	159
Baumann, Walter	248	Bräunig, Jan	223
Baumgartner, Hannah	190	Brand, Thomas	158
		Brandenburg, Karlheinz	226
		Brandner, Manuel	131, 131
		Brandstetter, Markus	174

Braren, Hark	231, 234	Dau, Torsten	287
Brauchler, Alexander	124	de Brye, Benjamin	174
Brauer, Erik	247	de Vries, Diemer	44
Brezas, Spyros	211	Delfs, Jan	168
Brinkmann, Fabian	130	Delgado, Pablo Manuel	188
Brodersen, Michael	185	Dengiz, Nizamettin	196
Brümann, Klaus	183	Denk, Florian	119, 224, 276
Brunnberg, Jan	315	Derr, Frown	281
Bschorr, Oskar	106	Dickschen, Alexander	246
Buchegger, Blasius	252	Diekmeyer, Lukas	312
Buck, Markus	281	Dierke, Jürgen	275
Buck, Ralf Bernhard Helmut	264	Dietrich, Philipp	167, 167
Budnik, Armin	321	Dietz, Mathias	159
Bühlmann, Erik	284, 284, 285, 286	Dittmer, Jens	252
Buhl, Mareike	119	Djukic, Mirko	62
Bujor, Vincent	165	Dobner, Christoph	141
Burgmayer, Ralf	262	Doclo, Simon	183, 183, 232
Burgschweiger, Ralf	102	Döbler, Dirk	111
Businger, Andreas	64	Dogan, Hakan	82, 83
Buttler, Oliver	289	Dokhanchi, Najmeh Sadat	109
Caillet, Arnaud	62	Doleschal, Florian	145, 66
Calloni, Massimiliano	62	Doma, Shaima'A	231
Cano, Estefanía	226	Drechsler, Andreas	239
Carolus, Thomas	47, 69	Dreier, Christian	148
Cassereau, Didier	206	Drichel, Pascal	67
Cauchi, Benjamin	315	Du, Bokai	319
Cebrecos, Alejandro	255	Duemose Lund, Kasper	287
Chandra, Sourav	98	Dunst, Paul	206
Châteauvieux-Hellwig, Camille	135, 137	Duvigneau, Fabian	67
Chen, Haibo	277	Dziwis, Damian T.	319
Chernov, Alexey	276	Eberhard, Peter	124
Chmelík, Vojtech	244	Eberlei, Geske	70
Christoph, Markus	280	Ebner, Andrea	240
Chudalla, Michael	153	Echternach, Matthias	315
Clauß, Tobias	229	Eggers, Sebastian	98, 153
Colangeli, Claudio	71	Ehrig, Lutz	302
Conrad, Holger	302	Eisenmenger, Chris	82, 83
Consten, Niels	112	Eliseev, Dmitry	208
Conter, Marco	95, 96	Encina Llamas, Gerard	259
Coutinho Caldas, Luciano	171	Engel, Margret Sibylle	238
Cretti, Sean - Patrik	184	Enghardt, Lars	259, 260, 262, 263
Crljenkovic, Martin	290	Epe, Christian	227
Czuka, Martin	95, 96	Epp, Bastian	239, 259
Czwielong, Felix	83, 84, 262	Erbes, Vera	232, 141
Dantscher, Sandra	92	Ewert, Roland	167, 168, 178, 273, 275

Ewert, Stephan D.	159, 224, 289, 321	Georgi, Tom	313
Fallahi, Mina	232	Gerlach, André	194
Fatmi, Oussema	62	Geweth, Christian A.	306
Fedtke, Thomas	192	Geyer, Thomas	167, 169
Feldmann, Carolin	47, 69	Gierlich, Hans Wilhelm	180
Fels, Janina	51, 142, 227, 230, 230, 231, 234, 238	Gilbert, Christoph	130
Feng, Kai	205	Giller, Peter Maximilian	234
Fennel, Florian	96	Gillner, Christiane	278
Fiala, Péter	124, 272, 305	Gimm, Marco	179
Fichna, Stefan	144	Gindre, Thomas	121
Fiebig, André	62, 69, 268	Gleine, Wolfgang	120, 121
Fingscheidt, Tim	283	Gloor, Hanspeter	284, 285, 286
Firtha, Gergely	50, 305, 320	Gmeiner, Thomas	233
Fischenich, Alexander	73, 164	Gnann, Dieter	61
Fischer, Alexandra	141	Göhler, Erik	254
Fischer, Balthasar	195	Gößling, Nico	183
Fischer, Dörte	183	Goetze, Stefan	89, 190
Fischer, Heinz-Martin	239	Gollub, Maren	61
Fischer, Isabel	256	Gombots, Stefan	107
Fischer, Martin	74	Goossens, Sebastian	189
Fleck, Andreas	141	Gorenflo, Norbert	173, 198, 202
Fleischer, Mario	316	Gottschalk, Martin	164
Flipo, Nathan	118	Graber, Gerhard	249
Floss, Sebastian	262	Grätsch, Thomas	217
Francis, Maria Avitha	179	Graf, Franz	266, 303
Frank, Matthias	51, 116, 131, 131, 233, 323	Graf, Simon	281
Frank, Stefan	82, 83, 142, 244	Greß, Thomas	125
Franzen, Jan	283	Grießmann, Tanja	296
Friedrich, Björn	192	Grimm, Giso	258, 288
Fritzsche, Marco	64	Grollmisch, Sascha	195
Fuchs, Andreas	95, 122, 284	Grosse, Christian	197
Fuchs, Helmut	249	Grothe, Timo	118, 128, 165
Fuhrmann, Kerstin	227	Grünert, Christoph	149
Gaal, Mate	192	Gürbüz, Caglar	102
Garcia, Alexandre	75	Haase, Thomas	222, 295, 308
Garcia-Raffi, Luis Miguel	255	Habets, Emanuel	45
Gassenmeyer, Felix	122, 257	Hagedorn, Josua	229
Gatt, Monika	242	Hahn, Nara	117, 119, 318
Gaudet, Matthieu	302	Hahne, Wiebke	232
Gauger, Nicolas	172	Hall, Amy	182
Gehlhaar, Tobias	229	Hammer, Emanuel	284
Gehrke, Anne	89	Hansen, Martin	232
Geier, Matthias	117, 119	Harpain, Jürgen	198
Gensch, Tom	100	Hauser, Thomas	114
		Haverkamp, Lena	314
		Haverkamp, Michael	240
		He, Lewei	184

