

# OLDENBURG 2014

## DAGA DGA

Akustik & Audiologie „Hören für alle“

## DAGA 2014

# PROGRAMM



10.-13. März 2014



## **Programmheft**

### **DAGA 2014 – 40. Deutsche Jahrestagung für Akustik**

Homepage: [www.daga2014.de](http://www.daga2014.de)

E-Mail: [daga2014@dega-akustik.de](mailto:daga2014@dega-akustik.de)

#### **Veranstalter:**

- Exzellenzcluster „Hearing4all“,  
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA)

#### **in Zusammenarbeit mit:**

- Forschungs- und Entwicklungs-Netzwerk Auditory Valley
- Jade Hochschule Wilhelmshaven / Oldenburg / Elsfleth
- Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT,  
Projektgruppe Hör-, Sprach- und Audiotechnologie

#### **unter Mitwirkung von:**

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

#### **Impressum:**

Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.

- Geschäftsstelle -

Voltastraße 5

Gebäude 10-6

13355 Berlin

Telefon: +49 30 340 60 38-00

Fax: +49 30 340 60 38-10

Homepage: [www.dega-akustik.de](http://www.dega-akustik.de)

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

#### **Kontakttelefon während der Tagung:**

Telefon: +49 (441) 798-3305

#### **Druck:**

Druckhaus Galrev, Berlin

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zeitpläne</b> . . . . .	4
<b>Grußwort der Tagungsleitung</b> . . . . .	20
<b>Hinweise zur Tagung</b> . . . . .	22
<b>Preise der DEGA</b> . . . . .	40
<b>Plenarvorträge</b> . . . . .	42
<b>Vorkolloquien Montag</b> . . . . .	46
Individualisierte Hörakustik . . . . .	46
Robuste Spracherkennung & Machine Listening . . . . .	50
Fahrzeugakustik . . . . .	54
<b>Fachvorträge und Poster Dienstag</b> . . . . .	58
Fahrzeugakustik I . . . . .	58
Bauakustik I . . . . .	63
Virtuelle Akustik . . . . .	68
Virtuelle Akustik (Poster) . . . . .	72
Lärm am Arbeitsplatz . . . . .	75
Lärm am Arbeitsplatz (Poster) . . . . .	79
Signalverarbeitung . . . . .	82
Akustik der Musikanstrumente . . . . .	83
Akustik der Musikanstrumente (Poster) . . . . .	88
Audiologische Akustik . . . . .	89
Audiologische Akustik (Poster) . . . . .	93
Körperschall / Schwingungstechnik . . . . .	97
Körperschall / Schwingungstechnik (Poster) . . . . .	100
Umgebungslärmrichtlinie . . . . .	101
<b>Fachvorträge und Poster Mittwoch</b> . . . . .	106
Fahrzeugakustik II . . . . .	106
Fahrzeugakustik III . . . . .	114
Fahrzeugakustik (Poster) . . . . .	117
Bauakustik II . . . . .	119
Raumakustik I . . . . .	128
Virtuelle Akustik und Binauraltechnik I . . . . .	132
Virtuelle Akustik und Binauraltechnik II . . . . .	140
Virtuelle Akustik und Binauraltechnik (Poster) . . . . .	144
Akustik von Windturbinen . . . . .	147
Akustik von Windturbinen (Poster) . . . . .	153
Elektroakustik . . . . .	154
Der Beitrag der Psychoakustik zur traditionellen Lärm- schutzpolitik . . . . .	158

Der Beitrag der Psychoakustik zur traditionellen Lärm-	
schutzpolitik (Poster) . . . . .	164
Soundscape / Sounddesign . . . . .	165
Soundscape / Sounddesign (Poster) . . . . .	169
Signalverarbeitung / Audio . . . . .	171
Signalverarbeitung / Audio (Poster) . . . . .	178
Spracherkennung: Anywhere, Any Time . . . . .	183
Spracherkennung: Anywhere, Any Time (Poster) . . . . .	187
Numerische Akustik I . . . . .	188
Numerische Akustik II . . . . .	196
Numerische Akustik (Poster) . . . . .	199
Gehörmodellierung . . . . .	200
Gehörmodellierung (Poster) . . . . .	208
Psychoakustik und Modelle I . . . . .	211
Psychoakustik und Modelle (Poster) . . . . .	215
Ultraschall . . . . .	218
Akustische Messtechnik I . . . . .	224
Schallbelastung der Meere durch den Menschen . . . . .	227
Lärmschutz - Reifen / Fahrbahn . . . . .	235
Lärmschutz - Reifen / Fahrbahn (Poster) . . . . .	237
 <b>Fachvorträge und Poster Donnerstag</b> . . . . .	239
Binaurale Psychoakustik und Audiologie . . . . .	239
Akustische Messtechnik II . . . . .	245
Akustische Messtechnik (Poster) . . . . .	250
Akustische Messtechnik III . . . . .	252
Raumakustik II . . . . .	256
Raumakustik (Poster) . . . . .	260
Bauakustik III . . . . .	262
Aktive Systeme . . . . .	264
Lehre und Geschichte der Akustik I . . . . .	267
Lehre und Geschichte der Akustik (Poster) . . . . .	271
Lehre und Geschichte der Akustik II . . . . .	273
Lärmschutz - Schiene / Fluglärm . . . . .	276
Lärmschutz - Schiene / Fluglärm (Poster) . . . . .	280
Lärmwirkung . . . . .	281
Strömungsakustik I . . . . .	283
Strömungsakustik II . . . . .	290
Musikalische Akustik . . . . .	293
Musikalische Akustik (Poster) . . . . .	299
Hydroakustik: Quellenidentifikation, Schallausbreitung,	
Kommunikation . . . . .	299

Hydroakustik: Quellenidentifikation, Schallausbreitung, Kommunikation (Poster) . . . . .	305
Psychoakustik und Modelle II . . . . .	307
Kavitation . . . . .	310
Kavitation (Poster) . . . . .	316
Physikalische Akustik . . . . .	317
Schallausbreitung im Freien und Immissionsberechnung . .	320
Schallausbreitung im Freien und Immissionsberechnung (Poster) . . . . .	325
<b>Lagepläne</b> . . . . .	332
Anreise zur Universität Oldenburg . . . . .	332
Campusplan . . . . .	333
Gebäude- und Raumpläne . . . . .	334
Wegbeschreibung zum Staatstheater . . . . .	340
<b>Verzeichnis der Autoren</b> . . . . .	341
<b>Sitzungen während der Tagung</b> . . . . .	351
<b>Anmeldeformular</b> . . . . .	352
<b>Stadtplan</b>	

**Montag, 10. März 2014**

	<b>Vorkolloquium: Individualisierte Hörakustik</b>
	Aula (A11 0-009)
13:00	Hohmann, Doclo, Blau: Begrüßung und Einführung
13:10	Völk, Fastl: Virtual acoustics in Psychoacoustics and Audiology (46)
13:35	Weinzierl: Perceptual Evaluation of Acoustical Simulations (46)
14:00	Behler, Pollow, Klein, Vorländer: Messung von parametrischen 3D-Raumübertragungsfunktionen mit frei wählbaren Richtcharakteristiken auf Sender- und Empfängerseite (47)
14:25	Rasumow, Blau, Doclo, Hansen, van de Par, Püschel, Mellert: Individualized binaural reproduction using a virtual artificial head (47)
14:50	Pause
15:15	Grimm, Hohmann: Multichannel sound field reproduction for hearing-aid research (48)
15:40	Dalga, Doclo: ANC-Motivated Noise Reduction Algorithms for Open-Fitting Hearing Aids (48)
16:05	Hiipakka, Kollmeier: Individualized binaural earpiece for hearing-aid applications (49)

	<b>Vorkolloquium: Robuste Spracherkennung &amp; Machine Listening</b>
	Hörsaal G (A7 0-030)
13:00	Meyer, Goetze: Begrüßung und Einführung
13:10	Schultz: Multilinguale Spracherkennung – Robustheit gegen Sprachenvielfalt (50)
14:00	Hoffmann, Wolff: UASR - Von der Idee bis zur Open-Source-Ressource (51)
14:25	Meyer: Kombination binauraler und kortikaler Merkmale zur robusten Sprachverarbeitung (51)
14:50	Pause
15:15	Kolossa: Methoden zur robusten Spracherkennung unter Beobachtungsunsicherheit (52)
15:40	Hirsch: Gegenüberstellung von Ansätzen mit robuster Merkmalsextraktion und HMM Adaptionstechniken (52)
16:05	Lücke: Sparse Encoding and Dictionary Learning for Sensory Data (53)

	<b>Vorkolloquium: Fahrzeugakustik</b>
	Hörsaal B (A11 1-101)
13:00	Rennies, Weber, van de Par: Begrüßung und Einführung
13:15	Sottek: Psychoakustische Bewertung von Fahrzeuggeräuschen (54)
13:40	Jung, Pfleiderer: Applikationsbeispiele des Dieselnagelindex in der Motoren- und Fahrzeugentwicklung (54)
14:05	Oetjen, van de Par, Verhey, Weber, Letens: Berechnung der zeitabhängigen Rauigkeit bei Motorgeräuschen (55)
14:30	Pause
15:15	Haverkamp: Das Ganze und seine Teile – Komponentenentwicklung versus Gesamtfahrzeug-Akustik (56)
15:40	Rennies, Schepker, Doclo: Adaptive Verbesserung der Sprachverständlichkeit und Medienwiedergabe in Fahr- und Verkehrsgeräuschen (56)
16:05	Verhey, Luft, Hots, Rottengruber: Psychoakustische Bewertung einer thermoakustischen Motorkapsel (57)

16:00-17:00 Uhr, A1 0-10B: „**Young Professionals - Icebreaker**“ (31)

17:00 Uhr, Aula: **DEGA-Mitgliederversammlung**

19:00 Uhr, Mensa-Foyer: **Sekt-Empfang** (32)

Dienstag, 11. März 2014

### Audimax

---

#### 9:00 Eröffnung und Preisverleihung

- Grußworte und Musik
- Verleihung der Helmholtz-Medaille an Prof. Dr. Michael Möser (S. 40)
- Verleihung des Lothar-Cremer-Preises an Dr. Ercan Altinsoy (S. 41, Plenarvortrag am Donnerstag um 14:45 Uhr)
- Verleihung der DEGA-Ehrenmitgliedschaft
- Verleihung der DEGA-Studienpreise an B.Sc. Christian Bloch und M.Sc. Philipp Schmidt (siehe S. 41)

---

#### 10:15 Plenarvortrag M. Möser (Empfänger der Helmholtz-Medaille):

„Die Bedeutung der Beugekante von Schallschutzwänden“ (42)

---

#### 11:00 Kaffeepause

---

#### 11:45 Plenarvortrag V. Grützmacher: „Quo Vadis, Fahrzeugakustik“ (42)

---

#### 12:30 Produkt-Forum (30)

---

#### 13:00 Mittagspause

---

#### 14:00 Poster-Forum im Mensa-Foyer (27)

	Audimax	Aula	Hörsaal B	Hörsaal G	Unikum
	Fahrzeug-akustik I	Bauakustik I	Virtuelle Akustik	Varia/ Late Poster	Lärm am Arbeitsplatz
14:40	Blanchet: Ves-sels Insulation Optimization (58)	Stange-Kölling: PTB-Vergleichsmessungen (63)		Nachgemeldete Poster (siehe S. 28)	Schmidt: Tieffrequente Geräusche (75)
15:00	Luegmair: ERP Gültigkeit Fahr-zeugakustik (58)	Westphal: Altbau Berechnung vs. Messung (64)	Kissner: Erzeu-gung virtueller Quellen (68)		Hohmann: Eishockey-Goalie (75)
15:20	Trinkl: Störgeräusch-prävention (59)	Späh: Trittschall in Wohn-gebäuden (64)	Grosse: Perzeptive Optimierung (69)		Völk: Noise Prediction Workplaces (76)
15:40	Pause	Schneider: Tief-freq. Trittschall-geräusche (65)	Posterpräsen-tation (8)		Posterpräsen-tation (8)
16:00	Bouvet: Noise E-machine Defaults (59)	Bietz: Ringversuch Gehschall (66)	Pause		Pause
16:20	Schwarzer: Dynamiksimulation mit CMS (60)	Pause	Pause		Pause
16:40	Belleville: Gear Dynamics Modeling (61)	Kolbe: Schalldämmung Leichtbau (66)	Pelzer: Hybrid 3D-Repro-dution (70)		Sukowski: Reading in noise (77)
17:00	Hoever: LKW Rollgeräusch-/widerstand (61)	Tröbs: Bestimmung Abstrahlgrad (67)	Wendt: Efficient BRIR synthesis (70)		Sickert: Gehör-schutz unter 80 dB(A) (77)
17:20	Jahangir: Kör-perschall Pkw-Fahrwerk (62)	Naumann: Prüfung Mehrge-schossbau (67)	Bernschütz: Mode Reduction Binaural (71)		Ascherl: Warn-signale für Ran-gierführer (78)
17:40	Jeglitzka: Bewegung Ku-gelgelenke (63)	Hengst: Dämm. Metallständер-wände (68)	Aspöck: Spatial reverberation synthesis (71)		Dantscher: Gehörschutz Impulslärm (79)

19:45 Uhr: Aufführung „Der Barbier von Sevilla“ im Staatstheater (S. 32)

	A1 0-006	A1 0-007	A1 0-008	A14 1-112	S 2-206
Signal-verarbeitung	Musik-instrumente	Audiologische Akustik	Körperschall/Schwing.-tech.	Umgebungs-lärmrichtlinie	
14:40		Angster: Kehlenform Zungenpfeife (83)	Weißgerber: Lokalisationsfähigkeit CI (89)	Langer: Modellbildung Vibroakustik (97)	Müller: Analyse Straßenverkehrs-lärm (101)
15:00		Rucz: Simulation of Lingual Pipes (84)	Von Gablenz: Altersabh. Ton-hörschwellen (89)	Stache: Schadensbedingte Änderung (97)	Myck: Gesamtlärmbe-wertung (102)
15:20		Posterpräsen-tation (9)	Sankowsky-Ro-the: Hörgeräte-anpassung (90)	Schaal: STI-basierte Skalare (98)	Jäschke: Gesamtlärm VDI 3722-2 (102)
15:40		Pause	Köhler: Impedanzmess. Gehörgang (91)	Posterpräsen-tation (9)	Tchorz: Ge-schwindigkeits-überwach. (103)
16:00		Pause	Poster-präsentation (9)	Pause	Pause
16:20	Gadermaier: Blasinstrumen-tenspektren (85)	Pause	Pause	Probst: Verkehrs-geräusche VDI 3722-2 (103)	
16:40	Ziegenhals: Deckenmontage Geigen (85)	Pause	John: Rotierende FKV-Strukturen (99)	Schaal: Phasenkohärente Be-rechnung (104)	
17:00	Lepage: Wideband Bluetooth (82)	Tchesche: Vergleich adaptr. Wolfstöter (86)	Ciba: Self-fitting interfaces (91)	Groß: Biege-wellen Schweiß-nähte (99)	Möhler: Stadtent-wicklungspla-nung (104)
17:20	Saft: Klangpräf. Normalhören-de (82)	Jensen: Klängschalen-schalle (86)	Schepker: Feedback path modeling (92)	Oberhauser: Kör-perschall Stra-ßenbahn (100)	Hintzsche: Umgebungslärm-richtlinie (105)
17:40	Pokorny: Emotionserken-nung (83)	Siddiq: Timbre Spaces revisited (87)	Beilfuss: Ein-kanalige Windg.-detektion (93)		Giering: Identifiz. von Lärm-Hotspots (105)

Dienstag, 11. März 2014: Poster-Kurzvorträge (nähere Informationen: S. 27)

Audimax	Aula	Hörsaal B Virtuelle Akustik (Poster)	Hörsaal G Varia / Late Poster	Unikum Lärm am Arbeitsplatz (Poster)
		15:40		15:40
		Lins De Souza: Differences in auralization (72)	Nachgemeldete Poster (siehe S. 28)	Maue: Lärmarme Trennscheiben (79)
		Firtha: Moving source synthesis (72)		Siegmann: Impulsschallein- wirkung (80)
		Köhler: Simultane HRTF-Messung (73)		Troge: Granulator mit Resonator (80)
		Siegel: Richtchar. in Simulationen (74)		Wolff: Ultraschall und Arbeitsschutz (81)
		Podlaszewski: Optimier. Mikro- fonarray (74)		

A1 0-006	A1 0-007	A1 0-008	A14 1-112	S 2-206
	<b>Musik-instrumente (Poster)</b>	<b>Audiologische Akustik (Poster)</b>	<b>Körperschall / Schwing.-tech. (Poster)</b>	
	15:20	16:00	15:40	
	Klouche: Piano tuning accuracy (88)	Berning: Speech audiometric fitting (93)	Thiele: Fehlerfrüherkennung (100)	
	Grothe: Modell Holzblasinstrument (88)	Freigang: Onset Enhancement CI (94)		
		Serafimov: Handset positioning (94)		
		Wirtz: Innenohrimplantatmodell (95)		
		Bschorr: Deviationswellen im Festkörper (95)		
		Nogueira Vazquez: Electr. Model Cochlea (96)		

**Mittwoch, 12. März 2014, Vormittag**

	Audimax	Aula	Hörsaal B	Hörsaal G	Unikum
	Fahrzeug-akustik II	Bauakustik II	Virt. Ak./ Binauraltechnik I	Windturbinen	Psychoakustik-Lärmschutzpol.
08:00	Krauss: Akust. Tonusmessmethode (106)	Scholl: Trittschall-Dämmmaße (119)	Menzer: Choosing FDN Delays (132)		
08:20	Gutmann: Wheel roughness meas. (106)	Koehler: Austauschbare Bodenbeläge (120)	Büchel: Auralis. Verkehrsgeräusche (132)	Arnold: Aero-acoustic Noise Reduction (147)	
08:40	Meyer: Bewegte Schallquellen (107)	Geyer: Schalldämm. Hohlkast.decke (121)	Popko: HRTF Interpolation (133)	Stalder: Tieffreq. Geräusche WEA (147)	Jäcker-Cüppers: Politik & Psychoakustik (158)
09:00	Müller: Windgeräuschbeurteilung (107)	Rabold: Vibroakustik Holzbau 1 (121)	Bomhardt: Individualisierung HRTF (134)	Piorr: Windenergie Bebauungspläne (148)	Hettler: Einzahlwerte hinterfragt (158)
09:20	Haluf: Akustik von Turboladern (108)	Schmidt: Deckenausschn. im Leichtbau (122)	Ziegelwanger: HRTF Simulation (134)	Wahl: Lärmschutz Windenergieanl. (148)	Bauer: Soundscape Common Ground (159)
09:40	Putner: TPA aus Betriebsmessungen (109)	Schramm: Vibroakustik Holzbau 2 (122)	Hahn: Time-Variant BRIRs (135)	Arndt: Immission Windenergieanlagen (149)	Schulte-Fortkamp: Soundscape - Lärmsch. (159)
10:00	Pause	Châteauvieux-Hellwig: Vibroak. Holzbau 3 (123)	Cubick: Externalization (135)	Martinez: Schallleistung von WEA (149)	Genuit: Erweiterung Lärmprognosen (160)
10:20	Philippen: OTPA mit Randbedingungen (109)	Melián Hernández: Mess. Hohlkast.decke (123)	Pause	Pause	Krahé: Vergleich Richtlinien (160)
10:40	Grams: Folgefahrt und Überholvorgang (110)	Pause	Torres: Binaural Evaluation (136)	Engelen: Ausbreitg.-beding. WEA (150)	Pause
11:00	Telle: Simul. Vorbeifahrtgeräusche (111)	Mecking: Vibroakustik Holzbau Teil 4 (124)	Richter: Raumwahrnehmung in fMRT (136)	Weber: Noise Prediction Wind Turbine (151)	Dannemann: Sozialer Prozess (161)
11:20	Hohls: Psychoakustik Klimatisierung (111)	Hey: Trittschall bei Gehanregung (125)	Oberem: Auditory selective attention (137)	Hüppe: Rotating Nitsche FEM (151)	Thiemann: DEMAND Spatial Properties (162)
11:40	Ritterstaedt: Offenporiger Asphalt (112)	Vogel: Anwend. Zwei-Plattenverfahren (125)	Majdak: AMT AABBA (138)	Gerhard: Hinterkantenschall Turbinen (152)	Meng: Sound quality evaluation (162)
12:00	Berwein: Psychoakustik PKW-Hupen (112)	Öhler: Körperschall-Leistung (126)	Skowronek: Spatial Audio Conferencing (138)	Posterpräsentationen (12)	Bartolomaeus: Korrektur Straßendecken (163)
12:20	Mändl: Analysen für Unfallgutachten (113)	Wolff: Klangqualität Dusch-WCs (127)	Pollow: HighRes Audio Quality (139)		Windelberg: Lärm im Nachtverkehr (163)
12:40	Pündter: Kleinkollisionsgeräusche (113)	Reinhold: Vorwand-Installation (127)	Frank: Elevation phantom sources (139)		Posterpräsentationen (12)

	A1 0-006	A1 0-007	A1 0-008	A14 1-112	S 2-206
	<b>Signalverarbeitung / Audio</b>	<b>Numerische Akustik I</b>	<b>Gehörmodellierung</b>	<b>Ultraschall</b>	<b>Schallbelastung der Meere</b>
08:00	Leckschat: Erzeugung Subharmonischer (171)	Fiala: Generic BEM library (188)	Epp: SOAE und Synchronisation (200)		Betke: Unterwasserschall Tunnel (227)
08:20	Kranzusch: Source number estimation (171)	Opdam: Automated meshing BEM (189)	Hudde: SOAE-Erzeugung (201)		Matuschek: Hydroschall Fehmarnbelt (227)
08:40	Kayser: Binaurale Lokalisierung (172)	Dilba: H-Matrix BEM Helmholtz (190)	Becker: Cortiresonator, Haarbündel (202)	Olfert: 3D-R-Konstr. Schlie- rentechnik (218)	Gündert: Hydroschall Offshore (228)
09:00	Fastl: Musikwiedergabe im Club (172)	Keuchel: FMBEM Subspace Recycling (190)	Verhulst: Brainstem Response Model (202)	Scharrer: Prüfung komplexer Bauteile (219)	Skjellerup: Underwater noise modelling (229)
09:20	Bruns: Verbess. Telefonsprache (173)	Ernst: Impedanz TD-BEM (191)	Dietz: Lateralization of AMBBs (203)	Rupitsch: Dünne Platten (219)	Heitmann: Offshore Pfahlrammung (229)
09:40	Matzura: Verständlichkeitkeit Fernsehton (174)	Waubke: BEM für Lärmschutzwände (191)	Baumgartner: Lokalis. in Sagittalebenen (203)	Hirsekorn: Ultraschallausb. und -streuung (220)	Lippert: Rammsschall-Prognose (230)
10:00	Kettler: Speech intelligibility for eCall (174)	Pause	Wierstorff: Künstliche Schallfelder (204)	Graf: Schäden Flugzeugbauteile (221)	Podolski: Körperschallvorhersage (230)
10:20	Pause	Nagy: Rayleigh-method ForREst (192)	Ewert: Effective auditory model (205)	Prager: ZIF von Klebeverbindungen (222)	Gerdes: Schallausbreitung bei FINO3 (231)
10:40	Schubotz: Sprache in Störgeräusch (175)	Fender: Space-Mapping Optimierung (192)	Pause	Pause	Pause
11:00	Reimes: double talk analysis (176)	Abele: Berechnung Transmissionsgrad (193)	Iben: Effective auditory modeling (205)	Simon: Ultraschall als Zündquelle (222)	Görler: Messsystem FINO3 (231)
11:20	Korany: Text-Independent Identific. (176)	Schulz: Aktiver Randabschluss (193)	Maiberger: Dissonance modelling (206)	Linder: Enceladus Explorer Navig. (223)	Rose: Störung von Schweinswalen (232)
				<b>Informationen für Hochschulen</b>	
11:40	Rehr: fundamental freq. estimation (177)	Stritzelberger: EFEM im Schiffbau (194)	Hemmert: Neuronal Coding (206)	Tieftrunk: Förderprogramme der DFG (25)	Dahlhaus: Schallschutz Rammvorg. (232)
12:00	Kraus: Schnarcherkennung mit HMM (177)	Karger: Abstrahlung mit Energie-FEM (194)	May: Speech Segregation (207)		Bellmann: Große Blasenschleier (233)
12:20	Posterpräsentation (13)	Winter: Hybridmethode FEM/SEA (195)	Raake: TWO!EARS perception (207)		Elmer: Hydroschall-Dämpfer (234)
12:40	Posterpräsentation (13)	Mohamady: Tonal Excitation Uncertainty (195)	Posterpräsentation (13)		Müller: Einfügungsdämpfung In-Situ (234)

**Mittwoch, 12. März 2014: Poster-Kurzvorträge** (nähere Informationen: S. 27)

Audimax	Aula	Hörsaal B	Hörsaal G	Unikum
			Windturbinen (Poster)	Psychoakustik- Lärmschutzpol. (Poster)
			12:00	12:40
			Brand: Emission Windenergie- anlage (153)	Engel: Avenue sound charac- terization (164)
				Kropsch: Lärm- emissionen Land- wirtschaft (165)

13:00 Mittagspause

---

14:00 Audimax: **Plenarvortrag Annemarie Surlykke:**  
 „How do echolocating bats 'see' the world with sound“  
 (43)

---

14:45 Audimax: **Plenarvortrag Dirk Püschel:**  
 „Mikrofonarrays - Methoden und Anwendung“ (44)

A1 0-006	A1 0-008	A14 1-112	S 2-206
<b>Signalverarbeitung / Audio (Poster)</b>	<b>Gehör- modellierung (Poster)</b>		
12:20	12:40	12:40	
Köster: Referenzfreie Schätzung (181)	Lattacher: Loka- lisierung seism. Ereignisse (178)	Warzybok: Mo- del. speech intel- ligibility (208)	
Tomczyszyn: Transfer Functi- on Estim. (179)	Willhaus: SNR-Schätzung (181)	Reiche: Predic- tive auditory processing (209)	
Krini: Seat Belt-Microphone Systems (182)	Kubiak: Individ. Listening Pre- ferences (179)	Müller: Effizien- tes Hörversuchs- design (210)	
Fuchs: Electro-Larynx Speech (182)	Jungmann: Equalization and Reshaping (180)	Budde: Hö- versuche mit HTML5 (210)	
Mazur: Blind Source Sepa- ration (180)	Phan: Event Detection Voting (183)	Josupeit: Modeling sound localiz. (209)	

**Mittwoch, 12. März 2014, Nachmittag**

Audimax	Aula	Hörsaal B	Hörsaal G	Unikum
Fahrzeugakustik III	Raumakustik I	Virt. Ak./ Binauraltechnik II	Elektroakustik	Soundscape / Sounddesign
15:40 Conter: Wahrnehmbarkeit E-Fahrzeuge (114)	Häußler: Raum in Raum (128)	Schultz: Frequency Response SFS (140)	Pfeil: Elektretmikrofon (154)	Petrenko: Vergleich von Soundscapes (165)
16:00 Pondrom: eVADER Array (114)	Witew: Validierung Messunsicherheit (128)	Spors: Data-based WFS (140)	Hillenbrand: Elektret- Beschleunig.- sensor (154)	Skoda: Superpos. multiple Quellen (166)
16:20 Bodden: Active Sound Design (115)	Frey: Echendetektion in Räumen (129)	Klein: RIR variable Directivity (141)	Sukalo: Quasi-BR- Lautspr.-design (155)	Steffens: Soundscaping Wasser (167)
16:40 Oetjen: Tonh. instationärer Geräusche (115)	Lautenbach: Stage Acoustics (130)	Rettberg: Modal Beamforming TD (142)	Seidler: Normung induktiver Höranlagen (155)	Notbohm: Lärmbelästigung zuhause (167)
17:00 Schlittenlacher: Läufigkeit von Getrieben (116)	Guski: Uncertainty of room acoustics (130)	Noisternig: SRIR Denoising (142)	Epe: High-perf. subwoofer system (156)	Weber: Codierung von Information (168)
17:20 Moritz: Wahrnehmg. Getriebe-geräusch (116)	Bork: Schallfeldanalysen (131)	Stade: Studioakustik mit Arrays (143)	Behler: Schaltbild Kleinstlautsprecher (157)	Haverkamp: Berührungsgeräusche (169)
17:40 Posterpräsentation (s.u.)	Meyer: Absorptionsgrad Einzelobjekte (131)	Posterpräsentation (s.u.)	Escher: Verzerrungsreserve (157)	Posterpräsentation (s.u.)

**Mittwoch, 12. März 2014: Poster-Kurvvorträge (nähtere Informationen: S. 27)**

Audimax	Aula	Hörsaal B	Hörsaal G	Unikum
Fahrzeugakustik (Poster)		Virt. Akustik/ Binauraltechnik (Poster)		Soundscape / Sounddesign (Poster)
17:40		17:40		17:40
Schlittenlacher: Wahrgen. Leistungsfähigk. (117)		Lindau: Konsensvokabular für VAEs (144)		Holstein: Werkstoffe für Designakustik (169)
Raffel: Virtuelle Dichtigkeitsanalyse (118)		Frank: Spatial audio evaluation (144)		Brandes: Akustische Aktivitätserkennung (170)
Schrader: Ölwan-nenoptimierung (118)		Klockgether: Correlation manipulation (145)		
Holstein: Unter-suchg. Bremsprozesse (119)		Wefers: Zeitvariante Szenen (145)		
		Völkerling: HRTF interpolation methods (146)		

18:00 Uhr Mensa-Foyer: **Poster-Forum**, siehe S. 2719:00 Uhr BIS-Saal: **Geselliger Abend „An Evening of Soul“** in der Bibliothek (siehe S. 32, Lageplan siehe S. 337)

	A1 0-006	A1 0-007	A1 0-008	A14 1-112	S 2-206
	<b>Sprach-erkennung</b>	<b>Numerische Akustik II</b>	<b>Psychoakustik / Modelle I</b>	<b>Akustische Messtechnik I</b>	<b>Lärmschutz - Reifen/ Fahr. Reifen/ Fahr.</b>
15:40	Schwarz: Coherence-based Dereverb. (183)	Chen: Coupling Sensitivity Analysis (196)	Egger: Frequenz-integration bei CI (211)		Kriegisch: Reifenlärm und Lärmschutz (235)
16:00	Spille: Binaurale Spracherkennung (184)	Piscoya: Dämm. profilierter Platten (196)	Biberger: Quality Predictions (212)	Shabtai: Acoustic Centering (224)	Peschel: Lärmmindernde Beläge (235)
16:20	Heckmann: Word Prominence Detection (184)	Rurkowska: structure-borne sound (197)	Pieper: Physiolog. Innenohrmodell (212)	Wehr: Loudspeaker directivity (224)	Hoislauer: Modell Lärmschutzwände (236)
16:40	Abdelaziz: Stream Weight Learning (185)	Langfeldt: Membrane shield part 1 (197)	Töpken: Sound character determination (213)	Brezas: Properties of RSS (225)	Schulze: Lärmminderung Mikro-BHKW (236)
17:00	Hirsch: SNR-basierte Spracherkenn. (185)	Marinova: Noise shield part 2 (198)	Hots: Subkritische Lautheit (214)	Müller-Trapet: Mess. Absorptionsgrade (225)	Kluth: Luft-Wasser-Wärme-pumpen (237)
17:20	Stadtschnitzer: Improving ASR (186)	Stahl: Updating Response Surfaces (199)	Haeder: Höranstrengung, Verstehen (214)	Minck: Full 3D beamforming (226)	Poster-präsentation (s.u.)
17:40	Poster-präsentation (s.u.)	Poster-präsentation (s.u.)	Poster-präsentation (s.u.)	Paillasser: Spherical Microphone Array (226)	

	A1 0-006	A1 0-007	A1 0-008	A14 1-112	S 2-206
	<b>Sprach-erkennung (Poster)</b>	<b>Numerische Akustik (Poster)</b>	<b>Psychoakustik / Modelle (Poster)</b>		<b>Lärmschutz - Reifen/Fahrbahn (Poster)</b>
17:40	Receveur: Like-lihood Histogram Equal. (187)	17:40	17:40		17:20
	Pantle: Schwapp-geräusch-Simul. (199)	Pantle: Schwapp-geräusch-Simul. (199)	Bschorr: Cochlea - Wellenleiter (215)		Grzella: Emission Kasernen (237)
	Schädler: Separate GBFB (187)	Retka: Resonanzen offener Hohlräume (200)	Heeren: Überschw. Modulationsgewinn (216)		
	Deppermann gen. Esser: Untrain. Triphone (188)		Oetjen: Unsymm. Einhüllendenform (216)		
			He: Low frequency noise (217)		
			Eilers: Spektrotemporale Mod.-filter (217)		

**Donnerstag, 13. März 2014, Vormittag**

Audimax	Aula	Hörsaal B	Hörsaal G	Unikum
<b>Bin. Psychoak. &amp; Audiologie</b>	<b>Akustische Messtechnik II</b>	<b>Raumakustik II</b>	<b>Lehre und Geschichte I</b>	<b>Lärmschutz Schiene/ Flug</b>
08:00 Lübken: Binaurale Verdeckungs-muster (239)	Herold: Vergleich Mikr.-arrayver-fahren (245)	Brokmann: Schulakustik und Inklusion (256)		
08:20 Schoenmaker: Binaural cocktail party (239)	Carrillo Pousa: Fault Detection GMM (246)	Fuchs: Absorber und Hygiene (256)		
08:40 Reed: Lateral-izing binaural modul. (240)	Skowronek: Effects of bearing faults (246)	Machner: Bau-teilaktivierung (257)	Hennings: Meß-werkzeug Raum-akustik (267)	
09:00 Böck: Median-ebene Rich-tungshören (241)	Arsic: Wind-kraftanlagen-Messungen (247)	Behrens: Landtag NRW Düsseldorf (257)	Foken: Demon-strator Körperschall (267)	Weinandy: TSI Lärm – Revision (276)
09:20 Hládek: Sound Localization in Rooms (241)	Bethke: Diffus-feld - Schall-leistung (247)	Horvat: Public spaces evaluation (258)	Westermann: Daga-App (268)	Betgen: Stardamp rail dampers (277)
09:40 Klein-Hennig: Einhüllende u. Lateralisier. (242)	Kletschkowski: Contact-free Vibration 1 (248)	Nocke: Proben-räume Staats-theater (258)	Waloschek: Mi-krofonklangfarbe (268)	Czolbe: sonRAIL WebTool (277)
10:00 Käsbach: Binaural cues ASW (242)	Sadra: Contact-free Vibration 2 (248)	Lorenz-Kierakie-witz: Denkmalg. Kirche (259)	Schulz: Studiengang Akustik (269)	Johannsen: NAT 0,005 Messg./ Berechn. (278)
10:20 Favrot: Plateau effect (243)	Pause	Poster-präsentation (s.u.)	Kameier: Experi-mente Maschi-nenbau (269)	Pause
10:40 Pause	Metzger: Simult. Kalibrierung pv-Sonde (249)	Pause	Pause	Volz: Schall-schutzmaßnah-men BER (278)
		<b>Bauakustik III</b>		
11:00 Buhl: Binaurale Dynamikkom-pression (243)	Grebel: Sensi-tivität Impedanz-rohr (249)	Weber: Format-abhängigkeit Dämmung (262)	Bös: Studenten-projekte mit Industrie (270)	Veric: Fluglärm-Berechnungs-verfahren (279)
11:20 Marquardt: Binaural cue pre-servation (244)	Vercammen: Absorption ISO 354 (250)	Hackl: Schall-dämm. Schiebe-läden (263)	Verhey: Evalua-tion Mindest-kanon (271)	Reichenberger: Hinterkantenlärm (279)
11:40 Müller: Erhaltung räuml. Wahr-nehm. (245)	Poster-präsentation (s.u.)	Hessinger: Au-ßenwand Wärme-dämmung (263)	Poster-präsentation (s.u.)	Poster-präsentation (s.u.)

**Donnerstag, 13. März 2014, Poster-Kurzvorträge** (nähtere Informationen: S. 27)

Audimax	Aula	Hörsaal B	Hörsaal G	Unikum
<b>Akustische Messtechnik (Poster)</b>	<b>Raumakustik (Poster)</b>	<b>Lehre und Geschichte (Poster)</b>	<b>Lärmschutz Schiene / Flug (Poster)</b>	
	11:40	10:20	11:40	11:40
	De Weer: Schallintensitäts-tests (250)	Haltenorth: In-klusion u. Raum-akustik (260)	Lorenz-Kierakie-witz: Lehrveranstalt.-format (271)	Czolbe: Bewer-tung Schienen-schleifen (280)
	Raabe: Raumtemperatur-messung (251)	Seifert: Akustiktextilien (260)	Fels: Lärm und Bildung (272)	
	Pokorny: Para-metr. Lautspr.-arrays (251)	Balon: Erhöhung Wärmeleitfähig-keit (261)	Kob: Multimediales Lehrskript (273)	
	Tijs: 3D Intensity Scan (252)	Jeong: Heavy/soft Impact Sound (262)		

A1 0-006	A1 0-007	A1 0-008	A14 1-112	S 2-206
Strömungs-akustik I	Musikalische Akustik	Hydroakustik	Kavitation	Schallausbreit. im Freien
08:00 Sarradj: Laufzeit inhomogene Strömung (283)		Homm: Wasserschall Handels-schiffe (299)	Jüschke: Reinigung Quarz-Mikrowaage (310)	Dutilleux: Comparison predict. outdoor (320)
08:20 Spehr: Validierungsschallquelle (284)		Zerbs: Prognose Abstrahlung Schiffe (300)	Sobotta: Kavitationsrauschen (311)	Hohenwarter: Meteorol. sound propag (320)
08:40 Berkefeld: Akust. Nahfeld-holografie (284)	Adrian: Langzeitspektren von Musik (293)	Schulze: Betriebs-TPA (300)	Hertz-Eichenrode: Kavitations-schwelle (312)	Probst: Sound propagation outside (321)
09:00 Ahlefeldt: Kalter Schall (285)	Kern: Die Techno-Schwelle (294)	Schäl: Subtropische Gewässer (301)	Eisener: Acoustic cavitation emissions (312)	Economou: Outdoor sound theory/ pract. (321)
09:20 Stampka: Arraymessung am Vulkan (286)	Merchel: Vibrationen und Basspegel (295)	Stoltenberg: Tankexperiment (302)	Hussong: Ultraschallkavitation (313)	Vogelsang: Fluglärm, Wetter, AzB (322)
09:40 Geyer: Anisotrope Zuströmturbulenz (286)	Lepa: Mediatisierte Stimmung (295)	Borisuk: Green's Functions (302)	Mettin: Bubbles as hydrophones (313)	Ziemann: Meteorological influences (322)
10:00 Heinze: Modell Zylinder-Platte (287)	Versümer: Instrumentenspez. Spielarten (296)	Schäfer: Schallrückstreuung (303)	Pause	Hübelt: Propagation Porous Media (323)
10:20 Biedermann: Zylinder-Platte-Konfig. (287)	Habicht: Simulation vibroak. Signale (297)	Pause	Mottyl: Kavitationserosion Sonotrode (314)	Kühner: Schallausbr. Modellvergleich (323)
10:40 Pause	Pause	Schmidtkne: Zielmaß von Testkörpern (303)	Reuter: Bubble-surface interaction (314)	Pause
11:00 Kaltenbacher: Aeroac. source terms (288)	Imbery: Singing bowl directivity (297)	Abshagen: Grenzschichtuntersuch. (304)	Söhnholz: Bubble temperature (315)	Hirsch: Schallwetter (324)
11:20 Zenger: Akustik von Axialventilatoren (289)	Graefe: Audio Feature Extraction (298)	Stiller: Taucherdetektion (304)	Kristkeitz: Sonicated liquid jet (315)	Hirsch: ISO 9613 Reflexionsbedingung (324)
11:40 Kühnelt: CAA axial fan (289)	Poster-präsentation (s.u.)	Poster-präsentation (s.u.)	Poster-präsentation (s.u.)	Poster-präsentation (s.u.)

A1 0-006	A1 0-007	A1 0-008	A14 1-112	S 2-206
	Musikalische Akustik (Poster)	Hydroakustik (Poster)	Kavitation (Poster)	Schallausbreit. im Freien (Poster)
11:40	11:40	11:40	11:40	11:40
	Pysiewicz: Web Perception Experim. (299)	Burgschweiger: BEAM Impl. und Ergebnisse (305)	Koch: Num. simulations cavitation (316)	Krimm: Akust. Hochhausfassaden (325)
		Eliseev: Elektronik für Eissonografie (305)	Banchs-Piqué: Soft bubbles cleaning (316)	Batkó: Korrelierte Kontrollmessungen (326)
		Kirchmair: Ultraschall im Wasser (306)	Cairós Barreto: Sonoluminescence emiss. (317)	
		Scholz: In-ice positioning (306)		

**Donnerstag, 13. März 2014, Nachmittag**12:00 Mensa-Foyer: **Poster-Forum**

13:00 Mittagspause

14:00 Audimax: **Plenarvortrag Alexander Heisterkamp:**  
„**Laseranwendungen an der Cochlea - Bildgebung und Stimulation**“ (44)14:45 Audimax: **Plenarvortrag Ercan Altinsoy (Empfänger des Lothar-Cremer-Preises):**  
„**Vibroakustik: Schwingung – Geräusch – Information**“ (45)

15:30 kurze Pause

Audimax	Aula	Hörsaal B	Hörsaal G	Unikum
	<b>Akust. Mess-technik III</b>	<b>Aktive Systeme</b>	<b>Lehre und Geschichte II</b>	<b>Lärmwirkung</b>
15:40	Wittstock: Unsich. Absorptionsgradmess. (252)	Thyes: Aktive akustische Maskierung (264)	Eggenschwiler: Akustik ETH/Empa (273)	Eulitz: Machbarkeitsstudie Infraschall (281)
16:00	Lindemann: Impedanz Fahr-bahnbeläge (253)	Bein: Ergebnisse LOEWE-Zentrum (264)	Költzsch: Geschichte Strömungsak. (274)	Ebner: Tieffreq. Innenschallpegel (281)
16:20	Gaal: Eigenschaften Ferro-elektret (253)	Hinze: Optim. Gegenschallsystem (265)	Büttner: Concert Venue Tokyo (274)	Kühler: Bildgebende Verfahren (282)
16:40	Pazen: Felsenbeinstudien (254)	Sandner: Sensitivitätsanalyse (265)	Hoffmann: Kehlkopf-Modell Guttmann (275)	Kling: Luftultraschallquellen (283)
17:00	Preukschat: Photoakustische Zellen (255)	Kleinhenrich: ANC Barriere (266)	Schneider: Kondensatormikrophon (275)	
17:20	Feneberg: Smart-phone-Kleinst-lautspr. (255)	Igelsbach: Schallintensität (266)		

17:40 Uhr: **Abschlussveranstaltung im Audimax**

	A1 0-006	A1 0-007	A1 0-008	A14 1-112	S 2-206
	<b>Strömungs-akustik II</b>		<b>Psychoakustik und Modelle II</b>	<b>Physikalische Akustik</b>	
15:40	Kurz: Cut-Cell für CFD/CAA (290)		Getzmann: Sprachverstehen und Alter (307)	Daschewski: Thermo-akust. Schallerz. (317)	
16:00	Altenhein: Ak. von Klimaanla- gen (291)		Höchstetter: Singuläre Geräusche (307)	Boonen: Damping annular tailpipe (318)	
16:20	Schwertfirm: Quellanalyse mit CFD/CAA (291)		Hülsmeier: Qualität Produkt- geräusche (308)	Völkel: Primär- normal Halbfrei- feldraum (318)	
16:40	Hartmann: Wind- geräusch Fahr- zeugmodell (292)		Laback: Masker phase effects (309)	Guettler: Inho- mog. Glabrun- Gleichung (319)	
17:00	Herget: Flug- zeug-Fahrwerke (293)		Lochner: Tonkomplexe Infraschall (309)		
17:20			Altinsoy: Blinde hören besser (310)		

## Grußwort der Tagungsleitung

Sehr verehrte Kolleginnen und Kollegen, sehr geehrte Gäste,  
herzlich Willkommen zur 40. Jahrestagung für Akustik in Oldenburg!