Heeren, Jan	288	Hoppen, Hannah	121
Heidebrunn, Frank	153	Hornung, Cordula	78
Heidemann, Lucas	213	Hoßfeld, Michael	56
Heider, Michael	305	Hots, Jan	73, 146, 164
Heimes, Anne	229	Huang, Kai	141
Heinen, Dirk	208	Huber, Anton	58
Heinrich, Martin	254	Huber, Rainer	190
Heiß, Alois	211	Hudasch, Carsten	93
Heisterkamp, Fabian	90	Hübelt, Jörn	243, 313
Heitmann, Dirk	178	Hübschen, Tobias	181, 185, 186, 187
Helmholz, Hannes	323	Hülsebrock, Moritz	65
Hemsel, Tobias	206	Hülsmeier, David	257, 314
Henke, Anna-Sophia	104	Hünefeld, Lena	87
Henke, Christian	272	Hüttner, Matthias	208
Henneberger, Robert	68	Hupke, Robert	126, 302
Henning, Bernd	208, 203	Husstedt, Hendrik	235, 122, 257
Henschke, Tillmann	74	Huth, Christine	70
Hensel, Eric	223	Hutschenreuther, Tino	204
Herold, Gert	110, 111, 112	Hyronimus, Winfried	128
Herre, Jürgen	188	Ihlenburg, Frank	217
Herrero-Durá, Iván	255	Imran, Muhammad	229
Herrnberger, Maximilian	65	Irie, K.	181
Hesse, Christian	308	Isermann, Ullrich	293, 294
Hettler, Steffen	57	Iskender, Neslihan	181
Heute, Ulrich	178	Jäckel, Olaf	196
Hieke, Max	48, 49	Jäcker-Cüppers, Michael	290
Hinnenthal, Jörn	47	Jaeger, Markus	67
Hinterseer, Simon	133	Jakob, André	56
Hirsch, Karl-Wilhelm	93, 214	Jansen, Daniel	108
Hladek, Lubos	258	Janssen, Jan-Philip	281
Högg, Hans	290	Janssens, Karl	71
Höher, Yasmina	185	Jax, Peter	280
Höldrich, Robert	162, 233	Jekosch, Simon	110, 112
Höller, Christoph	56	Jelich, Christopher	176
Hölscher, Bernd-Christian	308	Jenei-Kulcsar, Dora	124
Hörmeyer, Jasmin	270	Jensen, Sascha	111
Hoffmann, Marcel	113	Johannesmann, Sarah	203
Hoffmann, Rüdiger	236	Johannsen, Kai	97, 296
Hohmann, Beat W.	86	Johannson, Leif	235
Hohmann, Volker	158, 258, 288	John, Sebastian	307
Hoislbauer, Heinz	154	Joost, Holger	192
Holstein, Peter	199, 204	Jürgens, Tim	122
Holz, Alexander	64	Juhre, Daniel	67
Hopkins, Carl	56	Juhrig, Andre	207
Hoppe, Annette	93	Kadoke, Daniel	307
Hoppe, Karl-Alexander H.	109,	Kaiser, Bert	302
	310		

Kaltbeitzel, Bernd	53	Kollmannthaler, Meike	108
Kaltenbacher, Barbara	107	Kollmeier, Birger	158, 224, 257
Kaltenbacher, Manfred	107, 110, 171, 257, 262	Kolotzek, Norbert	161
Kan, Alan	75	Koopmann, Lars	47
Kandade Rajan, Vasudev	280	Koppers, Benedikt	180
Karijasevic, Benjamin	169	Kotschate, Daniel	200
Katzberg, Fabrice	143	Krämer, Ewald	78
Kaulen, Bastian	298	Krahé, Detlef	191
Kayser, Hendrik	158, 258	Kranz, Ole	169, 170
Keil, Uwe	243	Krauss, Sebastian	141
Kemper, Markus	122	Krebs, Ingo	264
Kempinger, Thomas	70	Kreuzinger, Johannes	174
Kettler, Frank	188, 189, 281	Krimm, Jochen	94, 254
Keuchel, Sören	63, 275	Krini, Mohammed	282
Khan, Monir A.	159	Krömer, Florian	83, 84, 110, 262
Kiefer, Daniel A.	309, 310	Kroener, Lorenz	75
Kiel, Mario	197	Kroll, Lothar	224
Kim, Seonghyeon	76, 152	Kronowetter, Felix	176
Kimmich, Jan Michael	142, 244	Krüger, Frank	116
Kirisits, Christian	95, 291	Kruizinga, Pieter	206
Kirner, Jakob	195	Krump, Gerhard	73
Kirstein, Oliver	281	Kühler, Robert	104
Klärner, Matthias	224	Kühner, Till	216
Klages, Elin	218, 219	Kühnike, Elfgard	201, 207
Klein, Florian	144, 226	Kujawski, Adam	110, 112
Klein, Lisa	97, 296	Kulla, David	197
Kleinfeller, Nikolai	222	Kuntz, Matthieu	288
Kleinhennrich, Christian	93, 214	Kunz, Frieder	154
Kletschkowski, Thomas	306	Kupnik, Mario	210
Kling, Christoph	85, 193, 194, 194	Kurch, Matthias	64
Klippe, Wolfgang	283	Kvetnaya, Tatiana	166
Kluth, Sebastian	243	Laback, Bernhard	165
Knabe, Sebastian	298	Laila, Tanjina	274
Kniesburges, Stefan	315	Lajmi, Lilia	184
Knobloch, Karsten	263	Lamichhane, Amrit	159
Kob, Malte	118, 250	Langer, Patrick	306, 310
Koch, Christian	193, 194	Langer, Sabine	101, 108, 220, 251
Koch, Iring	230	Langfeldt, Felix	120, 121
Kochanska, Iwona	301	Laugier, Pascal	206
Köllmer, Thomas	226	Lechner, Christoph	291
Költzsch, Peter	236	Leckschat, Dieter	227
Körper, Steffen	134	Legendre, Cesar	174
Kohnen, Michael	51, 225, 238, 319	Lehmann, Marius	167
Kokott, Alexander	222	Lemke, Mathias	320
		Lenz, Udo	151
		Lepage, Marc	281