Die große Zahl Ihrer Anmeldungen hat uns darin bestätigt, dass Oldenburg als Akustik-Tagungsort eine hohe Attraktivität ausübt und dass das Leitthema der Tagung „Hören für alle“ auf Resonanz stößt: Einerseits soll die erstmalig koordinierte Ausrichtung der DAGA mit der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Audiologie (DGA) Modellcharakter haben. So sind die strukturierten Sitzungen, Plenarvorträge und freien Sitzungen beider Tagungen so aufeinander abgestimmt, dass beim zeitlichen Überlappen der Tagung (Mittwoch und Donnerstag, den 12. und 13.03.) sich das Programm ergänzt und sich gute Gelegenheiten zum „Hineinschnuppern“ in die jeweils andere Tagung ergeben – natürlich ohne sich bei zwei Tagungen registrieren zu müssen! Andererseits nimmt das Leitthema das Motto des 2012 in Oldenburg und Hannover eingerichteten Exzellenzclusters „Hearing4all“ auf.

Die Ausrichtung und Struktur der Jubiläumstagung folgt dem bewährten Konzept der DAGA: In Plenarvorträgen, strukturierten und freien Vortragssitzungen und Poster-Sitzungen sowie der Industrieausstellung werden aktuelle Ergebnisse aus Akustik-Forschung und Entwicklung vorgestellt. Die Poster-Präsentationen werden dabei im Vergleich zu bisherigen DAGA-Tagungen besonders aufgewertet, um eine lebhafte, in die Tiefe gehende Diskussion an den Postern zu stimulieren:

- *Kurzvorträge aller Poster* in der jeweils thematisch passenden Sitzung
- *Pausen* während und nach der Sitzung, um direkt im Anschluss die passenden Poster zu besuchen
- Für jeden Tag *ausgewiesene Postersitzungen*, bei denen die Autoren der Poster angetroffen werden
- *Poster-Prämierung* durch das Publikum: Jeder Tagungsteilnehmer bekommt drei Klebepunkte, die er/sie auf die besten Poster seiner/ihrer Wahl appliziert. Eine Experten-Jury darf weitere Punkte verteilen. Die Poster mit der höchsten Klebepunkte-Zahl bekommen einen Poster-Preis<sup>1)</sup>.
- *Poster-Aufstellung in Nähe der Cafeteria*, für die die Tagungsteilnehmer besondere Verzehr-Gutscheine erhalten, so dass auch gustatorische Anreize für die Postersitzung gesetzt werden...

Oldenburg versteht sich als „Stadt des Hörens“ im Auditory Valley-Netzwerk mit einer einzigartigen Mischung von Forschungs-, Bildungs- und Entwicklungseinrichtungen rund um das Thema Hören und Akustik. Volker Mellert setzte als einer der ersten Physik-Professoren in Oldenburg ab 1973 die Göttinger Akustik-Tradition fort und leitete hier die DAGA-Tagungen 1986 und 2000. Die erste DGA-Tagung 1999 begründete die interdisziplinäre Verknüpfung: Die erste Gehörlosenschule Deutschlands wurde hier ebenso gegründet wie die jüngste medizinische Fakultät 2012. Einblicke in die vielfältige Oldenburger Akustik-Landschaft vermitteln nicht nur die drei Vorkolloquien und die Beiträge Oldenburger Autoren auf der Tagung, sondern auch die Führungen durch den Hörgarten am Haus des Hörens und zu den Labors der Jade-Hochschule, aber auch der besondere kulturelle Höhepunkt am Dienstagabend: Die Opernaufführung „Der Barbier von Sevilla“ im frisch renovierten und hinsichtlich der Akustik optimierten Oldenburger Staatstheater!

Lassen Sie sich von den Reizen Oldenburgs auch jenseits des wissenschaftlichen Tagungsprogramms verzaubern: Mit dem „Evening of Soul“ am Mittwochabend während der großen gemeinsamen Party von DAGA und DGA in der Uni-Bibliothek werden Sie junge Talente aus dem Fachbereich Musik kennenlernen. Auch die Kostümführung mit Graf Anton Günther und die Reise durch die Schokoladen-Welt bietet einen besonderen Einstieg in das Flair der historischen Oldenburger Innenstadt - Wir freuen uns auf Sie!

Birger Kollmeier, Tagungspräsident  
Matthias Blau, Tagungsleitung  
Steven van de Par, Tagungsleitung

1) Poster, die nicht an dieser Prämierungsprozedur teilnehmen wollen, können dies durch einen bei dem Tagungsbüro erhältlichen Aufkleber kennzeichnen

## Hinweise zur Tagung

Die

**DAGA 2014 – 40. Deutsche Jahrestagung für Akustik**

findet vom

**10. bis 13. März 2014**

in **Oldenburg** statt.

### Veranstaltungsort

Hörsaalzentrum der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Standort Haarentor

Uhlhornsweg 49-55

26129 Oldenburg

Homepage: <http://www.uni-oldenburg.de>

### Veranstalter

- Exzellenzcluster „Hearing4all“,  
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA)

### in Zusammenarbeit mit

- Forschungs- und Entwicklungs-Netzwerk Auditory Valley
- Jade Hochschule Wilhelmshaven / Oldenburg / Elsfleth
- Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT, // Projektgruppe Hör-, Sprach- und Audiotechnologie



### unter Mitwirkung von

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

### Wissenschaftliche Tagungsleitung

- Birger Kollmeier
- Matthias Blau
- Steven van de Par

**Programmausschuss**

- Michael Bellmann
- Jörg Bitzer
- Matthias Blau
- Joachim Bös
- Thomas Brand
- Simon Doclo
- Stephan Ewert
- Timo Gerkmann
- Stefan Goetze
- Martin Hansen
- Volker Hohmann
- Inga Holube
- Georg Klump
- Birger Kollmeier
- Manfred Mauermann
- Markus Meis
- Volker Mellert
- Bernd Meyer
- Christian Nocke
- Jan Rennies
- Ennes Sarradj
- Stefan Uppenkamp
- Steven van de Par
- Otto von Estorff
- Reinhart Weber

**Ausrichter**

- HörTech gGmbH

**Organisationsteam**

- Sabrina Lucke, Lars Krause, Swantje Suchland, Corinna Pelz, Stephan Albani (HörTech)
- Katja Warnken, Stephan Töpken, Ingrid Wusowski, Frank Grunau, Anita Gorges, Karin Klink, Jörg-Hendrik Bach, Stefan Uppenkamp, Steven van de Par, Birger Kollmeier (Universität Oldenburg)
- Sonja Olle, Marco Wilmes, Matthias Blau (Jade Hochschule)

**Kontakt**

Frau Teresa Samulewicz  
Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V.  
Voltastraße 5, Gebäude 10-6  
13355 Berlin  
Telefon: +49 30 340 60 38-03  
Fax: +49 30 340 60 38-10  
E-Mail: daga2014@dega-akustik.de

## Fachgebiete

Aktive akustische Systeme, Akustische Messtechnik, Audiologische Akustik, Audiotechnik, Bauakustik, Bioakustik, Elektroakustik, Fahrzeugakustik, Geräuschbeurteilung, Geschichte der Akustik, Hydroakustik, Körperschall, Lärmausbreitung, Lärmschutz, Lärmwirkungen, Lehre der Akustik, Medizinische Akustik, Musikalische Akustik, Numerische Akustik, Physikalische Akustik, Psychoakustik, Raumakustik, Schwingungsmechanik, Signalverarbeitung, Soundscape, Sound Design, Sprachverarbeitung, Strömungsauswirkungen, Technische Akustik, Ultraschall, Virtuelle Akustik und alle anderen Gebiete der Akustik

## Vorkolloquien

Am Montag, den 10. März 2014, finden drei Vorkolloquien statt:

- **Individualisierte Hörakustik**  
(Volker Hohmann, Simon Doclo, Matthias Blau), siehe S. 46
- **Robuste Spracherkennung & Machine Listening**  
(Bernd Meyer, Stefan Goetze), siehe S. 50
- **Fahrzeugakustik**  
(Jan Rennies, Reinhard Weber, Steven van de Par), siehe S. 54

## Eröffnung

Die Eröffnung der DAGA 2014 beginnt am Dienstag, den 11. März 2014, um 9:00 Uhr im Audimax (siehe S. 334) und umfasst Grußworte und Musik. Es folgen die Preisverleihungen; hierzu finden Sie auf den Seiten 40-41 und auf Seite 6 ausführliche Informationen.

## Plenarvorträge

Im Rahmen der DAGA 2014 finden sechs Übersichtsvorträge zu aktuellen Themen der Akustik statt:

- Michael Möser (Empfänger der Helmholtz-Medaille):  
„Die Bedeutung der Beugekante von Schallschutzwänden“ (S. 42)
- M. Ercan Altinsoy (Empfänger des Lothar-Cremer-Preises):  
„Vibroakustik: Schwingung - Geräusch – Information“ (S. 45)
- Volker Grützmacher:  
„Quo Vadis, Fahrzeugakustik“ (S. 42)
- Annemarie Surlykke:  
„How do echolocating bats 'see' the world with sound?“ (S. 43)
- Dirk Püschel:  
„Mikrofonarrays - Methoden und Anwendung“ (S. 44)
- Alexander Heisterkamp:  
„Laseranwendungen an der Cochlea – Bildgebung und Stimulation“ (S. 44)

## Strukturierte Sitzungen

- Akustik der Musikinstrumente (Judit Angster), S. 83
- Akustik von Windturbinen  
(Stefan Becker, Manfred Kaltenbacher), S. 147
- Der Beitrag der Psychoakustik zur traditionellen Lärmschutzpolitik  
(Michael Jäcker-Cüppers), S. 158
- Gehörmodellierung (Jesko Verhey, Torsten Dau), S. 200
- Hydroakustik: Quellenidentifikation, Schallausbreitung, Kommunikation (Jan Abshagen, Ingo Schäfer), S. 299
- Kavitation (Robert Mettin), S. 310
- Lärm am Arbeitsplatz (Sandra Dantscher), S. 75
- Lehre und Geschichte der Akustik  
(Peter Költzsch, Jesko Verhey), S. 267 und S. 273
- Schallausbreitung im Freien und Immissionsberechnung  
(Volker Mellert), S. 320
- Schallbelastung der Meere durch den Menschen  
(Stephan Lippert, Tanja Grießmann), S. 227
- Spracherkennung: Anywhere, Any Time  
(Martin Heckmann, Dorothea Kolossa), S. 183
- Virtuelle Akustik und Binauraltechnik  
(Sascha Spors, Janina Fels, Stefan Weinzierl), S. 132 und 140

## Vortrag: Aktuelles zu den Förderprogrammen der DFG

Am Mittwoch, den 12.3. um 11:40 Uhr, Raum A14 1-112 referiert Herr Dr. Achim Tieftrunk, der für das Fach Akustik zuständige Programmdirektor der Gruppe Ingenieurwissenschaften der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), über „Forschung in der Akustik: Die Förderprogramme der DFG“. Insbesondere richtet sich der Beitrag auch an Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler nach dem Motto: „Promoviert und dann? Nachwuchsförderprogramme der DFG“.

## Die App (iOS / Android) zur DAGA 2014

Das finale und aktualisierte DAGA-Programmheft im Smartphone-Format: Mithilfe der DAGA-App können Sie sich Ihr persönliches DAGA-Programm gestalten, einzelne Vorträge in Ihren Smartphone-Kalender eintragen, Abstracts lesen und herunterladen, nach Themen und Autoren suchen sowie den Lage- und Raumplan abrufen. Die Applikation „DAGA 2014“ steht Ihnen ab Anfang März 2014 im AppStore bzw. in Google Play kostenlos zum Download bereit.

## Online-Tagungsplaner

Ab etwa Mitte Februar 2014 wird auf der DAGA-Webseite

[www.daga2014.de](http://www.daga2014.de)

die vollständige Tagung in tabellarischer Form unter „Programm“ abrufbar sein. Dort besteht die Möglichkeit, sich einen persönlichen Tagungskalender zusammenzustellen, indem Sie die Sitzungstermine in Ihren Kalender (Outlook/iCal) übernehmen. Klicken Sie hierzu in der Stundenplanungsübersicht auf den gewünschten Vortrag und erhalten Sie weitere Informationen zu diesem Vortrag. Am Ende des Textes ist ein Link sichtbar, der – falls gewünscht – den Termin für die Kalender Outlook/iCal direkt in Ihren Terminkalender postet.

## 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 Vorträsräumen gesteuert; Zeitüberschreitungen sind nicht möglich. Die Sitzungsleiter werden Vorträge, die zu lange dauern, abbrechen. Bitte richten Sie daher Ihren Vortrag auf die Vortragsdauer von 15 min ein.

Hinweis für Teilnehmer: Während der Vorträge ist das **Abfotografieren oder Abfilmen** der Vortragsfolien nicht gestattet.

## Medien

Für die mündliche Präsentation stehen in jedem Konferenzraum ein Laptop (mit aktuellen Versionen von Microsoft Windows, Microsoft PowerPoint und Adobe Reader), ein Beamer mit einer Standardauflösung von 1024 x 768 Pixeln 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 31. Januar 2014 per E-Mail an [daga2014@dega-akustik.de](mailto:daga2014@dega-akustik.de) angemeldet werden.

Vortragende werden gebeten, ihre Präsentation auf CD-ROM oder USB-Stick bereit zu halten und diese vor Beginn der Vortragssitzung mit Hilfe des Saalpersonals auf den vorhandenen Rechner zu überspielen. Es sollten möglichst keine eigenen Laptops benutzt werden. Es ist darauf zu achten, dass die verwendeten Speichermedien virenfrei sind. Vireninfizierte Medien können nicht angenommen werden.

**Neu!** Darüber hinaus besteht ab Februar 2014 die Möglichkeit, Ihre Präsentation vorab unter <http://2014.daga-tagung.de/de/autoren> bis zum 06.03.2014 hochzuladen, um zeitliche Engpässe vor Ort und den möglichen Verlust von Speichermedien zu vermeiden. Zum Upload benötigen Sie die Referenz-Nummer Ihres Abstracts sowie das Passwort, welches Ihnen bei der Abstract-Einreichung per Mail zugesandt wurde.

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 der CD oder dem USB-Stick zu speichern. Sie können Ihre Präsentation in den vortagsfreien Zeiten und eine halbe Stunde vor Beginn der ersten Sitzung des Tages testen und gegebenenfalls Ihren „Pack & Go“-Ordner entpacken.

Da für die Kompatibilität Ihrer Präsentation mit der installierten PowerPoint-Version keine Gewähr übernommen werden kann, steht im Tagungsbereich ein Mediencheck für den Test Ihrer Präsentation zur Verfügung.

### **Poster**

Die Poster werden zentral in einer Posterausstellung im Mensa-Foyer (siehe S. 337) präsentiert. Die Posterausstellung hat als Diskussionsforum während der Tagung einen hohen Stellenwert. Deshalb hat das Tagungsteam der DAGA 2014 neue Impulse für die attraktive Gestaltung der Posterausstellung gesetzt. So wurden alle Poster in einer thematisch passenden Sitzung aufgenommen. Im Rahmen dieser Sitzung gibt es die Möglichkeit, einen zweiminütigen Einführungs-Kurzvortrag zum Poster zu halten. Die Poster sind in der tabellarischen Übersicht am Dienstag (siehe S. 8-9), Mittwoch (siehe S. 12-13 und S. 14-15) sowie am Donnerstag (siehe S. 16) zu der entsprechenden Zeit des Kurzvortrages integriert.

Im Anschluss an die Sitzung wird die Möglichkeit zur intensiven Diskussion an den Postern geboten.

Darüber hinaus werden die Autoren gebeten, an folgenden Terminen für Fragen und Diskussionen bei ihren Postern zur Verfügung zu stehen.

Dienstag (11.03.2014), 14:00 – 14:40 Uhr (S. 8-9)

Mittwoch (12.03.2014), 18:00 – 19:00 Uhr (S. 12-13 u. S. 14-15)

Donnerstag (13.03.2014), 12:00 – 13:00 Uhr (S. 16-17)

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

Wir bitten die Autoren, ihre Poster am jeweiligen Tag, an dem auch Ihr Poster-Kurzvortrag eingeplant ist, bis 9:00 Uhr aufzuhängen und spätestens um 20:00 Uhr abzuhängen. Poster, die nach 20:00 Uhr noch hängen, werden entsorgt.

Erstmalig werden bei der diesjährigen DAGA-Tagung die drei besten Poster mit Geldprämiens für die Erstautoren ausgezeichnet. Die Bewertung der Poster erfolgt durch alle Tagungsteilnehmer. Jeder Tagungsteilnehmer kann durch Aufbringen von Stickern, die im Tagungsbüro ausgeteilt werden, drei Punkte vergeben (kumulierende Punktevergabe ist möglich). Die Übergabe der Preise erfolgt bei der Verabschiedung am Ende der Tagung.

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

### **Late Poster**

Bitte beachten Sie, dass die Anmeldung eines mündlichen Vortrags leider nicht mehr möglich ist, da die Anmeldefrist am 1. November 2013 abgelaufen ist. Wie in den letzten Jahren besteht aber die Möglichkeit, ein „Late Poster“ anzumelden, und zwar bis zum 07. Februar 2014. Dies beinhaltet – wie für Vorträge und Poster auch – einen zweiseitigen Beitrag im Tagungsband. Die Anmeldung und Koordination läuft per E-Mail an [daga2014@dega-akustik.de](mailto:daga2014@dega-akustik.de).

### **Informationen zur Abgabe der Manuskripte**

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

[www.daga2014.de](http://www.daga2014.de)

bis **spätestens zum 30. April 2014** abzugeben. Verspätet abgegebene Beiträge können nicht für den Tagungsband berücksichtigt werden.

Die Länge, das Seitenformat und die zu verwendenden Schriftformate sollen im Tagungsband einheitlich sein und sind somit vorgegeben. Die Länge des Tagungsbeitrages ist auf zwei DIN-A4-Seiten begrenzt, die jeweils zweispaltig beschrieben werden. Vorlagen für Word und L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X stehen auf der Webseite [www.daga2014.de](http://www.daga2014.de) unter „Autoren → Hinweise Manuskript“ zur Verfügung. Für Benutzer von Microsoft Word und L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X können die entsprechenden Dateien direkt als Vorlage genutzt werden. Bei der Nutzung anderer Textverarbeitungsprogramme sind die Formate entsprechend zu übernehmen. Der Tagungsbeitrag kann als Word- oder direkt als PDF-Datei eingereicht werden. Der Tagungsband wird in Form einer CD-ROM im Sommer 2014 an die Tagungsteilnehmer versendet. Eine CD pro Tagungsteilnehmer ist in der Tagungsgebühr enthalten.

## Unterstützer und Sponsoren

Die Organisatoren möchten sich ganz herzlich bei folgenden Unternehmen für die großzügige Unterstützung der DAGA 2014 in Form von Sach- und Geldspenden bedanken:

- **Silber-Sponsoren:**

- HEAD acoustics GmbH, Herzogenrath



- BSW Berleburger Schaumstoffwerk GmbH, Bad Berleburg



- Ecophon Deutschland, Lübeck



- **Weitere Sponsoren:**

- Norsonic-Tippkemper GmbH, Oelde-Stromberg

## Tagungsbegleitende Ausstellung

Der wissenschaftliche Teil der Tagung wird von einer Firmenausstellung begleitet. Diese bietet ein Forum für Kontakte und den Informationsaustausch zwischen Theorie und Praxis. Sie findet vom 11. bis zum 13. März 2014 im Hörsaalzentrum A14 im Erdgeschoss und Obergeschoss (im Bereich des Tagungsbüros, des Caterings sowie des Audiemax'; siehe S. 334), im Mensa-Foyer (bei der Posterausstellung; siehe S. 337) sowie im Gebäude A11 (bei der Aula; siehe S. 339) statt.

Wenn Sie als Firma an der Firmenausstellung teilnehmen möchten, wenden Sie sich bitte bis Ende Januar 2014 an Herrn Krause (Kontakt: HörTech gGmbH, Haus des Hörens, Tel.: 0441/2172 – 200, Fax: 0441/2172 – 150, Email: [L.Krause@hoertech.de](mailto:L.Krause@hoertech.de)).

Nähere Informationen, Lagepläne und Anmeldeformulare stehen unter [www.daga2014.de](http://www.daga2014.de) → „Ausstellung“ zur Verfügung.

Bis zum 08. Januar 2014 haben sich folgende Firmen zur tagungsbegleitenden Ausstellung angemeldet:

- Akustikbüro Rahe-Kraft GmbH
- BASF
- BASWA acoustic AG
- Braunstein + Berndt GmbH
- Brüel & Kjaer GmbH
- BSW Berleburger Schaumstoffwerk GmbH
- CADFEM GmbH
- CAE Software & Systems GmbH
- Carcoustics International GmbH
- DataKustik GmbH
- Ecophon Deutschland
- Elsyca NV
- ESI Engineering System International GmbH
- Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT
- G.R.A.S. Tippkemper GmbH & Co. KG
- gfa! tech GmbH
- HEAD acoustics GmbH
- HörTech gGmbH
- IAC GmbH – Industrial Acoustics Company GmbH
- LTT Labortechnik Tasler GmbH
- Mageba GmbH
- Microflown Technologies BV
- Microtech Gefell GmbH
- Müller-BBM GmbH
- Müller-BBM VibroAkustik-Systeme GmbH
- Norsonic-Tippkemper GmbH
- Novicos GmbH
- Odeon A/S
- Polytec GmbH
- Schalltechnik Süd & Nord GmbH
- SINUS Messtechnik GmbH
- Soundtec GmbH
- SPEKTRA Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden
- Stapelfeldt Ing. GmbH
- SVANTEK Deutschland GmbH
- Uppenkamp + Partner GmbH
- Wölfel Meßsysteme Software GmbH + Co. KG

### **Produkt-Forum**

Wie auch im letzten Jahr wird wieder ein Produkt-Forum angeboten. Um eine möglichst große Zuhörerschaft zu erreichen, findet es am Dienstag, 11.03.2013, von 12:30 bis 13:30 Uhr im Anschluss an den Plenarvortrag im Audimax statt.

In einer jeweils zweiminütigen Präsentation haben die Aussteller der tagungsbegleitenden Ausstellung die Möglichkeit, auf ihre Produkte und Ideen hinzuweisen. Wenn Sie als Aussteller Interesse haben, am Produkt-Forum teilzunehmen, dann melden Sie sich bitte bis Freitag, den 7. Februar 2014, mit Angabe des Sprechers (Vor- und Nachname) per E-Mail an [l.krause@hoertech.de](mailto:l.krause@hoertech.de) bei der Tagungsorganisation an.

### **Stellenanzeigen**

Am Tagungsort dürfen Stellenanzeigen nur an einem zentralen schwarzen Brett im Bereich des Tagungsbüros ausgehängt werden, und zwar zu einer Nutzungsgebühr von 50,- € (für Hochschulen und DEGA-Fördermitglieder) oder 150,- € (für sonstige Firmen und Institutionen), jeweils zzgl. MwSt.

### **DEGA-Mitgliederversammlung**

Am Montag, den 10. März 2014, findet um 17:00 Uhr die DEGA-Mitgliederversammlung in der Aula (Raum A11 0-009) statt. Die offizielle Einladung und die Tagesordnung werden den Mitgliedern der DEGA mit dem nächsten Sprachrohr zugeschickt und auch auf der DEGA-Webseite bekannt gegeben.

### **Fachausschuss- und Gremiensitzungen**

Während der DAGA werden verschiedene Gremiensitzungen stattfinden, und zwar vorwiegend in der Mittagspause.

Für die Fachausschuss-Sitzungen der DEGA finden Sie Angaben zu Zeiten und Räumen auf Seite 351; die zugehörigen Einladungen werden im nächsten DEGA-Sprachrohr bekannt gegeben.

### **Mitgliederversammlung des ALD**

Am Dienstag, den 11. März 2014, findet von 12:30 bis 14:30 Uhr die Mitgliederversammlung des Arbeitsrings Lärm der DEGA (ALD) im Unikum (bei der Mensa, s. S. 336) statt. Die Einladung mit Tagesordnung wird im nächsten DEGA-Sprachrohr veröffentlicht.

### **DEGA-Studierenden- und Promovierenden-Treffen**

- Young Professionals Meeting:

Das „Young Professionals Meeting“ ist die Fortführung des Studierenden- und Promovierendentreffs der letzten Jahre. Neben einer Vorstellung der Aktivitäten für Studierende in der DEGA und in der EAA bietet dieses Treffen eine ideale Plattform, um Kontakte im Hinblick auf die zukünftige universitäre oder berufliche Laufbahn zu knüpfen. Alle Studierenden, Promovierenden, jungen Akustiker und Vertreter von Hochschulen sowie aus der Wirtschaft sind herzlich eingeladen. Das „Young Professionals Meeting“ wird am Dienstag, den 11. März 2014, ab 18:00 Uhr in Raum A1 0-008 stattfinden.

- Young Professionals – Icebreaker:

Zusätzlich zum „Young Professionals Meeting“ wird es am Montag, den 10. März 2014, in der Zeit von 16:00 bis 17:00 Uhr im Raum A1 0-010b einen „Young Professionals – Icebreaker“ geben.

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

### Abendveranstaltungen

Im Rahmen der DAGA 2014 wird es drei Abendveranstaltungen geben:

- Am Montag, den 10. März 2014, lädt das Organisationsteam ab 19:00 Uhr zum **Sektempfang** im Foyer der Mensa (siehe S. 337) ein.
- Am Dienstag, den 11. März 2014, findet ab 19:45 Uhr eine **Aufführung „Der Barbier von Sevilla“** im Staatstheater (siehe [www.staatstheater.de](http://www.staatstheater.de), Wegbeschreibung siehe S. 340) statt (kein Einlass nach Veranstaltungsbeginn).
- Der **gesellige Abend** der DAGA 2014 findet am Mittwoch, den 12. März 2014, ab 19:00 Uhr im Bibliothekssaal (BIS-Saal, siehe 337) unter dem Motto „An Evening of Soul“ statt. Aus sicherheits-technischen Gründen werden wir den Bibliothekssaal leider nur bis 24:00 Uhr nutzen können. Die traditionelle DAGA-Jam-Session findet im Anschluss an den Auftritt der Soul-Band der Universität Oldenburg statt. Technische Anforderungen und Voraussetzungen dafür sind bitte bis spätestens 15. Februar 2014 mit der Tagungsorganisation (E-Mail an [daga2014@dega-akustik.de](mailto:daga2014@dega-akustik.de)) zu klären und abzustimmen.

### Begleitprogramm

Den DAGA-Teilnehmern werden **kostenlos** diverse Führungen und Besichtigungen in Oldenburg angeboten:

- **Hört, Hört – Führung im Oldenburger Hörgarten**

Oldenburg belebt die Sinne — und in seinem außergewöhnlichen Hörgarten insbesondere einen: Hier kann das Hören in allen Facetten erlebt, verstanden und auf die Probe gestellt werden. Direkt am Haus des Hörens gelegen, verschaffen spannende Mitmachexperimente kleinen und großen Besuchern einen tiefen Einblick in die Wunderwelt der Akustik und des Gehörs. So kann man sich in Flüssterspiegeln auf 40 Meter Distanz noch bestens verständigen. Am Teich zeigen Wasserwellen, wie das Hören in Stereo funktioniert, und die Mittelohr-Pauke veranschaulicht, wie das Trommelfell zum Schwingen gebracht wird. Neugierig? Dann hören Sie doch mal „auf ein Ohr“ vorbei. Der Rundgang für maximal 30 Personen dauert ca. 45 Minuten.

- Dienstag, 11. März 2014, 10:00 - 11:00 Uhr und 15:00 - 16:00 Uhr
- Mittwoch, 12. März 2014, 10:00 - 11:00 Uhr und 15:00 - 16:00 Uhr
- Treffpunkt: jeweils 9:30 Uhr und 14:30 vor dem Tagungsbüro

- Ende: jeweils ca. 11:00 und 16:00 Uhr am Haus des Hörens in Oldenburg

**Anmeldung:** erforderlich per E-Mail bis spätestens 06. März 2014 an [daga2014@dega-akustik.de](mailto:daga2014@dega-akustik.de) und ab 10. März 2014 im Tagungsbüro (in der Reihenfolge der Anmeldungen, maximal 30 Personen).

- **Traditionsreich durch die Übermorgenstadt Oldenburg: Kostümführung mit Graf Anton Günther**

Als kostümiertter Stadtführer lässt Graf Anton Günther die Zeit des 30-jährigen Krieges und des Weserzolls wieder auferstehen. Dazu gehören natürlich Anekdoten über sein Leben, Wirken und Legenden. Graf Anton Günther, bekannt als gewitzter „Friedensfürst“ und „Pferdegraf“, wurde zu einer populären Symbolfigur. Und schon Graf Anton Günther hatte stets das Übermorgen im Sinn: Unter seiner Herrschaft gediehen Wirtschaft, Handel, Handwerk, Kunst, Literatur, Musik und die berühmte Oldenburger Pferdezucht. Der Rundgang für maximal 30 Personen dauert ca. 90 Minuten.

- Mittwoch, 12. März 2014, von 14:00 - 15:30 Uhr
- Treffpunkt: 13:30 Uhr vor dem Tagungsbüro
- Ende: ca. 15:30 Uhr am Oldenburger Schloss

**Anmeldung:** erforderlich per E-Mail bis spätestens 27. Februar 2014 an [daga2014@dega-akustik.de](mailto:daga2014@dega-akustik.de). Restplätze werden ab 10. März 2014 im Tagungsbüro vergeben (in der Reihenfolge der Anmeldungen, maximal 30 Personen).

- **Süß. Eine Reise durch die Schokoladenwelt**

Lassen Sie sich von Chocolatier und Konditormeister Christian Klinge in die Welt der Schokolade entführen. Sie erfahren Wissenswertes über die Geschichte, den Anbau und die Herstellung von Schokolade. Doch was wäre eine Reise durch die Schokoladenwelt ohne Sinnesgenuss? Jeder Teilnehmer ergründet die Geschmacksnuancen hochwertiger Kuvertüre unter fachkundiger Anleitung. Sie erhalten kleine Kostproben zum Erleben und Schmecken.

- Donnerstag, 13. März 2014, von 14:00 - 15:30 Uhr:
- Treffpunkt: 13:30 Uhr vor dem Tagungsbüro
- Ende: ca. 15:30 Uhr Café Klinge, Theaterwall 47, 26122 Oldenburg

**Anmeldung:** erforderlich per E-Mail bis spätestens 27. Februar 2014 an [daga2014@dega-akustik.de](mailto:daga2014@dega-akustik.de). Restplätze werden ab 10. März 2014 im Tagungsbüro vergeben (in der Reihenfolge der Anmeldungen, maximal 20 Personen).

- **Labor-Tour Jade-Hochschule Oldenburg**

Seit nunmehr 11 Jahren wird am Institut für Hörtechnik und Audiologie der Jade Hochschule auf dem Gebiet der Akustik geforscht – hier können Sie sich einen Überblick über aktuelle Projekte und Experimente verschaffen. Besichtigt werden können z.B. das WFS-Systems

(Vorstellung von Studien zum Einfluss räumlich verteilter und bewegter Störquellen sowie zum minimum audible angle), sowie Vorführungen und Experimente zur individualisierten Binauraltechnik (virtueller Kopfkopf) und zur Audiologie.

- Dienstag, 11. März 2014, von 13:00 - 14:00 Uhr
- Treffpunkt: 12:30 Uhr vor dem Tagungsbüro
- Ende: ca. 14:00 Uhr

**Anmeldung:** erforderlich per E-Mail bis spätestens 06. März 2014 an [daga2014@dega-akustik.de](mailto:daga2014@dega-akustik.de) oder ab 10. März 2014 im Tagungsbüro (in der Reihenfolge der Anmeldungen, maximal 30 Personen).

### Anmeldung zur Teilnahme an der Tagung

Die Anmeldung zur Teilnahme soll vorzugsweise im Internet unter

[www.daga2014.de](http://www.daga2014.de)

(und dort unter „Anmeldung“) bis zum 06. März 2014 erfolgen. Für die schriftliche Anmeldung als Teilnehmer können Sie das entsprechende Anmeldeformular ebenfalls von der Webseite herunterladen oder das Formular auf Seite 352 verwenden. Nach dem 06. März 2014 ist die Anmeldung vor Ort im Tagungsbüro möglich.

### Teilnahmegebühren

Klasse	Mitglieder <sup>(a)</sup>	studierend	Rentner <sup>(b)</sup>	€ früh <sup>(c)</sup>	€ spät <sup>(d)</sup>
1 <sup>(e)</sup>	nein	nein	nein	250,-	290,-
2	nein	nein	nein	230,-	270,-
3	ja	nein	nein	180,-	220,-
4	ja	nein	ja	75,-	100,-
5 <sup>(f)</sup>	nein	ja	nein	70,-	80,-
6	nein	ja	nein	60,-	70,-
7	ja	ja	nein	30,-	40,-

<sup>(a)</sup>: Mitglied in DEGA, VDI, DPG, ITG, VDT, EAA-Mitgliedsgesellschaft

<sup>(b)</sup>: Die Teilnahmegebühren für Rentner oder Pensionäre gelten auch für Erwerbslose. Teilnehmer aus dieser Kategorie, die nicht Mitglied<sup>(a)</sup> sind, zählen zu Klasse 2.

<sup>(c)</sup>: bei Anmeldung bis einschließlich 31. Januar 2014

<sup>(d)</sup>: bei Anmeldung ab dem 1. Februar 2014

<sup>(e)</sup>: Paketangebot: Tagungsteilnahme plus Neu-Mitgliedschaft in der DEGA im Jahr 2014

<sup>(f)</sup>: Paketangebot: Tagungsteilnahme plus Neu-Mitgliedschaft als Studierende(r) in der DEGA im Jahr 2014

Das *Paketangebot* für Nicht-DEGA-Mitglieder umfasst neben der Tagungsteilnahme die volle persönliche Mitgliedschaft in der DEGA inklusive des Mitgliedsbeitrags für das Jahr 2014. Es ist aufgrund der geringen Differenz zur regulären Teilnahmegebühr sehr attraktiv. Nach Ablauf des Jahres 2014 verlängert sich die Mitgliedschaft automatisch; es gelten dann die regulären Mitgliedsbeiträge. Sollten Sie an einer weiterführenden Mitgliedschaft nicht interessiert sein, teilen Sie dies der DEGA-Geschäftsstelle bis spätestens vier Wochen vor Ablauf des Jahres schriftlich mit.

Bei gleichzeitiger Anmeldung zur Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Audiologie (DGA, 12.-15.03.14) reduzieren sich die Gebühren um 25,- EUR (Klasse 1-4) bzw. 10,- EUR (Klasse 5-7).

### **Zahlungsweise**

Zahlungen innerhalb Deutschlands sollten vorzugsweise per SEPA-Lastschriftmandat durchgeführt werden und aus dem Ausland per IBAN-Überweisung (aus Euro-Staaten) oder per Kreditkarte. Bei der online-Anmeldung (oder im Formular für die schriftliche Anmeldung) können Sie die entsprechenden Angaben machen; eine Rechnung wird per E-Mail zugeschickt.

Falls Sie Ihre Tagungsgebühr überweisen möchten, zahlen Sie diese bitte auf folgendes Konto unter Angabe Ihrer Rechnungsnummer ein:  
Kontoinhaberin: DEGA e.V.

IBAN: DE23 2802 0050 1083 7201 00

BIC: OLBODEH2.

### **Tagungs-CD und Tagungsband**

Die Manuskripte der Beiträge zur Tagung (Vorträge und Poster) werden wie üblich als CD-ROM veröffentlicht. Jeder registrierte Tagungsteilnehmer erhält diese CD im Sommer 2014. Eine gedruckte Version des Tagungsbandes ist gegen eine Kostenbeteiligung von 80,- € erhältlich. Dieser Preis gilt als Subskriptionspreis für Tagungsteilnehmer vor oder während der Tagung.

Nachträgliche Bestellungen der CD-ROM oder des gedruckten Tagungsbandes sind möglich; der Preis beträgt dann für die CD 55,- € und für das Buch 100,- € (jeweils inkl. MwSt. und zzgl. Versand).

### **Hinweise zur Verpflegung**

Während der Tagung gibt es wie gewohnt Getränke sowie Gebäck in den Kaffeepausen. Es besteht zudem die Möglichkeit, sich Speisen und Getränke in der Mensa der Carl-von-Ossietzky Universität zu kaufen.

Zur besonderen Betonung der Poster-Präsentationen zählt auch ihre unmittelbare Nähe zur Cafeteria der Universität im Mensa-Foyer: Zur Stärkung während der individuellen Poster-Besichtigungstour werden Verzehr-Gutscheine der Cafeteria ausgegeben.

Eine Fülle von Lokalen und Restaurants, für jede Geschmacks- und Preisklasse, finden Sie in Uni-Nähe und in der Innenstadt von Oldenburg, die in wenigen Fahrminuten zu erreichen sind. Einen Lageplan finden Sie auf der letzten Umschlagsseite.

### **Restaurants in Uni-Nähe**

Ali Baba

Ammerländer Heerstraße 120, 26129 Oldenburg

Tel. +49 (0) 4 41–7 29 99

Öffnungszeiten: Mo–So: 11:30–14:30, 18:30–24 Uhr

Es muss nicht immer Döner sein – getreu diesem Motto erleben Oldenburger schon seit Ende der Siebziger Jahre die exzellente orientalische Küche.

proSecCo

Uhlhornsweg 99, 26129 Oldenburg

Tel. +49 (0) 4 41–7 77 08 61

Öffnungszeiten: Mo–Fr 10–23 Uhr, Sa 10–16 Uhr

Inhaber Steffen Kurz präsentiert im Ökozentrum direkt an der Universität eine sehr gute italienische Küche. Mittags kommen etwa Gnocchi mit rotem Pestorahm oder eine Hähnchenbrust mit Knoblauchkartoffelchen und Waldpilzen auf den Tisch.

Café Merlin

Ammerländer Heerstraße 100, 26129 Oldenburg

Tel.: +49 (0) 4 41–77 69 84

Santorini (Griechische Küche)

Ammerländer Heerstraße 80, 26129 Oldenburg

Tel.: +49 (0) 4 41–7 30 58

Öffnungszeiten: Tägl. 12–14:30 und 17:30–23:30 Uhr

Zum Drögen Hasen – Alles andere als trocken!

Drögen-Hasen-Weg 111, 26129 Oldenburg

Tel.: +49 (0) 4 41–8 80 07

Öffnungszeiten: Mo–Sa ab 14 Uhr, Küche ab 17:30 Uhr

Finca & Bar Celona

Ammerländer Heerstraße 252, 26129 Oldenburg

Tel. +49 (0) 4 41–57 04 57 12

Öffnungszeiten: So–Do: 9–1 Uhr, Fr–Sa: 9–2 Uhr

### **Restaurants in der Innenstadt**

Bestial

Theaterwall 20, 26122 Oldenburg

Tel. +49 (0) 441-217 67 14

Öffnungszeiten: Mo–Sa ab 11:30 Uhr, So ab 17 Uhr

Direkt gegenüber des Oldenburgischen Staatstheaters verbindet sich

modernes Lifestyle-Ambiente mit bestialischem Frischekonzept, wovon sich jeder Gast mit einem Blick in die zentrale Showküche selbst überzeugen kann.

Café Klinge am Theaterwall  
Theaterwall 47, 26122 Oldenburg  
Tel. +49 (0) 441-2 50 12

Öffnungszeiten: Mo-Fr: 8-18:30 Uhr, Sa: 8-18 Uhr, So: 10-18 Uhr  
Als frühere Hof-Konditorei hält der Familienbetrieb der Klinges seit 1884 die Tradition alter Rezepte aufrecht. Beste Zutaten, handwerkliches Können und viel Erfahrung verwöhnen die Gaumen mit Torten, Kuchen und anderen Köstlichkeiten.

Chianti Classico  
Achternstraße 40, 26122 Oldenburg  
Tel. +49 (0) 441-1 20 88

Öffnungszeiten: Täglich 12–15 Uhr und 18–24 Uhr  
Das Chianti Classico, etwas versteckt in einer kleinen Innenstadtgasse gelegen, ist ein Ristorante der guten alten Schule. Wer Kerzen-Romantik und Gemütlichkeit a la italienisches Fischerdorf mag, kann sich hier zudem auf allerhand Leckeres aus der Küche freuen.

Der Schwan  
Stau 34, 26122 Oldenburg  
Tel. +49 (0) 441-2 61 89

Öffnungszeiten: So–Do 9–2 Uhr, Fr–Sa 9–3 Uhr  
Bürgerhaus, Wintergarten und Biergarten direkt am Oldenburger Stadthafen – all das ist Der Schwan. Frühstückslokal und Mittagskantine, Partylocation und Abendrestaurant mit reichem Speisenangebot.

Mamma Mia  
Markt 19, 26122 Oldenburg  
Tel. +49 (0) 441-1 54 70

Öffnungszeiten: So-Do: 12:00 - 24:00 Uhr  
Fr-Sa: 12:00 - 1:00 Uhr  
Die Köche wissen genau, was sie dem Ruf der ersten echten italienischen Pizzeria vor Ort schuldig sind und sorgen bereits bei den Vorspeisen für Entzücken. Aus dem großen Angebot stechen der Tintenfischsalat und das Carpaccio di Manzo heraus. Fleischliebhaber erfreuen sich an Co-toletta alla Capricciosa, dem Lammkotelett mit Champignons in Brandy und der auf venezianische Art zubereiteten Leber.

**Copyshop in Uni-Nähe**  
Copy 4 you  
Ammerländer Heerstraße 108  
26129 Oldenburg  
(direkt am Campus Haarentor)  
Öffnungszeiten: Mo-Fr 9:30 – 18 Uhr

## Anreise

Ausführliche Informationen zur Anreise mit dem Pkw oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln erhalten Sie auf S. 332.

## Kostenlose Nutzung des ÖPNVs

Gegen Vorlage Ihres Tagungsausweises können Sie die öffentlichen Nahverkehrsmittel der Verkehr und Wasser GmbH (VWG) kostenlos nutzen. Es ist lediglich ein Ticket auf der ersten Fahrt zum Tagungsort vor Abholung des Tagungsausweises zu lösen.

## Hotels und Tourismus

Alle wesentlichen Angaben zu Unterkünften und Hotels finden Sie auf der DAGA-Webseite [www.daga2014.de](http://www.daga2014.de) unter dem Stichwort „Tagungs-ort“ → „Hotels und Tourismus“.

Dort gibt es ein Formular, über welches Sie ein Hotelzimmer aus dem für die DAGA reservierten Zimmerkontingent buchen können. Diese Kontingente sind bis zum 15. Februar 2014 buchbar. Die Hotelkapazität in Oldenburg und Umgebung ist limitiert, so dass eine frühzeitige Reservierung empfohlen wird.

Darüber hinaus finden Sie auch über die Webseiten der Oldenburg Tourismus und Marketing GmbH (<http://www.oldenburg-tourist.de>) Informationen zu Übernachtungsmöglichkeiten in Oldenburg und Umgebung.

## Stadtinformation, Veranstaltungskalender

Freuen Sie sich auf Oldenburg - wirtschaftliches Zentrum der Metropolregion Bremen / Oldenburg, Universitätsstadt und Heimat von über 157.000 Menschen. Es ist nicht nur die reizvolle Lage zwischen Nordsee, Bremen und dem Ammerland, die das Leben hier so lebenswert macht. Zahlreiche Events sorgen für Abwechslung. Mit attraktiven Museen und Theatern setzt Oldenburg kulturelle Akzente weit über die Region hinaus. Übermorgenstadt Oldenburg. Gut für Momentgenießer.

Informationen zur Übermorgenstadt Oldenburg und ihren Sehenswürdigkeiten finden Sie auf den Webseiten der Stadt Oldenburg ([www.oldenburg.de/](http://www.oldenburg.de/) → „Stadt Oldenburg“) oder der Oldenburg Tourismus und Marketing GmbH ([www.oldenburg-tourist.de](http://www.oldenburg-tourist.de)). Die Oldenburg Tourismus und Marketing GmbH mit dem sog. „Oldenburg Shop“ (<http://www.oldenburg-tourist.de/DE/Oldenburg-Shop/>), befindet sich zentral am Schlossplatz (siehe Lageplan auf der letzten Umschlagsseite). Öffnungszeiten: Mo bis Fr: 9:30–18 Uhr, Sa: 10–16 Uhr.

Darüber hinaus können ggf. auch die folgenden Webseiten nützlich sein:

- Landesmuseum Natur und Mensch: [www.naturundmensch.de](http://www.naturundmensch.de)
- Horst-Janssen-Museum Oldenburg: [www.horst-janssen-museum.de](http://www.horst-janssen-museum.de)
- Herrschaftlich: Der Oldenburger Schlossgarten: [www.schlossgarten-oldenburg.de](http://www.schlossgarten-oldenburg.de)
- DAS SCHLAUE HAUS Oldenburg – DIALOG MIT DEN BÜRGERN: [www.schlaues-haus.info](http://www.schlaues-haus.info)

Veranstaltungshinweise:

- <http://www.oldenburg-tourist.de/DE/Veranstaltungen/>
- [veranstaltungen.meinestadt.de/oldenburg](http://veranstaltungen.meinestadt.de/oldenburg)

### **Wichtige Termine zur DAGA 2014**

- 31. Januar 2014: letzter Termin für die Anmeldung mit den günstigsten („frühen“) Teilnahmegebühren
- 10. März 2014: Vorkolloquien, DEGA-Mitgliederversammlung
- 10.-13. März 2014: DAGA 2014-Tagung
- 12.-15. März 2014: DGA 2014-Tagung
- 30. April 2014: letzter Termin zur Manuskript-Einreichung  
(siehe S. 28)
- Sommer 2014: Versand der CD-ROM sowie der zusätzlich bestellten (kostenpflichtigen) gedruckten Tagungsbände

## Preise der DEGA

### **Helmholtz-Medaille für Prof. Michael Möser**

Die Helmholtz-Medaille der Deutschen Gesellschaft für Akustik für das Jahr 2014 wird im Rahmen der DAGA-Tagung an Prof. Dr.-Ing. Michael Möser verliehen. Er ist Hochschullehrer am Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik der Technischen Universität Berlin, an dem schon so berühmte Lehrer wie Lothar Cremer und Manfred Heckl gewirkt haben. Die Medaille erhält er als Anerkennung für seine herausragenden Beiträge zu Lehre und Forschung auf vielfältigen Gebieten der Technischen Akustik.

Nach seinem Diplom an der TU Berlin promovierte Michael Möser bei Manfred Heckl 1983 mit einer Arbeit zur „Luftschalldämmung zweischaliger Konstruktionen mit Randeinfluss“. Danach war er einige Jahre als beratender Ingenieur tätig; in dieser Zeit habilitierte er mit einer Untersuchung zur „Analyse und Synthese akustischer Spektren“. Diese Arbeit erschien 1988 auch als Buch im Springer-Verlag.

Nach seiner Habilitation nahm er 1990 den Ruf an das Institut für Technische Akustik der TU Berlin als Professor an. Neben einer wissenschaftlichen Neustrukturierung der Lehre im Fachgebiet Akustik hat er sich mit der aktiven Lärmminderung sowohl bei Luft- als auch bei Körperschallproblemen auseinandergesetzt. Seine Untersuchungen zur „weichen Beugekante“ führten zu einem Patent, das sich seit geraumer Zeit in der praktischen Umsetzung befindet. Er führte 44 Doktorandinnen und Doktoranden zur Promotion und zwei zur Habilitation, von denen viele in Forschung und Wirtschaft erfolgreich tätig sind.

In seiner langjährigen beruflichen Tätigkeit hat er sich auch mit der Überarbeitung und der Neufassung von Lehrbüchern zur Technischen Akustik beschäftigt. So hat er das bekannte Buch „Vorlesung Technische Akustik“ (die „Cremer-Bibel“) von Lothar Cremer überarbeitet und ist mittlerweile für vier weitere Auflagen verantwortlich. Als Herausgeber entstand unter seiner Koordination und Mitwirkung das Buch „Messtechnik der Akustik“. Auch führt er das „Taschenbuch der Technischen Akustik“ mit Gerhard Müller weiter. Ebenso hat er das in unseren Fachkreisen bekannte und hochgeschätzte Buch „Körperschall“ von den Ursprungsauteuren Cremer und Heckl zusammen mit Wolfgang Kropp über- und weiterbearbeitet.

Auch in der DEGA hat er sich auf vielfältige Weise engagiert, u. a. bei der Organisation der Tagungen „Forum Acusticum / ASA 1999“ und DAGA 2010 in Berlin und als Leiter von Fortbildungskursen.

Die Deutsche Gesellschaft für Akustik freut sich, Michael Möser für sein umfangreiches Schaffen und seine herausragenden Arbeiten zu Lehre

und Forschung mit der Helmholtz-Medaille auszeichnen zu können.

Der Vorstand der DEGA

### **Lothar-Cremer-Preis für Dr. Ercan Altinsoy**

Der Lothar-Cremer-Preis der Deutschen Gesellschaft für Akustik für das Jahr 2014 wird im Rahmen der DAGA-Tagung an Dr.-Ing. Ercan Altinsoy verliehen. Herr Altinsoy erhält diesen Preis für junge Nachwuchswissenschaftler als Anerkennung für seine innovativen und wegweisenden Arbeiten auf den Gebieten der multimodalen Interaktion und der Produktgeräuschqualität.

Nach seiner Master-Ausbildung im Fach Maschinenbau an der TU Istanbul (1999) hat er seine Promotion an der Ruhr-Universität Bochum zum Thema „Audiotaktile Interaktion in virtuellen Umgebungen“ im Jahr 2005 abgeschlossen und hierbei ein relativ neues, interdisziplinäres Forschungsgebiet begründet. Nach zwei Jahren als NVH-Beratungsingenieur bei der Firma HEAD acoustics wechselte er an den Lehrstuhl für Kommunikationsakustik der TU Dresden, wo er als leitender wissenschaftlicher Mitarbeiter und seit 2009 als amtierender Lehrstuhlleiter tätig ist.

Neben seiner umfangreichen Publikations- und Lehrtätigkeit leitet er eine erfolgreiche Forschergruppe. Er wird regelmäßig zu Vorträgen bei hochrangigen Universitäten wie Stanford und Helsinki eingeladen und hat bei zahlreichen Tagungen als Sitzungsleiter mitgewirkt. Eine Vielzahl von Forschungsprojekten u. a. aus den Bereichen Sound Design, Fahrzeugakustik und Medizintechnik veranschaulicht seine breite interdisziplinäre Ausrichtung. So hat er sich als exzellenter Wissenschaftler national und international eine hohe Reputation erworben und wird diese in den kommenden Jahren sicherlich noch ausbauen.

Im Rahmen einer Initiative des Bundesbildungsministeriums ist er im Jahr 2011 bereits als einer der „erfolgreichsten 100 türkischstämmigen Wissenschaftler in Deutschland“ ausgezeichnet worden. Die DEGA freut sich, Ercan Altinsoy mit dem Lothar-Cremer-Preis eine weitere hohe Ehrung für seine herausragenden Leistungen zu verleihen.

Der Vorstand der DEGA

### **DEGA-Studienpreise**

- **B.Sc. Christian Bloch** für seine Bachelor-Arbeit:  
„Auslegung und Bewertung aktiv gesteuerter Leichtbaustrukturen unter Diffusfeldanregung“ (Technische Universität Berlin)
- **M.Sc. Philipp Schmidt** für seine Masterarbeit:  
„Improvements in Localization of Planar Acoustic Holography“  
(Universität für Musik und darstellende Kunst Graz)

## Plenarvorträge

Di 10:15 Audimax

Plenarvorträge Dienstag

### Die Bedeutung der Beugekante von Schallschutzwänden

Michael Möser

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

Viele Streckenkilometer an Straßen und Schienenwegen sind mit Schallschutzwänden ausgerüstet; neben den kostenintensiven und daher seltenen Einhausungen und den sogenannten „passiven“ Maßnahmen (womit eigentlich immer Schallschutzfenster gemeint sind) bilden Wände (fast) das einzige derzeit bekannte und verbreitete Mittel zur Beherrschung von Verkehrsgeräuschen. Die praktisch erreichbare schalltechnische Wirkung ist bei Wänden mit realistischen Bauhöhen nach oben hin deutlich begrenzt: Einfügungsdämmmaße von mehr als 20 dB besitzen Seltenheitswert und sind kaum zu überbieten.

Angesichts dieser Tatsache ist in der Vergangenheit verschiedentlich versucht worden, die Abschirmwirkung durch Schirm-Aufsätze unterschiedlichster Bauarten zu verbessern, ohne dabei die Bauhöhen wesentlich zu vergrößern. Der Vortrag greift dieses Thema auf und versucht eine Antwort auf die Frage, wie Schirmaufsätze im Sinne möglichst guter Abschirmwirkung ausgestaltet werden sollten. Nach einer kurzen Schilderung der Beugungsphysik an großen (schallharten) Hindernissen und den daraus folgenden Konsequenzen für die praktische Auslegung von Schallschutzwänden wird zunächst der prinzipielle Zusammenhang zwischen den Oberflächeneigenschaften von Körpern (ausgedrückt durch die akustische Impedanz) und der Beugung an ihnen diskutiert. Die gewonnenen Erkenntnisse werden dann zur Beeinflussung der Beugungsvorgänge an der Kante von Schallschutzwänden benutzt und die theoretisch gefundenen Erwartungen geschildert. Die Ergebnisse eines praktischen Feldversuches runden den Vortrag ab.

Di 11:45 Audimax

Plenarvorträge Dienstag

### Quo Vadis, Fahrzeugakustik

Volker Grützmacher

Adam Opel AG

In den ersten Jahren nach der Erfindung des Automobils lag der Schwerpunkt der Entwicklung höchstwahrscheinlich mehr auf der Zuverlässigkeit und Fahrtauglichkeit als auf dem akustischen Verhalten des Fahrzeugs. Mit der steigenden Verbreitung als Transportmittel und gleichzeitig zunehmenden Verweilzeiten der Passagiere gewann auch das Geräuschverhalten des Fahrzeuges an Bedeutung. Diese gilt sowohl hinsichtlich des emittierten Außengeräusches, um die Belastung der Umwelt aufgrund des gestiegenen Verkehrsaufkommens in Grenzen zu halten, als auch für den Geräuschkomfort im Fahrzeuginnenraum. Für zukünftige Fahrzeuggenerationen ist konsequenter Leichtbau erforderlich, um

den Verbrauch fossiler Energieträger weiter zu reduzieren. Um gleichzeitig die ständig steigenden Komfortansprüche der Kunden zu befriedigen, ist eine komplexe Auslegung der einzelnen Geräuschquellen und der Gesamtgeräuschkulisse notwendig, die über passive Maßnahmen und zunehmend auch über aktive Systeme erreicht wird. Daher werden in Ergänzung zu "klassischen" pegelbasierten Messgrößen wie Summen-, Terz- und Ordnungspegeln weitere Kennwerte entwickelt und verwendet, die die zeitlichen und spektralen Feinstrukturen im Fahrzeuggeräusch berücksichtigen und mit denen der Qualitätseindruck des Außen- und Innengeräusches besser abgebildet werden kann. Der Vortrag gibt einen Überblick über die gegenwärtigen und zukünftigen Herausforderungen der Fahrzeugakustik und veranschaulicht die Einsatzgebiete der einzelnen Methoden zur Beeinflussung des Geräuschverhaltens und die dazugehörigen Messprozeduren.

---

Mi 14:00 Audimax

Plenarvorträge Mittwoch

### **How do echolocating bats 'see' the world with sound**

Annemarie Surlykke

*University of Southern Denmark, Dept. of Biology*

Echolocating bats perceive the world through echoes of their calls reflected from objects in their vicinity. By adjusting acoustic features of their calls they define their acoustic view of the world themselves. Frequency and duration define echolocation resolution and are adapted to the habitat and behavioral context. The emitted intensity and directionality of the sonar beam define the "acoustic field of view", i.e. the volume ahead of the bat ensonified with sufficient sound energy to reflect detectable echoes. Not surprisingly, bats constantly adapt the intensity. They emit more intense (longer) sound beams when focusing at objects far away and reduce the intensity the closer the focal object is. Surprisingly, directionality also turned out to be under the bats' control. In the same environment (the lab) different bats adjust their sonar beams to a similar broad width. In the last phase of insect pursuit, they broaden the beam even more, presumably to keep erratic flying insects within their acoustic field of view. In the field bats emit a much narrower beam, presumably to "look" further ahead. The dynamic flexibility of the acoustic output allows us a unique window into ongoing perception in an animal performing in its natural habitat.

Mi 14:45 Audimax

Plenarvorträge Mittwoch

**Mikrofonarrays - Methoden und Anwendung**Dirk Püschel*Akustik Technologie Göttingen*

Mikrofone sind die Antennen des Akustikers, und die Kombination mehrerer Mikrofone in einem Mikrofonarray eröffnet vielfältige Möglichkeiten, die Richtcharakteristik dieser Antenne in weiten Grenzen zu gestalten. Durch die Verfügbarkeit immer schnellerer Prozessoren ist es inzwischen möglich, die Mikrofonsignale auf komplexe Weise zu verrechnen und damit so unterschiedliche Dinge zu realisieren wie Richtmikrofone, Akustische Kameras, akustische Holographiesysteme oder auch einen virtuellen Kopfkopf. Im Vortrag werden die wesentlichen Einsatzfelder von verschiedenen Mikrofonarrays dargestellt. Es wird die jeweilige Funktionsweise erläutert, und so ein Einblick in die Einsatzgebiete und die jeweiligen Verfahren gegeben.

Dabei werden insbesondere die Algorithmen und Unterschiede zwischen Schallfeld-Holographie, Richtmikrofonen und verschiedene Akustischen Kameras beleuchtet.

Darüber hinaus werden aktuelle Entwicklungen von Mikrofonarrays sowie zukünftige Möglichkeiten aufgezeigt.

Do 14:00 Audimax

Plenarvorträge Donnerstag

**Laseranwendungen an der Cochlea - Bildgebung und Stimulation**Alexander Heisterkamp*Friedrich-Schiller-Universität Jena*

Über Laserstrahlung lassen sich berührungslos und hochauflösend Gewebe charakterisieren, manipulieren oder bearbeiten. Über optische Tomographie lassen sich in Modellsystemen und im Tier einzelne Haarzellen bzw. sogar die Auslenkung der Basilarmembran auflösen. Im Rahmen der Optoakustik kann Laserstrahlung genutzt werden, um Schall mittels Lasern im Gewebe zu generieren. Dieses Phänomen kann einerseits wiederum zur Bildgebung und andererseits zur Stimulation der Cochlea genutzt werden. Weitere optische Verfahren erlauben über zusätzliche Mechanismen die Auslösung von Aktionspotentialen am Hörnerv.

Durch genetische Modifizierung neuronaler Zellen ist es seit kurzem möglich, Nervenstimulation direkt über lichtempfindliche Membranmoleküle zu erreichen und auf dem Gebiet der sogenannten Optogenetik hochselektiv einzelne Zellen mittels Licht zu steuern bzw. zu stimulieren. In diesem Vortrag wird ein anschaulicher Überblick über das weite Feld der Laseranwendung an der Cochlea gegeben und mögliche neue Richtungen für die Zukunft dieses hochaktuelle Forschungsgebiet aufgezeigt.

Do 14:45 Audimax

Plenarvorträge Donnerstag

**Vibroakustik: Schwingung - Geräusch - Information**

Ercan Altinsoy

*TU Dresden, Lehrstuhl für Kommunikationsakustik*

Auf faszinierende Weise schlägt die Akustik eine Brücke zwischen Physik und Wahrnehmung. Schall wird von Schwingungen erzeugt. Schall- und Schwingungsereignisse sind also physikalisch verkoppelt. Daher beginnt die gezielte Gestaltung eines Geräusches zunächst auch mit der physikalischen Beschreibung der verursachenden Schwingungen. Im ersten Teil dieses Beitrages werden Anwendungen und die Herausforderungen der Vorhersagemethoden wie der Transfer-Pfad-Analyse, an Beispielen der Fahrzeug- und Haushaltsgerätekustik diskutiert. Die oben genannte physikalische Kopplung spiegelt sich in der Wahrnehmung. Schwingungen werden vom Nutzer sowohl auditiv als auch taktil wahrgenommen. Der zweite Beitragsteil behandelt nun die Frage, wie sich Hören eigentlich ereignet, wenn wir gleichzeitig taktil wahrnehmen. Während des Verlaufs der multimodalen Bildung von Wahrgenommenem findet stets eine gewisse Interaktion zwischen auditiv und taktil motivierten Ereignissen statt. So können z. B. durchaus zwei Modalitäten kombiniert werden, und der dann resultierte multimodale Wahrnehmungsgegenstand kann entweder ein schwaches, ein starkes oder ein gänzlich qualitativ neues Perzept werden. Grundlegende Wahrnehmungsmodelle für die multimodale Interaktion werden vorgestellt und Ähnlichkeiten zwischen Haptik und Akustik diskutiert. Die Anwendung von Wahrnehmungsmodellen bekommt einen immer größeren Stellenwert im Entwicklungsprozess klassischer technischer, aber auch moderner neuartiger Produkte.

## Vorkolloquium: Individualisierte Hörakustik

Mo. 13:00 Aula

Vorkolloquium: Individualisierte Hörakustik

---

### Begrüßung und Einführung

Mo. 13:10 Aula

Vorkolloquium: Individualisierte Hörakustik

---

### Virtual Acoustics in Psychoacoustics and Audiology

Florian Völk<sup>a</sup> und Hugo Fastl<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*DataKustik GmbH; <sup>b</sup>TU München, AG Technische Akustik, MMK*

While initially being focused predominantly on the visual modality, research and applications in the field of augmented and virtual reality environments recently started expanding towards the auditory modality. In this context, two major fields of research interrelating virtual reality and Psychoacoustics or hearing research in general have attracted growing interest: 1) the evaluation of virtual acoustics systems using methods of psychoacoustics, and 2) the presentation of predefined stimuli in hearing research, as targeted by certain virtual acoustics methods. In detail, 2) can be further separated in 2a) the generation of exactly defined stimuli, for example required in basic Psychoacoustics, and 2b) the simulation of hearing impairment, as it might be desirable for research in audiology. This contribution covers aspects of fields 2a) and 2b). It is initiated by a classification scheme for approaches to virtual acoustics based on the respectively underlying concept. Using this scheme, the selection of methods applicable to hearing research is addressed. Using binaural synthesis as an exemplary method, the realization of the audio playback in hearing research by procedures of virtual acoustics and the simulation of hearing impairment in that context is discussed theoretically and demonstrated in practical applications by means of selected pilot studies.

Mo. 13:35 Aula

Vorkolloquium: Individualisierte Hörakustik

---

### Perceptual Evaluation of Acoustical Simulations

Stefan Weinzierl

*audio communication group, TU Berlin*

While the simulation of physical phenomena as numerical implementations of acoustical theories (such as FEM or room acoustical ray tracing) can be compared to empirical data in a straightforward manner, the evaluation of virtual acoustic environments is a particular challenge. First, because the complexity of "whole-world" models will not allow physically exact simulations for the foreseeable future, and second because virtual environments are usually intended to create perceptual illusions. These are always multi-modal and multi-dimensional and difficult to reduce to simple measures or single-number quality criteria. The talk gives a review of different approaches to the perceptual evaluation of virtual acoustic environments, as well as some systematic considerations and an overview of new measures developed in the context of the SEACEN

consortium for Virtual Acoustics. These include measurement models for holistic features such as the plausibility or authenticity, as well as an inventory for the differential evaluation of virtual environments with respect to individual qualities and related attributes elaborated by a focus group of technical experts.

Mo. 14:00 Aula

Vorkolloquium: Individualisierte Hörakustik

**Messung von parametrischen 3D-Raumübertragungsfunktionen mit frei wählbaren Richtcharakteristiken auf Sender- und Empfängerseite**

Gottfried Behler, Martin Pollow, Johannes Klein und Michael Vorländer  
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Die Übertragungsstrecke in einem Konzertsaal zwischen zwei Punkten kann statisch durch die Raumübertragungsfunktion (RTF) oder gleichwertig die Raumimpulsantwort (RIR) beschrieben werden. Zur Messung wird als Quelle ein omnidirektionaler Lautsprecher und als Empfänger für die Auralisierung ein Kunstkopf mit typischen Übertragungsfunktionen (HRTFs) mit fester Orientierung verwendet. Die durch die statische Anordnung entstehenden Beschränkungen zur Beurteilung des Raumindrucks sind vielfach benannt worden. Unterschiedliche Methoden, eine Sender-Richtcharakteristik sowie einen beweglichen Empfänger (zumeist nur Kopfdrehung) zu ermöglichen, sind vorgestellt worden. In dieser Arbeit werden nun erste Ergebnisse eines Messsystems vorgestellt, das RIR für variable Richtcharakteristiken (RC) erzeugt, sowohl für die Senderseite als auch für die Empfängerseite. Hierzu werden mehrkanalige Lautsprecher- bzw. Mikrofonarraysysteme verwendet um eine Vielzahl an RTFs zu messen. In der Nachverarbeitung können aus diesem Datensatz dann RIR für spezifische Richtcharakteristika generiert werden. Für die Berechnung werden Basisfunktionen auf Grundlage der Sphärischen Harmonischen (SH) verwendet. Die Teilsysteme Sender und Empfänger erlauben unterschiedliche Richtungsauflösungen, wobei der Sender im momentanen Setup RC bis SH-Ordnung 23 und der Empfänger bis SH-Ordnung 4 erlauben. Soll die höhere Auflösung auf der Empfängerseite zur Darstellung der HRTF erscheinen, kann dies durch Vertauschen von Sender und Empfänger realisiert werden.

Mo. 14:25 Aula

Vorkolloquium: Individualisierte Hörakustik

**Individualized binaural reproduction using a virtual artificial head**  
Eugen Rasumow<sup>a</sup>, Matthias Blau<sup>a</sup>, Simon Doclo<sup>b</sup>, Martin Hansen<sup>a</sup>, Steven van de Par<sup>c</sup>, Dirk Püschel<sup>d</sup> und Volker Mellert<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Jade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörtechnik u. Audiologie; <sup>b</sup>CvO Universität Oldenburg, Signal Processing Group; <sup>c</sup>CvO Universität Oldenburg, AG Akustik; <sup>d</sup>Akustik Technologie Göttingen

In binaural recordings, spatial information is usually captured by using so-called artificial heads, which are replica of real human heads with ear microphones and average anthropometric geometries. Because of

their non-individual character, such recordings often entail perceptual deficiencies (front-back confusion, internalization etc.). Alternatively, individual head-related transfer functions (HRTFs) can be re-synthesized using a microphone array with appropriate digital filters (referred to as virtual artificial head, VAH). Its main advantage over traditional artificial heads is the possibility to adapt one recording to many individual HRTFs in the binaural reproduction by appropriate modification of the array's directional pattern. In this contribution, the realization of a VAH as a planar microphone array with 24 microphones is presented.

First, the fundamentals of the VAH are briefly reviewed and the design choices (pre-processing of HRTFs, cost function and regularization) for the particular realization are discussed.

Second, the VAH is perceptually evaluated against traditional artificial heads and original HRTFs for different directions of incidence in the horizontal plane. It turned out that the re-syntheses using the VAH lead to subjectively appropriate perceptions and that the individualization of HRTFs is an important aspect for an immersive binaural re-synthesis.

---

Mo. 15:15 Aula

Vorkolloquium: Individualisierte Höraukistik

### **Multichannel sound field reproduction for hearing-aid research**

Giso Grimm und Volker Hohmann

*CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik*

Commonly used spatial multichannel sound field reproduction schemes differ in their physical and perceptual properties. Spatial audio reproduction methods - discrete speakers, vector base amplitude panning, wave field synthesis and higher order ambisonics - were compared in simulated circular loudspeaker arrays ranging from five to 96 loudspeakers. The systems were evaluated with respect to several performance measures that are relevant for hearing aid research. Performance measures included physical sound field analysis, perceptual source localization modeling, perceptual quality modeling and directivity measures of multichannel spatial filtering algorithms. For applications with a restricted listening area, referred to as a sweet spot, and moving sources, higher order ambisonics performed best in medium sized arrays.

---

Mo. 15:40 Aula

Vorkolloquium: Individualisierte Höraukistik

### **ANC-Motivated Noise Reduction Algorithms for Open-Fitting Hearing Aids**

Derya Dalga und Simon Doclo

*CvO Universität Oldenburg, Signal Processing Group*

Existing noise reduction algorithms for open-fitting hearing aids that only use the external microphones on the hearing aid typically disregard the occurrence of signal leakage through the open fitting, leading to a degraded noise reduction performance. Using an ear mould with an internal (so-called error) microphone provides information about this signal leakage and hence enables to improve the noise reduction performance.

Recently, both feedforward and combined feedforward-feedback active-noise-control-motivated (FF ANC and FF-FB ANC) algorithms for noise reduction have been proposed for open-fitting hearing aids. The noise reduction filters of these ANC-motivated algorithms however depend on an estimate of the secondary path between the hearing aid receiver and the error microphone. In this contribution, the performance of the ANC-motivated algorithms is analyzed both for amplitude and phase estimation errors of the secondary path. For the FF ANC algorithm it is possible to derive a closed-form expression of the filter as a function of secondary path estimation errors and to derive limit values for the allowable secondary path estimation errors. In addition, simulations show that even when estimation errors occur the FF-FB ANC algorithm still outperforms the FF ANC algorithm in terms of SNR improvement.

Mo. 16:05 Aula

Vorkolloquium: Individualisierte Hörakustik

---

### **Individualized binaural earpiece for hearing-aid applications**

Marko Hiipakka<sup>a</sup> und Birger Kollmeier<sup>b</sup>

<sup>a</sup> CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik; <sup>b</sup> CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all', Fraunhofer IDMT

In order to achieve high perceptual plausibility hearing aid earpieces need to be calibrated, i.e., equalized individually so as to produce the same frequency response in the ear canal as a preselected external sound source. In this work open-fitting hearing aid headset prototypes that can be individually calibrated *in situ*, are developed. With hear-through characteristics the earpieces will be suitable for people with mild or moderate hearing loss. Each prototype includes two balanced-armature receivers and three microphones. The microphones are located inside the ear canal, at the ear canal entrance, and in the concha. Both of the receivers and two microphones are located inside a small tube that can easily be fitted into individually shaped earpieces. An important step in the project is the estimation of the Thévenin-equivalent electro-acoustic source parameters of the earpieces, which allows for accurate calibration of the earpieces once the pressure frequency response inside the ear canal has been measured. The methods introduced in this project are evaluated using ear canal simulators and listening tests with human test subjects. The results of this project include improved control of sound in the ear canal, which allows for individual and more effective compensation of hearing loss.

## Vorkolloquium: Robuste Spracherkennung & Machine Listening

Mo. 13:00 Hörsaal G Vorkolloquium: Robuste Spracherkennung

---

### Begrüßung und Einführung

Mo. 13:10 Hörsaal G Vorkolloquium: Robuste Spracherkennung

---

### Multilinguale Spracherkennung - Robustheit gegen Sprachenvielfalt

Tanja Schultz

*Karlsruher Inst. f. Technologie, Cognitive Systems Lab*

Sprache ist die natürlichste und effizienteste zwischenmenschliche Kommunikationsform. Im heutigen Informationszeitalter ist die rasante Entwicklung sprachverarbeitender Mensch-Maschine Schnittstellen eine logische Konsequenz. Mittlerweise existieren zahllose sprachgesteuerte Anwendungen, die uns Menschen weltweit unterstützen sowohl mit als auch durch Maschinen zu kommunizieren. Ein erfolgreicher praktischer Einsatz setzt allerdings die Unterstützung der Muttersprache voraus. Davon gibt es auf der Welt etwa 6900 und dabei wurden Phänomene wie Dialekte, Akzente, Sozialekte oder Code-Switching noch nicht mitgezählt. Angesichts dieser enormen Sprachenvielfalt gehört es heute zu den größten Herausforderungen in der Forschung und Entwicklung, sprachverarbeitende Systeme für neue Sprachen schnell und kostengünstig zu erstellen, insbesondere wenn es an Ressourcen wie Daten, Sprecher, Wissensbasen und Experten mangelt. In diesem Beitrag werde ich Forschungsarbeiten des Cognitive Systems Lab (CSL) im Bereich Multilinguale Spracherkennung vorstellen, die sprachverarbeitende Systeme robuster gegen Sprachenvielfalt machen und dabei den Kosten- und Zeitaufwand zur Systementwicklung in ungewohnten Sprachen drastisch senken. Dazu werden zum einen Algorithmen und Techniken zur Erstellung multilingualer Systemkomponenten, wie Akustisches Model, Aussprachewörterbuch und Sprachmodell besprochen. Zum anderen wird mit "Rapid Language Adaptation Toolkit (RLAT)" ein am CSL entwickeltes interaktives, webbasiertes frei zugängliches Werkzeug präsentiert, mit dessen Hilfe selbst unerfahrene Nutzer Systeme in beliebigen Sprachen entwickeln, evaluieren und iterativ verbessern können (<http://csl.anthropomatik.kit.edu> → Projekte → RLAT).

Mo. 14:00 Hörsaal G Vorkolloquium: Robuste Spracherkennung

### **UASR - Von der Idee bis zur Open-Source-Ressource**

Rüdiger Hoffmann<sup>a</sup> und Matthias Wolff<sup>b</sup>

<sup>a</sup> TU Dresden, Inst. f. Akustik u. Sprachkommunikation; <sup>b</sup> BTU Cottbus  
An der TU Dresden ist über mehr als ein Jahrzehnt lang ein hierarchisches Analyse-Synthese-System entwickelt worden, das die Bezeichnung UASR (Unified Approach for Synthesis and Analysis) erhielt. Das System diente zu Grundlagenuntersuchungen im Bereich kognitiver Systeme, aber auch als Plattform für die Entwicklung von Erkennungssystemen für Sprache sowie für nichtsprachliche Signale. In dem Beitrag wird besonders auf einige neuere Anwendungen eingegangen, die von eingebetteten Systemen bis zu Erkennungssystemen für fließende Sprache reichen. Da das System neuerdings auf einer Open-Source-Plattform frei verfügbar ist, wird abschließend diese Nutzungsmöglichkeit näher erläutert.

Mo. 14:25 Hörsaal G Vorkolloquium: Robuste Spracherkennung

### **Kombination binauraler und kortikaler Merkmale zur robusten Sprachverarbeitung**

Bernd T. Meyer

CvO Universität Oldenburg

Menschen besitzen in komplexen akustischen Szenen die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit auf eine Quelle zu richten und so beispielsweise Sprache zuverlässig zu erkennen. Systeme zur automatischen Spracherkennung (ASR) verfügen meist nicht über aufmerksamkeitsgesteuerte Selektion von relevanten Merkmalen und liefern in typischen Cocktail-Party-Situationen keine verlässlichen Ergebnisse. Frühere Arbeiten zum Mensch-Maschine-Vergleich haben ergeben, dass insbesondere zeitliche Merkmale von ASR-Systemen nicht optimal genutzt werden. Es werden daher zwei Ansätze zu deren Integration vorgestellt: Spektemporale Merkmale, die im Zusammenhang mit auditorischer kortikaler Verarbeitung stehen, und binaurale Merkmale, für die interaurale Phasendifferenzen genutzt werden, um eine Quellenlokalisierung durchzuführen. Ziel ist die Verbesserung automatischer Spracherkennung in Mehrsprechersituationen mit Nachhall und additivem Störgeräusch.

---

Mo. 15:15 Hörsaal G

Vorkolloquium: Robuste Spracherkennung

### **Methoden zur robusten Spracherkennung unter Beobachtungsunsicherheit**

Dorothea Kolossa

*Ruhr-Universität Bochum*

Automatische Spracherkennungssysteme gewinnen schnell an Verbreitung und sind unter günstigen akustischen Bedingungen inzwischen sehr zuverlässig. Sobald aber zeitvariante Störungen oder Nachhall auftreten, verlieren sie schnell an Erkennungsrate und sind daher meist nicht sinnvoll für Freisprechanwendungen in beliebigen Räumen nutzbar.

Zur Optimierung der Erkenerleistung in problematischen Umgebungen bieten allerdings sogenannte Uncertainty-of-Observation-Techniken ein großes Potential. Diese Methoden betrachten die Sprachmerkmale nicht als bekannt, sondern sehen in den extrahierten Merkmalsvektoren lediglich eine gestörte Version der sauberen Merkmale. Durch Schätzung und Verwendung der Merkmalsunsicherheit - der Schätzfehlervarianz nach Vorverarbeitung und Merkmalsextraktion - können diese Verfahren deutliche Gewinne in der Robustheit gegenüber Umgebungseinflüssen erzielen.

In diesem Vortrag sollen aktuelle Techniken zur Spracherkennung unter Merkmalsunsicherheit vorgestellt werden, wobei neben den bekannten Verfahren wie dem Uncertainty Decoding oder Significance Decoding auch eine unsicherheitsgesteuerte Dimensionsreduktion - die Noise Adaptive Linear Discriminant Analysis - betrachtet wird. Diese modifiziert nicht, wie sonst üblich, die Likelihoodfunktion des Decoders, sondern ermittelt stattdessen für gestörte Daten den diskriminativsten Unterraum zur zuverlässigeren Unterscheidung zwischen Phonemklassen. Die betrachteten Methoden werden zunächst im Detail vorgestellt, und sie werden in Bezug auf den Rechenaufwand und auf die Erkennungsleistung für einige ausgewählte Anwendungsfälle miteinander verglichen.

---

Mo. 15:40 Hörsaal G

Vorkolloquium: Robuste Spracherkennung

### **Gegenüberstellung von Ansätzen mit robuster Merkmalsextraktion und HMM-Adaptionstechniken**

Hans-Günter Hirsch

*Hochschule Niederrhein, Inst. f. Mustererkennung*

Zur Erhöhung der Robustheit eines Spracherkennungssystems beim Einsatz in unterschiedlichen akustischen Umgebungen werden verschiedene Techniken und Verfahren eingesetzt. Die meisten Ansätze lassen sich grob in zwei Klassen einordnen. Die erste Klasse beinhaltet Verfahren, bei denen robuste akustische Merkmale aus dem Sprachsignal extrahiert werden, die möglichst unabhängig von der akustischen Umgebung die charakteristischen Eigenschaften des Sprachsignals beinhalten. In der zweiten Klasse findet man Ansätze, um verschiedene Parameter der Referenzmuster an die aktuellen akustischen

Bedingungen bei der Spracheingabe anzupassen. Meist werden als Referenzmuster Hidden-Markov Modelle eingesetzt. Dabei besitzt die Veränderung der Mittelwerte, die zur Modellierung des Auftretens der akustischen Merkmale mit Hilfe multivariater Gaußverteilungen verwendet werden, den wesentlichen Anteil an der Adaption. Zur Adaption müssen verschiedene Parameter bestimmt werden, mit denen die akustische Umgebung beschrieben wird. Ein Beispiel dafür ist die Schätzung des Spektrums eines im Hintergrund vorhandenen Störgeräusches. In diesem Beitrag werden Ansätze der beiden Klassen vorgestellt und verglichen. An Hand zweier exemplarischer Realisierungen werden die Ergebnisse zur Erkennung von gestörten Sprachsignalen vorgestellt. Dabei werden auch weitere Versionen dieser gestörten Signale betrachtet, die die Veränderungen auf Grund einer Aufnahme im Freisprechmodus in einer räumlichen Umgebung beinhalten.

Mo. 16:05 Hörsaal G Vorkolloquium: Robuste Spracherkennung

### **Sparse Encoding and Dictionary Learning for Sensory Data**

Jörg Lücke

*CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'*

I introduce and discuss the concept of dictionary based processing of sensory data. A dictionary is a collection of basis functions that are used to re-express or appropriately "represent" sensory data points. Data representations based on dictionaries have been very successful applied, e.g., for tasks such as signal enhancements or classification. In modern approaches, dictionaries are learned from data before they are used for different tasks. Dictionaries can be learned using different strategies based on different assumptions about the data points. I will first discuss the standard algorithms in the literature which are usually based on simplified assumptions for signal sparsity and signal superposition. More recent work replaces such assumptions with refined data models. In particular, I will introduce and discuss learning and inference approaches that go beyond standard linear assumptions by reflecting occlusion or masking effects, e.g., in visual and auditory data. Finally, I draw connections to learning and inference in the sensory systems of humans and animals.

## Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

Mo. 13:00 Hörsaal B

Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

---

### Begrüßung und Einführung

Mo. 13:15 Hörsaal B

Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

---

### Psychoakustische Bewertung von Fahrzeuggeräuschen

Roland Sottek

*HEAD acoustics GmbH*

Typische Kraftfahrzeuginnengeräusche werden von Motor, Getriebe, Reifen, Hilfsaggregaten und Wind hervorgerufen. Darüber hinaus treten auch Betätigungsgeräusche, Hinweis- und Warnsignale sowie gelegentlich unerwünschte Quietsch- und Klapperereignisse auf. Diese Geräusche können die vom Kunden wahrgenommene Qualität des Fahrzeugs entscheidend mitbestimmen. Die Wahrnehmung dieser Geräuschphänomene wird im Entwicklungsprozess oft mittels psychoakustischer Parameter vorhergesagt, um aufwändige Hörversuche zu reduzieren. Verfahren zur Berechnung der psychoakustischen Parameter Lautheit und Schärfe sind bereits standardisiert und etabliert. Die Standardisierung der Rauigkeit wird in einer DIN-Arbeitsgruppe angestrebt. Es existieren außerdem weitere Verfahren für andere psychoakustische Größen. Vor allem die Impulshaltigkeit und die Tonalität erfahren im Bereich der Fahrzeugakustik eine zunehmende Bedeutung, z. B. zur Beschreibung von Dieselhageln bzw. zur Bewertung von den durch alternative Antriebe hervorgerufenen tonalen Komponenten. In diesem Beitrag werden die verschiedenen Verfahren zusammenfassend erläutert. Anhand typischer Fahrzeuggeräusche wird überprüft, inwieweit sich Schlussfolgerungen aus Hörversuchsergebnissen auch mit berechneten psychoakustischen Größen belastbar ziehen lassen.

Mo. 13:40 Hörsaal B

Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

---

### Applikationsbeispiele des Dieselnagelindex in der Motoren- und Fahrzeugentwicklung

Oliver Jung und Klaus Pfleiderer

*Adam Opel AG*

Zur Objektivierung des Geräuscheindrucks von Dieselmotoren wird bereits seit einigen Jahren der Dieselnagelindex (DKI) im Entwicklungsprozess eingesetzt. Diese Geräuschqualitätsmetrik wurde zunächst auf den abgestrahlten Luftschall des Antriebsstrangs im Motorenprüfstands-Betrieb sowie auf das Außengeräusch des Gesamtfahrzeuges angewendet. Durch geeignete Modifikation der Berechnungsmethoden ist die Metrik, die sich aus den Einflussparametern Lautheit und Modulationsgrad zusammensetzt, auch auf die Geräuschkulisse im Fahrzeuginnenraum anwendbar, die sowohl durch Luftschall- als auch durch

Körperschallübertragung beeinflusst wird. Der vorliegende Beitrag veranschaulicht die zahlreichen Einsatzgebiete des DKI, angefangen von der Quantifizierung der einzelnen impulsiven Geräuschquellen (Verbrennungsgeräusch, Injektoren, Kraftstoffpumpe) über die Charakterisierung einzelner Übertragungspfade in den Fahrzeuginnenraum bis hin zu einer Validierung des Innen- und Außengeräusches des Fahrzeugs. Hierbei wird auf die Einflüsse einzelner Maßnahmen zur Beeinflussung impulsartiger Geräusche eingegangen. Auf der Quellenseite sind dies beispielsweise die Konstruktion des Basismotors unter strukturdynamischen Aspekten und die Auslegung des Einspritzsystems. Gezielte Eingriffe in die Kalibrierung des Motors führen zu einer wesentlichen Beeinflussung des impulsiven Klangverhaltens während des Verbrennungsvorganges, wirken sich jedoch auch unmittelbar auf die Emissionen und den Kraftstoffverbrauch aus. Hinsichtlich der Übertragungswege in den Innenraum werden abschließend beispielhafte Maßnahmen zur Reduktion von Körperschall- und Luftschallübertragung aufgezeigt.