Lerch, Reinhard	64	Mair, Georg	307
Levermann, Dag	313	Majdak, Piotr	165
Lewitz, Hanna	297	Manegar, Farhan Ahmed	47
Li, Song	225, 226	Marburg, Steffen	68, 102, 98, 99, 100, 107, 109, 123, 125, 140, 149, 176, 177, 205, 224, 237, 242, 271, 274, 277, 305, 306, 310, 312
Liberson, Lev	167, 168	Marckmann, Hannes	278
Liebetrau, Judith	195	Marhold, Harald	266
Liebl, Andreas	71, 72, 72	Marshall, Marton	233
Liebl, Theresa	189	Marszal, Jacek	301
Liebler, Marko	194	Martens, Susanne	79
Liedtke, Louis	181	Martin, Melina	135
Liepert, Manfred	70	Martin, Noemi	71, 72
Lindenbeck, Martin	165	Martinez, Sergio C.	96, 216
Lindmaier, Jörn	294	Maslak, Aleksandra	312
Lindner, Paul	313	Masovic, Drasko	172
Lingenau, Andreas	266, 267	Matuschek, Rainer	104
Lippert, Stephan	218, 219, 269	May, Adrian	104
Litovsky, Ruth Y	75	Mayr, Andreas R.	55, 56
Littmann, Walter	206	Mazur, Radoslaw	143
Liu, Jian	100	Mecking, Simon	58
Liu, Yuanyuan	205	Meier Zu Ummeln, Robert	80
Liu, Zhe	99	Meier, Andreas	55
Llorca, Josep	238	Meier, Jens	312
Lodermeyer, Alexander	315	Meis, Markus	89
Löcherer, Niklas	256	Mejdi, Abderrazak	62
Logdesser, Andreas	145	Mellert, Sebastian	114, 237
Loh, Karin	230	Melnikov, Anton	107
Lohmann, Henning	63, 177	Melz, Tobias	103, 147, 222, 311
Lopes, Bernardo	71	Merchel, Sebastian	228, 303
Lorenz-Kierakiewitz, Klaus-H.	245	Merkel, Tobias	173, 198, 202
Luberadzka, Joanna	158	Mertins, Alfred	143
Lucchi, Michele	233	Meyer z. Alten Borgloh, Inka	283
Lucius, Andreas	167, 167	Middelberg, Wiebke	183
Luckinger, Gustav	252	Mikscha, Matthias	274
Lübeck, Tim	287, 319	Milo, Dejan	284, 285, 286
Luizard, Paul	247	Mittag, Gabriel	181, 186
Lukashevich, Hanna	226	Möllenbeck, Saskia	266, 267
Lummer, Markus	168	Möller, Sebastian	181, 186, 187, 268
Lunner, Thomas	258	Mößner, Michael	168
Lutz, Markus	311	Moheit, Lennart	123, 125, 176, 237
Lutz, Thorsten	78	Møller, Hjalte	239
Lux, Christian	136	Monner, Hans Peter	222
Ma, Ximing	210	Moreau, Antoine	80
Mackowski, L.	47		
Maeder, Marcus	140, 242		
Männchen, Andreas	144		
Männel, Manuel	213		
Mainka, Alexander	316		

Mores, Robert	125	Olszewski, Dirk	283
Moritzer, Elmar	208	Oshkai, Irina	250
Movahed, Ali	196	Osterziel, Johannes	64
Mroz, Agnieszka	71	Pausch, Florian	51
Mühlbauer, Christian	147	Pedro, Marieke	223
Müller, Benjamin	71, 72, 246	Peetz, Andreas	228
Müller, Gerhard	221, 274	Peissig, Jürgen	78, 80, 126, 225, 226, 302
Müller-Giebelner, Mark	67, 148	Petry, Nico	154
Müllner, Herbert	133, 244	Picker, Kevin	115
Mürbe, Dirk	316	Picó, Rubén	255
Müschat, Udo	281	Piepiorka, Joscha	169, 170
Munzke, Dorit	307	Pies, Dan	216
Muralter, Florian	245	Pies, Kai	96, 216
Myck, Thomas	292, 293	Pinnekamp, Burkhard	305
Naderi, Babak	181, 268	Piorr, Detlef	215
Namenas, Alexej	297, 298	Pirch, Polina	57, 58
Naumann, Kai	135	Pischinger, Stefan	66, 145
Naylor, Graham	258	Piscoya, Rafael	105
Neidhardt, Annika	144, 226	Planger, Stefan	291
Neifeld, Andrej	273	Plötzner, Thomas	248
Nejedl, Volkmar	217	Pörschmann, Christoph	287, 319, 321, 322
Nelke, Christoph	180	Pomberger, Hannes	233
Netter, Kirsten	77	Pondrom, Perceval	210
Neubauer, Philipp	147	Ponschab, Michael	309, 310
Neubauer, Reinhard O.	133	Poppitz, Josef	289
Neusser, Maximilian	133	Porr, Bernd	258
Ney, Hermann	181	Poschen, Silvia	189
Nicht, Andreas	155, 265	Potchinkov, Alexander	213
Nieland, Natanael	301	Poulos, Athanasios	174
Niermann, Markus	280	Powell, David	107
Nissen, Ivor	300	Prager, Jens	204
Noffke, Nils	78	Preihs, Stephan	78, 80, 126, 226, 302
Nojavan, Aidin	251	Presti, Jacqueline	196
Nophut, Marcel	126, 302	Probst, Judith	315
Nowak, Johannes	226	Probst, Wolfgang	214
Nowak, Jonathan	110	Püschel, Dirk	232
Nusser, Bernd	57, 58, 136	Quan, Li	107
Nusser, Katrin	59	Rabe, Ute	196
Oberem, Josefa	230	Rabenstein, Rudolf	129
Oberfeld-Twistel, Daniel ..	73, 164	Rabl, Hans-Peter	146, 147
Oberst, Sebastian	107	Rabold, Andreas	58, 132, 135, 137
Ochmann, Martin	82, 83, 102, 105, 142, 244, 273	Radestock, Martin	295
Oeff, Julius	192	Raida, Hans-Joachim	106
Öhler, Sven	53		
Oetjen, Arne	159		
Ohlenbusch, Mattes	149		

Raitor, Till	294	Satzinger, Sven	64
Ram, Matthias	63, 275	Saurer, Tina	284
Rasmussen, Birgit	53	Schädler, Marc René ..	119, 257, 314
Reermann, Jens	298	Schäfer, Ingo	102, 218
Reffgen, Matthias	69	Schäfer, Magnus	180, 282
Reichart, Urs	252	Schäfer, Maximilian	129
Reiche, Nils	167, 275	Schaffer, Wolfgang	244
Reimes, Jan	180, 188, 279	Schanda, Ulrich ..	55, 56, 132, 247
Reinhold, Steffi	56	Scheit, Christoph	78
Reiter, Paul	96	Schelle, Florian	89
Renaud, Guillaume	206	Schenk, Harald	302
Rennies-Hochmuth, Jan ..	89, 158, 182, 190	Schenk, Hermann	302
Richter, Ina	151, 152	Schenk, Konrad	97, 296
Richter, Jan-Gerrit	227	Schenk, Thomas	97, 296
Ridder, Vincent	228	Scheunemann, Stefan	197
Riegel, Matthias	60	Schiffner, Falk	187
Rigoll, Gerhard	180	Schlesinger, Anton	244, 142
Ring, Tobias	101	Schlieper, Roman	225, 226
Roden, Reinhild	276	Schlüter, Ralf	181
Röming, Susann	93	Schmelzer, Martin	139
Rohringer, Wolfgang	195	Schmid, Johannes	123, 237
Rokita, Dagmar	114, 237	Schmid, Jonas	123, 237
Rokosch, Frank	89	Schmid, Rainer	294
Rolfes, Raimund ..	79, 270, 296	Schmid, Sinja	53
Rollwage, Christian	149, 190	Schmidt, Florian	162
Romero-García, Vicente	255	Schmidt, Gerhard ..	179, 181, 185, 186, 187, 279, 297, 298, 299
Ronneberger, Dirk	259	Schmidt, Jan	301
Roozen, Bert	133	Schmidt, Ulrike	207
Roth, Vincent	286	Schneehagen, Erik Wilhelm ..	172
Rothe, Sebastian	220	Schneider, Andreas	310
Rottengruber, Hermann ..	146, 147	Schneider, Marc ..	69, 167, 167
Roy, Axel	155, 265	Schneider, Martin	137, 138
Rucz, Péter	265, 272, 305	Schneider, Sebastian	146
Rudolf, Michael	135	Schneiderwind, Christian	144
Rudrich, Daniel	51, 323	Schoder, Stefan	171
Ruff, Andreas	137, 138	Schödel, Benjamin	132
Ruhe, Carsten	249	Schöneweiß, Robert	85, 193
Ruhnau, Mirko	243, 313	Schöpfer, Fabian	55, 56
Rupitsch, Stefan J. ..	309, 310	Schörkhuber, Christian	234
Rus, Janez	197	Scholz, Magdalena	125, 312
Saati, Ferina	109, 274	Schopf, Kristina	166
Sames, Pascal	266, 267	Schröder, Benjamin	266, 267
Sammet, Jennifer	253	Schröder, Max	116
Sánchez-Morcillo, Víctor J. ..	255	Schubert, Dominik	68
Sarradj, Ennes ...	104, 110, 111, 112, 151, 152, 172, 172, 277	Schuffenhauer, David	302