Mo. 14:05 Hörsaal B

Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

### Berechnung der zeitabhängigen Rauigkeit bei Motorgeräuschen

Arne Oetjen<sup>a</sup>, Steven van de Par<sup>a</sup>, Jesko Verhey<sup>b</sup>, Reinhard Weber<sup>a</sup> und Uwe Letens<sup>c</sup>

<sup>a</sup>CvO Universität Oldenburg, AG Akustik; <sup>b</sup>Otto-von-Guericke-Univ., Abt. f. Experim. Audiologie, Magdeburg; <sup>c</sup>Daimler AG

Der Klangcharakter eines Motorgeräusches wird unter anderem von dessen akustischer Rauigkeit beeinflusst. Die Drehzahl und der Lastzustand des Motors haben direkten Einfluss auf die Signaleigenschaften Modulationsfrequenz, Modulationstiefe und die Wellenform der Einhüllenden, die die Rauigkeit des Motorgeräusches bestimmen. In einigen instationären Betriebszuständen, die sich durch einen deutlich rauen Charakter auszeichnen, durchlaufen diese oben genannten Signaleigenschaften innerhalb eines sehr kurzen Zeitabschnitts nahezu ihren kompletten natürlichen Wertebereich. Ein wesentliches Ziel der vorliegenden Studie war es, den zeitlichen Verlauf der Rauigkeit gehörgerecht zu modellieren. Bei der Entwicklung des Rauigkeitsmodells wurde insbesondere die Abhängigkeit der Rauigkeit von der Form der modulierenden Einhüllenden mit einbezogen. Die mit dem neu entwickelten Verfahren berechneten Rauigkeitswerte für synthetische und reale Motorgeräusche zeigen eine hohe Übereinstimmung mit der auditiven Wahrnehmung. Dieses gilt sowohl für die Einzahlwerte bei stationären Geräuschen als auch für die zeitlich variablen Rauigkeitsverläufe bei instationären Betriebszuständen.

Mo. 15:15 Hörsaal B

---

Vorkolloquium: Fahrzeugakustik**Das Ganze und seine Teile - Komponentenentwicklung versus Gesamtfahrzeug-Akustik**

Michael Haverkamp

Ford Werke GmbH

Für die Akustikentwicklung von Fahrzeugen ist es wesentlich, die Geräuschsituation am Gesamtfahrzeug kundenorientiert zu optimieren. Mit Hilfe detaillierter Berechnungen und Messungen auf Komponentenprüfständen gelingt es, das isolierte Verhalten einzelner Aggregate recht genau zu bestimmen. Im nächsten Schritt gilt es, die akustische Interaktion innerhalb von Baugruppen sowie nach dem vollständigen Zusammenbau vorherzusagen und möglichst frühzeitig in die Entwicklung einzubeziehen. Das Vorgehen wird jedoch durch den Holismus des Gesamtsystems erschwert: während das Fahrzeug aus dem Zusammenbau einer Summe von Teilen entsteht, können die akustischen Eigenschaften des Ganzen keineswegs als simple Zusammenstellung der isolierten Eigenschaften aller Komponenten abgeleitet werden. Dazu führen u. a. variable und/oder unbekannte Anschlussimpedanzen zwischen Bauteilen, Nichtlinearitäten, Instabilitäten, äußere Einflüsse sowie die Interaktionen räumlich entfernter Komponenten. Der Beitrag umreißt das damit verbundene Problemfeld anhand verschiedener Beispiele. Betrachtet man zusätzlich die Wirkung des Systems Fahrzeug auf den Kunden, so stehen sich zwei holistische Systeme gegenüber: das physikalisch-technischen System und das der menschlichen Wahrnehmung. Auch die Wahrnehmung weist ein Holismusproblem der objektiven Beschreibung auf, denn auch das, was wahrgenommen wird, ist nicht als einfache Summe der aufgenommenen Reize erklärbar. Die Präsentation berührt daher auch die Bedeutung von Geräuschen als Teil der multisensorischen Produktanmutung, und den Einfluss auf die Wahrnehmung der Materialqualität.

Mo. 15:40 Hörsaal B

---

Vorkolloquium: Fahrzeugakustik**Adaptive Verbesserung der Sprachverständlichkeit und Medienwiedergabe in Fahr- und Verkehrsgerauschen**Jan Rennies<sup>a</sup>, Henning Schepker<sup>b</sup> und Simon Doclo<sup>b</sup><sup>a</sup> *Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie;* <sup>b</sup> *CvO Universität Oldenburg, Signal Processing Group*

Der empfundene Hörfkomfort im Fahrzeuginnenraum wird neben der gewollten oder ungewollten Wahrnehmung von fahrzeugtypischen Funktions- und Betriebsgeräuschen auch dadurch bestimmt, wie angenehm dem Nutzer Sprache und Musik aus den diversen Medienkanälen dargeboten werden. Insbesondere in Anwesenheit von Fahrzeug- und Umgebungsgeräuschen können die Sprachverständlichkeit eingeschränkt und die bevorzugten Klangeinstellungen zur Musikwiedergabe unterschiedlich sein. Idealerweise sollte das Medienwiedergabesystem daher auf die sich über die Zeit ändernden Umgebungsgeräusche

automatisch reagieren und zusätzlich die persönliche Nutzerpräferenz berücksichtigen. In dieser Studie werden zwei Verfahren vorgestellt, die die Klangwahrnehmung im Auto verbessern können: Zunächst wird die Evaluation eines Verfahrens betrachtet, welches auf Grundlage von Sprachverständlichkeitsmodellen eine störgeräuschadaptive Vorverarbeitung der Sprache durchführt, die ohne Erhöhung der Lautstärke eine bessere Verständlichkeit ermöglicht. Probandenversuche zeigen, dass durch die zugrundeliegende mehrkanalige Verstärkung und Dynamikkompression des Algorithmus teilweise erhebliche Verbesserungen der Sprachverständlichkeit im Fahrgeräusch möglich sind. Während dieser Algorithmus vollständig autonom arbeitet, bedarf es bei der individuellen Anpassung von Equalizer- und Lautstärke-Einstellungen für Musikwiedergabe aufgrund der hohen Individualität einer direkten Einstellung durch den Nutzer. Im zweiten Teil des Beitrags wird daher ein Interface zur Klangpersonalisierung vorgestellt, mithilfe dessen die interindividuelle Variabilität und der Einfluss von Hintergrundgeräuschen auf individuelle Klangpräferenzen beim Musikhören im Auto untersucht wurden.

---

Mo. 16:05 Hörsaal B

Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

### **Psychoakustische Bewertung einer thermoakustischen Motorkapsel**

Jesko Verhey<sup>a</sup>, Tommy Luft<sup>b</sup>, Jan Hots<sup>a</sup> und Hermann Rottengruber<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Otto-von-Guericke-Univ., Abt. für Experimentelle Audiologie, Magdeburg; <sup>b</sup>Otto-von-Guericke-Univ., Lehrstuhl EMA, Magdeburg

Um den Wirkungsgrad zu erhöhen und der Lärmemission bei einem Dieselmotor signifikant entgegenzuwirken, sollte eine motornaher thermoakustische Vollkapselung in mehreren Prototypstufen entwickelt und auf einem dynamischen Akustik-Motorprüfstand erprobt werden. Zu Beginn wurden Messungen für eine thermische und akustische Istzustandsanalyse durchgeführt. Daraus ableitend ließen sich wärmeisolierende und schallabsorbierende Materialien auswählen und damit ein erster Kapselprototyp aufbauen. Für die akustische Bewertung wurden stirnseitige Mikrofonmessungen des ungekapselten Motors mit der gekapselten Variante bei diversen Motorhochläufen (Schlepp, 50 Nm, Vollast) verglichen. In einem weiteren Schritt wurden akustische Leckagen beseitigt und spezielle Maßnahmen zur Pegelreduktion von tiefen Frequenzen ergriffen. Dadurch entstanden zwei zusätzliche Prototypen, bei denen der A-bewertete Schalldruckpegel breitbandig weiter abgesenkt werden konnte. Der A-bewertete Schalldruckpegel liefert zwar einen Hinweis auf empfundene Lautheit, lässt jedoch andere für die Gesamtbewertung des Schalls wichtige Aspekte wie zum Beispiel die Tonhaltigkeit und Rauigkeit außer Acht. In psychoakustischen Vergleichsmessungen mit Normalhörenden wird die durch die Kapselung verursachte Änderung der Wahrnehmung für verschiedene Empfindungsgrößen quantifiziert. Zusätzlich wird eine Pegeldifferenz bei gleicher Präferenz ermittelt und in Relation zu den Basisempfindungsgrößen gesetzt.

## Fachvorträge und Poster am Dienstag, den 11.03.2014

### Sitzung „Fahrzeugakustik I“

Di. 14:40 Audimax

Fahrzeugakustik I

#### **Marine Vessels Insulation Package Optimization from 2D Cabin Layout Drawings**

Denis Blanchet und Arnaud Caillet

*ESI GmbH*

Accurate interior noise predictions are important at every stage of vessel design. Stringent targets set by owners of luxury vessels and by legislation in the case of industrial or military vessels dictate the insulation package content and its distribution. Current use of empirical models result in poor interior noise predictions due to changes in construction techniques and new materials not reflected in outdated empirical formulae. This in turn results in additional expense due to over specified sound insulation packages. Noise prediction models must be capable of being deployed at an early stage in the proposal process for initial sound insulation cost estimates and later in the design process to accurately predict interior noise levels. Predictive noise models must be built quickly from 2D drawings of the cabin layout to enable rapid response to initial assessment of interior noise levels and sound insulation specifications. This paper presents recent developments in automating the SEA model building process and optimizing the insulation at the proposal phase, feasibility stage or at a later stage where details can be added to the existing model to ensure that the insulation package designer has the right model at the right time.

Di. 15:00 Audimax

Fahrzeugakustik I

#### **Bewertung der Gültigkeit von ERP-Berechnungen in der Fahrzeugakustik**

Marinus Luegmair und Hannes Münch

*P+Z engineering GmbH*

Seit vielen Jahren wird der ERP (Equivalent Radiated Power) in der Fahrzeugakustik für verschiedenste Fragestellungen als Kenngröße verwendet. Sein Charme liegt in der akustischen Aussage ohne das Fluid in der Simulation abbilden zu müssen, was die Modellierungs- und Rechenzeit gering hält. Oft findet er aber Anwendung obwohl sein durch die zugrundeliegenden Annahmen eingeschränkter Gültigkeitsbereich nicht geprüft wurde.

Ausgehend vom Kolbenstrahler lässt sich rein aus der Theorie bereits zeigen wann eine Anwendung des ERP zu ungenauen oder gar falschen Aussagen führt, die sich nicht mit der tatsächlichen Schallabstrahlung decken. Diese Abweichungen sind entsprechend höher wenn eine Rückkopplung vom Fluid auf die Struktur, etwa bei Fluidmoden im Innenraum besteht. Auch beim Versuch mittels ERP akustisch bessere Varianten für

einzelne Bauteile zu finden, kann der ERP zu falschen Entscheidungen führen, die den Schalldruckpegel nicht wie erwartet reduzieren. Zudem lässt sich die Information die der ERP liefert oftmals über die typischen Auswertegrößen wie Verschiebung oder Beschleunigung ebenfalls abschätzen.

Di. 15:20 Audimax

Fahrzeugakustik I

### **Methoden zur Störgeräuschprävention an PKWs**

Klaus Trinkl und Marinus Luegmair

*P+Z engineering GmbH*

Störgeräusche im Automobil sind, gerade in Premiumfahrzeugen, ein extrem kundenwertiges Thema. Vor allem da sie von allen Kunden mit schlechter Qualität verbunden und als lästig wahrgenommen werden, nicht nur von technisch versierten oder gar speziell geschulten Käufern. Zudem können die Kosten für eine Beseitigung der Klapper- oder Knarzeräusche nach dem SOP über die hohe Stückzahl von Volumenmodellen in die Millionen gehen.

Um diesen Fall zu vermeiden gibt es eine Reihe von verschiedenen Methoden zur Störgeräuschprävention die im Rahmen des Entwicklungszyklus zielgerichtet angewendet werden können. In der frühen Phase etwa die Analyse möglicher Kontaktstellen, basierend auf den CAD-Daten. Aufbauend auf bestehenden FE-Netzen können auch spezielle Simulationen zur Vorhersage von Problemzonen und kritischen Konstruktionen herangezogen werden. In der späteren Phase können dann an Baugruppen aber auch am gesamten Fahrzeug mittels geräuscharmen Shaken verschiedene Fahrsituation abgeprüft werden. Da oft Kunststoffe an Kontaktstellen im Innenraum zum Einsatz kommen, muss bei diesen Prüfungen auch das Thema Lebensdauer bzw. Alterung durch Umwelteinflüsse beachtet werden.

Alle diese Verfahren benötigen aber trotz der methodischen Herangehensweisen, auf Grund der komplexen zugrunde liegenden Zusammenhänge, ein hohes Maß an Erfahrung auf dem Gebiet der Störgeräuschprävention.

Di. 16:00 Audimax

Fahrzeugakustik I

### **Influence of the main machine defaults on the noise radiated by an electric motor: numerical simulation**

Pascal Bouvet, Jean-Baptiste Dupont und Racha Aydoun

*Vibratec*

The noise radiated by an electrical motor is very different from the one generated by an internal combustion engine. It is characterized by the emergence of high frequency pure tones that can be annoying and badly perceived by future drivers, even if the overall noise level is lower than that of a combustion engine.

A simulation methodology has been proposed, consisting in a multi-physical approach to simulate the dynamic forces and noise radiated

by electric motors. The principle is first to calculate the excitation due to electromagnetic phenomena using an electromagnetic finite element solver. This excitation is projected onto the structure mesh of the stator in order to calculate the dynamic response. Finally, the radiated sound power can be calculated. This methodology assumes a weak coupling between the different physical levels. It has been validated by comparison with the experiment.

This simulation generally considers the excitation generated by a perfect machine. This paper focuses on the defaults related to a real machine such as static eccentricity, dynamic eccentricity or short-circuits. The excitation is analyzed in terms of excitation content (frequency content and spatial distribution) and the consequences on the sound power radiated by the machine are discussed.

Di. 16:20 Audimax

Fahrzeugakustik I

### **Strukturdynamische Simulationen eines elektrischen Antriebsstrangs unter Verwendung der Component-Mode-Synthesis Methode**

Michael Schwarzer<sup>a</sup>, Endre Barti<sup>a</sup> und Thilo Bein<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*BMW Group;* <sup>b</sup>*Fraunhofer LBF, LOEWE-Zentrum AdRIA*

Das akustische Verhalten des elektrischen Antriebsstrangs elektrifizierter Fahrzeuge rückt als wesentliches Komfortkriterium zunehmend in den Entwicklungsfokus der Automobilindustrie. Gerade bei niedrigen Geschwindigkeiten des Fahrzeugs und niedrigen Drehzahlen beeinflusst die Schallemission des elektrischen Antriebsstrangs das akustische Gesamtbild des Fahrzeugs signifikant. Das strukturdynamische Verhalten des elektrischen Antriebsstrangs im niederfrequenten Bereich wird dabei im Wesentlichen durch die Steifigkeit der Aufhängung der Komponenten determiniert. Entsprechend ist die Berücksichtigung der Aufhängung innerhalb strukturdynamischer Simulationen zur Berechnung des Schwingungsverhaltens unumgänglich. Gleichzeitig führt jedoch eine detaillierte Modellierung der gesamten Aufhängungsstruktur zu einem signifikant erhöhten Berechnungsaufwand. Um sowohl die Steifigkeiten als auch das Trägheitsverhalten der Tragarmstruktur abzubilden, zeitgleich jedoch den zusätzlichen Berechnungsaufwand einzuschränken bietet sich die Modellierung der Aufhängung mittels "Component-Mode-Synthesis" an. Bei diesem Verfahren kann das strukturdynamische Verhalten eines Bauteils in Abhängigkeit des betrachteten Lastfalls auf wenige Freiheitsgrade reduziert werden. Innerhalb der Arbeit wurde eine Methodik entwickelt, welche die Anwendung der CMS-Methode zur Darstellung der Aufhängung des elektrischen Antriebsstrangs erlaubt. Die Methode liefert Berechnungsergebnisse nah an den Ergebnissen eines voll ausmodellierten Simulationsmodells, während der zusätzliche Simulationsaufwand moderat bleibt. Der angeführte Vergleich zwischen Messungen und Simulation verdeutlicht die Signifikanz der Aufhängungsstruktur für das niederfrequente Strukturverhalten und unterstreicht so

die Notwendigkeit der Berücksichtigung der Aufhängungsstruktur innerhalb strukturdynamischer Simulationen.

Di. 16:40 Audimax

Fahrzeugakustik I

### **Whining Noise: From the Transmission Error Computation and Minimization to the Dynamic Behavior of Gear Systems**

Virginie Belleville, Pascal Bouvet und Alexandre Carbonelli

Vibratec

The aim of this work is to present a method to handle the Transmission Error (TE) and its dynamic effects on a complete system (with the shafts, bearings and housing). For the TE computation, the method takes into account the deflections and of the micro-geometry of the gears and solves contact equations to determine the TE. The computation is fast enough to perform an optimization of gears teeth corrections. The optimization can take into account a large number of parameters and moreover a range of torques on which the TE will be minimized. Once optimized solutions are determined, their robustness in regards to the manufacturing tolerances is considered. For the dynamic behavior prediction, the excitations are the TE and the mesh stiffness fluctuations which can both be obtained from the first part presented. The modal parameters of the system are obtained with a Finite Element model and the dynamic response is obtained using a spectral and iterative method, which allows very short computation time and good accuracy. Both methods have been experimentally tested on two different industrial systems, a truck timing chain for the TE minimization, and a automotive gearbox for the dynamic response computation.

Di. 17:00 Audimax

Fahrzeugakustik I

### **Numerische Simulation von Rollgeräusch und Rollwiderstand von LKW- Antriebsachsenreifen**

Carsten Hoever und Wolfgang Kropf

*Chalmers University of Technology, Göteborg (DK)*

Bei LKWs wird im Allgemeinen zwischen Lenk-, Antrieb- und Zusatzachsen unterschieden. Die eingesetzten Reifen sind dabei im Gegensatz zu PKWs für die spezifischen Bedingungen an der jeweiligen Achse z.B. hinsichtlich Traktion, Abrieb, Sicherheit oder Wirtschaftlichkeit optimiert. Speziell im Regionalverkehr werden dabei aufgrund häufiger Beschleunigungs-/Bremsvorgänge und Kurvenfahrten an den Antriebsachsen Reifen mit ausgeprägtem Blockprofil verwendet. Die resultierende starke Schwingungsanregung führt selbst auf eigentlich geräuscharmen Straßenoberflächen unmittelbar zu einer erhöhten Geräuschemission.

Aus diesem Grund ist die Entwicklung eines geräuscharmen Antriebsachsenreifens für den LKW- Regionalverkehr eines der Ziele des Verbundprojektes *Leiser Straßenverkehr 3 (LeiStra3)*. Zur Unterstützung

dieses Vorhabens wurde ein existierendes numerisches Modell zur Berechnung von Reifen-/Fahrbahninteraktion, Rollgeräusch und Rollwiderstand für PKW-Reifen an die speziellen Erfordernisse der Simulation von LKW-Antriebsachsenreifen angepasst. Besonderer Augenmerk wurde dabei auf eine effiziente Abbildung des Querprofils und der resultierenden Reifenanregung gelegt. Neben der Geräuschemission wird als eine wichtige Kenngröße der Wirtschaftlichkeit auch der Rollwiderstand betrachtet um einen möglichen Zielkonflikt frühzeitig zu erkennen.

Di. 17:20 Audimax

Fahrzeugakustik I

### **Körperschallberechnung im Pkw-Fahrwerk auf Basis von Mehrkörpermodellen**

Payam Jahangir und Klaus Becker

*Fachhochschule Köln, Institut für Fahrzeugtechnik*

Durch die stetige Reduzierung von Wind- und Antriebsgeräuschen sowie den zunehmenden Einsatz von Elektroantrieben in Pkw gewinnt das Reifen-Fahrbahn-Geräusch immer mehr an Bedeutung. Daher ist es von Interesse, die kritischen Übertragungspfade für das Reifen-Fahrbahn-Geräusch möglichst genau zu kennen, um gezielte Verbesserungsmaßnahmen durchführen zu können. Einen wesentlichen Beitrag zum Innenraumgeräusch leistet der vom Fahrwerk übertragene Körperschall. Bekannte Verfahren der Transferpfadanalyse bieten jedoch nur einen begrenzten Einblick in die Übertragungsstrecke Fahrwerk.

Gegenüber der Betriebs-Transferpfadanalyse ist mit Hilfe der Inertanz-Methode eine bessere Beurteilung der Körperschallübertragung möglich. Damit lassen sich indirekt die dynamischen Kräfte an den Schnittstellen zwischen Fahrwerk und Karosserie sowie deren Einfluss auf das Innenraumgeräusch bestimmen. Die Kraftbestimmung im Fahrwerk selbst ist aber aufgrund der starken Kopplung der einzelnen Fahrwerkskomponenten kaum möglich.

Die Berechnung der im Fahrwerk übertragenen dynamischen Kräfte soll mit Hilfe von Mehrkörpermodellen bis ca. 500 Hz ermöglicht werden. Eine Herausforderung ist dabei die Modellparametrierung auf Basis realer Betriebsdaten. Aufwändige Prüfstandsmessungen mit ausgebauten Fahrwerkkomponenten werden dadurch vermieden. Das mit den Mehrkörpermodellen einhergehende Verständnis für die physikalischen Effekte im Fahrwerk und deren Abhängigkeit von Parametern ermöglicht schließlich gezielte Verbesserungsmaßnahmen. Dies wird unterstützt durch Kombination der Mehrkörpermodelle mit akustischen Transferfunktionen der Karosserie, wodurch die Auswirkungen auf das Innenraumgeräusch bewertet werden können.

---

Di. 17:40 Audimax

Fahrzeugakustik I

**Analyse des Bewegungsverhaltens von Kugelgelenken in Pkw-Fahrwerken im akustisch relevanten Frequenzbereich**Thomas Jeglitzka<sup>a</sup> und Daniel Sachse<sup>b</sup><sup>a</sup>*Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart;*<sup>b</sup>*Daimler AG*

Die dynamischen Eigenschaften eines PKW-Fahrwerks werden von zahlreichen Faktoren beeinflusst. Insbesondere im akustisch relevanten Frequenzbereich kommt den beweglichen Bindungselementen in Fahrzeughachsen eine wichtige Rolle zu. Im Gegensatz zu Elastomerlagern, wurden die stark reibungsbehafteten Kugelgelenke unter diesem Gesichtspunkt bisher kaum beachtet. Für die Analyse der dynamischen Eigenschaften wurde ein Komponentenprüfstand entwickelt, der es erlaubt, das rotatorische Bewegungsverhalten eines Gelenkes detailliert zu erfassen. Die Ergebnisse aus dem Versuch zeigen je nach Betriebszustand Stick- und Slip-Zustände. Sie werden Grundlage für eine Gelenkmodellierung sein, deren größte Herausforderung die Beschreibung des nichtlinearen Bauteilverhaltens ist.

**Sitzung „Bauakustik I“**

---

Di. 14:40 Aula

Bauakustik I

**Schallschutz-Vergleichsmessungen in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt im Jahr 2013**Sylvia Stange-Kölling und Volker Wittstock*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt führt in regelmäßigen Abständen Schallschutz-Vergleichsmessungen der anerkannten Stellen für die Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse durch. Im Rahmen dieser Vergleichsmessungen werden eine Luftschalldämmungsmessung und die Bestimmung eines Normtrittschallpegels nach DIN EN ISO 140 sowie eine Zusatzaufgabe durchgeführt. Die Durchführung dieser Messungen dient der Qualitätssicherung. Für einige Prüfstellen ist die regelmäßige Teilnahme an den Vergleichsmessungen verpflichtend, die Möglichkeit der freiwilligen Teilnahme besteht aber auch für weitere Prüfstellen. Die zu messenden Objekte werden für jeden tur-nusgemäßen Durchlauf neu ausgewählt. Insbesondere für die Zusatzaufgabe kommen hier häufig neue Messverfahren in Betracht um die Prüfstellen mit neuen Verfahren vertraut zu machen und Erfahrungen mit neuen Verfahren zu sammeln. Als Zusatzaufgabe musste in diesem Jahr der Norm-Schalldruckpegel LAF,max,n einer haustechnischen Anlage nach DIN 4109 Teil 11 und DIN EN ISO 10052 ermittelt werden. Die Ergebnisse der einzelnen Messungen werden in diesem Vortrag vorgestellt. Insbesondere werden die Unsicherheiten dieser Messungen mit anderweitig bekannten Unsicherheiten verglichen.

Di. 15:00 Aula

Bauakustik I

**Planen im Bestand - Berechnung vs Messung**

Torsten Westphal und Annika Moll

*Akustik-Ingenieurbüro Moll GmbH*

Die bauakustische Planung von Altbauten erfordert eine möglichst genaue Kenntnis der vorhandenen Bausubstanz und damit ihrer schalltechnischen Leistungsfähigkeit. Dies ist sowohl für die Einhaltung der zu stellenden Schallschutzanforderungen und die Dimensionierung ggf. erforderlicher Verbesserungsmaßnahmen als auch für das Vermeiden unnötiger baulicher Aufwendungen für den Schallschutz notwendig. Um diese Kenntnisse zu erlangen sind üblicherweise zwei Wege möglich:

1. Rechnerische Abschätzung: Hierbei wird auf Grundlage von Bestandsunterlagen die Schalldämmung unter Berücksichtigung eventuell zu entfernender oder neu einzubauender Fußböden oder Unterdecken nach standardisierten Berechnungsverfahren, z.B. nach DIN 4109 Bbl. 1, abgeschätzt.

2. Bestandsmessungen: Hierbei wird anhand von stichprobenhaften Messungen die Schalldämmung der vorhandenen Konstruktionen ermittelt.

Aus Kostengründen wird häufig die rechnerische Abschätzung einer umfangreicheren messtechnischen Bestandsaufnahme vorgezogen.

Das Akustik-Ingenieurbüro Moll führt pro Jahr etwa 300 Schalldämm-Messungen vorwiegend in Altbauten durch. Die Auswertung der Messergebnisse zeigt häufig eine Diskrepanz zu der rechnerischen Abschätzung der Schalldämmung auf Grundlage der angegebenen Bauteilaufbauten.

In dem Vortrag sollen daher einige Ergebnisse von Luft- und Trittschalldämm-Messungen in Altbauten anhand von Kurvenverläufen vorgestellt und den vorangegangenen rechnerischen Abschätzungen auf Grundlage von Bestandsunterlagen gegenübergestellt werden. Hierdurch soll auf die Eigenarten vorhandener Bausubstanz und die (Un)genauigkeit von Standard-Berechnungen im Umgang mit Altbauten aufmerksam gemacht werden.

Di. 15:20 Aula

Bauakustik I

**Korrelation der subjektiven und objektiven Bewertung von Trittschall in Wohngebäuden**

Moritz Späh, Andreas Liebl und Lutz Weber

*Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Abtl. Akustik*

Für den mehrgeschossigen Wohnungsbau bestehen normative Anforderungen an den Schallschutz. Dabei ergeben sich zwischen den genormten Mess- und Bewertungsverfahren und der menschlichen Wahrnehmung wohnüblicher Geräusche zum Teil erhebliche Diskrepanzen. Vor allem der Trittschalldschutz ist dabei problematisch. Trotz Einhaltung der Anforderungen kann es zu erheblichen Störungen und Beschwerden in Gebäuden kommen. Im Forschungsvorhaben "AcuWood" wurde

untersucht, wie gut vorhandene genormte und nicht genormte Messmethoden und Bewertungsverfahren für den Trittschall mit der subjektiven Bewertung von Wohngeräuschen korrelieren. Dabei wurden vor allem moderne Holzdecken untersucht, als Referenz wurde aber auch eine Massivdecke mit einbezogen. Damit können Aussagen getroffen werden, mit welchen Messmethoden und Bewertungsverfahren die Trittschallübertragung besser beurteilt werden kann. Zusätzlich werden Anforderungswerte vorgeschlagen, die die besseren Bewertungsverfahren berücksichtigen und die auf der prozentualen Anzahl von durch Trittschallgeräusche gestörten Personen basieren. Dieser direkte Zusammenhang zwischen Anforderungswerten und prozentualer Anzahl gestörter Personen erschließt sich auch akustischen Laien. Dies erleichtert allen am Bau beteiligten Personen (z.B. Architekten, Bauträger, Baufirmen, Kunden, Juristen etc.) das Verständnis der akustischen Anforderungen und die Beurteilung der Akustik. Die Untersuchungen sollen zudem dazu beitragen, die akustische Qualität im Holzbau nachdrücklich zu verbessern und damit den Holzbau auch aus akustischer Sicht wettbewerbsfähig zu machen. Das Projekt wurde vom BMBF gefördert.

Di. 15:40 Aula

Bauakustik I

### Tieffrequente Trittschallgeräusche bei Massivdecken mit schwimmenden Estrichen

Martin Schneider<sup>a</sup>, Heinz-Martin Fischer<sup>a</sup> und Nomen Langner<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Hochschule für Technik Stuttgart; <sup>b</sup>bauperformance GmbH

Schwimmende Estriche sind seit vielen Jahren Standard im Geschosswohnungsbau. Sie verbessern sowohl die Tritt- als auch die Luftschalldämmung von massiven Wohnungstrenndecken. Bis vor 15 Jahren wurde immer wieder über einen mangelhaften Trittschallschutz aufgrund von Ausführungsfehler (Randschallbrücken oder Schallbrücken zwischen Rohdecke und Estrich) geklagt. In den letzten Jahren mehren sich Klagen über tieffrequente Trittschallgeräusche, wobei nun bei einer messtechnischen Überprüfung die baurechtlichen Anforderungen der DIN 4109 eingehalten werden. Im Gegensatz zu den mit Schallbrücken ausgeführten Estrichen werden nun zum Teil auch die Vorschläge für einen erhöhten Trittschallschutz z.B. nach DIN 4109 Beiblatt 2, oder VDI 4100 SST 1 oder 2 erfüllt. Die störenden Geräusche werden dabei von den Bewohnern häufig mit dem Begriff Dröhnen beschrieben, wobei die Anregung in der Regel durch das Begehen des Estrichs erfolgt. Im Vortrag wird über messtechnische Untersuchungen im Labor zur tieffrequenten Übertragung von Trittschall bei Massivdecken schwimmenden Estrichen berichtet. Ein Vergleich von Baumessungen aufgrund von Klagen gegenüber Messungen im Rahmen von Güteprüfungen zeigt deutliche Unterschiede im Normtrittschallpegel in dem bislang für die Ermittlung von Einzahlangaben nicht relevanten Frequenzbereich unter 100 Hz. Weiterhin werden Ergebnisse von Hörversuche zu tieffrequenten Trittschallgeräuschen vorgestellt.

---

Di. 16:00 Aula

Bauakustik I

**Messung des Gehschalls für verschiedene Bodenbelagstypen - Ergebnisse eines europäischen Ringversuchs**

Heinrich Bietz, Volker Wittstock, Sylvia Stange-Kölling und Werner Scholl

*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Die Messung des Gehschalls ist seit dem Jahr 2013 in der DIN EN 16205 genormt. Unter Gehschall wird dabei das Geräusch verstanden, das insgesamt von der Kombination aus Fußbodenbelag und Rohdecke abgestrahlt wird, wenn die Anregung durch ein Normhammerwerk erfolgt. Neben der Berücksichtigung des Eigengeräusches des Hammerwerks muss auch eine Umrechnung auf eine Bezugs-Rohdecke durchgeführt werden. Mit diesem Messverfahren wurde ein europäischer Ringversuch mit ca. 20 Prüfstellen durchgeführt, dessen Ergebnisse präsentiert werden. Als Testobjekte wurden ein Teppich, ein PVC-Belag und ein Laminat mit zwei verschiedenen Unterlagen verwendet. Die Unsicherheit des A-bewerteten Gehschallpegels liegt mit ca. 2 dB in einem für bauakustische Messungen üblichen Bereich. Lediglich für den Teppich ergibt sich mit fast 4 dB ein deutlich größerer Wert. Im Vortrag werden die Ergebnisse des Ringversuchs präsentiert, und es wird auf mögliche Verbesserungen für bestimmte Bodenbelagstypen eingegangen.

---

Di. 16:40 Aula

Bauakustik I

**Numerische Studien zur Erhöhung der Schalldämmung von Leichtbaustrukturen**

Frank Kolbe, Martin Dannemann und Niels Modler

*TU Dresden, ILK*

Der Trend zu höheren Gebäuden auf begrenztem Baugrund führt zu einer hohen Flächenbelastung und somit zu hohen Fundamentkosten. Auch im Hochbau rückt daher die Reduzierung des Gewichts der Zwischenwände und Decken verstärkt in den Fokus. Ein Hauptproblem der leichten Strukturen ist jedoch aus akustischer Sicht die vergleichsweise niedrige Schalldämmung. Derzeit kommen etwa in Gebäuden und auf Schiffen zusätzliche Konstruktionen zum Einsatz, mit welchen das Schalldämmmaß der leichten Grundstrukturen im Nachhinein durch Sekundärmaßnahmen verbessert wird. Diese Ansätze stehen jedoch aufgrund der zusätzlich eingebrachten Masse im Gegensatz zum ursprünglichen Ziel der Massereduzierung. Im Rahmen der durchgeführten numerischen Studien wurde daher untersucht, inwiefern durch eine gezielte Anpassung des Schwingungsverhaltens das Schalldämmmaß von Leichtbaustrukturen masseneutral beeinflusst werden kann. Dazu wurde ein gekoppeltes FE-/BE-Modell erstellt, mit welchem die Änderung des Schalldämmmaßes in Abhängigkeit von Strukturparametern wie etwa

richtungsabhängiger Steifigkeit, Dämpfung oder Vorspannung berechnet werden kann. Als Ergebnis der Parameterstudien konnte die Vorspannung als signifikante Einflussgröße identifiziert werden. Insbesondere im unteren Frequenzbereich ist durch das Aufbringen einer Vorspannung eine Erhöhung des Schalldämmmaßes um mehr als 20 dB berechnet worden. In Kombination mit den weiteren Parametern richtungsabhängige Steifigkeit und Dämpfung verdeutlichen die durchgeführten Parameterstudien das große Potential einer zusätzlichen Vorspannung zur masseneutralen Verbesserung des Schalldämmmaßes von Leichtbaustrukturen.

Di. 17:00 Aula

Bauakustik I

**Experimentelle Bestimmung des Abstrahlgrads von leichten Strukturen unter Verwendung verschiedener Messmethoden**Hans-Martin Tröbs, Stefan Schoenwald und Armin Zemp*Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science & Technology*

Im Entwurf der überarbeiteten EN 12354-1 von 2013 wird das Schalldämm-Mass eines Bauteils unterhalb der Koinzidenzgrenzfrequenz über den bauteilspezifischen Abstrahlgrad bei Luft- und Körperschallanregung korrigiert. Dies ist insbesondere bei leichten Bauteilen notwendig, wenn deren Koinzidenzgrenzfrequenz im bauakustisch relevanten Frequenzbereich liegt. Derzeit existiert keine normierte Messmethode zur Bestimmung dieser Abstrahlgrade. Zur Beurteilung der verschiedenen Methoden wurde ein Vergleich der Schalldruck- und Intensitätsmessmethode im Labor der Empa Dübendorf an einer leichten Holzwerkstoffplatte durchgeführt. Dabei wurde die Holzwerkstoffplatte sowohl mittels Luftschatll als auch einem Shaker angeregt. Des Weiteren wurde der Einfluss der beiden Anregesignale Rauschen und Sinus Sweep auf das Abstrahlverhalten aufgezeigt. Mit einem Scanning-Laservibrometer wurden zusätzlich die Oberflächenschälen kartiert, was die Untersuchung der Schwingformen der Platte sowie die Berechnung der Abstrahlung mit Hilfe des Rayleigh Integrals ermöglicht. Die Ergebnisse der betrachteten Messmethoden werden verglichen und hinsichtlich der Anwendbarkeit diskutiert.

Di. 17:20 Aula

Bauakustik I

**Erfahrungsbericht zur Anwendung des Bemessungsverfahrens nach zukünftiger DIN 4109-2**Kai Naumann*Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft mbH*

Die zukünftige Ausgabe der DIN 4109 steht kurz vor der Veröffentlichung. Unter anderem wird sich das Bemessungsverfahren für die Prognose der zu erwartenden Luftschatldämmung im Massivbau ändern. In der Vergangenheit wurden zahlreiche Güteprüfungen zur Ermittlung der Schalldämmung von Wohnungstrennwänden und Wohnungstrenndecken in Mehrfamiliengebäuden durchgeführt. Die Außen- und Innenwände der betrachteten Gebäude wurden vorwiegend aus Mauerwerk

aus Porenbeton und Kalksandstein errichtet. Es werden Prüfergebnisse dieser Messungen vorgestellt und die ermittelten Schalldämm-Maße mit Rechenergebnissen nach der zukünftigen DIN 4109-2 verglichen.

Di. 17:40 Aula

Bauakustik I

### **Schallängsdämmung von Metallständerwänden**

Klaudius Hengst und Jochen Seidel

*Knauf Gips KG*

Die Schallängsdämmung stellt bei der Planung und Erstellung von Räumen und Gebäuden aus der Sicht des Schallschutzes eine wichtige Größe dar. Die resultierende Schalldämmung zwischen zwei Räumen ist das Ergebnis aus der Schalldämmung der Trennwand, sowie der Schallängsdämmung der flankierenden Bauteile. Ohne die genaue Kenntnis der akustischen Leistungsfähigkeit der einzelnen Komponenten, lassen sich Resultate am Bau im besten Fall abschätzen. Gerade bei hochschalldämmenden Konstruktionen im Trockenbau herrscht Verunsicherung wegen der aktuellen Debatte über die Schallängsdämmwerte der DIN 4109. Laborwerte für hochschalldämmende Trockenbaukonstruktionen als flankierende Bauteile sind bis jetzt nicht zugänglich. Diese werden von Planern jedoch dringend benötigt, um sicher planen und die geltenden Richtlinien und Vorschläge für komfortablen Schallschutz erfüllen zu können. Die Forschung und Entwicklung der Knauf Gruppe hat deshalb ein Projekt initialisiert, mit dem Ziel hochschalldämmende Stoßstellen für Metallständerwände zu entwickeln. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit den konstruktiven und messtechnischen Herausforderungen im Flankenprüfstand in Bezug auf hochschalldämmende Konstruktionen von Trennwand, flankierender Wand, sowie deren Kombination in Gipskartonbauweise. Neben der Leistungsfähigkeit des Prüfstandes und den Möglichkeiten die Schallängsdämmung darin zu bestimmen und zu bewerten, werden Lösungsvarianten für hochschalldämmende Trockenbaukonstruktionen diskutiert.

### **Sitzung „Virtuelle Akustik“**

Di. 15:00 Hörsaal B

Virtuelle Akustik

### **Pegel- und Laufzeitbasierte Erzeugung von virtuellen Quellen bei nicht symmetrischer Aufstellung und ungleichen Lautsprechertypen**

Sven Kissner, Katharina Schmidt, Karsten Plotz und Joerg Bitzer

*Jade Hochschule Oldenburg*

Untersucht wurden Methoden zur Erzeugung von virtuellen Quellen bei einem gegebenen Mehrkanalsystem (Mainzer Kindertisch) unter üblichen raumakustischen Bedingungen. Dieses für die Messung der Lokalisationsleistung von Kindern angedachte System besteht aus fünf bei den Winkeln -90,-45,0,45,90° aufgestellten Lautsprechern (LS). Um klinische Randbedingungen zu erfüllen, sind die beiden äußeren LS ( $\pm 90^\circ$ ) üblicherweise anderen Typs. Eine resultierende Fragestellung

lautet, wie sich dies auf die Wahrnehmung bzw. die Lokalisation der virtuellen Quellen auswirkt und inwieweit entsprechende Effekte durch Anpassen der verwendeten Stimuli bzw. Entzerren der Lautsprecher zu kompensieren sind.

Die virtuellen Quellen selbst werden jeweils durch das den Zielwinkel einschließende Stereopaar erzeugt. Den Kanälen werden entweder die mit der Zielrichtung korrespondierenden Pegelunterschiede (NVBAP, Pulkki 2002) oder Laufzeitunterschiede (z.B. nach Sengpiel) aufgeprägt. Allerdings ist die Lokalisation von virtuellen Quellen bei zur Medianebene asymmetrischen Lautsprecheraufstellungen zur Medianebene hin verschoben. NVBAP kompensiert diesen Effekt durch eine empirisch ermittelte Korrektur der Signalpegel. Analog dazu wurde eine entsprechende Anpassung der Laufzeitunterschiede vorgenommen und evaluiert.

---

Di. 15:20 Hörsaal B

Virtuelle Akustik

### **Perzeptive Optimierung einer Raum-in-Raum Wiedergabe mit räumlich verteilten Lautsprechern**

Julian Grosse und Steven van de Par

*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik*

Bei Wiedergabe von Musik ist es erwünscht eine spezifische akustische Szene, z.B. eines Konzertes, so darzubieten, dass ein möglichst authentischer Eindruck der wiedergegebenen Schallquelle, unter Berücksichtigung der akustischen Eigenschaften des Wiedergaberaums, für den Zuhörer entsteht. In folgender Untersuchung wird die Entwicklung eines perzeptiv motivierten Audiowiedergabesystem vorgestellt und evaluiert. In diesem Ansatz werden sowohl die monauralen, spektralen Merkmale, welche für die Klangfarbe verantwortlich sind, als auch die binauralen Merkmale wie die interaurale Kreuzkorrelation (IACC), verantwortlich für die Umhüllung (listener envelopment), so optimiert, dass der räumliche Eindruck aus dem Aufnahmeraum im Wiedergaberaum reproduziert wird. Der Direktschall, unmittelbar an der Quelle aufgenommen, wird über eine auditorisch motivierte Filterbank vorverarbeitet, so dass spektrale Merkmale mit den Merkmalen des Direktschalls im Aufnahmeraum vergleichbar sind. Zusätzlich wird der Nachhall des Aufnahmeraums im Diffusfeld aufgenommen und über zwei Dipole dargeboten. Über eine spezielle Aufstellung und der Richtcharakteristik der Dipole lässt sich somit nur das Nachhallengfeld im Wiedergaberaum anregen. Darauf basierend können sowohl die spektralen Merkmale als auch die Kreuzkorrelation unabhängig über die Dipole optimiert werden. Ein Hörversuch zeigt, dass die dargebotenen akustischen Signale nach Anwendung der Optimierung perzeptiv sehr ähnlich im Bezug zum Referenzsignal beurteilt werden und einer konventionellen Raum-in-Raum Wiedergabe bevorzugt wird.

---

Di. 15:40 Hörsaal B

Virtuelle Akustik

**Präsentation der Poster**, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 72)

---

Di. 16:40 Hörsaal B

Virtuelle Akustik

**Evaluation of Loudspeaker-based 3D Room Auralizations using Hybrid Reproduction Techniques**

Sönke Pelzer, Michael Kohnen und Michael Vorländer

*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

For realistic audio rendering it is beneficial to enrich the spatial placement of sound sources in 3D space with enveloping room reflections and reverberation. Popular reproduction methods such as vector-base amplitude panning (VBAP), Ambisonics or Crosstalk Cancellation (CTC) usually only excel at either precise localization or immersive envelopment, but not both. While VBAP and CTC are known for their strong localization cues, Ambisonics particularly emphasizes the immersion. Using hybrid combinations of these methods, individual strengths and weaknesses complement one another. Therefore it is assumed that certain combinations, e.g. of direct sound rendering through CTC and reverberation rendering via Ambisonics, will be perceptually advantageous. A listening test was conducted using a head-mounted display and pointing device to detect the localization abilities of the different methods and their hybrid combinations, including full room acoustics rendering as well as free field references. Subjects were also asked to rate the degree of immersion and spectral coloration.

---

Di. 17:00 Hörsaal B

Virtuelle Akustik

**Efficient synthesis of perceptually plausible binaural room impulse responses**

Torben Wendt<sup>a</sup>, Steven van de Par<sup>a</sup> und Stephan D. Ewert<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik;* <sup>b</sup>*CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik*

A fast and perceptually plausible method for synthesizing binaural room impulse responses (BRIR) is presented. The proposed method is in principle suited for application in interactive evaluation environments (e.g., for hearing aid development), psychoacoustic studies with adaptively changing room reverberation, or simulation, rehabilitation, and computer games. Computational efficiency is achieved by using a hybrid approach, where early reflections are calculated up to a low order by an image source model [Allen and Berkley, J. Acoust. Soc. Am. 66, 943 (1979)] assuming a "shoebox" geometry and the reverb is generated by an efficient feedback delay network [FDN; Jot and Chaigne, Proc. 90th AES Conv. (1991)], allowing for explicit control of the frequency dependent decay characteristics. The FDN approach was extended to be adaptable to the room dimensions and different wall absorption coefficients, and to create spatially distributed reverberation.

The BRIR synthesis method was evaluated by comparing measured and synthesized BRIRs for various rooms of different size and reverberation time using technical measures and subjective tests. Subjective listening tests were performed to rate the sound properties of the synthesized and measured rooms. Mostly, good correspondences were found between simulated and real rooms for subjective ratings and technical measures.

Di. 17:20 Hörsaal B

Virtuelle Akustik

### **Binaural reproduction of plane waves with reduced modal order**

Benjamin Bernschütz

*Fachhochschule Köln*

Modal descriptions of measured or simulated sound fields using spherical harmonics enjoy popularity, and the binaural reproduction of the respective datasets using headphones is of great interest. A common method to extract directional information in the space domain from an underlying modal description is using plane wave decomposition techniques. Usually a set of head related transfer functions (HRTFs) is involved in a next step in order to establish the typical binaural cues that can be evaluated by the human auditory system. Due to their nature, HRTFs carry substantial information in higher modal orders in proportion to the temporal frequency. Owing to different reasons that are not subject of discussion herein, measurement or simulation systems often deliver a comparatively low number of resolvable modes entailing plane wave descriptions of limited modal order. Hence the low-order system and the high-order HRTFs need to be properly adapted for binaural reproduction. The paper shortly discusses theoretical aspects concerning the adoption of systems with different modal resolution with special regard to binaural reproduction.

Di. 17:40 Hörsaal B

Virtuelle Akustik

### **Using spatial information for the synthesis of the diffuse part of a binaural room impulse response**

Lukas Aspöck, Sönke Pelzer und Michael Vorländer

*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

For the synthesis of binaural room impulse responses (BRIR), the spatial information about the sound source is usually included by a convolution of the direct sound and the early reflections with the corresponding HRTFs. For the reverberation however, there is no standardized method for combining spatial information and the energy decay curve (e.g., obtained by a ray tracing algorithm). In some approaches, diffuse field HRTFs are used for the diffuse part of the impulse response, while others completely disregard spatial information in the reverberation tail. Studies have shown that an auralization does not contain audible differences if the later part of the impulse response is replaced with the reverberation tail of another position of the room. To investigate how detailed the spatial information (e.g., the HRTF filter length and resolution) has to be at

which point in time of the BRIR, various methods for the spatial synthesis of the diffuse part were implemented. Listening tests were conducted to identify the most suitable method, which reduces the computational effort of the filter synthesis without causing any perceptible differences during an auralization.

### Sitzung „Virtuelle Akustik (Poster)“

---

Dienstag	Virtuelle Akustik (Poster)
----------	----------------------------

---

#### **Audible differences in the auralization process - description in terms of just noticeable differences of receptor dislocations**

Jessica Lins De Souza, Bernardo Murta, Stephan Paul und Eric Brandao

*Federal University of Santa Maria*

In order to reduce computational costs in auralization process, it would be desirable to suppress convolutions that does not result in perceptible differences in the signals obtained. In order to estimate the just noticeable difference (jnd) in terms of receptor dislocations in a three dimensional environment, psychoacoustic experiments were carried out. Compared to other experiments (Masiero et al, 2012) the sound source was kept close to the walls and the receptor locations far from the walls of a small cavity. The paired comparison test consists in three batteries of experiments comparing 23 sounds answering if the sound presented in each pair were the same. Twenty pairs were made of sounds obtained by convolution of a music signal with the impulse responses obtained at the reference position and at positions dislocated from the reference point in a random manner and three other pairs made of the same sounds. The jnd was found to be 3.55 centimeters when the receptor moved towards the sound source and 3.46 centimeters for the opposite direction, using a confidence interval of 95 %. Compared to Masiero's experiments we found a larger jnd, a fact that might be related to the inverted position of receptor and source.

---

Dienstag	Virtuelle Akustik (Poster)
----------	----------------------------

---

#### **Synthesis of a moving virtual sound source applying the spectral division method**

Gergely Firtha<sup>a</sup> und Péter Fiala<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Budapest University of Technology; b Budapest University of Technology, Laboratory of Acoustics*

Sound field reproduction (including wavefield synthesis and spectral division method) is a state-of-the-art technique, aiming to physically reproduce an arbitrary sound field, usually generated by a virtual sound source. To achieve this, a densely spaced loudspeaker array, termed as secondary source distribution is driven by a driving function derived either in spatial or spectral domain.

The synthesis of the sound field generated by a moving virtual sound source has been subject of extensive research in the recent decade.

However, only spatial domain solutions, based on the theory of wave field synthesis are known so far.

Our paper presents a new modeling approach, based entirely on the wavenumber-frequency domain description of the moving virtual sound source. The loudspeaker driving functions are calculated by utilizing the spectral division method.

It is presented that analytical formula can be derived in the spectral domain, holding for both sub- and supersonic source velocities. The resulting driving functions and reconstructed fields are compared to results of the traditional wave field synthesis for both focusing and non-focusing synthesis types.

---

Dienstag

Virtuelle Akustik (Poster)

### **Simultane Messung mehrerer HRTFs in nichtreflexionsarmer Umgebung**

Simon Köhler<sup>a</sup>, Matthias Blau<sup>a</sup>, Steven van de Par<sup>b</sup> und Eugen Rasumow<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Jade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörtechnik u. Audiologie; <sup>b</sup>CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

Head-related transfer functions (HRTFs) beschreiben die individuelle und richtungsabhängige Filterwirkung von Außenohr, Kopf und Torso. Sie finden ihre Anwendung in der virtuellen Akustik und können z.B. zur binauralen Synthese eines Raumeindruckes über Kopfhörer verwendet werden. Aufgrund der individuellen Unterschiede zwischen HRTFs verschiedener Personen funktioniert diese Synthese subjektiv am besten mit den eigenen individuellen HRTFs. Die sequenzielle Messung von HRTFs ist jedoch sehr zeitaufwändig und kann aufgrund kleiner Bewegungen der Versuchsperson während der Messung zu inkonsistenten HRTF-Sätzen führen. Daher werden verschiedene Verfahren zur simultanen HRTF-Messung miteinander verglichen und mittels subjektiver Hörversuche evaluiert. Ferner erfordert die exakte Messung von HRTFs Freifeldbedingungen und ist somit Einrichtungen ohne reflexionsarme Raum vorenthalten. In dieser Arbeit wird die Machbarkeit von HRTF-Messungen in nichtreflexionsarmen Umgebungen untersucht. Diese Untersuchungen erfolgen am Beispiel eines Vorlesungsraumes. Der grundlegende Versuchsaufbau sowie die Optimierung durch minimalinvasive raumakustische Maßnahmen und geeignete Nachverarbeitung der gemessenen HRTFs werden vorgestellt. Das Messverfahren wird mittels objektiver Maße und subjektiver Hörversuche gegen Referenzmessungen aus einem reflexionsarmen Raum evaluiert.

---

Dienstag

Virtuelle Akustik (Poster)

**Effiziente Implementierung der Richtcharakteristik von Quellen in strahlenverfolgungsbasierten Raumsimulationsprogrammen**

André Siegel

*TU Ilmenau, FG Audiovisuelle Technik*

Es ist allgemein bekannt, dass Raumimpulsantworten, welche durch Simulation omnidirektional abstrahlender Punktschallquellen erzeugt werden, sich kaum für die Auralisation natürlicher Quellen eignen. Das Einbinden des Abstrahlverhaltens der Quelle ist, anders als bei der Ermittlung raumakustischer Parameter, für die Plausibilität der Schallquelle unumgänglich. Dies wird vor allem deutlich, wenn sich Schallquellen oder Rezipient im zeitlichen Verlauf der Auralisation im virtuellen Raum bewegen oder die Schallquellen ihre Orientierung ändern. Die Neuberechnung bzw. Anpassung der Simulationsergebnisse bei Neuorientierung der Quelle erzeugt einen hohen rechnerischen Aufwand. In diesem Beitrag wird erörtert, wie der Aufwand reduziert werden kann. Dafür wird die Richtcharakteristik der Quelle nur auf den ersten Teil der Raumimpulsantwort aufgeprägt, während der späte Nachhall richtungsunabhängig behandelt wird. Dieses Vorgehen wird dadurch begründet, dass die in den Raum eingebrachte Schallenergie unabhängig von deren Ausrichtung der Quelle ist und somit globale Parameter, wie die Nachhallzeit, in annähernd homogenen Räumen wenig verändert werden. Der Rezipient kann nur die ersten Reflexionen getrennt auswerten, somit ist anzunehmen, dass auch nur diese Rückschlüsse auf die Richtcharakteristik der Quelle ermöglichen. Der Beitrag gibt Aufschluss über die Parameter des Verfahrens, dessen Anwendbarkeit grundsätzlich von der Art der Quelle als auch der Beschaffenheit des zu simulierenden virtuellen Raumes abhängig ist.

---

Dienstag

Virtuelle Akustik (Poster)

**Aufbau und Optimierung eines einfachen Mikrofonarrays zur Erzeugung individueller HRTFs.**

Natalia Podlaszewski<sup>a</sup>, Volker Mellert<sup>b</sup> und Steven van de Par<sup>b</sup>

<sup>a</sup> CvO Universität Oldenburg; <sup>b</sup> CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

Die individuellen HRTFs von Versuchspersonen (VPn) wurden mit einer Anordnung von bis zu 6 Kugelmikrofonen pro Ohr nachgebildet, indem die Mikrofone geeignet platziert und die Signale geeignet gefiltert und verrechnet werden. Die Güte der Anpassung an die Ziel-HRTF wird in Abhängigkeit von den Parametern diskutiert, die die räumliche Anordnung und die Filterfunktion der einzelnen Mikrofone beschreiben. Die Richtcharakteristik der Mikrofonanordnung wird nach Betrag und Phase mit der individuellen HRTF der VPn sowie eines Kunstkopfes für einige ausgewählte Frequenzen verglichen. Die Qualität der räumlichen Wiedergabe in der Horizontalebene wird anhand von Hörversuchen vorgestellt.

**Sitzung „Lärm am Arbeitsplatz“**

Di. 14:40 Unikum

Lärm am Arbeitsplatz

**Auftreten und Bewerten tieffrequenter Geräusche am Arbeitsplatz - ein funktionaler Ansatz für praxisorientierte Mess- und Beurteilungsverfahren**Manfred SchmidtMüller-BBM GmbH

Eigene Untersuchungen zeigen, dass vielfach an Arbeitsplätzen in der Industrie und dem Gewerbe technische Schallquellen Hörschall und tieffrequenten Schall erzeugen, wobei hauptsächlich Infraschall im Frequenzbereich von 1 bis 20 Hz und seltener tieffrequenter Schall im Frequenzbereich von 20 Hz bis ca. 60 Hz mit Schalldruckpegeln von mindestens 100 dB vorkommen. Die Bildung von Schallpegelgruppen zeigt, dass 53 % der Schallpegel im Bereich von 100 dB bis 120 dB liegen, 92 % befinden sich unterhalb von 120 dB und nur eine kleine Anzahl der Schallpegel von ca. 8 % fallen in die Schallpegelgruppe von 120 dB bis 140 dB. Schallpegel von über 140 dB treten an Arbeitsplätzen in Einzelfällen auf. Trotz der auftretenden Schwierigkeiten bei der Ableitung allgemeingültiger Richtwerte sind Schallimmissionsrichtwerte für verschiedene Zwecke erforderlich. Sie müssen dazu beitragen, unzulässige Belästigungen oder gar Gesundheitsgefährdungen zu vermeiden. Unter diesen Voraussetzungen werden in dieser Untersuchung zwei Verfahrensansätze für die Messung und Beurteilung von tieffrequentem Schall vorgeschlagen: 1. Verfahren zur Beurteilung der Lästigkeit von tieffrequentem Schall an Arbeitsplätzen mit überwiegend geistigen Tätigkeiten, z. B. in Büros usw. 2. Verfahren zur Beurteilung der schädigenden und gehörgefährdenden Wirkung von tieffrequentem Schall an Arbeitsplätzen mit überwiegend manuellen Tätigkeiten. Es wird ein weiterer Handlungs- und Forschungsbedarf aufgezeigt.

Di. 15:00 Unikum

Lärm am Arbeitsplatz

**Knallbelastung des Eishockey-Torwarts beim Aufprall des Pucks auf die Maske**Beat W. HohmannSuva, Luzern (CH)

Ein junger Eishockey-Goalie erlitt beim Aufprall des Pucks auf die Gesichtsmaske einen Gehörschaden mit einer einseitigen Höreinbusse von 60 bis 95 dB bei hohen Tönen und einem permanenten Ohrgeräusch (Tinnitus).

Deshalb führte die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt Suva zusammen mit Eishockey-Spezialisten eine Messreihe mit unterschiedlich aufgebauten Goalie-Masken durch. Der Puck wurde mit einer Puckschiessmaschine auf das Gitter oder die Schale der Maske geschossen, die auf einen Kunstkopf aus Hartgummi aufgesetzt war. In den

Ohrmulden des Kunstkopfs waren hochpegelfeste Miniaturmessmikrofone montiert. Es wurden Spitzenpegel L(Peak) von 155 bis 165 dB(C) und - für die Gehörgefährdung entscheidend - Schallexpositionspegel von 125 bis 132 dB(A) gemessen, wie sie bei einem Sturmgewehrschuss am Ohr des Schützen auftreten. Diese Schallexpositionspegel überschreiten den Grenzwert der Suva um 5 bis über 10 dB und gefährden bereits bei einem einzigen Ereignis das Gehör. Deshalb müssen Eishockey-Goalies ihr Gehör konsequent schützen, wenn sie nicht das Risiko von irreversiblem Gehörverlust oder lebenslangem Tinnitus auf sich nehmen wollen.

Die hier verwendete einfache Knallbewertungsmethode der Suva wird erklärt und begründet. Sie kam auch in Bayreuth zum Einsatz, um die Gehörgefährdung von Sängern, Musikern und Zuschauern bei der Kalaschnikow-Salve im "Siegfried 2013" zu beurteilen.

---

Di. 15:20 Unikum

Lärm am Arbeitsplatz

### **Recent Trends in Noise Prediction at Workplaces**

Florian Völk und Wolfgang Probst

*DataKustik GmbH*

With the VDI-Guideline 3760, the computation of indoor sound propagation applied to the acoustic evaluation of work places had been standardized. The employed mirror-source based method has been combined with a particle or ray model recently, largely extending possible fields of application. These new use cases cover especially the modeling of complex sound sources such as machinery and other noise emitting technical devices, the possibility of taking into account the emission indicators according to the machine directive, as well as the computation of complex room geometries, allowing the realistic modeling of work places within the planning phase. By the instrumental prognosis of speech intelligibility, taking into account the noise of technical equipment, important aspects of acoustic communication and recognition of auditory warning signals became possible. The techniques introduced are discussed by the examples of the layout and room acoustical treatment of production facilities and open-plan offices.

---

Di. 15:40 Unikum

Lärm am Arbeitsplatz

**Präsentation der Poster**, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 79)

---

Di. 16:40 Unikum

Lärm am Arbeitsplatz

**Reading in a noisy environment: Are test principles realized in a reading test procedure for children also useful in studies with adults?**

Helga Sukowski und Steven van de Par

*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik*

In a previous project on the effects of traffic sounds on cognitive performance in children a specific reading test procedure was developed (OKiLeLe) in order to capture possible detrimental effects of noise on reading performance. The participants' task was to find grammatical or semantic mistakes in written sentences in a limited time. The variations of road traffic sounds used in that project revealed that manipulations of spectral and temporal sound features had different effects on reading accuracy. Currently we investigate whether the construction principle of the test items would in general also be appropriate to capture noise effects on reading in adults. Therefore two groups of adult volunteers work on the OKiLeLe each in a quiet and in a speech noise condition. One group participates in a group setting and one group in a laboratory single test setting. In the laboratory-group also an attention test is applied to investigate the correlates of attention and reading in the used conditions. Based on these results new sentences with a content adapted for adult participants can be developed. This test is then sought to be a suitable instrument to capture noise effects on reading in workplace conditions, e.g. in open plan offices.

---

Di. 17:00 Unikum

Lärm am Arbeitsplatz

**Ist Gehörschutzbenutzung unter 80 dB(A) sinnvoll?**Peter Sickert*BG Holz und Metall*

Die Benutzung von Gehörschutz ist nach Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung ab einem Tages-Lärmexpositionspegel von  $L_{EX,8h} = 85$  dB(A) vorgeschrieben. Dabei soll der Restschallpegel  $L'_{EX,8h}$  am Ohr den maximal zulässigen Expositionswert von 85 dB(A) nicht überschreiten. Doch damit endet die Gehörschutzverwendung nicht. Schon oberhalb von  $L_{EX,8h} = 80$  dB(A) muss Gehörschutz vom Arbeitgeber bereitgestellt werden. Wie muss dieser dann notwendigerweise sehr niedrig schalldämmende Gehörschutz beschaffen sein?

Noch komplizierter wird die Frage, wenn der Gehörschutz in Bereichen verwendet wird, für die die LärmVibrationsArbSchV nicht gilt, d.h. für  $L_{EX,8h}$  unterhalb von 80 dB(A). Der dann benutzte sogenannte Komfortgehörschutz hat die Aufgabe, vor psychischen Belastungen (Lärmstress) zu schützen, die Konzentrationsfähigkeit zu fördern oder eine individuelle Atmosphäre zu schaffen. Welche Anforderungen muss nun dieser Gehörschutz erfüllen und ist es überhaupt Gehörschutz im Sinne der PSA-Richtlinie 89/686/EWG? Der individuelle Schutz gegen extraaurale Lärmwirkungen ist momentan hinsichtlich Zuordnung und

Anforderungen ungeklärt. Da die psychischen Belastungen eine zunehmende Rolle im Arbeitsprozess spielen, muss auch dieser Aspekt des Gehörschutzes geklärt werden.

Der Beitrag bietet erste Ansätze bezüglich Anforderungen und Möglichkeiten.

Di. 17:20 Unikum

Lärm am Arbeitsplatz

### **Prüfverfahren für das Hören von Warnsignalen mit Gehörschutz für Lokrangierführer**

Eva-Maria Ascherl, Edwin Schorer und Michael Kogel

*Müller-BBM GmbH*

Entsprechend VBG-Fachinformation 5147 sind bei Triebfahrzeugführern und Lokrangierführern individuelle Hörproben ohne und mit Gehörschutz durchzuführen. Zur Realisierung der Hörproben mit Typhonsignalen eines zweiten Triebfahrzeuges ist zuerst die entsprechende Hörweite zu ermitteln, bei der der Beschäftigte ohne Gehörschutz unter den vorliegenden Umgebungsbedingungen das Warnsignal gerade noch hört. Die eigentliche Hörprobe ist dann bei 90% der Hörweite durchzuführen. Die beschriebene Methode zur Prüfung des Hörens von Warnsignalen mit Gehörschutz ist sehr aufwändig, weil z. B. bis zu 500 m lange Gleisstrecken nötig sind, 2 Triebfahrzeuge gebraucht werden und außerdem die Wohnumgebung mit Lärm stark belastet wird. Der Zeitaufwand dieser Prüfung ist erheblich. Vor diesem Hintergrund wurde ein alternatives, einfach durchführbares Prüfverfahren für das Hören von Warnsignalen mit Gehörschutz entwickelt, das folgende Merkmale hat:

- Lautsprecher-Wiedergabe der Prüfschalle in üblicher Büroumgebung
- Binaurales (beidohriges) Abhören der Prüfsignale entsprechend der realen Situation
- Rechnergesteuerte Ermittlung der Mithörschwelle (2AFC-Verfahren) für das Warnsignal ohne und mit Gehörschutz bei gleichzeitiger Darbietung eines realistischen Hintergrundsignals
- Fünf Standard-Warnsignale sowie weitere fahrzeugspezifische Warnsignale auswählbar
- Wählbare akustische Umgebung (Hintergrundsignal) nach Triebfahrzeug, Arbeitsposition und Einsatzart
- Prüfergebnis ist die Beurteilung der Eignung des verwendeten Gehörschutzes

Die Entwicklung des Prüfverfahrens wurde von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) gefördert.

---

Di. 17:40 Unikum

Lärm am Arbeitsplatz

### **Prüfverfahren für Gehörschützer unter Impulslärm - eine Übersicht**

*Institut für Arbeitsschutz der DGUV*

Sandra Dantscher

Gehörschützer müssen als Persönliche Schutzausrüstung einer Baumusterprüfung nach der EU-Richtlinie 89/686/EWG unterzogen werden. Die dabei eingesetzten Prüfverfahren werden in harmonisierten Normen spezifiziert, die das Technische Komitee CEN/TC 159 "Gehörschützer" erarbeitet.

Ein aktuelles Projekt des TC ist die Standardisierung eines Prüfverfahrens für Gehörschützer unter Impulslärm. Dies ist insbesondere für Produkte von Bedeutung, die explizit einen Schutz gegen laute Knalle (z.B. für Schützen) versprechen.

Im ersten Schritt ist dazu ein Überblick über die bereits entwickelten oder eingesetzten Testverfahren zur Bestimmung der Schalldämmung verschiedener Arten von Gehörschutz nötig. Der Schwerpunkt liegt dabei auf (elektronischen) pegelabhängig dämmenden Gehörschützern und speziellen nicht-linearen passiven Gehörschutzstöpseln, die auch von Militär und Polizei bei Schießlärm eingesetzt werden.

Der Beitrag stellt die bekannten Prüfverfahren vor und bewertet ihre Verwendbarkeit in Normen für die Baumusterprüfung.

### **Sitzung „Lärm am Arbeitsplatz (Poster)“**

---

Dienstag

Lärm am Arbeitsplatz (Poster)

#### **Lärmgeminderte Trennscheiben für mineralische Werkstoffe**

Jürgen Maué

*Institut für Arbeitsschutz der DGUV*

Zum Sägen von mineralischen Werkstoffen, wie z.B. Granit, Marmor oder Beton, werden Diamant-Trennscheiben eingesetzt, die an den entsprechenden Arbeitsplätzen in der Regel extrem hohe Lärmbelastungen mit Schalldruckpegeln von mehr als 100 dB(A) verursachen. Da die eingesetzte Trennscheibe dabei jeweils die dominierende Lärmquelle darstellt, sollten sich die Lärmelastungen durch Einsatz von geräuschgeminderten Trennscheiben deutlich verringern lassen. Derartige Trennscheiben werden entweder als Sandwichkonstruktion mit einer eingezwängten Dämpfungsfolie aufgebaut, um damit die Ausbreitung der Schwingungen in den Trennscheiben zu bedämpfen, oder sie weisen einen mehrschichtig verstärkten Flanschbereich auf, so dass die Schwingungen durch die bessere Führung und Dämpfung verringert werden. Obwohl diese Trennscheiben schon einige Jahre auf dem Markt sind, haben sie in der Praxis bisher noch nicht die zu wünschende

Verbreitung gefunden. In diesem Beitrag werden diese geräuschgeminderten Diamant-Trennscheiben vorgestellt und es wird über Vergleichsmessungen mit konventionellen Trennscheiben berichtet. Danach lassen sich durch Einsatz von geräuschgeminderten Trennscheiben Pegelminderungen im Bereich von 10 dB(A) und mehr erreichen. Erfreulicherweise müssen dem Betrieb für diese Lärmminderungsmaßnahme keine Mehrkosten entstehen. So können die Schnittkosten bei entsprechender Auswahl der Trennscheibe sogar niedriger ausfallen, weil sich höhere Standzeiten ergeben.

---

Dienstag

Lärm am Arbeitsplatz (Poster)

### **Befindlichkeit vor und nach hochpegeligen Impulsschalleinwirkungen**

Silvester Siegmann und Gert Notbohm

*Universität Düsseldorf, Inst. f. Arbeitsmedizin u. Sozialmedizin*

Hochpegelige Impulsschalle - wie sie zum Beispiel von großkalibrigen Systemen der Bundeswehr erzeugt werden - führen beim Bedienpersonal u.a. zu Störungen der Befindlichkeit. So ist zumindest die Erwartungshaltung. In einem Feldversuch mit einer Panzerhaubitze 2000 wurden geeignete Untersuchungen mit Probanden durchgeführt. Zur Kontrolle von Befindlichkeitsstörungen und möglicher psychogesundheitlicher Auswirkungen auf die Betroffenen wurden 152 Probanden vor und nach jedem Schießen mit einer Panzerhaubitze 2000 mittels dreier psychologischer Skalen untersucht. Es zeigten sich weder hinsichtlich der Ausgangslage noch für die Werte nach dem Schießen statistisch relevante Unterschiede. Die Werte der Beschwerdeliste für beide Gruppen liegen im Bereich von 6,8 bis 9,3. Bzgl. der Befindlichkeit schwanken die Werte: Für die schussbelasteten Gruppen ergab sich ein z.T. deutlicher Abfall. Die State-Angst fiel von 39,4 auf 36,8 ( $t=4,503$ ;  $p < 0,05$ ). Die Befindlichkeit der Probanden geht in Richtung einer Stimmungsverbesserung. Die Summe der Beschwerden nimmt von 7,22 auf 6,83 ab (nicht signifikant). Einzig die Gruppe mit der höchsten Schussbelastung stellt sich anders dar. Hier steigt die durchschnittliche Zahl der Beschwerden pro Probanden von 7,4 (vorher) auf 9,8 (nachher) an ( $t=-1,663$ ; n.s.). Ein korrelativer Zusammenhang lässt sich in Bezug auf die Differenz der Befindlichkeit nachweisen ( $r= 0,265$ ;  $p < 0,05$ ).

---

Dienstag

Lärm am Arbeitsplatz (Poster)

### **Simulation und Applikation eines Helmholtz-Resonators an einem Stranggranulator unter Verwendung einer akustischen Netzwerkbeschreibung**

Jan Troge<sup>a</sup>, Welf-Guntram Drossel<sup>a</sup>, Holger Kunze<sup>a</sup>, Moritz Linke<sup>a</sup>, Ulrich Kreuz<sup>b</sup> und Erich Stockmann<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Fraunhofer IWU; b Reduction Engineering GmbH*

Ein wesentlicher Punkt bei der Fabrikplanung ist die Beachtung des zu erwartenden Geräuschpegels in Summe aller beteiligten Maschinen

der Prozessketten. Für die Herstellung von Kunststoffgranulat kommen für die einzelnen Bearbeitungsschritte verschiedene Anlagen zum Einsatz. Dazu gehören Stranggranulatoren, Rüttelsiebe, Trockner etc. Im Hinblick auf arbeitsschutztechnisch geforderte Grenzwerte muss der Geräuschbeitrag der einzelnen Prozessstufen möglichst niedrig sein. Granulatoren haben einen dominierenden Anteil am Gesamtschallpegel. Deren Geräusch setzt sich vor allem aus der Luftschallanregung durch den Schneidmotor (Maschinengeräusch) und die Anregung beim Schneiden/Brechen des Materials (Prozessgeräusch) zusammen. Das Vorbeigleiten der Schneidkanten an einem festen Ambossmesser erzeugt zyklische Druckschwankungen, die bereits im Leerlauf zu einem hohen Schalldruckpegel führen können, der durch einzelne, schmalbandige Töne dominiert wird. Im Rahmen einer Geräuschoptimierung wurde eine akustische Netzwerkbeschreibung eines Kunststoffgranulators erstellt. Diese wurde dazu genutzt, das Potential eines eingebrachten Helmholtz-Resonators zur Pegelreduktion der Schnittfrequenz oder deren Oberwellen abzuschätzen. Dies beinhaltete die Analyse möglicher Resonatorpositionen und -abmessungen und sowie die Quantifizierung von deren Einfluss auf das Gesamtgeräusch. Auf Basis der Simulationsergebnisse wurde ein Helmholtz-Resonator an einem Stranggranulator appliziert. Es konnte gezeigt werden, dass eine signifikante Reduktion des Anteils der Schnittfrequenz und damit des Gesamtpegels zu erreichen ist. Der subjektiv störende, tonale Geräuschcharakter konnte dadurch wesentlich verbessert werden.

---

Dienstag

Lärm am Arbeitsplatz (Poster)

### **Luftgeleiteter Ultraschall und Arbeitsschutz**

Andrea Wolff

*Institut für Arbeitsschutz der DGUV*

Der industrielle Einsatz von Ultraschall-Technologie hat in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen. So hat sich beispielsweise das Schweißen von Plastik per Ultraschall als eine energieeffiziente und preiswerte Verarbeitungsmöglichkeit etabliert.

Um im Zuge dieses Trends dem Arbeitsschutz gerecht zu werden, ist im September 2012 die überarbeitete Richtlinie VDI 3766 "Ultraschall - Arbeitsplatz - Messung, Bewertung, Beurteilung und Minderung" erschienen, die ein spezielles Verfahren zur Messung, Bewertung und Beurteilung der Schallexposition im Beisein von Ultraschall beschreibt.

Jedoch beantwortet auch diese nicht alle wichtigen Fragen, die im Rahmen einer Beurteilung von Ultraschallbelastung am Arbeitsplatz auftreten. So existieren mangels umfassender, belastbarer Studien keine Beurteilungskriterien für die Schädigung des menschlichen Ohres durch luftgeleiteten Ultraschall bei Frequenzen oberhalb von 8 kHz. Auch weisen die in der VDI 3766 und der VDI 2058 Blatt 2 festgelegten Richtwerte Lücken auf, die aus Sicht des Arbeitsschutzes dringend geschlossen werden sollten. Hierzu existieren bereits Vorschläge.

Wir stellen die Inhalte der VDI 3766 vor und diskutieren mögliche Probleme und Lösungsansätze im Hinblick auf den Arbeitsschutz.

### Sitzung „Signalverarbeitung“

Di. 17:00 A1 0-006

Signalverarbeitung

#### **Speech Quality of Mobile Phones via Wideband Bluetooth Link**

Marc Lepage, Frank Kettler und Tobias Vorländer

*HEAD acoustics GmbH*

The automotive industry "meets" the mobile phone industry when drivers communicate via their vehicles' hands-free systems. The most common use case is that the driver's mobile phone linked via Bluetooth provides the mobile network access. Control commands (AT-commands) are defined to configure the Bluetooth connection, disable internal signal processing in the mobile phone in this case and provide a fully transparent audio gateway functionality of the phone. Signal processing is handled in the hands-free system. Although many mobile phones disable echo cancellation or noise reduction, they often show severe limitations such as strong level adjustments, AGC or frequency equalization (discussed also at DAGA 2011, M.Lepage). Today it can even be observed that it is hardly possible to find any up-to-date mobile phone that behaves fully transparent in wideband communication. The contribution discusses typical results from a number of wideband capable mobile phones. As this inappropriate behavior of mobile phones hampers speech quality tuning of hands-free systems, it remains a very critical aspect for the automotive industry and demands stronger focus on standardization.

Di. 17:20 A1 0-006

Signalverarbeitung

#### **Klangpräferenzen von Normalhörenden bei Musikwiedergabe**

Merle Saft<sup>a</sup>, Martin Hansen<sup>b</sup> und Jan Rennies<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie;* <sup>b</sup>*Jade Hochschule Oldenburg*

Diese Studie untersucht anhand eines neu entwickelten, Touchscreen-basierten Verfahrens den Zusammenhang von individuellen Klangpräferenzen bei verschiedenen einstellbaren Frequenzgewichtungen von Musikstücken. Bisher in Audiowiedergabegeräten vorhandene Möglichkeiten zur Klangindividualisierung (z.B. Presets für Jazz, Classic, Pop) werden vom Nutzer selten verwendet, da sie zum einen oft versteckt und wenig intuitiv sind und zum anderen der Klang auch bspw. von der verwendeten Hardware, der Dateiqualität und der Raumakustik abhängig ist. In dieser Studie wird ein neu entwickeltes Interface verwendet, das eine schnelle und intuitive Möglichkeit zur perzeptiv stufenlosen Klang- und Lautstärkeindividualisierung bietet.

Die Untersuchungen dieser Studie erfolgen mit zwei Gruppen normalhörer Probanden. Im ersten Teil werden die individuellen Klangpräferenzen von unerfahrenen Probanden für insgesamt 13 verschiedenen Genres und jeweils unterschiedlichen Interpreten ermittelt. Im zweiten

Teil der Studie wird überwiegend audiophilen Probanden eine reduzierte Auswahl an Stimuli dargeboten, die den Genres der klassischen Presets entsprechen (Pop, Rock, Classic, Jazz, Hip Hop). Für alle Probanden wird eine frequenzabhängige Lautheitsskalierung durchgeführt. Die Ergebnisse deuten auf eine große interindividuelle Varianz der Klangpräferenzen und damit einen hohen Bedarf an Werkzeugen zur Klangindividualisierung hin. Die Messdaten werden mit Blick auf die Eigenschaften der Musikstücke sowie die individuelle Faktoren analysiert, um zu prüfen inwieweit diese ermittelten Klangpräferenzen beeinflussen.

Di. 17:40 A1 0-006

Signalverarbeitung

### **Erkennung negativer Emotionen in Sprachsignalen mittels Bags-of-Audio-Words**

Florian Pokorny<sup>a</sup>, Franz Graf<sup>a</sup> und Franz Pernkopf<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Joanneum Research; <sup>b</sup> Technische Universität Graz

Mitbedingt durch ein breites, potentielles Anwendungsfeld stellt die Emotionsspracherkennung heute ein großes Forschungsgebiet dar, das auf die computergestützte Erkennung menschlicher Emotionen in Sprachsignalen fokussiert und dabei mit verschiedenen Herausforderungen, wie der Findung eines geeigneten, zugrundeliegenden Trainingsmaterials konfrontiert ist. Eine Vielzahl an Studien befasste sich insbesondere mit Systemen zur Erkennung negativer Emotionen. Allerdings wurden dabei nur selten diverse Anforderungen berücksichtigt, die bei einem möglichen Einsatz unter realen Bedingungen zu beachten wären, wie z.B. Unempfindlichkeit gegenüber Störschall, Echtzeitfähigkeit oder die Verwendung ausreichend realistischer Sprachkorpora.

Ausgehend davon wurde ein robustes, echtzeitfähiges Klassifikationssystem für die Erkennung negativer Emotionen in Sprachsignalen implementiert und auf einen stark emotional gefärbten Spontansprachkorpus trainiert. Das Grundprinzip des Systems bildet der im Bereich der Emotionsspracherkennung innovative bag-of-audio-words-Ansatz. Eine umfangreiche Systemevaluierung wurde durchgeführt und eine gewichtete Erkennungsrate von 65.6% konnte offline für die Unterscheidung von negativen und nicht negativen Emotionen erreicht werden.

### **Sitzung „Akustik der Musikinstrumente“**

Di. 14:40 A1 0-007

Akustik der Musikinstrumente

### **Einfluss der Kehlenform auf den Klang der Trompeten-Zungenorgelpfeifen**

Judit Angster<sup>a</sup>, Kai Dolde<sup>a</sup>, Péter Rucz<sup>b</sup> und András Miklós<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Fraunhofer-Institut für Bauphysik; <sup>b</sup> Budapest University of Technology, Laboratory of Acoustics; <sup>c</sup> Steinbeis Transferzentrum Angew. Akustik  
Es wurde untersucht, welchen Einfluss bestimmte Kehlenparameter auf den Klang der Zungenorgelpfeife haben. Da die Dimensionierung von Orgelpfeifen momentan größtenteils auf empirischen Erfahrungswerten

der Orgelbauer beruht, besteht das Ziel darin, Orgelbauern wissenschaftliche Daten zu liefern, die den Einfluss unterschiedlicher Kehlenparameter auf den Klang zeigen. Mit diesem Wissen wäre es möglich, gewünschte Klangvorstellungen von Orgelpfeifen durch gezielte Anpassung dieser Parameter bei der Dimensionierung der Pfeifen zu verwirklichen. Die untersuchten Trompeten-Kehlen unterscheiden sich im Abschlusswinkel der Kehle. Für die Analyse des Parameters Kehlenabschlusswinkel wurden Messungen an einem einfachen Kehlenmodell durchgeführt, die Erkenntnisse über die Abhängigkeit der Reflexionseigenschaften von unterschiedlichen Abschlusswinkeln liefern. Es hat sich gezeigt, dass die Modellergebnisse in Einklang mit Klangspektrenanalysen der Trompeten-Kehlen stehen.

---

Di. 15:00 A1 0-007

Akustik der Musikinstrumente

**Simulation of the Sound Generation of Lingual Organ Pipes**

Péter Rucz<sup>a</sup>, Tim Preukschat<sup>b</sup>, Judit Angster<sup>b</sup>, Fülöp Augusztinovicz<sup>a</sup> und András Miklós<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Budapest University of Technology, Laboratory of Acoustics; <sup>b</sup>Fraunhofer-Institut für Bauphysik; <sup>c</sup>Steinbeis Transferzentrum Angewandte Akustik

Lingual organ pipes produce sound by means of the interaction of a vibrating tongue and an acoustic resonator. The pitch of the pipe is determined by the frequency of tongue vibration, whereas the sound character is mostly influenced by the resonator. The two components form a strongly or weakly coupled vibroacoustic system depending on the pipe form and the actual tuning and voicing settings. In this contribution a modeling approach for the simulation of the sound generation of lingual organ pipes is presented. The proposed model consists of a reed and a resonator model. The reed model comprises the equations of motion for the vibrating tongue including flow and acoustic feedback effects. The acoustic behavior of the resonator is characterized by its frequency dependent input admittance function, which is calculated by means of a unidimensional model consisting of arbitrary axisymmetrical resonator sections. The acoustical model also contains a radiation impedance database created from finite element simulations for various cone angles. The results of the proposed model are validated by comparison to measurements performed on real lingual pipes.

---

Di. 15:20 A1 0-007

Akustik der Musikinstrumente

**Präsentation der Poster**, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 88)

Di. 16:20 A1 0-007

Akustik der Musikinstrumente

**Strukturelle Merkmale von Blasinstrumentenspektren - Die Schumannschen Klangfarbengesetze aus heutiger Sicht**Thassilo Gadermaier<sup>a</sup> und Christoph Reuter<sup>b</sup><sup>a</sup>Österr. Institut für Artificial Intelligence; <sup>b</sup>Universität Wien, Musikwissenschaftliches Institut

Karl Erich Schumann formulierte 1929 nach umfangreichen Messungen an Klangspektren in seiner "Physik der Klangfarben" eine Reihe von Gesetzmäßigkeiten (sog. "Klangfarbengesetze"), nach denen sich Spektren von Blasinstrumenten bei Tonhöhen- und Dynamikwechseln verändern. Hierbei wies er zum einen feste, die Klangfarbe instrumententypisch färbende Formantbereiche bei Blasinstrumenten nach und war zum anderen einer der ersten Klangforscher, der die bei unterschiedlicher Tongebung auftretende Spektraldynamik in ihrer Bedeutung erkannte und ihre Funktionsweise allgemeingültig für Blasinstrumente beschrieb. Schumanns Untersuchungen waren wegbereitend für "formatorientierte" Forschungsansätze im Bereich von Blasinstrumentenklangfarben. So konnte die Theorie der Impulsformung (Fricke 1975; Voigt 1975) die Entstehung von festen Formanten bei Doppelrohrblattinstrumenten erklären. Darüber bewährten sich die von Schumann gefundenen Prinzipien bei Untersuchungen zur Heraushörbarkeit bzw. Verschmelzung von Musikinstrumenten im Ensemblespiel, zur Vorhersage von formantbasierter Stream Segregation bei alternierenden Klangfarben etc. (Reuter 1996, 2000, 2002). Die grundlegenden, mit Hilfe von Stimmgabeln, Interferenzröhren und graphischer Fourieranalyse angestellten Messungen Schumanns wurden so gut wie nie repliziert. In der vorliegenden Studie werden die damaligen Beobachtungen Schumanns mit Hilfe von MatLab-Skripten und auf der Grundlage von umfangreichen, hochqualitativen Sample-Libraries nach heutigen Standards wiederholt und in Qualität und Quantität weit über die damaligen Untersuchungen hinausgehend auf einen aktuellen Stand gebracht.