Schultz, Frank	117, 119, 106, 320	Staron, Domenic	60
Schultz, Sebastian	98	Steevens, Stefan	266, 267
Schulz, Anita	259, 260	Steffens, Henning	321
Schulze, Christian	243, 313	Steidle, Laurin	76
Schumann, Christian	66, 145	Stein, Jonas	173, 198, 202
Schwarze, Rüdiger	254	Stein, Lewin	320
Schwendicke, Anna	61	Steinhausen, Ralf	197
Schwertfirm, Florian	174	Steinmann, Ulrike	199
Schwickert, Susanne	250	Stephenson, Uwe	248
Schwinn, Leo	179	Stienen, Jonas	51
Seeber, Bernhard	52, 161, 256, 288	Stoltenberg, Arne	218
Seibold, Julia	230	Stolz, Michael	302
Seidel, Johannes	269	Strasser, Ewald	161
Seideneck, Mario	229	Straube, Florian	320
Seidler, Hannes	88	Strigari, Fabio	153, 253
Seidler, Marcel	59	Stürenburg, Lara	314
Seitz, Christopher	282	Sukowski, Helga	87
Seitz, Steffen	201	Sultani, Hoshang	48, 49
Selzer, Jan	89	Sun, Xiaodong	100
Semmler, Christoph	61	Sutojo, Sarinah	157
Sentpali, Stefan	68	Tapken, Ulf	100, 171
Sepahvand, Kheirullah	98, 99, 100, 205, 306	Tapolczai, Péter	305
Serafimov, Radi	281	Tchorz, Jürgen	304
Sessler, Gerhard M.	210	Techen, Holger	94
Sethi, Anuj	189, 281	Tepe, Ali	104
Sextro, Walter	206	Thakkar, Tanvi	75
Sgrieff, Daniel	209	Thiel, Christian	203
Sickert, Peter	86	Thieling, Lars	282
Sicklinger, Stefan	221, 221	Thomann, Felix	125
Simon, Michael	199	Thomsen, Jeffrey	151, 152
Sinapius, Michael	308	Tietze, Thomas	114
Sladeczek, Christoph	229	Töll, Hanno	114
Sloma, Ulrike	191, 226	Töpken, Stephan	84
Sontacchi, Alois	131, 131, 233	Treichel, Julia	153
Sottek, Roland	148, 156	Troge, Jan	313
Spannan, Lars	67	Troll, Agostino	54, 121
Sperber, Felix	108	Tschaikner, Martin	142
Spitalny, Mirko	100	Tsokaktsidis, Dimitrios Ernst	149
Spors, Sascha	116, 117, 119, 141, 232, 318, 106, 320	Ueberle, Friedrich	114, 237
Springer, Dimitri	203	Ullisch-Nelken, Christian	85
Srinivasan, Sridhar	165	Ullmann, Rupert	221, 221
Stahl, Kathrin	47	Ungerechts, Torsten	180
Stampka, Katja	151, 152, 277	Uppenkamp, Stefan	77, 162, 163
Stange-Kölling, Sylvia	138, 139	Uziel, Sebastian	204
		Valeske, Bernd	196
		van de Par, Steven	84, 159, 161, 232, 289, 321

van der Auweraer, Herman	...	71	Werner, Stephan	...	226
Vary, Peter	...	280	Wickelmaier, Florian	...	166
Venghaus, Helmut	...	150	Wickmann, Stefan	...	208
Verhey, Jesko	.. 66, 73, 145, 146,	160, 164, 164, 192	Wiedemann, Jochen	...	60, 61
Viveros Munoz, Rhoddy	...	142	Wierstorf, Hagen	...	117, 119
Völkel, Simeon	...	141	Wijnant, Ysbrand	...	112
Völker, Conrad	...	109	Wilbrandt, Alexander	...	185
Völker, Konstantin	...	311	Will, Felix	...	293
Vogel, Albert	...	109	Winneke, Axel	...	89, 182
Vogelsang, Berthold	...	292, 293	Winter, Fiete	. 117, 119, 106,	320
Volgenandt, Andreas	...	149	Winter, Leopold	...	312
Volk, Wolfram	...	125	Wisch, Tim Owe	...	299
Volke, Stephanus	...	149	Witte, Matthias	...	169
Volkmer, Kevin	...	47	Wittstock, Volker	.. 115, 138, 139,	139, 209, 211, 212
Vollmer, Lukas	...	282	Wöckel, Sebastian	....	198, 199
von Estorff, Otto	.. 44, 48, 49, 63,	169, 121, 170, 177, 218, 219, 269,	Woitschek, Fabian	...	208
		275, 278	Wolf, Insa	.....	89
von Pein, Jonas	...	218, 219	Wolf, Mario	.....	207, 201
Vorländer, Michael	.. 51, 67, 128,	143, 148, 202, 225, 229, 238, 319	Wolff, Andrea	.... 85, 89, 92,	194
Wachter, Florian	...	299	Wolff, Tobias	.....	281
Wadle, Lisa-Marie	...	71, 72	Won, Hong-In	.....	94
Wächtler, Moritz	...	194	Worch, Anatol	.....	139
Warzybok, Anna	.. 158, 257, 314		Woschke, Elmar	.....	67
Waschkies, Thomas	...	196	Wührl, Mario	.....	224
Wasmer, Paul	...	204	Wulbusch, Nick	.....	276
Watremez, Xavier	...	195	Wulff, Jonathan	.....	266
Watzel, Tobias	...	180	Wurm, Frank-Hendrik	.... 48, 49,	169, 170
Waubke, Holger	...	270	Yang, Ming	.....	268
Weber, Lutz	...	53, 54	Yurdakul, Muhammedul Emin	187	
Webersen, Manuel	...	208	Zafeiopoulos, Nikos	.....	280
Wegerhoff, Matthias	...	148	Zagala, Franck	.....	318
Wegler, Korbinian	...	162	Zaleski, Olgierd	.... 63, 177,	278
Wehr, Reinhard	...	122, 284	Zarnekow, Marc	.....	217
Wehr, Werner	...	122	Zehetmayr, Robert	.....	137
Wei, Yintao	...	99	Zeitler, Berndt	.... 56, 137,	138
Weinhold, Johannes	.... 137, 138		Zeitler, Elmar	.....	56
Weinrich, Antje	...	219	Zenker, Benjamin	.....	303
Weinstock, Lars Steffen	...	208	Zequeira Jiménez, Rafael	...	268
Weinzierl, Stefan	.. 130, 247, 320		Zhang, Xiaoqing	.....	210
Wendt, Florian	...	162, 233	Zhao, Wenchang	.....	277
Wendt, Torben	...	289	Zhou, Beckett Yuxiang	.....	172
Weng, Chenyang	...	259, 260	Zhykhar, Albert	.....	144
Wepner, Saskia	...	227	Ziegenhals, Gunter	.... 126, 130	
Werner, Manuel	...	129	Ziegler, Pascal	.....	124
			Ziegler, Thomas	.....	91

Zierke, Simon 208 Zollner, Juergen 280
Zimpfer, Véronique 75 Zotter, Franz 51, 116, 318

Anreise zum Tagungsgelände

Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln:

Vom Hauptbahnhof Rostock:

- Nutzen Sie den hinteren Ausgang des Bahnhofes (Ausgang Süd, hinter Gleis 11). Die Stadthalle ist rechtsseitig zu sehen (5-minütiger Fußweg).