Di. 16:40 A1 0-007

Akustik der Musikinstrumente

**Deckenmontage und akustische Eigenschaften von Geigen**

Gunter Ziegenhals

Institut für Musikinstrumentenbau e.V.

Insbesondere bei Streichinstrumenten sind während der Abstimmung im Rahmen der Herstellung und natürlich bei Reparaturen das wiederholte Aufleimen der Decke und anschließendes erneutes Öffnen des Instruments typische Arbeiten des Instrumentenmachers. Es gibt bislang keine Aussage dazu, wie sich das Abnehmen und wieder Aufleimen der Decke, unabhängig von evtl. vorgenommenen Veränderungen an der Decke selbst im Mittel akustisch auswirkt bzw. ob eine Veränderung überhaupt nachweisbar oder wahrnehmbar ist. Entsprechende Kenntnisse wären für die Bewertung von Aussagen über alte Instrumente und der Einschätzung der Sinnfälligkeit von Abstimmungsarbeiten sehr nützlich. In

ein entsprechendes Experiment des IfM gingen sechs Geigen ein: drei 10 Jahre alte Weißinstrumente sowie drei neue Weißinstrumente. Die Instrumente unterschieden sich hinsichtlich der beiden Gruppen in der Konstruktion im Rahmen der üblichen Differenzen typischer Geigenbau-reihen. Weißinstrumente (unlackiert) wurden verwendet, da sich hier die Klebefugen besser lösen lassen und der Einfluss der Lackierung au-ßen vor bleibt. Das Experiment sah unterschiedliche Manipulationen an den Instrumenten jeweils paarweise vor. Im Ergebnis zeigt sich, dass die Charakteristiken der beiden Gruppen erhalten bleiben, die Deckenmon-tage aber die Streuung der akustischen Parameter erhöht.

Di. 17:00 A1 0-007 Akustik der Musikinstrumente

### **Vergleich der Wirkung adapttronischer Wolfstöter**

Johannes Tschesche, Christian Thyes, Joachim Bös und Tobias Melz  
*TU Darmstadt - SzM*

Bei Streichinstrumenten, insbesondere bei Celli, treten häufig akusti-sche Phänomene auf, die den Klang des Instruments negativ beeinflus-sen. Eines dieser Phänomene äußert sich beispielsweise durch starke Schwebungen des Klangs oder quietschende Töne und wird Wolf-ston genannt. Bisherige passive Lösungsansätze können das gesamte Klangbild beeinträchtigen. Alternativ existieren erste adapttronische Konzepte zur Unterdrückung des Wolfstons. Um diese Konzepte zu erpro-ben wurde am LOEWE-Zentrum AdRIA ein numerisches Modell entwi-ckelt, mit dem ein Wolfston simulativ erzeugt werden kann. Das Modell bildet eine Platte ab, die über einen Steg mit einer einzelnen Saite ge-koppelt ist. Die Saite kann zu Schwingungen angeregt werden, die sich dann über den Steg auf die Platte fortpflanzt. Die Schwingungen werden als Luftschall abgestrahlt. Dieses System lässt sich so abstimmen, dass eine charakteristische Schwebung entsteht, die für einen Wolfston ty-pisch ist. An diesem numerischen Demonstrator kann die Wirkung unter-schiedlicher Unterdrückungssysteme, die den Wolfston reduzieren oder völlig eliminieren sollen, gezeigt werden. Exemplarisch wird die Wirkung gängiger Tilger, sogenannter Wolfstöter, der Wirkung moderner adap-tronischer Konzepte gegenübergestellt.

Di. 17:20 A1 0-007 Akustik der Musikinstrumente

### **Systematische Variation komplexer Klangschalenschalle und ihr Einfluss auf die Wahrnehmung**

Britta Jensen<sup>a</sup>, Johanna Stever<sup>b</sup>, Christina Imbery<sup>a</sup> und Reinhard Weber<sup>a</sup>

<sup>a</sup>CVO Universität Oldenburg, AG Akustik; <sup>b</sup>HNO Uniklinik Köln

Beim Anschlagen einer Klangschale mit einem Schlegel bilden sich we-gen leichter Unsymmetrien in der handgefertigten Schale eine Reihe von Modenpaaren aus, die zur Wahrnehmung von Schwebungen führen können. Da die einzelnen Modenpaare unterschiedlich stark gedämpft werden, verändert sich der Klang der Schale permanent und behält ei-ne gewisse Lebendigkeit in der Abklingphase. Zur Untersuchung der

Wirksamkeit einzelner Signaleigenschaften werden original Klangschalenklänge und 12 Variationen davon - insgesamt 15 Klänge - mithilfe eines semantischen Differentials bewertet. Unter den Stimuli sind Aufnahmen von drei verschiedenen Klangschalenschallen. Zwei davon werden je viermal synthetisiert indem sie mit verschiedenen, aber dennoch dem Originalsignal ähnlichen spektralen Strukturen, denen bestimmte Frequenzanteile der Obertöne fehlen generiert werden. Je zwei weitere Signale werden durch die ‚Imitation‘ der Klangschalensignale mit einer Gitarre und einem Klavier gewonnen. 39 Probanden bewerten in einem Test und einer Testwiederholung alle Stimuli anhand von 37 Merkmalspaaren auf einer 7-stufigen Skala. Eine anschließende Faktorenanalyse liefert 6 Beurteilungsdimensionen. Die Zusammenhänge zwischen der Veränderung der Signaleigenschaften und den Beurteilungsdimensionen werden dargestellt.

Di. 17:40 A1 0-007

Akustik der Musikinstrumente

**Kein Raum für Klangfarben - Timbre Spaces im Vergleich**

Saleh Siddiq und Christoph Reuter

*Universität Wien, Musikwissenschaftliches Institut*

**Hintergrund:** Schon seit Stumpf (1890) und spätestens seit Licklider (1951) ist die Multidimensionalität des Phänomens Klangfarbe bekannt. Aus der Fülle verschiedener Ansätze (Köhler 1909, Schumann 1929, Albersheim 1939, Bismarck 1972 etc.) haben sich nach einer grundlegenden Studie von Grey (1975) die "Timbre Spaces" (Klangfarbenräume) zur Klangfarbenbeschreibung durchgesetzt. Darin werden die vermeintlichen klangfarblichen Merkmale von Musikinstrumenten (Schärfe, Einschwingvorgang, Fluktuationen) entlang von Raumachsen angeordnet. Aufgrund ihrer Anschaulichkeit sind sie in vielen Lehrbüchern der musikalischen Akustik und Systematischen Musikwissenschaft zu einem festen Bestandteil der Klangfarbendefinition geworden.

**Fragestellung:** Da die bisherigen Klangfarbenräume auf (re-)synthetisierten Klängen jeweils gleicher Tonhöhe, Lautheit und Dauer basieren liegt der Schluß nahe, dass sich die Klänge pro Studie stark unterscheiden und die Ergebnisse daher weder vergleichbar noch verallgemeinerbar sein können. Die Frage lautet also: Wie vergleichbar und allgemeingültig sind derartige Klangfarbenräume?

**Methodik:** Anhand der Originalklänge, Werte und Dimensionen der Klangfarbenräume von Grey (1975), Krumhansl (1989) und McAdams (1995), wurde ein "Meta-Timbre-Space" erstellt, in dem die Ergebnisse der Ausgangsstudien zum direkten Vergleich zusammengefasst sind.

**Ergebnisse:** Der Vergleich zeigt, dass die gleichen Instrumente je nach Studie völlig unterschiedliche Positionen im Raum einnehmen. Es wird deutlich, daß die bis heute populären Timbre Spaces nicht nur keinen Aussagewert besitzen sondern auch noch irreführend sind.

**Sitzung „Akustik der Musikinstrumente (Poster)“**

---

Dienstag	Akustik der Musikinstrumente (Poster)
----------	---------------------------------------

**How microtonal is a well-tuned concert grand piano?**Timour Klouche*Staatliches Institut f. Musikforschung*

This is the third extension of our microtonal pitch measurement study. In part 1 (DAGA 2012) we presented a validation and selection of best-fit measurement-generator combinations. The setup methodology had been fine tuned in part 2 (DAGA 2013) and applied to the accuracy estimation of synthetic microtonal generators. Here we present the application of the very same measuring setup to a real piano. The main questions analyzed are: How accurate is the tuning of a well maintained concert grand piano; how distinct is the octave stretching and how is this shaped; how do intra-note ranges and pitch regions measure, and in what extend are the results varied over multiple tunings and measurements. Lastly, a comparison of the tuning accuracy of a real and virtual piano is presented with the more general question in mind of how electronic and mechanical instruments' tunings relate.

---

Dienstag	Akustik der Musikinstrumente (Poster)
----------	---------------------------------------

**Wellenleitermodell für Holzblasinstrumente mit Tonlöchern**Timo Grothe<sup>a</sup> und Johannes Baumgart<sup>b</sup><sup>a</sup>*HfM Detmold;* <sup>b</sup>*Max-Planck-Institut für Physik Komplexer Systeme*

In diesem Beitrag werden bestehende Modelle, basierend auf der Theorie eines eindimensionalen akustischen Wellenleiters, zur Berechnung der akustischen Eingangsimpedanz von Holzblasinstrumenten mit Tonlöchern zusammengefasst. Am Beispiel des Fagottes erfolgt eine Gegenüberstellung von Rechnungen, eigenen Messungen und Literaturdaten. Die einfache Methode erlaubt eine Vorhersage der Resonanzfrequenzen der Luftsäule in Abhängigkeit von der Bauform des Instrumentenkörpers. Unter Berücksichtigung eines effektiven Ersatzvolumens für die Schallquelle können Aussagen über die klingende Frequenz des Instrumentes gemacht werden, die für den Vorentwurf im Holzblasinstrumentenbau ausreichend genau sind. Mit Hilfe von Optimierungsalgorithmen ist es möglich, Resonator-Bauformen mit einem gewünschten akustischen Verhalten zu berechnen. Die Implementierung des Berechnungsalgorithmus' erlaubt weiterhin die Darstellung der Eigenschwingformen einer Luftsäule entlang der Bohrungshauptachse unter Berücksichtigung aller Tonlöcher.

**Sitzung „Audiologische Akustik“**

Di. 14:40 A1 0-008

Audiologische Akustik

**Einfluss der Mikrofonposition auf die akustische Lokalisationsfähigkeit von Cochlea-Implantat-Nutzern**

Tobias Weißgerber, Tobias Rader und Uwe Baumann

*Audiologische Akustik, Universitätsklinikum Frankfurt am Main*

Die Unterscheidung der Schalleinfallsrichtung von vorne und hinten ist bei Gleichheit von interauralen Pegel- und Laufzeitdifferenzen (z.B. bei  $0^\circ$  und  $180^\circ$ ) nur durch Auswertung der richtungsabhängigen spektralen Veränderung durch die Pinna möglich. Da die Mikrofone der Sprachprozessoren von Cochlea-Implantaten (CI) in der Regel über dem Ohr positioniert sind, werden diese spektralen Veränderungen nicht abgebildet. Ziel dieser Studie ist ein Vergleich der Lokalisationsleistung bei (1) klinischer Versorgung mit (2) einer Laborversorgung mit Mikrofonen am Eingang des Gehörgangs (Soundman OKMII). Der Lokalisationsfehler wurde für je 4 CI-Patienten mit einseitiger Taubheit (single-sided deafness, SSD), bimodaler und bilateraler CI-Versorgung bestimmt. Es wurden 7 Schalldarbietungswinkel in der Horizontalebene zwischen  $\pm 70^\circ$  frontal getestet. Zur Anzeige der Position des Hörereignisses steuert ein Drehgeber eine LED-Leiste mit einer Winkelauflösung von weniger als  $1^\circ$ . Die SSD-Gruppe erreicht mit einem mittleren Lokalisationsfehler von  $13^\circ$  die beste Lokalisationsfähigkeit. In der bimodalen Gruppe ist der Lokalisationsfehler je nach Versorgungsart zwischen  $20^\circ$  und  $40^\circ$ . Hier ist häufig der Hörverlust auf der Hörgeräteseite zu hoch, wodurch eine Lateralisation hin zum CI-Ohr erfolgt. Zur Bestimmung der Unterscheidbarkeit der Darbietungsrichtung vorne/hinten wurde der Messaufbau spiegelsymmetrisch um 7 Lautsprecher im hinteren Halbraum erweitert. Die Ergebnisse werden präsentiert und mit den bereits vorliegenden Ergebnissen mit klinischer CI-Versorgung verglichen.

Di. 15:00 A1 0-008

Audiologische Akustik

**Tonhörschwellen: Was ist heute, was ist morgen normal?**Petra von Gablenz und Inga Holube*Jade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörtechnik u. Audiologie*

Internationale Normen sind notwendige Referenzrahmen. Sie werden in mehrjähriger internationaler Kooperation erarbeitet und überarbeitet. Das Hörvermögen von Erwachsenen betreffend sind derzeit zwei zentrale Normen in der Überarbeitung: ISO 7029 beschreibt die altersabhängigen Tonhörschwellen von otologisch unauffälligen Erwachsenen, die keinem übermäßigen Lärm ausgesetzt waren. ISO 1999 schätzt den Einfluss von Lärmaxposition auf das Tonhörvermögen. Aufgrund jüngerer wissenschaftlicher Studien zeichnen sich für beide Normen deutliche Änderungen zu den gültigen Versionen ab. Besonders große Abweichungen wurden im oberen Frequenzbereich bei Männern beobachtet. Mit der Studie HÖRSTAT, durchgeführt in den Jahren 2010-2012 im

Nordwesten Deutschlands, wurden u.a. Tonhörschwellen über Luftleitung zwischen 0.25 und 8 kHz einer repräsentativ geschichteten Probandengruppe erhoben. 1903 Erwachsene im Alter zwischen 18 und 97 Jahren nahmen an der Studie teil. In diesem Beitrag wird die Perzentilverteilung der Hörschwellen nach Altersdekaden mit den Ergebnissen ausgewählter internationaler Untersuchungen verglichen, die als Datenbasis in die Überarbeitungsentwürfe von ISO 7029 und ISO 1999 eingehen. Kontrastierend vorgestellt werden die Effekte verschiedener Screening-Kriterien - Lärmexposition, Tinnitus und Ohrvorerkrankungen - auf die Lagewerte der beobachteten Schwellen.

Di. 15:20 A1 0-008

Audiologische Akustik

### **Reduzierung des Kalibrieraufwandes für Impedanzmessungen in der Hörgeräteanpassung**

Tobias Sankowsky-Rothe<sup>a</sup>, Simon Köhler<sup>a</sup>, Matthias Blau<sup>a</sup> und Alfred Stirnemann<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Jade Hochschule Oldenburg, Institut für Hörtechnik und Audiologie;  
<sup>b</sup>Phonak AG

In früheren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Vorhersage des Schalldruckes am Trommelfell (respektive der RECD) auf Grundlage der gemessenen Eingangsimpedanz des Gehörgangs eine geeignete Alternative zur unkomfortablen Messung des Schalldruckes am Trommelfell per Sondenmikrofon bei der Hörgeräteanpassung darstellt. Ausgehend von einer Referenzmethode zur Impedanzmessung (3-Parameter-Modell), bei der die Kalibrierung durch 6 Messungen erfolgt, wurden in einer vorangegangenen Untersuchung [Sankowsky-Rothe et al. 2013] Methoden aufgezeigt, die den Aufwand der Kalibrierung für Impedanzmessungen mit Hörgeräten reduzieren. Diese Methoden wurden nun optimiert, um mit minimalem Aufwand während der Hörgeräteanpassung (nur eine Kalibrierungsmessung) eine optimale Genauigkeit der gemessenen Eingangsimpedanz des Gehörgangs zu erzielen. Die optimierte Methode wurde durch Messungen an 20 Probanden evaluiert. Hierfür wurden Prototypen von Otoplastiken mit integriertem Gehörgangsmikrofon und Receiver verwendet. Es zeigt sich, dass durch die Optimierung gegenüber der ursprünglichen Methoden mit reduziertem Kalibrieraufwand eine höhere Genauigkeit bei gleichem Kalibrieraufwand während der Anpassung erzielt werden kann.

Damit steht eine einfache und komfortable Methode zur Berücksichtigung des individuellen Restgehörgangs, der individuellen Trommelfelimpedanz und des akustischen Lecks bzw. des unsicheren Venteffekts bei der Hörgeräteanpassung zur Verfügung, die damit zu einer höheren Qualität der Hörgeräteanpassung führen könnte.

Di. 15:40 A1 0-008

Audiologische Akustik

**Ankopplungseffekte bei der Messung akustischer Gehörgangsimpedanzen**

Simon Köhler<sup>a</sup>, Tobias Sankowsky-Rothe<sup>a</sup>, Matthias Blau<sup>a</sup> und Alfred Stirnemann<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Jade Hochschule Oldenburg, Institut für Hörtechnik und Audiologie;

<sup>b</sup>Phonak AG

Die Messung akustischer Gehörgangsimpedanzen kann sowohl der klinischen Diagnostik als auch der Schätzung akustischer Kenngrößen (z.B. Schalldruck am Trommelfell) dienen. Zur Messung dieser Impedanzen können Otoplastiken mit integriertem Receiver und Gehörgangsmikrofon verwendet werden. Vor der eigentlichen Messung ist eine Kalibrierung mit bekannten Lastimpedanzen erforderlich. Je nach Bauart der Impedanzmesssonde besteht dabei jedoch häufig ein geometrischer Unterschied zwischen der Ankopplung an die Kalibrierimpedanzen und der Ankopplung an den Gehörgang, insbesondere wenn ein Koppelvolumen zwischen Mess- und Kalibrierebene bei der Kalibrierung vorgesehen ist. Je nach Ankopplung kann es dadurch im Frequenzbereich ab 1 kHz zu großen Unsicherheiten in der gemessenen Gehörgangsimpedanz kommen, wobei insbesondere die Frequenz des  $\lambda/4$ -Minimums betroffen ist. Diese resultierenden Ankopplungseffekte werden anhand von Messungen an künstlichen Gehörgangsmodellen untersucht und akustisch modelliert. Die Relevanz dieser Ankopplungseffekte wird diskutiert und es werden Strategien vorgestellt, mit denen diese korrigiert werden können. Im Ergebnis zeigt sich, dass die Ankopplungseffekte von der Größe des angekoppelten Gehörganges abhängen. Entsprechend liefert eine Korrektur für mittlere Gehörgangsgrößen sehr gute Resultate, während für sehr kleine und sehr große Gehörgänge gewisse Unsicherheiten bestehen bleiben.

Di. 16:00 A1 0-008

Audiologische Akustik

**Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 93)**

Di. 17:00 A1 0-008

Audiologische Akustik

**Evaluation of interfaces for the self-fitting of personalized communication systems by hearing-impaired users**

Simon Ciba, Andreas Volgenandt, Tobias Bruns, René Asendorf, Dirk Oetting und Jan Rennies

*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audientechnologie*

Due to the aging of society, among users of modern speech and audio communication systems the portion of people with a mild or moderate hearing loss increases. Within this group the majority does not wear hearing aid devices and therefore would benefit from incorporating hearing support technologies into personalized communication systems. Although transferring signal processing strategies as commonly used in digital hearing aids to communication devices seems feasible, the problem

arises of how to conduct the adjustment of the large set of parameters of the hearing support algorithm without the help of a trained expert. In this paper we present four different "self-fitting" approaches which operate on a reduced parameter space and allow the user himself to adjust the algorithm parameters in a simple way. We report on a comparative evaluation involving 15 subjects with age-related hearing loss to gain knowledge on basic performance characteristics such as the duration of the fitting, the impact of familiarization and the test-retest reliability of the result. Furthermore we investigate its validity by assessing user preference and benchmarking against an expert-guided fitting approach.

Di. 17:20 A1 0-008

Audiologische Akustik

---

### **Comparison of common part modeling of acoustic feedback paths in hearing aids**

Henning Schepker und Simon Doclo

*CvO Universität Oldenburg, Signal Processing Group*

The number of hearing impaired persons supplied with open-fitting hearing aids has been steadily increasing in recent years. While open-fitting hearing aids alleviate problems related to the occlusion effect, they are especially prone to acoustic feedback. To reduce the effect of acoustic feedback often adaptive feedback cancellation algorithms are used, where the acoustic feedback path is modeled using an adaptive filter. In adaptive feedback cancellation algorithms the computational complexity and the convergence speed are determined by the number of adaptive parameters. Therefore it has been proposed to model the feedback path as the convolution of a time-invariant common part and a time-varying variable part. While previous approaches have modeled the common part either using only poles or using only zeros, in this contribution we propose to use a common pole-zero model and present an iterative method to compute the common poles and zeros. Experimental results using measured acoustic feedback paths indicate that the common pole-zero model enables to either increase the modeling accuracy given a fixed number of parameters to describe the variable part or to reduce the number of parameters of the variable part given a desired accuracy.

Di. 17:40 A1 0-008

Audiologische Akustik

**Einkanalige Detektion von Windgeräuschen mittels Klassifikation**Ivo Beilfuss, Jacob Aderhold und Joerg Bitzer*Jade Hochschule Oldenburg*

Bei Außenaufnahmen von Audio und Bildmaterial können Windgeräusche sowohl die Klangqualität als auch das Sprachverständigen verschlechtern: Dies gilt auch für Hörgeräteträger, die über eine reduzierte Sprachverständlichkeit in windiger Umgebung klagen. Neben passiven Möglichkeiten zur Windgeräusch-Reduktion (wie z.B. Windschutzkorb und Windjammer an Mikrofonen) gibt es Algorithmen zur Reduktion in Bereichen der Offline-Verarbeitung (z.B. Restauration von Außenaufnahmen) und Online-Verarbeitung (z.B. in Hörgeräten). Diese Algorithmen profitieren von der Verwendung eines Windgeräuschedektors, da unerwünschte Nebeneffekte bei der Verarbeitung vermieden werden. Ziel dieser Arbeit ist die einkanalige Detektion von Windgeräuschen über einen Klassifikationsansatz. Neben speziell für diese Problematik entwickelten Merkmalen werden Mel Frequency Cepstral Coefficient's (MFCCs) und verschiedene Modulationsspektren verwendet. Aus der großen Anzahl extrahierter Merkmale werden durch unterschiedliche Selektionsansätze optimale Teilmengen ausgewählt und anschließend mit bekannten Lernverfahren hinsichtlich ihrer Klassifikationsleistung verglichen.

**Sitzung „Audiologische Akustik (Poster)“**

Dienstag

Audiologische Akustik (Poster)

**Speech audiometric hearing aid fitting based on modern speech tests**Simon Berning und Rosa-Linde Fischer*Siemens Audiologische Technik GmbH*

Calculation of gain for hearing aid amplification is usually based on the puretone-audiogram, while verification of the hearing aid benefit is based on speech tests. It often turns out that even with the same puretone-audiogram and therefore the same prescribed gain speech intelligibility nonetheless differs between individuals. The reason for this is that speech intelligibility is only partially correlated with audibility, and depends on additional factors, such as the extent of damage to the inner hair cells. Psychoacoustic models, which consider this phenomenon, are described by Ching (1998) and Halpin (2011). A combination of these models is used for hearing aid settings that take the individual speech audiogram, measured by the Freiburger test, into account. Prescribed gain is calculated as a function of the measured speech intelligibility and a SII modification, as an objective predictor of speech intelligibility. In the present work, a further development of this fitting formula is introduced, which is based on the Oldenburger sentence test. It is used due to

its higher accuracy and retest reliability. Results for the spontaneous acceptance and intelligibility of speech signals amplified by the new fitting formula will be presented and comparisons to conventional formulas will be drawn.

Dienstag

Audiologische Akustik (Poster)

### **Does Onset Enhancement Improve Sensitivity to envelope ITDs in Cochlear Implant Users?**

Claudia Freigang und Bernhard U. Seeber

*TU München*

For cochlear implant (CI) users, reduced availability of fine structure interaural time differences (ITDs) leads to impaired sound localisation, especially in reverberant environments. ITD information, however, is still preserved in the envelope (envITD), although to a lesser extent. We therefore hypothesise that by selectively enhancing envITDs, sensitivity to ITDs may be restored in CI users. The method we use to enhance envITDs extends that used by Monaghan (2012), who obtained preliminary data with vocoded speech. The envITDs are enhanced by clipping the direct sound signal immediately prior to specific peaks. These peaks are those that exceed a minimum direct-to-reverberant ratio (DRR). We will also determine the effect of enhancing peaks across frequency bands. To investigate the effect of the different onset enhancement strategies (DRR, frequency bands), subjects will perform a lateralisation experiment with different source-receiver distances (SRD) and varying envITDs. Subsequently, speech comprehension will be examined by using OLSA test sentences to ensure that the onset enhancement does not compromise speech intelligibility. Our results will show whether the enhancement strategies improve sensitivity to envITDs and to what extent ITD information can be restored for particular SRDs.

Dienstag

Audiologische Akustik (Poster)

### **Individual Handset Positioning in Conversations**

Radi Serafimov und Frank Kettler

*HEAD acoustics GmbH*

The positioning of handsets at the ear during telephone conversations depends on many geometrical, technical, environmental and individual parameters. The shape (form factor) of the handset itself, the resulting comfort and individual preferences influence the positioning. Furthermore technical parameters like the level of the loudspeaker signal or the audibility of the implemented sidetone play a role. Last but not least the course of the conversation (relaxed or concentrated) and the environmental conditions (quiet or noisy) need to be considered. In order to derive the typical positioning range, test persons have been monitored during conversations via handsets. The test procedure and results are discussed. The conclusions are also relevant for laboratory tests as they

give a first indication for the positioning range of handset mounting devices for HATS (Head and Torso Simulators) and to derive realistic handset test positions to verify the positional robustness of terminals.

Dienstag

Audiologische Akustik (Poster)

### **Modellierung der Schalllokalisierung in Innenohrimplantaten**

Christian Wirtz<sup>a</sup>, Michele Nicoletti<sup>b</sup>, Peter Schleich<sup>c</sup>, Peter Nopp<sup>c</sup> und Werner Hemmert<sup>b</sup>

<sup>a</sup>MED-EL Deutschland GmbH; <sup>b</sup>BAI, Bioanaloge Informationsverarbeitung; <sup>c</sup>MED-EL, Innsbruck

Unser Schalllokalisationsmodell wertet ITD aus den auditorischen Nervenantworten aus und ist verknüpft mit unserem Innenohrimplantat-Modell, welches die elektrisch evozierten Aktionspotentiale der gesamten Hörnervenfaserpopulation berechnet. Dies ermöglicht einen quantitativen Vergleich zwischen verschiedenen Kodierungsstrategien. Das elektrische Übersprechen, die neuronale Adaption und ungleiche Elektrodenpositionierungen beider Ohren wird berücksichtigt.

CI-Hörer nutzen bislang nur Pegeldifferenzen zur Schalllokalisierung.

Tests: Ein simulierter Sprecher rotiert um den Zuhörer bei ausgewählten Störgeräuschsituationen. Die Analyse zeigt, dass die zeitliche Präzision der HDCIS Strategie nicht ausreicht, um die physiologisch auftretende ITDs aufzulösen. Allerdings zeigt sich bei der Untersuchung der Feinstrukturkodierungstrategie FS4, dass hier die ITDs genügend genau kodiert werden, um eine Genauigkeit von etwa sieben horizontalen Positionen zu erreichen. Die Korellation fällt bei CI- deutlich geringer aus, als bei Normalhörenden-Modellen. Zwischen zwei Elektroden nimmt die Korellationstärke aufgrund des Crosstalks ab. Mit unserem Schalllokalisationsmodell wurde ein wertvolles Werkzeug entwickelt, das noch vor der Durchführung zeitaufwändiger klinischer Studien Vorhersagen zur erreichbaren Genauigkeit der zeitlichen Kodierung von Innenohrimplantaten machen kann. Unser Modellierungsansatz führt zu einer besseren Beurteilungsgrundlage der Kodierung interauraler Zeitdifferenzen als die Auswertung der Stimmulationssequenzen der Implantatelektroden alleine. Foerderkennzeichen: (01GQ1004B, 01GQ1004D, SPP1608)

Dienstag

Audiologische Akustik (Poster)

### **Deviationswellen im Festkörper**

Oskar Bschorr

*Aeroakustik, Stuttgart*

Die Longitudinalwelle ist durch eine dilatatorische und die Transversalwelle durch eine rotatorische Verformung gekennzeichnet. Neben der skalaren Dilatation ( $\text{div} \neq 0$ ) und der vektoriellen Rotation ( $\text{rot} \neq 0$ ) gibt es beim linearen elastischen Festkörper mit der dyadischen Deviation einen dritten eigenständigen Verformungs- und Wellentypus. Alle drei Typen sind irreduzibel und orthogonal und bilden eine abgeschlossene

Einheit. Speziell die deviatorische Wellenbewegung ist durch Volumentreue ( $\text{div} = 0$ ) und durch Rotationsfreiheit ( $\text{rot} = 0$ ) gekennzeichnet. Alle Lösungen der skalaren Laplace-Gleichung erfüllen diese Forderung und konstituieren damit deviatorische Bewegungen und enthalten die zeitlichen Ein- und Ausklingvorgänge und mit den evaneszenten Moden auch die räumlichen Randbedingungen. Aus dem Laplace-Lösungsreservoir werden eine 2D-Oberflächen- und eine 3D-Hankelwelle herausgegriffen um an diesen Beispielen die Eigenschaften von Deviationswellen zu demonstrieren. Deren Kinematik wird im ebenen Fall durch die konforme Abbildung und im Raum durch die Hamilton-Quaternionen beschrieben. Bei der Bestimmung der deviatorischen Wellengeschwindigkeit wird die konventionelle Cauchy-Kräftebilanz hier durch die KPK-Impulsbilanz ersetzt. (KPK= Karlsruher Physik Kurs).

---

Dienstag

Audiologische Akustik (Poster)

**A model of the electrically stimulated cochlea**

Waldo Nogueira Vazquez

*Deutsche Hörzentrums Hannover*

Cochlear Implants (CIs) are medical devices used to restore the sense of hearing in people with profound hearing loss. One major issue with these devices is the large variability in performance observed among CI users. One possibility to explain the variability is the individual differences in the interface created between the electrodes and the auditory nerve for each CI user. For example there are two unknowns in the auditory nerve interface that might influence performance 1) the exact position of the electrodes in cochlea and, 2) the amount of functional auditory neurons. One possible solution to reduce the variability in performance would be to understand the individual electrode-nerve interface and consequently adapt the CI device to the needs of each user. With this purpose we have developed a model of the electrically excited cochlea combined with an auditory nerve model to understand the individual differences in electrode position and amount of neural survival in each individual CI user.

The electrical field and neural excitation patterns created by different electrode geometries and positions have been evaluated. For a standard electrode insertion, the current model was able to estimate the electrical field patterns produced by tripolar, bipolar and monopolar electrode stimulation.

**Sitzung „Körperschall / Schwingungstechnik“**

Di. 14:40 A14 1-112

Körperschall / Schwingungstechnik

**Beschreibung und Diskussion von Unsicherheiten in der Modellbildung am Beispiel von scheinbar sehr einfachen Strukturen.**Patrick Langer und Steffen MarburgUniversität der Bundeswehr München

Die Aussagekraft eines Modelles in der Vibroakustik ist in hohem Maße von der mechanischen Modellbildung abhängig. Jedes Modell enthält dabei Unsicherheiten, die nicht ausschließlich auf die Toleranzen von physikalischen Eingangsgrößen zurückzuführen sind, sondern auch z. B. über Modellannahmen eingebracht werden. Um alle Unsicherheiten zu erfassen, ist es vorteilhaft, zunächst einfache Strukturen zu betrachten. So werden drei Modelle, ein physisches, ein numerisches und ein analytisches Modell miteinander verglichen. Unterschiedliche Randbedingungen und Belastungsarten wie Zug, Druck, Torsion und Biegung werden in der vorliegenden Arbeit betrachtet. Um die verschiedenen Modelle einzuordnen und zu bewerten, werden Modell- und Parameterunsicherheiten identifiziert. Die genaue Kenntnis ihrer Sensitivität ist von wesentlicher Bedeutung, um zu beschreiben, wie diese Unsicherheiten die resultierenden Ausgangsgrößen beeinflussen. Für eine objektive Bewertung werden in dieser Arbeit unterschiedliche Darstellungsformen solcher Unsicherheiten entwickelt und diskutiert.

Di. 15:00 A14 1-112

Körperschall / Schwingungstechnik

**Schadensbedingte Änderung modaler Eigenschaften runder Balkenstrukturen -numerische und experimentelle Betrachtung-**Martin Stache, Marcus Guettler und Steffen MarburgUniversität der Bundeswehr München

Defekte verändern physikalische Struktureigenschaften und verursachen eine messbare Änderung des Schwingungsverhaltens im Vergleich zur unbeschädigten Struktur. Die Vorteile schwingungsbasierter Methoden zur zerstörungsfreien Qualitätsprüfung erklären sich durch ihren globalen Charakter, sowie durch die schnelle Verfügbarkeit der Systemantworten. Als nachteilig erweist sich, dass auch kleinste geometrische Abweichungen die beobachteten modalen Eigenschaften gleichermaßen verändern, wie Strukturschädigungen. In der vorliegenden Arbeit untersuchen die Autoren den Einfluss von Defekten verschiedener Lage und Größe auf das Schwingungsverhalten von runden, schwach gedämpften Balkenstrukturen. Für die numerische Analyse wurde das Balkenmodell mit finiten Elementen diskretisiert. Zur Validierung der numerischen Ergebnisse kam ein Laser-Doppler-Vibrometer zum Einsatz. Der untersuchte Frequenzbereich der ersten 15 Biegeresonanzfrequenzen betrug 0 Hz bis 40 kHz. Numerische und experimentelle Ergebnisse zeigen eine überraschend gute Übereinstimmung. Die beschriebenen

Untersuchungen gelten als Grundlage für die Implementierung eines inversen Schadensidentifikationsverfahrens, bei dem die Genauigkeit der experimentellen Ergebnisse sowie die Modellqualität in der Simulation die Präzision der Defektidentifikation direkt beeinflusst.

Di. 15:20 A14 1-112

Körperschall / Schwingungstechnik

---

### **Identifizierung signifikanter STI-basierter Skalare hinsichtlich einer verminderten Schallabstrahlung**

Clarissa Schaal, Joachim Bös und Tobias Melz

*TU Darmstadt - SzM*

Ein viel versprechender Ansatz bei der Entwicklung leiser Maschinen und Produkte ist die gezielte Beeinflussung der Strukturintensität (STI). Oftmals kann die Annahme getroffen werden, dass Strukturbereiche, die viel Schall abstrahlen, stark schwingen, was wiederum bedeutet, dass der Energieeintrag in diese Bereiche verhältnismäßig hoch ist.

Der Energiefluss des Körperschalls innerhalb fester Strukturen wird durch die STI beschrieben. Weiter führendes Ziel ist es daher, Strukturen hinsichtlich eines "optimalen" Energieflusses zu optimieren, sodass z.B. die Energie in unkritische Bereiche geleitet wird und es dadurch zu einer insgesamt geringeren Schallabstrahlung kommt. Beeinflusst werden kann die STI auf verschiedene Arten, wie beispielsweise durch Geometrieveränderungen.

Um dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig, zum einen einen sich einstellenden Energiefluss in einer Struktur - die STI - in Bezug auf die Schallabstrahlung zu bewerten und zum anderen die Auswirkung variabler Strukturparameter auf den Energiefluss zu kennen. Die Bewertung und der Vergleich verschiedener STI-Verläufe werden durch die Tatsache, dass die STI ein frequenzabhängiges Vektorfeld ist, erschwert. Daher werden in diesem Beitrag zunächst geeignete Skalare aus der STI abgeleitet und ihre Korrelation mit variablen Strukturparametern - hier die Lage und Größe einer Rippe auf einer Platte - untersucht. Die Signifikanz der Strukturparameter hinsichtlich der Skalare wird mittels einer Sensitivitätsanalyse ermittelt.

Di. 15:40 A14 1-112

Körperschall / Schwingungstechnik

---

**Präsentation der Poster**, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 100)

---

Di. 16:40 A14 1-112

Körperschall / Schwingungstechnik

**Experimentelle Untersuchungen des dynamischen Verhaltens von rotierenden Faserverbundstrukturen**

Sebastian John, Angelos Filippatos, Martin Dannemann, Pawel Kostka und Niels Modler

*TU Dresden, ILK*

Auf Grund der hohen Festigkeiten von faserverstärkten Kunststoffverbunden (FKV) in Verbindung mit ihren hervorragenden spezifischen Steifigkeiten finden diese Werkstoffe vermehrt Einsatz in rotierenden Komponenten des Maschinen- und Anlagenbaus. Dabei ist es bestrebenswert, unerwünschte bauartgebundene Nebeneffekten wie Vibrationen, welche sich durch teils hohe Betriebsgeräusche bemerkbar machen, möglichst gering zu halten sowie Auswirkungen von Sonderereignissen und Bauteilschädigungen präventiv abschätzen zu können. Eine möglichst genaue Abbildung der Schwingungsvorgänge solcher Strukturen ist folglich unerlässlich, um diese Bauteile zu optimieren und zudem qualitative Vorhersagen über das Betriebsverhalten treffen zu können. Die anisotrope Werkstoffcharakteristik von FKV-Strukturen führt jedoch zu einem sehr komplexen Schwingungsverhalten bei rotierenden Komponenten.

Mittels eines am ILK entwickelten Prüfstandes, dessen Herzstück ein Derotator in Kombination mit einem Laser-Scanning-Vibrometer darstellt, ist es gelungen, das Schwingungsverhalten von rotierenden Strukturen detailliert messtechnisch zu analysieren. Durch verschiedene, teils bauteilintegrierte Anregungsverfahren können unterschiedliche Belastungszustände und Sonderereignisse bei bis zu 25.000 Umdrehungen pro Minute untersucht werden. Am Beispiel eines Scheibenrotors aus glasfaserverstärktem Epoxydharz wurde der Einfluss von Drehzahl und strukturellen Modifikationen auf die Eigenformen und Eigenfrequenzen analysiert. Mit den messtechnisch ermittelten Ergebnissen wurden anschließend numerisch durchgeführte Berechnungsmodelle kalibriert.

---

Di. 17:00 A14 1-112

Körperschall / Schwingungstechnik

**Transmissions- und Reflexionskoeffizienten von Biegewellen an Schweißnähten**

Julia Groß, Steffen Ochs, Joachim Bös und Tobias Melz

*TU Darmstadt - SzM*

Bei der Prognose von Körperschallleitung in Schiffsstrukturen mit der Energie-Finite-Elemente- Methode (EFEM) benötigt man experimentelle Daten zur Validierung der Transmissions- und Reflexionskoeffizienten an den Koppelstellen von Balken und Platten. In der Literatur existiert eine experimentelle Methode, die Transmissions- und Reflexionskoeffizienten für Biegewellen bei dünnen Balken zu untersuchen. In dieser werden jeweils 2 monoaxiale Beschleunigungssensoren vor und hinter der Schweißnaht positioniert. In darauf aufbauenden Versuchen wird in diesem Beitrag zunächst im Zuge der statistischen Versuchsplanung die

Streubreite der Transmissions- und Reflexionskoeffizienten bei Balken mit handgeschweißten Schweißnähten ermittelt. Zusätzlich wird der mathematische Ansatz der oben erwähnten experimentellen Methode hinsichtlich der Anwendbarkeit an Schiffskonstruktionen überprüft und um die energetische Betrachtung erweitert.

Di. 17:20 A14 1-112

Körperschall / Schwingungstechnik

### Erfahrungen mit Körperschall- und Erschütterungsschutz bei der Wiener Straßenbahn und U-Bahn

Andreas Oberhauser<sup>a</sup>, Günther Achs<sup>b</sup> und Michael Göbl<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Wiener Linien GmbH & Co KG; <sup>b</sup>FCP Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH

Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen stehen im innerstädtischen Bereich im Spannungsfeld zwischen kurzen Zugangswegen von Wohnhäusern zu den Stationen und entsprechenden Emissionen, die im Schienenpersonennahverkehr unvermeidbar sind. Bei den Wiener Linien werden Masse-Feder-Systeme somit nicht nur im U-Bahnbau sondern auch im dichten Netz der Straßenbahnen eingesetzt, da die Abstände der angrenzenden Bebauung zu den Gleiskörpern hierbei besonders gering sind. Vor allem Unstetigkeiten im Oberbau wie sie etwa durch Weichen und Schienenkreuzungen resultieren, führen meist zu relativ hohen Erschütterungsemisionen. Um diese Bereiche bestmöglich zu schützen wurden in langjähriger Entwicklungsarbeit Oberbausysteme entwickelt, die durch deren elastische Komponenten ein hohes Maß der auftretenden Schwingungen absorbieren.

In der Baustellenpraxis eines Verkehrsunternehmens ist es dennoch häufig erforderlich, die Erschütterungsemisionen der Verkehrsmittel vor und nach Baumaßnahmen zu dokumentieren. Unterschiedliche Qualitäten des umgebenden Bodenkörpers in innerstädtischen Bereich führen hier oftmals zu überraschenden Ergebnissen!

### Sitzung „Körperschall / Schwingungstechnik (Poster)“

Dienstag

Körperschall / Schwingungstechnik (Poster)

### Fehlerfrüherkennung von CFK-Strukturen mittels integrierter MFC-Sensoren

Jan Thiele, Ines Brabandt, Florian Riesberg und Norbert Rümmler  
Amitronics GmbH

Der Markt für kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe wächst stetig, da in vielen Bereichen, wie dem Transportwesen, dem Maschinenbau und zunehmend auch in der Automobilindustrie die Werkstoff- und Gewichtsanforderungen steigen und der Einsatz von Leichtbaukonzepten forciert wird. Neue Materialien bedeuten auch immer neue Risiken in Bezug auf Auslegung, Verarbeitung, Qualitätskontrolle und Wartung. Aus diesem Grund sollten Bauteilüberwachungen in Umgebungen, in denen herkömmliche Kontrollverfahren nicht anwendbar sind, durch Überwachungssysteme ersetzt werden. Am Beispiel eines Flugzeugpropellers

erfolgte im Rahmen des Förderprojektes PropCMS (VDI/VDE-IT) die Entwicklung und Realisierung eines Prototyps zur Online- und Offline-Zustandsüberwachung. Das entwickelte Überwachungssystem basierte auf der Grundlage von Macro-Fiber-Composites (MFC) mit Sensor- und Aktor-Funktionalität, die oberflächig auf die Propellerstruktur geklebt oder in die Struktur einlaminiert werden können. Durch die Erfassung der MFC-Antwortsignale und deren Frequenzanalysen sind Frequenzgangänderungen und Phasenverschiebungen aber auch Änderungen in der Signallaufzeit frühzeitig erkennbar. Numerische Sollkurvenabgleiche geben Auskunft über den aktuellen Zustand der überwachten Struktur. Somit können Schädigungen, wie Rissbildungen, Bruchvorgänge und Delaminationen bereits in einem frühen Entstehungsstadium erkannt und ein Versagen der Struktur verhindert werden. Zudem bieten Zustandsüberwachungen von stark dynamisch belasteten Baugruppen große Potentiale in Bezug auf Verringerungen von Sicherheitsfaktoren und Einsparungen von Wartungskosten. Das Poster zeigt die Vorgehensweise von der Entwicklung bis zum fertigen Prototypen.

### Sitzung „Umgebungslärmrichtlinie“

Di. 14:40 S 2-206

Umgebungslärmrichtlinie

#### Analyse der vorgesehenen EU-Bewertungsmethode für den Straßenverkehrslärm

Julia Müller

*Umweltbundesamt*

Die EU-Kommission erarbeitet seit 2009 harmonisierte Bewertungsmethoden nach Artikel 6 der EU-Umgebungslärmrichtlinie (CNOSSOS-EU). Diese sollen durch eine Änderung des Anhangs II der Richtlinie eingeführt und nach derzeitigem Planungsstand in der nächsten Stufe der Lärmkartierung 2017 von allen Mitgliedstaaten verpflichtend angewendet werden.

Der im September 2012 erschienene "JRC Reference Report - Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)" des Joint Research Center zielt auf eine Verbesserung der Zuverlässigkeit, Konsistenz und Vergleichbarkeit der Lärmbewertungsergebnisse in den EU-Mitgliedstaaten ab und bildet die Grundlage für die Änderung des Anhangs II. Zur Beurteilung der darin vorgeschlagenen Bewertungsmethoden werden in einem ersten Schritt die Emissionsmodelle des bestehenden nationalen Berechnungsverfahrens RLS-90 für den Straßenverkehrslärm mit der neuen Methode von CNOSSOS-EU eingehend verglichen. Die Untersuchungen werden anhand typischer Testszenarien durchgeführt. Dabei werden wichtige Parameter wie Straßenbelag, Flottenzusammensetzung, Geschwindigkeit und Steigung variiert. Kreuzungszuschläge und Temperaturkorrekturen werden hinsichtlich ihrer Wirkung im CNOSSOS-Modell getrennt betrachtet.

Aufbauend auf den dabei gewonnenen Erkenntnissen werden Empfehlungen für die zukünftige Verwendung der harmonisierten Bewertungsmethode für den Straßenverkehrslärm gegeben und praxisgerechte Vereinfachungen der Methoden aufgezeigt.

Di. 15:00 S 2-206

Umgebungslärmrichtlinie

### **Gesamtlärmbewertung**

Thomas Myck und Jens Ortscheid

*Umweltbundesamt*

Die Ermittlung und Beurteilung des Lärms erfolgt im Allgemeinen quellspezifisch. So werden beispielsweise Lärmschutzbereiche an Flughäfen nur auf der Basis eines prognostizierten Flugbetriebs festgesetzt. Andere Lärmquellenarten wie Straßen- oder Schienenverkehr gehen nicht in die Berechnung ein. Dies ist im Hinblick auf die Tatsache, dass ein erheblicher Teil der Bevölkerung von mehreren Lärmquellen belastet wird, bedenklich: rund 40 Millionen Menschen in Deutschland sind von zwei oder mehr Quellenarten betroffen. Es ist daher naheliegend, eine wirkungsgerechte Gesamtlärmbewertung vorzunehmen. Mit der VDI 3722-2 ist ein wichtiger Schritt in diese Richtung erfolgt: In der Richtlinie werden Substitutionsverfahren zur einheitlichen Bewertung unterschiedlicher Verkehrsarten bezüglich Belästigung und Schlafstörungen vorgeschlagen. Sie ist aber nur ein "Hilfsmittel für die schalltechnische Bewertung von Planungsalternativen"; eine Ausdehnung des Anwendungsbereichs etwa auf die Dimensionierung des baulichen Schallschutzes ist derzeit nicht vorgesehen. Neben den in der VDI-Richtlinie angewandten Substitutionsverfahren existieren weitere Modelle zur Kumulation unterschiedlicher Quellenarten. Ausgehend von den Anforderungen an eine Gesamtlärmbewertung werden verschiedene Kumulationsmodelle analysiert. Dabei werden sowohl Lärmwirkungsaspekte als auch Gesichtspunkte der Praktikabilität und Qualitätssicherung betrachtet. Darüber hinaus wird auf Fragen der verursachergerechten Kostenanlastung eingegangen. Darauf aufbauend werden Vorschläge zur Weiterentwicklung der Gesamtlärmbewertung unterbreitet.

Di. 15:20 S 2-206

Umgebungslärmrichtlinie

### **Gesamtlärm-Berechnungen nach VDI 3722-2 u.a.: Ergebnisse für Hessen und ihr Nutzen für die Lärmaktionsplanung**

Martin Jäschke

*IÖR - Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden*

Wie viele Menschen sind gleichzeitig durch Straßen-, Schienen- und Fluglärm belastet? Wie ändern sich die Lärmgrenzen und Ruhigen Gebiete, wenn statt einzelner Lärmarten der Gesamtlärm betrachtet wird? Wie wirken sich verschiedene Dosis-Wirkungs-Funktionen aus? Was bringt die Anwendung der neuen VDI 3722-2 für die Lärmaktionsplanung?

Der Vortrag beantwortet diese Fragen für alle Einwohner (6,1 Mio.) und die gesamte Landesfläche (21.116 km<sup>2</sup>) des Bundeslandes Hessen am Beispiel der Lärmwirkung "starke Belästigung" (Highly Annoyed).

Dazu wird auf die Daten einer Lärmkartierung zurückgegriffen, die im Rahmen einer Doktorarbeit an der TU Dresden und am IÖR durchgeführt wurde und die - im Gegensatz zu den amtlichen Kartierungen - alle Straßen- und alle Schienenwege sowie den Großflughafen Frankfurt berücksichtigt.

Di. 15:40 S 2-206

Umgebungslärmrichtlinie

### **Stationäre Geschwindigkeitsüberwachungsanlagen als Instrument des Lärmschutzes?**

Jürgen Tchorz und Birger Gigla

*Fachhochschule Lübeck*

Die vorgestellte Untersuchung beschäftigt sich mit der Frage, inwiefern fest installierte Geschwindigkeitsüberwachungsanlagen nicht nur aus Gründen der Verkehrssicherheit sinnvoll sein können, sondern auch als ein Instrument des städtischen Lärmschutzes geeignet sind. Dazu wurden unmittelbar vor und nach Aufstellung von Geschwindigkeitsüberwachungsanlagen an zwei stark lärmbelasteten Straßen in Lübeck Schall- und Geschwindigkeitsmessungen durchgeführt. Parallel erfolgten Anwohnerbefragungen vor und nach der Aufstellung. Die Messpositionen befanden sich vor, hinter, und auf Höhe der Anlagen. Tageszeiten, Messdauern und klimatische Verhältnisse waren weitgehend konstant. Die Aufstellung der stationären Geschwindigkeitsmessanlagen führte an den untersuchten Positionen zu einer geringen Absenkung des mittleren Lärmpegels und zu einer Reduktion von Pegelspitzen. Diese akustischen Auswirkungen sind plausibel anhand der parallel gemessenen Geschwindigkeitsverteilungen. Die physikalischen Messungen sind weitgehend konsistent mit den Ergebnissen von parallel durchgeföhrten Anwohnerbefragungen, bei denen im Trend eine leichte Verringerung der Lärmelastung erkennbar war.

Di. 16:20 S 2-206

Umgebungslärmrichtlinie

### **Zur Bewertung von Verkehrsgeräuschen nach VDI 3722-2**

Fabian Probst

*DataKustik GmbH*

Mit der Richtlinie VDI 3722-2 ist ein Verfahren zur Summenbetrachtung und zur Bewertung der Geräusche von Straßen, Schienenwegen und von Flugverkehr vorgelegt worden. Diese Summenbildung beruht auf der Berechnung und energetischen Addition von auf Straßenverkehr bezogenen Ersatzpegeln mit gleicher Beeinträchtigungskonsequenz. Das Verfahren ist im Prinzip dazu geeignet, die Zahl der durch Lärm stark gestörten Personen für gesamte Planungsumgriffe zu bestimmen und so eine Qualitätsskalierung unterschiedlicher Planungsvarianten vorzunehmen. Diese Einzahlbewertung von beliebig komplexen Szenarien kann

bei Berücksichtigung der methodisch bedingten Grenzen viele Entscheidungen bei der Entwicklung von Aktionsplänen enorm unterstützen. An einem praktischen Anwendungsfall wird das methodische Vorgehen mit einem speziell zur Umsetzung der VDI 3722-2 entwickelten Software-Modul demonstriert und erläutert.

Di. 16:40 S 2-206

Umgebungslärmrichtlinie

### **Phasenkohärenten Berechnung bei Schallimmissionsprognosen von komplexen Beschallungsanlagen, im Rahmen der ISO 9613-2 und der Nord 2000**

Jochen Schaal<sup>a</sup>, Matthias Christner<sup>b</sup>, Dieter Zollitsch<sup>a</sup> und Ralf Zuleeg<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Braunstein + Berndt GmbH; <sup>b</sup>d&b audiotechnik GmbH

Eines der Hauptziele für eine optimale Beschallungsanlage ist eine gleichmäßige Pegelverteilung über den Zuschauerbereich. Dies wird bei modernen Setups durch die Positionierung der Lautsprecherarrays, Richtwirkungen der Einzelchassis, aber auch mit Hilfe von time delays erreicht. Hersteller wie d&b audiotechnik GmbH unterstützen ihre Kunden mit Planungstools wie ArrayCalc um die Pegelverteilung im Zuschauerbereich, unter Berücksichtigung der beschriebenen Maßnahmen, phasenkohärent zu berechnen. Allerdings ist es im Rahmen von Genehmigungsverfahren von Open-Air-Veranstaltungen nötig die zu erwartenden Schallpegel in größeren Entfernung zu prognostizieren, was mit diesen Planungstools nicht möglich ist, da diese keine Boden- und Meteorologieeffekte bzw. Reflektionen und Abschirmungen berücksichtigen. Aus diesem Grund wurden in SoundPLAN® die Berechnungsalgorithmen der ISO 9613-2 und der Nord 2000 erweitert um solch komplexe Lautsprecherinstallationen phasenkohärent berechnen zu können. In einem Validierungsprozess wurde diese Umsetzung dann für kurze Distanzen mit dem bewährten Planungstool ArrayCalc überprüft und die Auswirkungen auf die Ergebnisse einer Schallimmissionsprognose in größeren Entfernung dargestellt. Zusätzlich wurden umfangreiche Messungen durchgeführt deren Auswertung aber noch nicht abgeschlossen ist.

Di. 17:00 S 2-206

Umgebungslärmrichtlinie

### **Lärmaktionsplanung als koordinierendes Instrument der integrierten Stadtentwicklungsplanung**

Ulrich Möhler und Rozbeh Karimi

Möhler + Partner Ingenieure AG

Der Managementansatz der EU- Umgebungslärmrichtlinie fordert die Einbindung aller lärmrelevanten Aspekte in die Lärmaktionsplanung. Die Akteure in den Planungsbereichen der Kommunen und die betroffenen Bürger sollen frühzeitig eingebunden werden und alle tangierenden Planungen sollen in die Aktionsplanung einfließen; eine Vorgabe, wie diese Planungen berücksichtigt werden sollen, gibt es nicht. Deshalb wurde diese Aspekte, wie z.B. das Thema "Ruhige Gebiete", meist entweder gar nicht oder nur unzureichend berücksichtigt.

Anhand des Beispiels einer Kleinstadt soll dargelegt werden, wie der Lärmaktionsplan einerseits fachübergreifende Impulse geben kann und anderseits als koordinierendes Instrument der beteiligten Planungsbeziehe der Stadtentwicklungsplanung eingesetzt werden kann.

Di. 17:20 S 2-206

Umgebungslärmrichtlinie

### **Umgebungslärmrichtlinie - Ergebnisse der Lärmkartierung**

Matthias Hintzsche und Detlef Gebauer

Umweltbundesamt

Die EU-Umgebungslärmrichtlinie verpflichtet die Mitgliedsstaaten, die Lärmbelastung der Bevölkerung nach vergleichbaren Kriterien zu ermitteln. Bis zum 30. Juni 2012 waren für alle Hauptverkehrsstraßen, Haupt-eisenbahnstrecken, Großflughäfen und Ballungsräume Lärmkarten zu erstellen und die Öffentlichkeit zu informieren. Die Ergebnisse dieser zweiten Runde der Lärmkartierung in Deutschland werden präsentiert und bewertet.

Di. 17:40 S 2-206

Umgebungslärmrichtlinie

### **Identifizierung von Lärm-Hotspots**

Kerstin Giering

*HS Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld*

Im Rahmen eines für das Umweltbundesamt durchgeföhrten Forschungsvorhabens wurde ein Vorschlag für ein Verfahren zur Identifizierung von Lärmhotspots im Rahmen der Lärmaktionsplanung entwickelt. Dazu wurde zunächst eine detaillierte Literaturanalyse durchgeführt. Hierbei wurden zum einen die in der 1. Stufe aufgestellten Lärmaktionspläne deutscher Kommunen, insbesondere Ballungsräume, sowie europäische Ballungsräume ausgewertet. Zum anderen wurde die einschlägige nationale und internationale Literatur analysiert. Die in der Literatur gefundenen Methoden werden vorgestellt. Die gefundenen Hotspot-Identifizierungsverfahren wurden für ein Testgebiet rechnerisch umgesetzt und grafisch dargestellt und bewertet. Es zeigte sich, dass die Identifizierung von Hotspots deutlich stärker von grafischen Parametern (bspw. Skalierung) als von der zugrundeliegenden Methode abhängt. Daraus abgeleitet wurde ein Vorschlag für eine zweistufige Herangehensweise bei der Identifizierung von Hotspots entwickelt: 1. Die Berechnung eines Hotspotmaßes auf der Basis der Daten der Lärmkartierung und 2. eine ergänzende qualitative Bewertung der Hotspots mit Hilfe eines Indikatorensystems.

## Fachvorträge und Poster am Mittwoch, den 12.03.2014

### Sitzung „Fahrzeugakustik II“

Mi. 8:00 Audimax

Fahrzeugakustik II

---

#### Akustische Torusmessmethode - Entwicklung und Anwendung eines Reifeninnengeräusch-Messsystems

Oliver Krauss und Frank Gauterin

*Karlsruher Inst. f. Technologie, Inst. f. Fahrzeugsystemtechnik*

Die akustische Torusmessmethode beschreibt ein Verfahren, bei dem das Innengeräusch von Fahrzeugreifen mit Hilfe eines in der Felge montierten akustischen Drucksensors erfasst wird. Aus dem Reifeninnengeräusch können sehr hilfreiche Informationen über die Anregung des Reifens durch die Fahrbahn und zum besseren Verständnis der Hohlraummoden des Reifens gewonnen werden.

Der Beitrag beschreibt zunächst den Aufbau eines praxistauglichen akustischen Torusmessgeräts. Von den damit durchgeföhrten Prüfstands- und Straßenversuchen werden einige wichtige Ergebnisse vorgestellt. Dabei liegt der Schwerpunkt zum einen auf der Nutzung des Systems zur Charakterisierung unterschiedlicher Fahrbahn-Texturen. Zum anderen wird der Einsatz der Methode zur Untersuchung der für das Fahrzeuginnengeräusch relevanten Reifenhohlraummoden beschrieben. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der durchgeföhrten Messungen den Ergebnissen anderer Messverfahren gegenübergestellt, um die akustische Torusmessmethode einzuordnen bzw. die Aussagekraft der Messergebnisse zu bewerten.

Mi. 8:20 Audimax

Fahrzeugakustik II

---

#### Wheel roughness measurements

Christian Gutmann und Stefan Lutzenberger

*Müller-BBM GmbH*

Rail traffic noise is often dominated by rolling noise. Hereby, the roughness of the running surfaces of wheels and rails causes vibrations of the wheels and rails and leads to the radiation of airborne sound. The roughness of the rails and the wheels varies in a wide range. In order to assess the noise emission along a track both the rail roughness and the wheel roughness have to be known. Especially in the case of acoustic acceptance tests, the wheel roughness is usually greater than the rail roughness. Thus, the pass-by noise of the rail vehicles significantly depends on the wheel roughness. Whereas rail roughness measurements have become state-of-the-art, wheel roughness measurements are rarely conducted. Due to the high relevance of the wheel roughness to the results of acoustical acceptance tests especially the car manufacturers are more and more interested in also determining the acoustical state of the wheels during the tests. At the moment, the wheel roughness

measurements are not standardized. The comparability of the measurements results is therefore limited. The development of a standard for wheel roughness measurements is under discussion. The paper will discuss relevant aspects of a wheel roughness standard.

Mi. 8:40 Audimax

Fahrzeugakustik II

### **Effiziente Methoden zur Analyse bewegter Schallquellen mit hochkanaligen Mikrofonarrays**

Andy Meyer und Dirk Döbler

*GFaI e.V.*

Die Lokalisierung von stationären und instationären Schallquellen an bewegten oder unbewegten Objekten mittels hochkanaliger Mikrofonarrays ist seit mehreren Jahren Stand der Technik. In vielen Industriezweigen (z.B. Automobilindustrie, Flugzeugindustrie, ...) ist diese Methode unverzichtbar für die Schallreduktion, für die Geräuschanalyse und für die Fehlererkennung. Bewegte Schallquellen stellen sowohl an die Hard- und Softwarekomponenten erhöhte Anforderungen. Unter Zuhilfenahme von Lichtschranken oder GPS in Verbindung mit Inertialen Navigationsystemen ist es möglich, die zumeist unbekannte mittlere Geschwindigkeit zu bestimmen, oder auch ein Geschwindigkeitsprofil zu erstellen. Auch Einfahrts- und Ausfahrtszeitpunkte können so bestimmt werden. Praxisrelevant sind diese Methoden leider nur für große und teure Messkampagnen. Bei schnell bewegten Objekten tritt weiterhin eine durch den Dopplereffekt bedingte Frequenzverschiebung der Schallsignale auf, welche die für das Beamforming benötigte Laufzeit- bzw. Phaseninformation verfälscht und zu einer starken örtlichen und spektralen Verschmierung von Schallquellen im akustischen Bild führt. Für die Präsentation der dopplerkorrigierten Ergebnisse wird in der Regel eine Strichskizze mit dem akustischen Bild überlagert, was die exakte örtliche Zuordnung der akustischen Quellen nur sehr schwer möglich macht. Im Beitrag werden effiziente Methoden vorgestellt, die mittels eines Mikrofonarrays mit eingebauter Kamera die komplexen Aufgaben der Ermittlung des Geschwindigkeitsprofiles, die Bestimmung der Einfahrts- und Ausfahrtszeitpunkte und der automatischen Bildüberlagerung lösen.

Mi. 9:00 Audimax

Fahrzeugakustik II

### **Ein Beitrag zur Beurteilung des Fahrzeuginnenraumgeräusches aufgrund Messungen im Fahrzeugaußenbereich**

Gregor Müller, Gottfried Grabner, Michael Wiesenegger und Jörg Jany

*MAGNA STEYR Engineering*

Das Windgeräusch in Fahrzeugen wird maßgeblich von der Außenform (Styling) beeinflusst. Da das Styling jedoch bereits in frühen Projektphasen ohne aussagefähige Hardware festgelegt wird, ist eine Beurteilung von Stylingänderungen hinsichtlich des windgeräuschverursachten Fahrzeuginnenraumschallpegels schwierig. Aus diesem Grund wird eine Messmethodik untersucht, mit der man aus Messungen im Außenbereich Rückschlüsse auf das Innengeräusch machen kann. Dabei

wird insbesondere auf die getrennte Erfassung der beiden Anregungs- bzw. Übertragungsphänomene "Hydrodynamik" und "Akustik" Wert gelegt. Mit hydrodynamischer Anregung ist dabei die direkte Anregung von mittelbar oder unmittelbar abstrahlenden Strukturen (z.B. Seitenscheibe) gemeint. Mit dem akustischen Anteil ist jener Schall gemeint, der aufgrund Turbulenzen im Außenraum entsteht und durch Fahrzeugstrukturen und Dichtungen in den Innenraum gelangt.

---

Mi. 9:20 Audimax

Fahrzeugakustik II

### **Ermittlung der Übertragungswege akustischer Phänomene des Turboladers in den Fahrzeuginnenraum**

Christopher Haluf<sup>a</sup>, Aurel Vietoris<sup>b</sup>, Jan Schulz<sup>b</sup> und Stefan Becker<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentech.;

<sup>b</sup>Audi AG

Die Entwicklung von PKWs wird heutzutage stark vom Gedanken der CO<sub>2</sub>-Reduzierung getrieben. Mögliche Maßnahmen dafür sind der Leichtbau und das Downsizing, das einen verstärkten Einsatz von Abgasturboladern (ATL) erfordert. Um die Qualitätsanforderungen an die Innenraumakustik zu erfüllen, wird eine kosten- und zeitreduzierte Festlegung von Grenzwerten für die ATL-Unwucht unabdingbar. Demgegenüber steht allerdings eine sehr eingeschränkte Kenntnis über unwucht-relevante Parameter und Übertragungswege sowohl ATL-intern als auch in Bezug auf das Gesamtsystem, was eine Grenzwertbestimmung für neu entwickelte oder modifizierte Fahrzeugmodelle erfordert. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, Übertragungswege und -funktionen der ATL-Unwucht im Gesamtfahrzeug in Abhängigkeit der Frequenz zu analysieren, um eine allgemeingültige Methodik zur frühzeitigen Bestimmung von Parametereinflüssen und Abhängigkeiten der Unwucht herleiten zu können. Zunächst werden die Schnittstellen des ATL zu angrenzenden Systemen analysiert und hinsichtlich ihres Körperschallübertragungs- und Schallabstrahlungsvermögens bewertet. Es eignen sich vor allem die Ansaugstrecke und die Abgasanlage als mögliche Übertragungspfade. Aufbauend auf der Charakterisierung der möglichen Übertragungswege werden Messungen an den jeweiligen Einzelkomponenten sowie in Gesamtfahrzeugumgebung durchgeführt, die sich an die Methode der Transferpfadanalyse anlehnen. Bei der Synthese der Transferpfade wird ein eigens für diesen Zweck entwickelter Algorithmus verwendet, der verglichen mit Referenzmessungen gute Übereinstimmungen zeigt. Es konnten damit für diese Problemstellung zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden.

---

Mi. 9:40 Audimax

Fahrzeugakustik II

### **Analyse von Körper- und Luftschallbeiträgen zum Fahrzeuggeräusch mittels Transferpfadanalyse aus Betriebsmessungen**

Jakob Putner<sup>a</sup>, Martin Lohrmann<sup>b</sup> und Hugo Fastl<sup>a</sup>

<sup>a</sup> TU München, AG Technische Akustik, MMK; <sup>b</sup> Müller-BBM Vibroakustik Systeme GmbH

Die gezielte Entwicklung des Fahrzeuggesamtgeräusches ist in der Praxis, aufgrund der Vielzahl an beitragenden Quellen, eine Herausforderung. Durch detailliertes Wissen um die Beiträge der einzelnen Quellen, können Änderungen am Fahrzeug beziehungsweise den beteiligten Schallquellen effizient ermittelt werden. Für die Analyse der Beiträge verschiedener Körper- und Luftschallquellen zum Gesamtgeräusch wurde eine Transferpfadanalyse aus Betriebsmessungen, auch Operationelle Transferpfadanalyse genannt, durchgeführt.

Bei den notwendigen Messungen werden alle Quell- und Antwortsignale zeitsynchron erfasst, während sich das Fahrzeug in typischen Betriebszuständen befindet. Dabei ist die Methode nicht auf eine einheitliche Messgröße der Signale beschränkt, wodurch auch die Beiträge von Körper- und Luftschallquellen getrennt werden können. Mittels Transferpfadsynthese werden diese Beiträge aus den durch die Transferpfadanalyse ermittelten Übertragungscharakteristika und den Quellsignalen der Betriebsmessungen ermittelt.

Der Vergleich von gemessenem und durch Transferpfadsynthese berechnetem Gesamtgeräusch, zur Validierung der Transferpfadanalyseergebnisse, belegte eine sehr gute Übereinstimmung. Auch die Betrachtung der Beiträge einzelner Quellen zum Gesamtgeräusch zeigte nachvollziehbare Analyseergebnisse, bei Körper- wie Luftschallquellen. Dass die getrennte Betrachtung von Körper- und Luftschall bei der Gesamtgeräuschentwicklung nicht immer sinnvoll ist, wird durch die Körper- und Luftschallbeiträge einzelner Quellen nahegelegt.

---

Mi. 10:20 Audimax

Fahrzeugakustik II

### **Operational Transfer Path Analysis mit Randbedingungen**

Bernd Philippen

*HEAD acoustics GmbH*

Die OTPA ist eine schnelle Methode zur Identifizierung von Geräuschpfaden. Es werden nur Daten benötigt, die im Betrieb des Fahrzeugs aufgezeichnet werden. An den Geräuschquellen werden Luftschallabstrahlung und Schwingungen aufgenommen. Simultan wird das Geräusch an der Empfängerposition ermittelt. Eine aufwändige Bestimmung von Übertragungsfunktionen entfällt. Mit einem Least-Squares-Ansatz werden die Übertragungsfunktionen so berechnet, dass die OTPA Synthese möglichst ähnlich zum gemessenen Empfängergeräusch ist. Wenn die Quellsignale jedoch sehr stark korreliert sind, führt das oft zu einer

deutlichen Überschätzung der einzelnen Pfadbeiträge. Nur durch gegensätzliche Phasenbeziehungen stimmt die Summe aller Pfade trotzdem sehr gut mit dem gemessenen Empfängergeräusch überein. Damit ist eine Identifizierung der einzelnen Pfade nicht mehr gewährleistet. Durch eine mathematische Regularisierung lässt sich diese Überschätzung zwar reduzieren. Doch in der Regel werden dadurch nicht die korrekten Transferfunktionen ermittelt. Die Wahl des Regularisierungspараметers ist willkürlich und beeinflusst bei fast unveränderter Gesamt synthese die Einzelpfadbeiträge stark. Dieser Betrag beschäftigt sich mit der Frage, ob durch zusätzliche Randbedingungen, beispielsweise durch einen sinnvollen Wertebereich für die Transferfunktionen, die Aussagekraft der einzelnen Pfadbeiträge verbessert werden kann. Der Least-Squares-Ansatz mit Regularisierung wird iterativen Optimierungs verfahren mit Randbedingungen gegenüber gestellt. Für die praktische Anwendung wird ermittelt, unter welchen Bedingungen eine Überschätzung der Pfadbeiträge der OTPA zu erwarten ist.

---

Mi. 10:40    Audimax

Fahrzeugakustik II

### **Simulation von Folgefahrten und Überholvorgängen**

Philipp Grams und Dejan Arsic

*Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH*

Das Komfortempfinden der Fahrzeuginsassen wird durch die Umgebungsgeräuschedämmung des Fahrzeugs beeinflusst. Zur Bewertung dieser ist es hilfreich, die von außen in das Fahrzeug eindringenden Geräusche zu auralisieren. Werden die quellennormierten Übertragungsfunktionen der Dämmungen gemessen, so lassen sich verschiedene Betriebszustände des Fahrzeuges auralisieren. Das hier vorgestellte neue Verfahren ermöglicht es nicht nur, konstante Betriebsgeräusche - wie die Abgasanlage, das Reifenabrollgeräusch oder ein mit gleichbleibendem Abstand vorausfahrendes Fahrzeug - am Ohr eines Insassen zu auralisieren, sondern auch eine Simulation von Überholmanövern anderer Fahrzeuge durchzuführen. Zur Auralisierung der Überholmanöver wird eine Folge von Impulsantworten gemessen, welche die Übertragungsfunktionen von verschiedenen Schallquellen-Positionen zu den Ohren eines Fahrzeuginsassen darstellen. Werden diese Schallquellenpositionen entlang des Fahrweges des überholenden Fahrzeuges erfasst, so lassen sich die resultierenden Impulsantworten zu einer dynamischen Übertragungsfunktion verknüpfen. Diese dynamische Impulsantwort kann mit dem Quellsignal, welches das vorbeifahrende Fahrzeug charakterisiert, gefaltet werden. Das Ergebnis der Simulation ist die Auralisation eines vorbeifahrenden Fahrzeuges.

---

Mi. 11:00 Audimax

Fahrzeugakustik II

### **Simulation von Vorbeifahrtgeräuschen**

Aulis Telle

*HEAD acoustics GmbH*

Zusammenfassung: Vorbeifahrtgeräusche werden häufig nach ISO 11819 bzw. ISO 362 im Abstand von 7,5 m zur Mitte der Fahrspur ermittelt. Für die Beurteilung der Geräusche in einer größeren Entfernung kann eine solche Aufnahme nicht direkt verwendet werden. Zwar ist die Bestimmung eines maximalen Schalldruckpegels der Vorbeifahrt in einer bestimmten Entfernung durch die Annahme z.B. von Freifeldbedingungen für die Ausbreitung, d.h. eine Verringerung des Schalldruckpegels um 6 dB pro Verdopplung der Entfernung, machbar. Eine nähere Charakterisierung der gesamten Vorbeifahrt ist mit einer entsprechenden linearen Absenkung des Schalldrucksignals allerdings nicht möglich. Insbesondere der Dopplereffekt und das binaurale Zeitverhalten während der Vorbeifahrt ändern sich mit der Entfernung erheblich. In diesem Beitrag wird eine Methode vorgestellt, bei der durch Kompensation des Dopplereffekts unter Verwendung synchron zum Schallsignal aufgezeichneter Orts- und Geschwindigkeitsdaten zunächst ein Nahfeldsignal berechnet wird. Aus diesem Nahfeldsignal kann dann für eine von der ursprünglichen Mikrofonposition abweichende Empfangsposition durch Berechnung des Dopplereffektes und weiterer Ausbreitungseffekte wie der Luftdämpfung ein Schalldrucksignal berechnet werden. Dieses Signal kann dann für weitere Auswertungen verwendet werden.

---

Mi. 11:20 Audimax

Fahrzeugakustik II

### **Psychoakustische Bewertung von Fahrzeugklimatisierungsgeräuschen anhand von Probandentests**

Silke Hohls<sup>a</sup>, Thomas Biermeier<sup>b</sup>, Ralf Blaschke<sup>b</sup> und Stefan Becker<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentech.;

<sup>b</sup>Audi AG

Um den Komfort sowie die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen, gilt es, die Lärmbelastung der Fahrzeuginsassen zu reduzieren. Aufgrund der akustischen Dämmung der Hauptgeräuschquellen (z.B. Motor, Umströmung) und dem Einsatz neuer Technologien wie Elektroantriebskonzepten treten die Nebenaggregate als Lärmquellen zunehmend in den Vordergrund. Deutlich zeigt sich dies an dem durch das Klimatisierungssystem erzeugte und in die Fahrgastzelle eingebrachte Schallfeld, welches demaskiert wird und dadurch verstärkt wahrnehmbar ist. Da die Empfindung von Lärm subjektiv ist, ist der Schalldruckpegel als alleinige Bewertungsgröße zur Lärminderung nur begrenzt geeignet. Ziel dieser Studie ist es, geeignete akustische und psychoakustische Parameter zur objektiven Bewertung der Wahrnehmung von Klimatisierungsgeräuschen zu identifizieren und ferner Optimierungsrichtungen abzuleiten. Dazu wurde eine psychoakustische Bewertung der Klimatisierungsgeräusche von vier Fahrzeugen im Oberklassensegment anhand eines

Hörversuchs durchgeführt. Im ersten Versuchsteil wurde die Gesamtqualität der Testschalle mit Hilfe eines Paarvergleichs abgefragt. Hieraus konnte eine Rangfolge abgeleitet werden und durch Korrelationsanalysen die Parameter Lautheit, Schärfe, Rauigkeit und Artikulationsindex als relevante Bewertungsparameter identifiziert werden. Im zweiten Versuchsteil wurden die Testschalle anhand eines Semantischen Differentials bewertet und drei Wahrnehmungsdimensionen identifiziert, die wiederum durch psychoakustische Parameter angenähert werden können. Insgesamt ergab die Untersuchung eine gute Eignung von psychoakustischen Parametern für die Bewertung von Geräuschqualität in Bezug auf Fahrzeugklimatisierungsgeräusche.

---

Mi. 11:40 Audimax

Fahrzeugakustik II

### **Psychoakustische Bewertung eines offenporigen Asphalts**

Uwe Ritterstaedt<sup>a</sup> und Dagmar Vogt-Sädler<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Ing. Büro f. Schallschutz; <sup>b</sup>Umweltamt der Stadt Neuss

Auf der DAGA 2012 in Darmstadt berichteten wir bereits über "objektive" Messergebnisse und die gemessenen Unterschiede zwischen einem konventionellen Splittmastixasphalt und einem neuartigen offenporigen Dünnenschichtasphalt. Alle Messergebnisse wiesen darauf hin, dass der offenporige Asphalt ca. 2 dB geringere Pegel aufweist als der konventionelle Asphalt. Da in unsystematischen Befragungen Anwohner und Autofahrer einhellig angaben, dass der offenporige Asphalt angenehmer und leiser sei, wurde vermutet, dass dieser Unterschied bei der Anwendung moderner Mess- und Beurteilungsverfahren deutlicher würde. Aus diesem Grunde wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Head Acoustics mittels Kunstkopfmesstechnik die Unterschiede der psychoakustischen Parameter Lautheit, Schärfe, Tonalität, Rauigkeit und Relative Approach ermittelt. Auch bei diesen Beurteilungen lagen die Unterschiede umgerechnet bei ca. 2 dB. Bei anschließenden Hörversuchen im Paarvergleich wurde die Lästigkeit des offenporigen Asphalts nur geringfügig geringer bewertet, obwohl ca. 2/3 aller Befragten den offenporigen Asphalt richtig erkannt haben.

---

Mi. 12:00 Audimax

Fahrzeugakustik II

### **Vergleich der subjektiven Beurteilung von Hupgeräuschen mit physikalischen und psychoakustischen Messgrößen**

Angelika Berwein

Bertrandt Ing.-Büro GmbH

"Kraftfahrzeuge müssen mindestens eine Einrichtung für Schallzeichen haben, deren Klang gefährdete Verkehrsteilnehmer auf das Herannahen eines Kraftfahrzeugs aufmerksam macht, ohne sie zu erschrecken und andere mehr als unvermeidbar zu belästigen." (§ 55 Einrichtungen für Schallzeichen, STVZO). Die deutsche Straßenverkehrs-Zulassungsordnung gibt ganz konkrete Vorschriften für den Klang und die Lautstärke von Hupgeräuschen. Doch warum erschrecken manche Hupen Passanten mehr als andere? Warum wirken gewisse Hupen aggressiv, andere

warnend und wieder andere schon fast kläglich-heiser? Für diese Fragestellungen wurden 13 verschiedene Hupen subjektiv beurteilt, akustisch gemessen und anhand physikalischer und psychoakustischer Größen analysiert. Die Zusammenhänge zwischen den Messgrößen sowie den subjektiven Eindrücken sollen in diesem Vortrag dargestellt werden. Dabei tauchen weitere Fragen auf: Inwiefern und auf welche Art und Weise spiegeln sich die psychoakustischen Auswertungsergebnisse im subjektiven Eindruck wider? Kann die Wirkung von Hupgeräuschen bereits aus den physikalischen Größen vorhergesagt werden? Und inwieweit stimmen überhaupt die subjektiven Eindrücke von verschiedenen Versuchspersonen überein? Im Vortrag sollen erste Ergebnisse vorgestellt werden.

Mi. 12:20 Audimax

Fahrzeugakustik II

### **Schallanalysen für Verkehrsunfallgutachten**

Matthias Mändl und Jürgen Schafberger

*Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden*

Schallmessungen im Rahmen der Erstellung von Verkehrsunfallgutachten haben nicht zuletzt aufgrund steigender Schadenshöhen schon bei Kleinkollisionen in letzter Zeit zunehmend an Bedeutung gewonnen. Herkömmliche Faustregeln für die aurale Wahrnehmbarkeit während des Unfallgeschehens müssen gerade in modernen, akustisch optimierten Fahrzeuginnenräumen überprüft werden. Der Vortrag erläutert anhand mehrerer Fallbeispiele (Spiegelkollision, Unfall mit Fahrzeug mit eingeschalteter Warneinrichtung, Kleinkollision), die im Rahmen von konkreten Unfallsimulationen durchgeführt wurden, Nutzen und Möglichkeiten von Schallanalysen in der Unfallanalytik.

Mi. 12:40 Audimax

Fahrzeugakustik II

### **Bestimmung von Mithörschwellen für Kleinkollisionsgeräusche von PKW**

Tim Pündner, Jürgen Schafberger und Matthias Mändl

*Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden*

Mit Hilfe von Hörversuchen wurde die auditive Wahrnehmbarkeit von realen Geräuschen, die bei leichten Kollisionen von PKW (typischer "Parkplatzrempler") entstehen, untersucht. Dazu wurden bei Versuchsfahrten gewonnene Kollisionsgeräusche mit verschiedenen realen und synthetischen Maskierern belegt und den Versuchspersonen im Rahmen von Schwellwertexperimenten präsentiert. Die Ergebnisse bestätigen die aus der Psychoakustik bekannten Mithörschwellen und legen eine Überprüfung der in Wahrnehmbarkeitsgutachten für Verkehrsunfälle verwendeten Werte nahe.

**Sitzung „Fahrzeugakustik III“**

Mi. 15:40 Audimax

Fahrzeugakustik III

**Experimentelle Erfahrungen mit der akustischen Wahrnehmbarkeit von Elektrofahrzeugen**Marco Conter, Martin Czuka und Reinhard Wehr*AIT Austrian Institute of Technology*

Das vom österreichischen Verkehrssicherheitsfonds geförderte Projekt drivEkustik untersuchte von 2012 bis 2013 das Fahrverhalten und die akustische Wahrnehmung von Elektrofahrzeugen. Ziel des ersten Arbeitspaketes dieser Studie war, die akustische Wahrnehmbarkeit von Elektrofahrzeugen mit jener von Verbrennungskraftfahrzeugen, insbesondere für ungeschützte Verkehrsteilnehmer wie beispielsweise sehbehinderte Personen, zu vergleichen. Dabei wurden die möglichen Unterschiede aufgezeigt, um aus akustischer Sicht potentielle Risiken für den Straßenverkehr frühzeitig erkennen zu können. Für die Untersuchung wurden kontrollierte Vorbeifahrten und Ausparkmanöver auf geeigneten Teststrecken akustisch aufgezeichnet und messtechnisch analysiert. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt dabei in der Ermittlung der akustischen Wahrnehmungszeitpunkte durch einen Hörversuch. Dafür werden Hintergrundgeräusche repräsentativer Orte aufgenommen, die die akustische Wahrnehmbarkeit von Fahrzeugen beeinträchtigen können. Aus diesem generierten Aufnahmepool werden im Labor reproduzierbare Verkehrssituationen akustisch nachgestellt und Versuchspersonen vorgespielt. Für eine möglichst realitätsnahe Aufnahme und Wiedergabe kommt ein binaurales Messsystem zum Einsatz. In diesem Artikel werden die wichtigsten Ergebnisse der messtechnischen Analyse sowie vom Hörversuch zusammengefasst.

Mi. 16:00 Audimax

Fahrzeugakustik III

**Lautsprecher-Array für die gerichtete Abstrahlung von akustischen Warnsignalen von Elektrofahrzeugen**Perceval Pondrom, Johannes Tschesche, Joachim Bös und Tobias Melz  
*TU Darmstadt - SzM*

Laut aktueller Studien sind elektrisch betriebene Pkw (entweder Elektro- oder Hybridfahrzeuge) deutlich leiser als Fahrzeuge, die ausschließlich mit Verbrennungsmotor fahren. Daher stellen sie für Fußgänger und Fahrradfahrer ein Sicherheitsrisiko dar. So ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein elektrisches Auto bei langsamer Geschwindigkeit beim Parken oder Abbiegen in einen Unfall mit einem Fußgänger involviert wird, doppelt so groß wie im Falle eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor. eVADER (Electrical Vehicle Alert for Detection and Emergency Response) ist ein von der Europäischen Kommission gefördertes Projekt, das in Kooperation mit führenden europäischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen der Automobilindustrie bearbeitet wird. Ziel ist es, den Prototyp eines bordeigenen akustischen Warnsystems für Fahrer und Fußgänger zu realisieren. Im Rahmen dieses Projekts wurde ein

Lautsprecher- Array als Schallquelle mit steuerbarer Richtcharakteristik im Stoßfänger eines Fahrzeugs eingebaut. Lautsprecher sind Wasserspritzern und Steinschlag ausgesetzt und müssen daher entsprechend geschützt werden. Für diesen Zweck wurden Schutzeinrichtungen für Mikrofone und Lautsprecher und deren Einfluss auf die akustischen Eigenschaften der Wandler untersucht.

Mi. 16:20 Audimax

Fahrzeugakustik III

### **Umfassende aktive Geräuschgestaltung für Fahrzeuge**

Markus Bodden und Torsten Belschner

*neosonic*

Eine Optimierung der Geräusche von Fahrzeugen erfordert nicht nur eine Optimierung jeder einzelnen Komponente, sondern gerade die Optimierung des Zusammenspiels aller Komponenten. Durch die Einsetzbarkeit aktiver Methoden ergeben sich heute und in Zukunft neue Möglichkeiten eine solche umfassende Harmonisierung der Fahrzeuggeräusche zu realisieren. Neosonic hat hierfür den modularen Ansatz elvis3 (ELaborate Vehicle Integrated Sound Signature System) entwickelt welcher sämtliche Audio-Aspekte des Fahrzeugs integriert. So ist eine der Systemkomponenten, elvis3 e-motion, das weltweit erste System, welches serienmäßig in einem Elektrofahrzeug, dem AMG SLS ED, zur Erzeugung von Innengeräuschen eingesetzt wird. Ein weiteres Modul, elvis3 Cesar, ermöglicht die Anpassung der Geräusche von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, und die Kombination ermöglicht eine individuell abgestimmte Lösung für Hybridfahrzeuge. Das Systemkonzept und die Realisierungen werden beispielhaft dargestellt.