Fahrtickets

Ihr Tagungsausweis gilt im Zeitraum vom 18.-21. März 2019 als Fahrausweis für beliebige Fahrten mit allen öffentlichen Verkehrsmitteln im Bereich Rostock (eingeschlossen Warnemünde). Auf dem hinteren Außenumschlag befindet sich ein Übersichtsplan.

Anreise mit dem Pkw:

Aus Richtung Berlin:

- über A19, Ausfahrt Kreuz Rostock auf A20, Ausfahrt Rostock-Südstadt
- Rostock-Südstadt/Niendorf, Nobelstraße rechts auf Südring
- Südring rechts auf Erich-Schlesinger-Straße, Parkleitsystem StadtHalle Rostock folgen.

Aus Richtung Hamburg:

- über A20, Ausfahrt Rostock-Südstadt, Rostock-Südstadt/Niendorf,
- Nobelstraße rechts auf Südring,
- Südring rechts auf Erich-Schlesinger-Straße, Parkleitsystem StadtHalle Rostock folgen.

Parkmöglichkeiten

An der StadtHalle Rostock stehen 450 kostenpflichtige Parkplätze zur Verfügung. Die Parkplatzzufahrt befindet sich hinter dem Gebäude in der Erich-Schlesinger-Straße/Ecke Ziolkowskistraße. Ein Übersichtsplan ist auf der hinteren Innenumschlagseite zu finden.

Wegbeschreibung zur Abendveranstaltung

Geselliger Abend am Mittwoch, 20. März, Warnemünde Cruise Center

Vom Hauptbahnhof Rostock (entspricht Weg „A“ im Plan):

Mit der S-Bahn-Linie 1, 2 oder 3 bis Endstation Warnemünde fahren.
Von dort 10-minütiger Fußweg: An der Spitze des Zuges nach rechts
und durch die Unterführung Passagierkai / Hafenrundfahrt gehen.
Nach der Unterführung nach rechts wenden und an der Fähre vorbei
zum Terminal laufen.



Hinweise zur Verpflegung

Während der Tagung stehen Ihnen Kaffee, Tee und Erfrischungsgetränke zur Verfügung. An der mittleren Catering-Station im Erdgeschoss-Foyer können Mittagsspeisen käuflich erworben werden. Daneben finden Sie in Laufnähe am Hauptbahnhof verschiedene Verpflegungsmöglichkeiten und ebenso Lokalitäten im Bereich der Altstadt (Tram 5 und 6 direkt von Station „Stadthalle“ bis „Neuer Markt“ (5 min), s. Rückseite Programmheft)

Geldautomat

Am Nordausgang des Hauptbahnhofes (vor Gleis 1) befinden sich drei Geldautomaten (Sparda-Bank/Cash Pool; Euronet; ReiseBank). Der Südausgang des Hauptbahnhofes (hinter Gleis 11) ist vom Vorplatz der StadtHalle aus zu sehen und liegt 5 Gehminuten entfernt.

Stadtinformation

Nutzen Sie die Zeit um die DAGA herum, um Rostock zu erkunden, zum Beispiel in einem Spaziergang durch die historische Altstadt mit Kröpelin-Tor und Kerkhoffhaus und einem Besuch der bedeutende Rostocker Kirchen wie der Marien-, Petri- und Nikolaikirche. Im Ortsteil Warnemünde erwartet Sie eine langgestreckte Promenade zum Strandspaziergang an der Ostsee. Leuchtturm, Teepott, Heimatmuseum, Westmole und der Alte Strom laden zum Verweilen ein.

Diese und weitere Anregungen finden Sie unter www.rostock.de .

Hotelkontingent

Auf der Tagungswebseite www.daga2019.de finden Sie im Unterpunkt Tagungsort ein vielfältiges Hotelkontingent zur DAGA, mit Zimmern in Rostock und dem Ortsteil Warnemünde. Sie haben die Möglichkeit, Ihr Zimmer direkt über die folgende Webseite zu buchen:

www.daga2019.de/tagungsort

Geografisch vorteilhaft liegen Unterkünfte in Nähe des Rostocker Hauptbahnhofes.

Wer sich als Young Professional mit anderen jungen DAGA-Teilnehmern vernetzen möchte und eine kostengünstige Unterkunft sucht, kann sich insbesondere an die Fachgruppe junge DEGA wenden:

junge-dega@dega-akustik.de

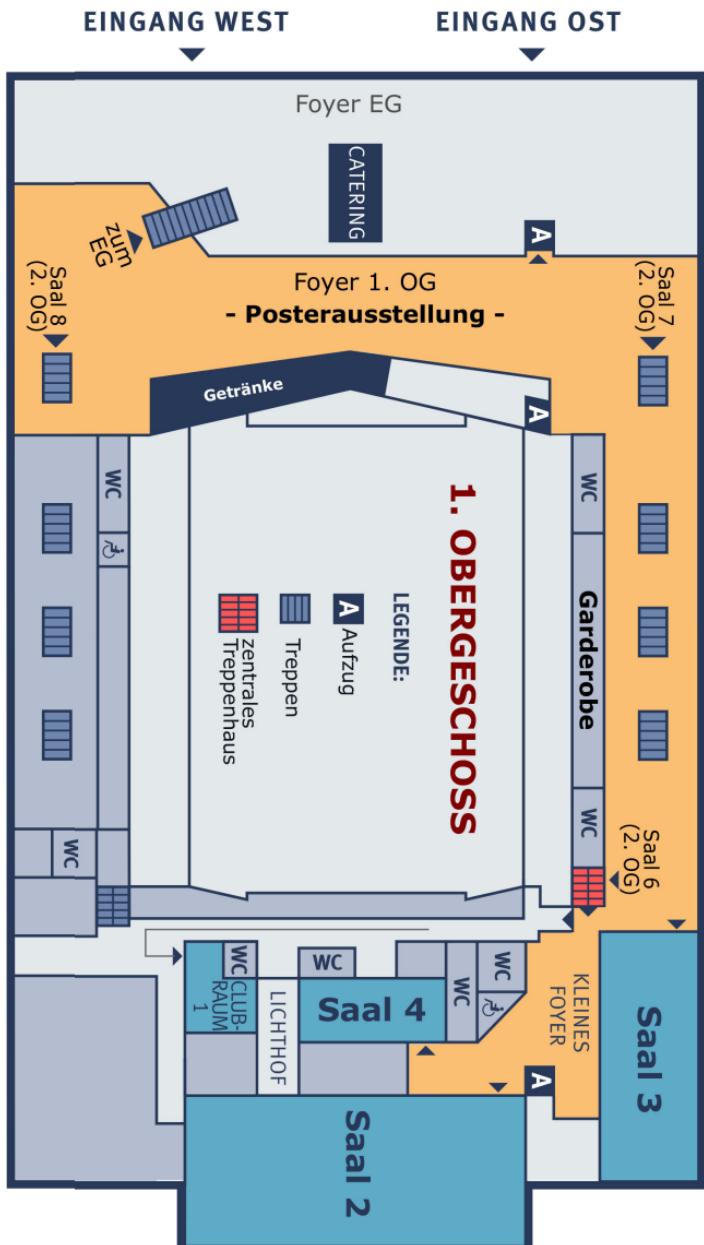
Umgebungs- und Gebäudepläne

StadtHalle Rostock - Erdgeschoss

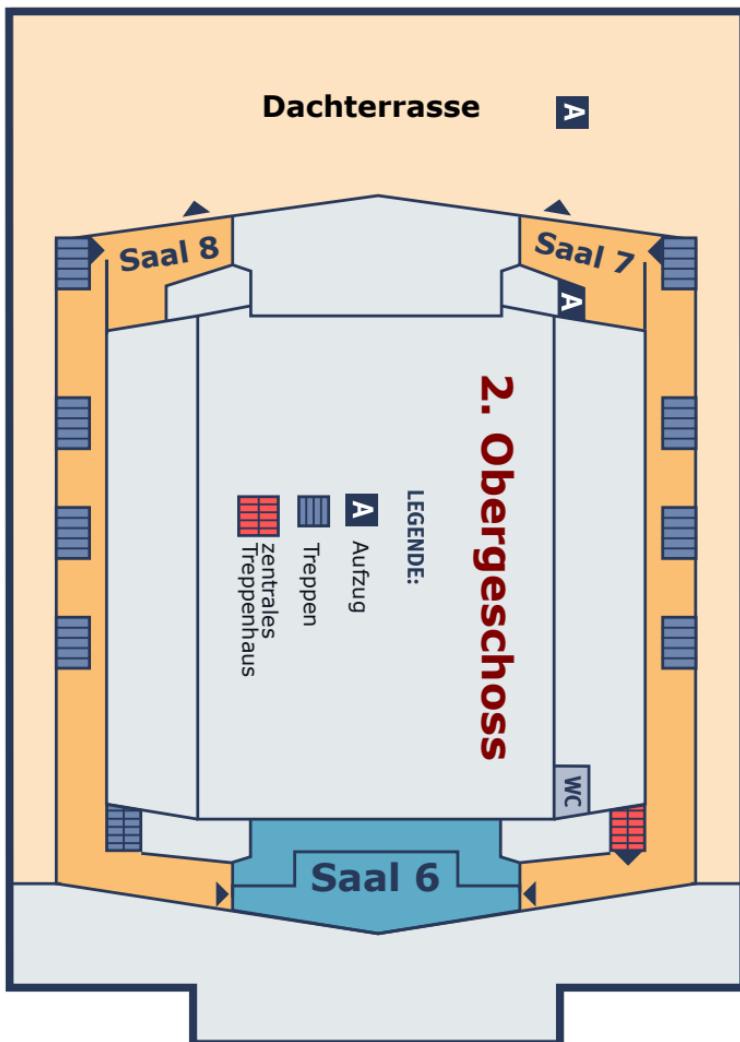


Übersichtsplan zur Firmenausstellung: siehe S.36

StadtHalle Rostock - 1. Obergeschoss



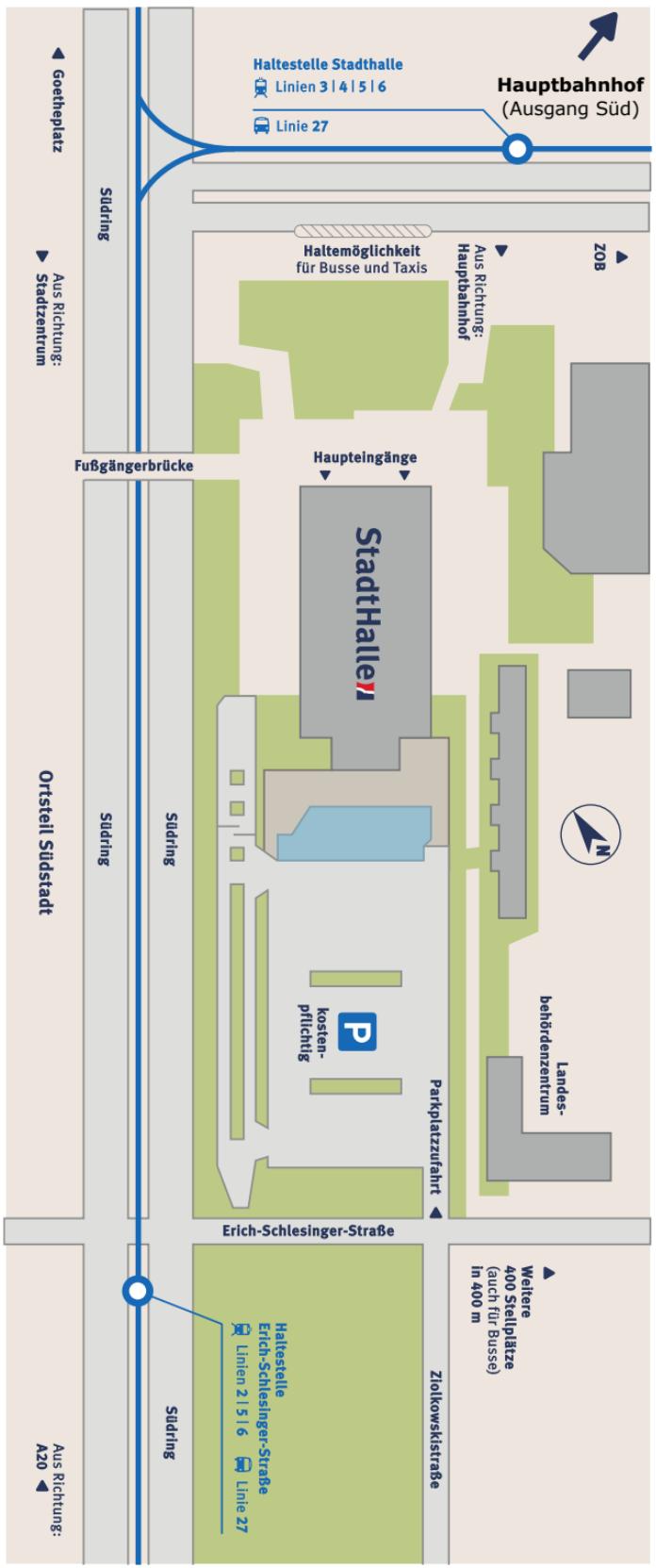
StadtHalle Rostock - 2. Obergeschoss

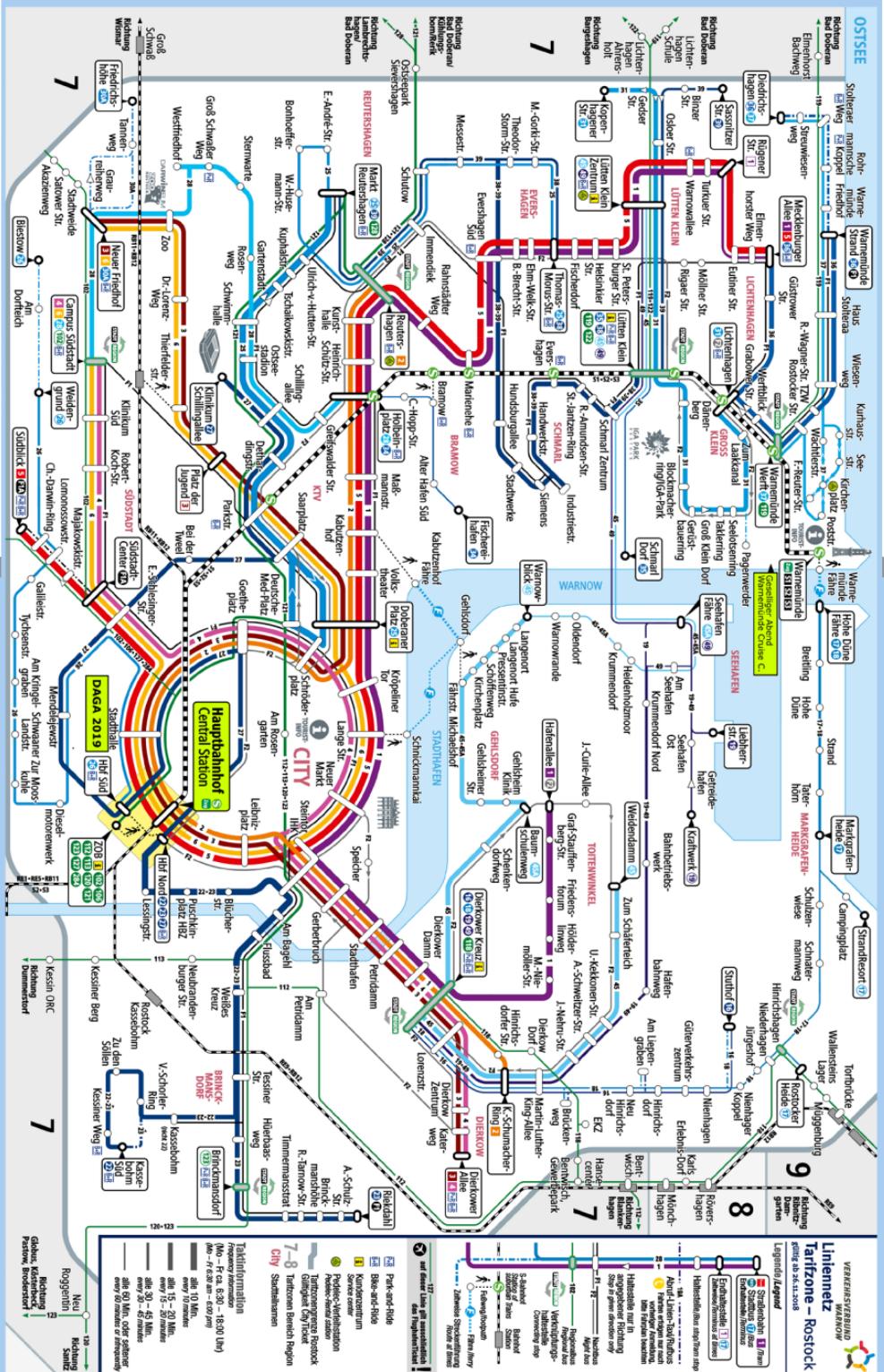


Geländeplan und Grundlagen der Gebäudepläne zur Verfügung gestellt mit freundlicher Genehmigung der StadtHalle Rostock / inRostock GmbH

Umgebungsplan: Siehe hinterer Innenumschlag

Umgebungsplan





Rückumschlag: ÖPNV-Netzplan im Stadtbereich Rostock

(Tagungsausweis gilt als Ticket)

Raumpläne und Übersichten ab S. 335