Mi. 16:40 Audimax

Fahrzeugakustik III

### **Verbesserte Tonhaltigkeitsberechnung für instationäre Geräusche**

Arne Oetjen<sup>a</sup>, Steven van de Par<sup>a</sup>, Reinhard Weber<sup>a</sup> und Uwe Letens<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik;* <sup>b</sup>*Daimler AG*

Eine Vielzahl von Umweltgeräuschen wie z.B. Fahrzeuggeräusche weisen sowohl stationäre als auch instationäre tonale Geräuschkomponenten auf. Zeitliche Änderungen der Tonkomponenten können hier sowohl in der Tonhöhe als auch in der Lautstärke auftreten. Bei hoher Änderungsgeschwindigkeit und Ausgeprägtheit dieser Schwankungen lässt sich mit der spektralen Analyse durch Fouriertransformation eines Zeitfensters, wie z.B. in DIN 45691 vorgesehen, der subjektive Eindruck der Tonhaltigkeit nur unzureichend modellieren, die Tonhaltigkeit dieser Komponenten wird i.d.R. unterschätzt. In dem hier vorgestellten Verfahren ist es gelungen, durch eine Vor- und eine Nachverarbeitungsstufe zum Berechnungsverfahren nach DIN 45691 trotz Verwendung kurzer (ca. 0,1s) Zeitfenster eine hinreichend präzise Schätzung von Tonfrequenzen und Tonüberschüssen bzw. Tonamplituden darzustellen.

Bei der Vorverarbeitung wird eine Methode eingesetzt, die zur Schätzung der Frequenz auch das Spektrum der zeitlichen Ableitung des untersuchten Signals verwendet. Die mit dieser Methode durchgeföhrten Tonhaltigkeitsanalysen von synthetischen und natürlichen Geräuschen bilden die Ausgeprägtheit und den Verlauf tonaler Komponenten deutlich besser ab als die mit längeren Analysefenstern berechneten Tonhaltigkeiten. Insbesondere die berechneten Tonüberschüsse bei starker schwankenden Tonkomponenten zeigen deutlich größere Übereinstimmung mit der auditiven Wahrnehmung. Bei der Nachverarbeitung wurde ein Tracking-Algorithmus implementiert, der die zeitliche Verfolgung tonaler Komponenten ermöglicht. Bei Umweltgeräuschen kann eine spektrografische Darstellung dieser Komponenten eine Identifikation möglicher Tonquellen erleichtern.

Mi. 17:00 Audimax

Fahrzeugakustik III

---

### **Psychoakustische Lästigkeit von Getriebegeräuschen**

Josef Schlittenlacher<sup>a</sup>, Wolfgang Ellermeier<sup>a</sup>, Jinfeng Chen<sup>a</sup> und Karsten Moritz<sup>b</sup>

<sup>a</sup> TU Darmstadt - AG Angewandte Kognitionspsychologie; <sup>b</sup> TU Darmstadt - SzM

Getriebegeräusche werden wegen immer leiserer Motoren häufig nicht mehr von diesen maskiert und tragen deshalb wesentlich zum Klangbild bei. Damit rückt auch die durch sie hervorgerufene Lästigkeit ins Interesse. In der vorliegenden Studie werden den Versuchsteilnehmern 15 Geräuschaufnahmen verschiedener Getriebetypen unter zusätzlicher Variation von Drehzahl und Last über Kopfhörer dargeboten und von diesen in einem vollständigen Paarvergleich beurteilt. Mithilfe des BTL-Modells lässt sich so eine Verhältnisskala für die psychoakustische Lästigkeit bilden. Ein Vergleich mit objektiven Metriken zeigt, dass sie im Einklang mit der Literatur wesentlich von der Lautheit abhängt. Schärfe klärt verbliebene Varianz auf, allerdings nur einen geringen Teil. Rauhigkeit korreliert für die untersuchten Geräusche nicht positiv mit der Lästigkeit. Die Ergebnisse werden von früheren, rein subjektiven Beurteilungen auf Kategorialskalenniveau bestätigt. Sie ermöglichen darüber hinaus eine Modellierung der psychoakustischen Lästigkeit speziell für Getriebegeräusche.

Mi. 17:20 Audimax

Fahrzeugakustik III

---

### **Einflüsse auf die subjektive Wahrnehmung von Getriebegeräuschen**

Karsten Moritz<sup>a</sup>, Steffen Ochs<sup>a</sup>, Josef Schlittenlacher<sup>b</sup>, Joachim Bös<sup>a</sup> und Tobias Melz<sup>a</sup>

<sup>a</sup> TU Darmstadt - SzM; <sup>b</sup> TU Darmstadt - AG Angewandte Kognitionspsychologie

Bereits durchgeföhrte Untersuchungen haben gezeigt, dass bestimmte psychoakustische Kenngrößen zur Beurteilung von Getriebegeräuschen

geeignet sind. Darauf aufbauend werden in der vorliegenden Untersuchung die Einflüsse einzelner Parameter auf die psychoakustischen Kennwerte und auf die Perzeption von Versuchspersonen durch eigens aufgenommene Getriebegeräusche beleuchtet. Hierbei wird ein Augenmerk auf die Auslegung eines Prüfstandes gelegt, mit dem gezielt einzelne Einflussparameter wie Drehzahl, Drehrichtung, Drehmoment und Serienstreuung von Verzahnungen variiert werden können. Anschließend werden mit Hilfe der statistischen Versuchsplanung Prüfpläne erstellt, die zum einen die Erstellung einer Grundgesamtheit von Geräuschbeispielen für Hörversuche ermöglicht und zum anderen weitergehende Testreihen hinsichtlich des zeitlichen Aufwandes optimiert. Ziel der Untersuchung ist ein Abgleich von standardisierten technischen und psychoakustischen Metriken mit den im Hörversuch gewonnenen Ergebnissen, um eine Einschätzung der objektivierten Psychoakustik zu erhalten oder im Zweifel einen effektiveren Ansatz für die abzuschätzende Geräuschwirkung eines Getriebes auf den Endnutzer liefern zu können.

---

Mi. 17:40 Audimax

Fahrzeugakustik III

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

**Sitzung „Fahrzeugakustik (Poster)“**

---

Mittwoch

Fahrzeugakustik (Poster)

**Wahrgenommene Leistungsfähigkeit von Getriebegeräuschen**

**Josef Schlittenlacher, Wolfgang Ellermeier, Cem Yilmaz, Mirko Trutin, Aylin Tauchert, Marius Sobisch und David Jonathan Collin**

*TU Darmstadt - AG Angewandte Kognitionspychologie*

Üblicherweise werden in Sound-Quality-Untersuchungen Eigenschaften des durch ein Produkt hervorgerufenen Schalls untersucht. Im vorliegenden Experiment wurde im Gegensatz dazu basierend auf dem Schall nach einer dem Produkt zugeschriebenen Eigenschaft gefragt. 40 Probanden wurden jeweils zwei Aufnahmen von Getriebegeräuschen mit der anschließenden Frage "Welcher Antrieb ist leistungsfähiger?" in einem vollständigen Paarvergleich präsentiert. Die daraus resultierende wahrgenommene Leistungsfähigkeit korreliert hoch mit der Lautheit ( $r=0,87$ ). Bei Reizen mit ähnlicher Lautheit ist ausschlaggebend, ob die Getriebe mit Last oder im Leerlauf betrieben wurden; Aufnahmen unter Last klingen leistungsfähiger. Sind diese beiden Variablen konstant, so spielt als dritte Einflussgröße die Schärfe eine Rolle. Auch hier gilt, dass eine höhere Schärfe auf eine höhere Leistungsfähigkeit schließen lässt.

---

Mittwoch

Fahrzeugakustik (Poster)

**"Virtuelles Nebeln" von Karosserien zur Identifikation von akustischen Undichtigkeiten****Knut Raffel<sup>a</sup>, Leslie Bortels<sup>b</sup> und Robrecht Belis<sup>b</sup>**<sup>a</sup>*Volkswagen AG; b ELSYCA NV*

Die Dichtigkeit der Karosserie ist ein wichtiger Baustein für eine gute Schallisolation der Fahrgastzelle eines Fahrzeugs. Durchabdichtende Maßnahmen in der Blechkonstruktion wie z.B. Kunststoffsenschotts und Stopfen werden direkte Luftschallpfade vermieden oder zumindest stark reduziert. Damit gehört die Dichtigkeit zu einer guten akustischen Grundauslegung einer Karosserie. Die gängige Praxis ist bisher, die akustische Undichtigkeit an Prototypen und Vorserienfahrzeugen mittels Ultraschall oder Nebel zu prüfen. Diese Vorgehensweise liefert wichtige Erkenntnisse erst zu einem späten Projektzeitpunkt und hat zudem den Nachteil, dass die gefundenen Schallpfade in vielen Fällen nicht ausreichend genau zuzuordnen sind. Deshalb hat Volkswagen in Zusammenarbeit mit ELSYCA NV eine Lösung gesucht, um konzeptionelle Fehler in einer frühen Projektphase auf Basis von CAD-Daten zu finden und Gegenmaßnahmen bewerten zu können. Ergebnis ist eine softwaregestützte geometrische Analyse der Karosseriestruktur ohne aufwendige physikalische Ansätze, um mögliche Undichtigkeitspfade zu identifizieren.

---

Mittwoch

Fahrzeugakustik (Poster)

**Entwicklung einer funktionsintegrierten wärme- und schallgedämmten Ölwanne****Peter Schrader<sup>a</sup>, Fabian Duvigneau<sup>a</sup>, Tommy Luft<sup>a</sup>, Hermann Rottengruber<sup>a</sup> und Ulrich Gabbert<sup>b</sup>**<sup>a</sup>*Otto-von-Guericke-Univ., Lehrstuhl EMA, Magdeburg; b Otto-von-Guericke-Univ., Institut für Mechanik, Magdeburg*

Zur Geräuschenstehung von Fahrzeugen tragen die durch den Verbrennungsprozeß im Motor angeregten Strukturschwingungen maßgeblich bei. Dabei ist die Ölwanne einer der dominierenden akustischen Strahler. Aus tribologischer Sicht spielt die thermische Energiespeicherung des Motoröls eine entscheidende Rolle. Somit hängt von der Öltemperatur der Kraftstoffverbrauch des Motors ab. Anzustreben ist daher eine thermisch und akustisch gut isolierende kompakte Ölwanne. Im Beitrag wird das Konzept einer solchen Ölwanne vorgestellt, bei der die gewünschten akustischen und thermischen Eigenschaften durch den Einsatz von Aluminiumschaum erreicht werden sollen. Zunächst wird an Hand von FEM-Simulationen gezeigt, welche Möglichkeiten sich durch den Einsatz von Aluminiumschaumstoffen ergeben. Die Eingangsdaten für die Simulationen werden experimentell an einfachen Al-Probenkörpern gewonnen. In dem Simulationsmodell werden das Zylinder-Kurbelgehäuse mit montierter Ölwanne, der Zylinderkopf

sowie Kolben, Pleuel, und Kurbelwelle berücksichtigt, so daß das dynamische Verhalten des Motors, die Schallabstrahlung und die thermische Isolation der Ölwanne untersucht werden können. Für die Validierung des Berechnungsmodells werden Messungen an einem Motorenprüfstand durchgeführt. Im Beitrag werden mit Hilfe des validierten Berechnungsmodells erste konstruktive Maßnahmen zur Schallreduktion und zur Verbesserung der Wärmedämmung entwickelt, vorgestellt und kritisch bewertet.

Mittwoch

Fahrzeugakustik (Poster)

### Hochfrequente Vibrationen als Indikator für die Untersuchung von Bremsprozessen

Peter Holstein<sup>a</sup>, Christian Probst<sup>a</sup>, Dzmitry Savitski<sup>b</sup>, Klaus Augsburg<sup>b</sup> und Andreas Tharandt<sup>c</sup>

<sup>a</sup>SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH; <sup>b</sup> TU Ilmenau, FG Kraftfahrzeugtechik; <sup>c</sup> Steinbeis-Transferzentrum Technische Akustik u. angewandte Numerik

Für die Untersuchung der reibungsinduzierten Vorgänge an Bremsystem wurden breitbandige piezoelektrische Sensoren entwickelt und appliziert. Das breitbandige Verhalten wird durch den Einsatz piezoelektrischer Kompositmaterialien erreicht. Neben den typischen NVH-relevanten Geräuschen und Vibrationen werden durch die mikrophysikalischen Prozesse in starken Maße auch höhere Frequenzen angeregt. Für das Gesamtverständnis des Systemverhaltens ist deshalb die simultane Erfassung und Bewertung des gesamten relevanten Frequenzbereichs von Bedeutung. Inbesondere wurden verschiedenen Materialpaarungen und Transferprozesse unter variierenden Prüfstandsszenarien untersucht. Dabei kommen sowohl Methoden der Technischen Akustik als auch der Schallemission zur Anwendung.

### Sitzung „Bauakustik II“

Mi. 8:00 Aula

Bauakustik II

#### Trittschall-Dämmmaße anstelle von Trittschall-Pegeln

Werner Scholl

*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Wenn wir wissen wollen, welchen Schallpegel eine Quelle durch ein Bauelement hindurch in einem Raum erzeugen kann, oder wie viel Schall ein Bauteil "abzuwehren" vermag, brauchen wir die Schallleistungs-Pegeldifferenzen von Quelle zum Empfangsraum, also Schalldämm-Maße. Die üblichen Trittschallpegel beinhalten die Quellleistung nicht und können daher solche Fragen nicht beantworten. Damit wenigstens die Vergleichbarkeit von Messergebnissen gewahrt bleibt, setzen sie notgedrungen die Verwendung absolut gleicher Quellen voraus, in diesem Falle Trittschall-Hammerwerke. Dieses Prüfgeräusch ist nun allerdings sehr alltagsfremd und für eine realitätsnahe Beurteilung von Decken ungeeignet. Einem drängenden Bedürfnis folgend gibt es

daher Vorschläge, Trittschallpegel nach Norm auf andere Anregungsarten umzurechnen, z.B. gehende Menschen. Und hier wird ein weiterer wesentlicher Nachteil der Trittschallpegel offenbar: Wegen des Weglassens der Quelle in der Definition bleibt unbemerkt, welche Rolle die Quellen in der Übertragungskette spielen. Eine bauteilunabhängige Umrechnung auf andere Quellen ist gar nicht möglich, und zwar aus physikalischen Gründen. Im vorliegenden Beitrag wird das Konzept von Schalldämm-Maßen im Trittschallbereich vorgestellt und gezeigt, wie man mit verschiedenen Trittschall- bzw. Körperschall-Quellen umgehen kann, ohne sein Bauchgefühl bemühen zu müssen.

---

Mi. 8:20 Aula

Bauakustik II

### **Austauschbare Bodenbeläge - Trittschallminderung in Labor und Praxis**

Mark Koehler, Lutz Weber, Moritz Späh und Andreas Liebl

*Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Abtl. Akustik*

Die trittschallmindernde Wirkung von austauschbaren Bodenbelägen wird zurzeit nicht praxisgerecht beurteilt, so dass in Planung und Anwendung erhebliche Unsicherheit besteht. So wird das Trittschallverhalten austauschbarer Bodenbeläge nach DIN EN ISO 10140 im Prüfstand auf einer Stahlbeton-Rohdecke gemessen. Diese Situation entspricht nicht der Baupraxis, weil Bodenbeläge bei Verlegung auf der Rohdecke im Allgemeinen nicht die Mindestanforderungen an den Trittschallschutz nach DIN 4109 erfüllen. Sie werden deshalb normalerweise sowohl im Massiv- als auch im Leichtbau auf einem schwimmenden Estrich verlegt, wo ihr Verbesserungsmaß weitaus niedriger ausfällt.

Ferner erfolgt die Messung der Trittschallminderung durch Anregung mit dem Normhammerwerk. Dieses besitzt ein Anregungsspektrum, das sehr gut bekannt und reproduzierbar ist, das aber nicht mit realen Wohn- und Gehgeräuschen übereinstimmt. Diese weisen ein deutlich tieffrequenteres Spektrum auf und enthalten im Gegensatz zum Normhammerwerk pegelbestimmende Geräuschanteile unterhalb von 100 Hz.

Im Rahmen eines vom BBSR geförderten Forschungsvorhabens wurde im Fraunhofer Institut für Bauphysik die Wirkung von Bodenbelägen unter Einsatz alternativer Anregungsquellen untersucht und mit Hilfe psychoakustischer Hörversuche realitätsnah beurteilt. Die hieraus gewonnenen Ansätze zur verbesserten Messung und Beurteilung der Trittschallminderung von Bodenbelägen werden in dem Beitrag zusammenfassend dargestellt.

Mi. 8:40 Aula

Bauakustik II

**Einfluss der Fussbodenaufläufen und abgehängter Deckenkonstruktionen auf die Luft- und Trittschalldämmung einer splittgefüllten Hohlkastendecke**Christoph Geyer und Andreas MüllerBerner Fachhochschule

Die Luft- und Trittschalldämmung einer splittgefüllten Hohlkastendecke werden im Rahmen des Schweizer Forschungsschwerpunkts Schallschutz im Holzbau im Leichtbauprüfstand in Dübendorf gemessen. Dabei wird der Luft- und Trittschallschutz der Geschossdecke mit unterschiedlichen Fußbodenaufläufen und abgehängten Deckenkonstruktionen bestimmt. Durch die schwimmenden Estriche ergeben sich Verbesserungen des Luftschallschutzes von bis zu  $\Delta D_{n,w} = 22 \text{ dB}$  bei mittleren und hohen Frequenzen. Aber auch bei tiefen Frequenzen bewirken diese Fußbodenaufläufen eine Verbesserung des Luftschallschutzes der Geschossdecke von  $\Delta(D_{n,w} + C_{50-5000}) = 19 \text{ dB}$ . Beim Trittschallschutz beträgt die Verbesserung  $\Delta L_{n,w} = 31 \text{ dB}$  bei den mittleren und hohen Frequenzen sowie  $\Delta(L_{n,w} + C_{1,50-2500}) = 26 \text{ dB}$  bei niedrigen Frequenzen. Der Einfluss dieser zusätzlichen Konstruktionselemente auf den Luft- und Trittschallschutz der Geschossdecke wird anhand der Messergebnisse empirisch analysiert. Insbesondere werden die Abhängigkeiten des Luft- und Trittschallschutzes der Geschossdecke von der Eigenfrequenz der schwimmenden Estrichkonstruktionen und von der Eigenfrequenz der zusätzlichen abgehängten Decken untersucht und präsentiert.

Mi. 9:00 Aula

Bauakustik II

**Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten, Teil 1: Luft -und Trittschallberechnung auf Basis der Finite Elemente Methode**Andreas Rabold<sup>a</sup>, Stefan Kollmannsberger<sup>b</sup> und Ernst Rank<sup>b</sup><sup>a</sup> ift Rosenheim GmbH; <sup>b</sup> TU München, Lehrstuhl für Computation in Engineering

Verglichen mit Gebäuden in Mauerwerks- und Betonbauweise ist die Planung eines Bauobjektes in Holzbauweise eine deutlich größere Herausforderung. Die Gründe hierfür liegen unter anderem im Mangel von bewährten Konstruktionen und Planungswerkzeugen für den Schallschutz und die Gebrauchstauglichkeit. Geeignete computergestützte Planungshilfen, die eine Simulation bereits im frühen Planungsentwurf für das gesamte Bauwerk ermöglichen, könnten den Planungsaufwand drastisch reduzieren. Eine Möglichkeit der Simulation stellt die Verwendung eines SEA- und FEM-basierten Berechnungsmodells für die Luft- und Trittschalldämmung in der Bausituation dar, das sowohl die direkte Übertragung der Trennbauteile als auch die Übertragung der Flankenbauteile berücksichtigt. Während der SEA eine Energieflussbetrachtung zugrunde liegt, wird bei der FEM-basierten Berechnung eine modale Betrachtung durchgeführt. Hierzu ist neben der Bauteilstruktur und

-dämpfung auch deren Anregung und Abstrahlung durch die Luft- bzw. Trittschallquelle zu berücksichtigen. Der Schwerpunkt dieses Beitrags liegt in der Berücksichtigung der Anregung und Abstrahlung des Luftschallfeldes im FEM-basierten Berechnungsmodell für den unteren Frequenzbereich. Die vorgestellten Ergebnisse basieren auf Zwischenergebnissen eines aktuellen Gemeinschafts-Forschungsvorhabens zwischen der TU München, der Hochschule Rosenheim und dem ift Rosenheim, dessen Inhalte auf der DAGA 2013 vorgestellt wurden.

---

Mi. 9:20 Aula

Bauakustik II

### **Schätzung des Normtrittschallpegels für leichte Bezugsdecken an einem Deckenausschnitt**

Jan-Henning Schmidt<sup>a</sup>, Volker Wittstock<sup>a</sup> und Sabine Langer<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Physikalisch-Technische Bundesanstalt; <sup>b</sup>TU Braunschweig*

Der Normtrittschallpegel ist die Größe, die die Trittschalldämmung zwischen zwei Räumen charakterisiert. Er wird ermittelt indem in einem Empfangsraum der mittlere Schalldruckpegel gemessen wird, während in einem Senderaum der Fußboden durch ein Normhammerwerk nacheinander an mehreren Positionen angeregt wird. Die Absorption des Empfangsraums wird durch Bezug auf  $10 \text{ m}^2$  Absorptionsfläche berücksichtigt. In EN 12354 gibt es Ansätze die auf Basis von Materialparametern den Normtrittschallpegel schätzen. Für inhomogene Bauelemente wie Holzbalkendecken ist die Übereinstimmung zwischen Schätzung und Realität jedoch sehr schlecht. In einem aktuellen Forschungsprojekt wird untersucht, ob sich der Normtrittschallpegel an einem verkleinerten Deckenaufbau auf Basis eines korrespondierenden Abstrahlgrades bestimmen lässt. In diesem Beitrag werden Abstrahlgrade präsentiert, die an 13 verschiedene Holzdecken ermittelt wurden. Für eine Holzdecke wurden mehrere verkleinerte Versionen mit gleichem Querschnitt aufgebaut. Die Verkleinerung der Holzdecke soll Hinweise auf ein flächenabhängiges Schwingungsverhalten der Decke geben. Die Schwingungsanalysen an den Holzdecken, an den Deckenausschnitten und die Schätzung des Normtrittschallpegels im Vergleich zum tatsächlich gemessenen Normtrittschallpegel werden präsentiert.

---

Mi. 9:40 Aula

Bauakustik II

### **Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten, Teil 2: Stoßstellen-dämm-Maße von Massivholzelementen für die Prognose nach EN 12354**

Markus Schramm, Andreas Rabold, Michael Rudolf und Florian Linner  
*ift Rosenheim GmbH*

Für die Berechnung der Luft- und Trittschallübertragung in der Bausituation hat sich das SEA-basierte Berechnungsmodell nach EN 12354 etabliert. Die der SEA zugrunde liegende Voraussetzung einer ausreichenden Eigenmodendichte ist für massive Holzbauteile im mittleren und hohen Frequenzbereich, in dem die Flankenübertragung eine

Rolle spielt, erfüllt. Für die Anwendung im Massivholzbau fehlen jedoch noch Planungswerte für die Bauteilstöße sowie eine Validierung des Verfahrens. Die Ermittlung der Stoßstellendämm-Maße mit unterschiedlichen Anregungsarten, der Einfluss unterschiedlicher Stoßanbindungen und Bauteilmassen sowie die Validierung des Berechnungsmodells nach EN 12354 anhand direkt gemessener Flankendämm-Maße werden in diesem Beitrag behandelt. Die vorgestellten Ergebnisse basieren auf Zwischenergebnissen eines aktuellen Gemeinschafts-Forschungsvorhabens zwischen der TU München, der Hochschule Rosenheim und dem ift Rosenheim.

Mi. 10:00 Aula

Bauakustik II

### **Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten, Teil 3: Messmethodenvergleich für das Stoßstellendämm-Maß von Massivholzelementen**

Camille Châteauvieux-Hellwig<sup>a</sup>, Ulrich Schanda<sup>b</sup>, Andreas Rabold<sup>a</sup> und Markus Schramm<sup>a</sup>

<sup>a</sup>ift Rosenheim GmbH; <sup>b</sup>HS Rosenheim

Die Anwendung des SEA-basierten Berechnungsmodells nach EN 12354 benötigt als Eingangsgrößen für die Flankenübertragung Stoßstellendämm-Maße von den unterschiedlichen Ausführungen der Bauteil-Stöße. Die Ermittlung dieser Stoßstellendämm-Maße nach ISO 10848 setzt eine ausreichende Diffusität des Körperschallfeldes voraus, die in Leichtbauteilen zum Teil nicht gegeben ist. Aus diesem Grund wurden neue Messmethoden für die Stoßstellendämm-Maße im Leichtbau entwickelt. Das Stoßstellendämm-Maß soll nun nahe am Bauteilstoß gemessen werden. Zusätzlich zu diesem neuen Stoßstellendämm-Maß Kij, junction wird dann die Ausbreitungsdämpfung im (restlichen) Bauteil berücksichtigt. Zur Ermittlung der Eingangsdaten für die Berechnung nach EN 12354 ergeben sich dadurch mehrere Möglichkeiten, die in diesem Beitrag gegenübergestellt und anhand von Messergebnissen an Massivholzelementen verglichen werden. Die vorgestellten Ergebnisse basieren auf Zwischenergebnissen eines aktuellen Gemeinschafts-Forschungsvorhabens zwischen der TU München, der Hochschule Rosenheim und dem ift Rosenheim.

Mi. 10:20 Aula

Bauakustik II

### **Messungen der Luft- und Trittschalldämmung einer splittgefüllten Hohlkastendecke**

Amabel Melián Hernández, Christoph Geyer, Andreas Müller, Ali Sanavi und Josef Pichler

*Berner Fachhochschule*

Im Rahmen des Schweizer Forschungsschwerpunkts Schallschutz im Holzbau wird der Luft- und Trittschalldämmung typischer Schweizer Holzdecken ermittelt und in einem Bauteilkatalog zusammengefasst. Dabei kommt dem Leichtbauprüfstand in Dübendorf eine Schlüsselrolle zu.

Hier werden viele Eingangsdaten für die Luft- und Trittschalldämmung der Konstruktionen ermittelt. In diesem Beitrag werden die Messergebnisse für die Luft- und Trittschalldämmung einer splittgefüllten Hohlkastendecke vorgestellt. Der Luftschnittschutz wird als Normschallpegeldifferenzen,  $D_{n,1}$ , der Trittschallschutz als Norm-Trittschallpegel,  $L_n$  nach EN ISO 10140-2 bzw. 10140-3 für verschiedene Deckenaufbauten (schwimmende Estriche und Flachdachaufbauten), sowie abgehängte Decken zwischen 50 Hz und 5000 Hz gemessen. Diese Deckenkonstruktion weist nicht nur sehr hohe Schalldämmmaße bei mittleren und hohen Frequenzen mit einer bewerteten Normschallpegeldifferenz bis zu  $D_{n,w} = 80$  dB und einem bewerteten Norm-Trittschallpegel von minimal  $L_{n,w} = 21$  dB, sondern auch sehr hohe Werte im tieffrequenten Bereich mit  $D_{n,w} + C_{50-5000} = 75$  dB und  $L_{n,w} + C_{I,50-2500} = 40$  dB auf. Die Messergebnisse für die untersuchten Deckenkonstruktionen werden vorgestellt.

---

Mi. 11:00 Aula

Bauakustik II

### **Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten, Teil 4: Methodenvergleich zur Bestimmung von Verlustfaktoren von Massivholzelementen**

Simon Mecking<sup>a</sup>, Raphael Völtl<sup>a</sup>, Christoph Winter<sup>b</sup>, Martin Buchschmid<sup>b</sup>, Ulrich Schanda<sup>a</sup> und Gerhard Müller<sup>b</sup>

<sup>a</sup>HS Rosenheim; <sup>b</sup>TU München

Verlustfaktoren sind für die schalltechnische Beschreibung bei der SEA-basierten Schallschutzprognose gemäß EN 12354 von besonderer Bedeutung. Die Messung der Verlustfaktoren von schweren, homogenen Strukturen mithilfe der Abklingmethode ist in der ISO 10848 beschrieben. Die Anwendung dieser Messnorm zielt auf den Mauerwerks- und Betonbau ab. Holzbaukonstruktionen sind leichter und weisen häufig eine inhomogene Struktur auf. Zur Überprüfung der Anwendbarkeit obiger Messnorm wurden deshalb weitere Messmethoden verglichen.

Die Abklingmethode gemäß der ISO 10848 kann für den gesamten bauakustischen Frequenzbereich genutzt werden. Für den tieffrequenten Bereich wurden die Verlustfaktoren durch die Auswertung der Halbwertsbreite einzelner Resonanzen in der Übertragungsfunktion ermittelt. Für höhere Frequenzen wurde untersucht, inwieweit Energieeinflusskoeffizienten für die Bestimmung der Verlustfaktoren ausgewertet werden können, sofern die Voraussetzungen für die SEA gegeben waren. Die Messungen der Verlustfaktoren wurden an Massivholzbauteilen mit verschiedenen Auflagerausbildungen und in Abhängigkeit der Auflagerpressung durchgeführt.

Die Ergebnisse basieren auf dem aktuellen Stand des DFG-AIF Forschungsvorhabens "Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten", das gemeinsam von TU München, Hochschule Rosenheim und ift Rosenheim durchgeführt wird und dessen Inhalte auf der DAGA 2013 vor gestellt wurden.

---

Mi. 11:20 Aula

Bauakustik II

### **Trittschallminderung von Bodenbelägen bei Anregung durch menschliche Geher**

Lisette Hey, Mark Koehler, Lutz Weber und Moritz Späh

*Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Abtl. Akustik*

Die Trittschallminderung von Bodenbelägen wird nach DIN EN ISO 10140 durch Anregungen mit dem Normhammerwerk gemessen. Wegen des unterschiedlichen Anregungsspektrums unterscheidet sich die Ergebnisse stark von den Messwerten, die sich beim Begehen von Decken durch menschliche Personen ergeben. Die Unterschiede wurden bislang jedoch kaum untersucht, weil die Anregung durch Geher sehr schlecht reproduzierbar ist.

Im Rahmen einer Bachelor-Arbeit wurde ein verbesserter Aufbau zur Untersuchung dieser Problematik entwickelt. Dabei wird der untersuchte Bodenbelag auf nur einer Deckenhälfte verlegt, während die andere Hälfte der Decke frei bleibt. Ein Geher, der die Decke in gleichmäßiger Bewegung umrundet, regt abwechselnd Belag und Rohdecke an, wobei er beim Übertritt von der einen auf die andere Deckenhälfte eine Lichtschranke durchläuft. Der resultierende Trittschallpegel wird als Audiosignal aufgezeichnet, geschnitten und gemittelt. Aus den für die beiden Deckenhälften ermittelten Pegeln ergibt sich dann die resultierende Trittschallminderung.

Die Untersuchungen erfolgten mit männlichen und weiblichen Gehern mit unterschiedlichem Schuhwerk. In dem Beitrag werden die Untersuchungsergebnisse diskutiert und mit den Messwerten technischer Anregungsquellen (Normhammerwerk, japanischer Gummiball, etc.) verglichen.

---

Mi. 11:40 Aula

Bauakustik II

### **Anwendung des Zwei-Plattenverfahrens zur Leistungsprognose verschiedener Körperschallquellen**

Albert Vogel<sup>a</sup>, Volker Wittstock<sup>b</sup>, Oliver Kornadt<sup>a</sup> und Werner Scholl<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Technische Universität Kaiserslautern; <sup>b</sup> Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Haustechnische Anlagen in Wohn- und Bürogebäuden können sehr störend sein, wenn sie Lärm verursachen. Deshalb ist die Untersuchung der Körperschallentwicklung durch die Quellen im Vorfeld des Einbaus erforderlich. Um spätere Lärmbelastungen möglichst zu vermeiden, ist eine Körperschallprognose notwendig. Dafür müssen die quellspezifischen Parameter: Quellmobilität, freie Schnelle und Kurzschlusskraft bekannt sein. Im Beitrag wird die Charakterisierung verschiedener Körperschallquellen und Messung der quellspezifischen Parameter mit der "two-stage method" durchgeführt. Danach werden die Quellen an verschiedene Empfänger montiert und die Körperschallleistung auf dem

Bauteil sowohl gemessen als auch prognostiziert. Als Körperschallquellen dienen ein Shaker, ein Kompressor und ein Lüfter. Neben herkömmlichen Quellen wird auch ein Momenten-Anreger hinsichtlich seiner Prognostizierbarkeit untersucht. Die Empfangsplatten waren dabei aus den Materialien Holz, Gips, Stahl und Lochblech. Für die Ermittlung der Körperschallleistung auf den Platten ist die Messung der Oberflächenschnelle erforderlich. Diese wurde mit Hilfe von Beschleunigungssensoren und einem Laser-Doppler-Scanning-Vibrometer durchgeführt.

Mi. 12:00 Aula

Bauakustik II

### **Bestimmung der charakteristischen Körperschall-Leistung von Sanitärinstallationen durch Luftschallmessungen in einem Musterbau**

*Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Abtl. Akustik*

Sven Öhler und Lutz Weber

Die Schallübertragung durch Sanitärinstallationen in Bauten lässt sich nach DIN EN 12354-5 berechnen. Als Eingangsgröße benötigt man die charakteristische Körperschall-Leistung der Quelle, die durch Messung in einem Empfangsplattenprüfstand nach DIN EN 15657-1 ermittelt wird. Wegen des hohen Aufwandes für diese Messung sind für die Körperschall-Leistung von Sanitärinstallationen bislang jedoch nur wenige Daten verfügbar, so dass das Berechnungsverfahren nach DIN EN 12354-5 noch keinen Eingang in die Praxis gefunden hat.

Anstatt durch eine rechnerische Prognose erfolgt der Schallschutznachweis bei Sanitärinstallationen derzeit überwiegend durch Messungen in einem bauakustischen Installationsprüfstand, wobei der Prüfstand als Musterbau mit definierten akustischen Eigenschaften dient. Gemessen wird hierbei der durch die geprüfte Installation im Empfangsraum hervorgerufene Luftschallpegel.

Da der Installationsprüfstand im Fraunhofer-Institut für Bauphysik äußerst genaue und reproduzierbare akustische Messungen ermöglicht, liegt es nahe, den gemessenen Luftschallpegel zu nutzen, um daraus - alternativ zu DIN EN 15657-1 - durch Rückrechnung die charakteristische Körperschall-Leistung der geprüften Installation zu bestimmen. In dem Beitrag wird diskutiert, welche Möglichkeiten zur Ermittlung der Körperschall-Leistung aus Luftschallmessungen bestehen, mit welchen Problemen dabei zu rechnen ist und wie genau die ermittelten Ergebnisse sind.

---

Mi. 12:20 Aula

Bauakustik II

**Sound Design an Dusch WCs**Oliver Wolff<sup>a</sup> und Xiao Xu<sup>b</sup><sup>a</sup> Geberit International AG; <sup>b</sup> Fachhochschule Münster

Ein gutes Dusch WC erfordert heute nicht nur eine ausgezeichnete Spülqualität und ein luxuriöses Aussehen, sondern auch ein angenehmes Gefühl beim Benutzer. Der positive Gesamteindruck des Produktes wird dabei durch eine passende Akustik unterstützt. Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde die Klangqualität von 9 unterschiedlichen Dusch WCs untersucht. Dazu wurden die Geräusche der Gerätetfunktionen der einzelnen WCs gemessen und anschliessend 80 Versuchspersonen in einem Vergleichstest hörgerichtet vorgespielt. Ziel dieser ersten Untersuchung war es herauszufinden, welche Geräuschkomponenten entscheidend sind für die subjektive Einstufung des Gerätes bzw. der Gerätetfunktionen als qualitativ hochwertig. In einem zweiten Schritt sollte der Frage nachgegangen werden, welche Rolle die Klangqualität bei der Beurteilung der Geräusche spielt und was dem Nutzer wichtig ist: Klangqualität oder Schallpegel? Und wenn ja, zu welchen Anteilen? Dazu wurden die Geräusche künstlich auf den gleichen Schallpegel gesetzt und erneut einer Gruppe von Testpersonen vorgespielt. Bewertungsunterschiede konnten in dieser Untersuchung somit ausschliesslich auf den Einfluss der Klangqualität zurückgeführt werden. Die Kombination bei der Untersuchungen und die Auswertung überbestimmter Gleichungssysteme erlaubt es, quantitative Aussagen über den prozentualen Anteil des Einflusses der Klangqualität und des Schallpegels zur subjektiven Bewertung zu machen. Ergebnisse der Studie werden vorgestellt und Ausblicke für zukünftige Produktentwicklungen gegeben.

---

Mi. 12:40 Aula

Bauakustik II

**Untersuchungen zur Körperschallübertragung einer Vorwand-Installation aus Gipsplatten**

Steffi Reinhold, Jochen Scheck und Heinz-Martin Fischer

*Hochschule für Technik Stuttgart*

Die Geräusche von Sanitäreinrichtungen in Gebäuden zählen zu den am meisten störenden Lärmeinwirkungen. Üblich sind heutzutage Vorwandinstallationen, an denen die Installationen (Waschbecken, WC's) angebracht werden und in denen die Frisch- und Abwasserleitungen verlaufen. Über die Befestigungspunkte erfolgt eine Körperschallübertragung auf die Installationswand und die -weiterleitung und -abstrahlung im Gebäude. Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden am Empfangsplattenprüfstand und im gebäudeähnlichen Kombinationsprüfstand Untersuchungen an einer Vorwand-Installation aus Gipsplatten durchgeführt. Hintergrund ist die Körperschallquellen-Charakterisierung gemäß

EN 15657 und damit die Gewinnung von Eingangsdaten für das Prognosmodell EN 12354-5. Dabei wurden unterschiedliche "Betriebszustände" infolge der Anregung durch reale Installationen und künstliche Quellen (Shaker) mit stationärer und instationärer Anregung betrachtet. Des Weiteren wurde die Ankopplung der Vorwandinstallation an die Empfangsplatte(n) durch Variation der Art und Anzahl der Kontakte untersucht.

### Sitzung „Raumakustik I“

---

Mi. 15:40 Aula

Raumakustik I

#### **Psychoakustische Untersuchung zum Einfluss des Aufnahmeraums auf den Wiedergaberaum**

Andreas Häußler und Steven van de Par

*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik*

In der heutigen Zeit ist es üblich sich Aufnahmen aus einem Konzertsaal/Aufnahmeraum über ein Lautsprechersystem in einem Wiedergaberaum anzuhören. Das ideale Wiedergabesystem dafür Kennzeichnet unter anderem durch eine ausgeglichene Frequenzwiedergabe, wenig Störgeräusche und geringer Verzerrungen der Lautsprecher. Allerdings ist auch der Abhörraum ein Kriterium, welcher den Klang beeinträchtigt. In einem solchen Szenario vermischen sich die raumakustischen Informationen des Aufnahmeraums mit den Eigenschaften des Wiedergaberaums, was theoretisch betrachtet einer Faltung der Raumimpulsantworten beider Räume entspricht ("Raum in Raum"). Bei der Faltung ändert sich jedoch nicht nur die Länge der Impulsantwort sondern auch die zeitliche Struktur. Im Gegensatz zum Aufnahmeraum, steigt die Energiedichte nicht abrupt an, sondern hat eine gewisse Einschwingzeit (Onset). Ebenso wächst die Färbung bei einer "Raum in Raum" - Wiedergabe im logarithmischen Spektrum um einen Faktor von ca.  $\sqrt{2}$  an. Um die Hörbarkeit der einzelnen Effekte zu untersuchen sind Hörtests vorgenommen worden, welche die "Raum in Raum" Konfiguration mit einem einzelnen Raum vergleichen. Diese zeigen eine generelle Veränderung in der Wahrnehmung.

---

Mi. 16:00 Aula

Raumakustik I

#### **Validierung eines Modells zur Vorhersage des Richtcharakteristik-Einflusses auf raumakustische Messungen**

Ingo Witew, Mark Müller-Giebel und Michael Vorländer

*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

Um den experimentellen Aufwand zur Bestimmung der Unsicherheit bei raumakustischen Messungen zu reduzieren, wurde in der Vergangenheit ein Modell entwickelt, welches den Einfluss der Quellenrichtcharakteristik auf die Messunsicherheit bestimmen soll. Im Rahmen der Validierung dieses Modells wurden umfangreiche Messreihen im Modellmaßstab durchgeführt. In diesem Beitrag wird über den Vergleich der Modellvorhersage zur Messunsicherheit und der empirisch bestimmten

Messunsicherheit berichtet. Die Ergebnisse aus dem Vergleich wurden benutzt, um das Modell so anzupassen, dass die Modellvorhersage besser zu den empirischen Resultaten passt. Es wird diskutiert, ob das Modell für die Diskussion der Messunsicherheit geeignet ist.

Mi. 16:20 Aula

Raumakustik I

### **Psychoakustische und messtechnische Detektion von Echos in Räumen**

Sebastian Frey<sup>a</sup>, Hugo Fastl<sup>a</sup>, Hinrich Schmoch<sup>b</sup> und Eckard Mommertz<sup>b</sup>

<sup>a</sup> TU München, AG Technische Akustik, MMK; <sup>b</sup> Müller-BBM GmbH

Echostörungen in Räumen lassen sich messtechnisch mit instrumentellen Methoden nur schwer darstellen. Neben dem bekanntesten, auf subjektiven Empfindungen aufbauenden Echokriterium von Dietsch und Kraak (1986) wurden zwei weitere Kriterien vorgeschlagen. Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit wurden bestehende Echokriterien auf ihre Praxistauglichkeit im raumakustischen Planungsprozess überprüft. Aufgrund der wenig befriedigenden Ergebnisse sollte eine auf der zeitvarianten Lautheit und der Rauhigkeit basierende Analyse der Raumimpulsantwort für die Echendetektion untersucht und in ein Modell nach der Idee von Damaske (1971) sowie Fastl und Zwicker (2007) transferiert werden.

An 20 Probanden wurde mittels einer fünfstufigen Kategorienskalierung die Störung durch Echos in neun, mit CATT-Acoustic simulierten Räumen bei unterschiedlichem Programmmaterial untersucht. Die Schalldarbietung erfolgte über diffusfeldentzerrte Kopfhörer, die zuvor über einen Vergleich zwischen der Bewertung von Echos im synthetischen Schallfeld bzw. über Kopfhörer validiert worden war. Aufbauend auf den Ergebnissen des Hörversuchs und dem Dynamischen Lautheitsmodell nach Chalupper und Fastl (2002) wurde für Ein- und Mehrfachechos ein Echokriterium entwickelt. Für die Detektion von Flatterechos wurde das Rauhigkeitsmodell nach Daniel und Weber (1997) verwendet.

Im Rahmen des Vortrags werden sowohl die Ergebnisse des Hörversuchs als auch das neu entwickelte Lautheits-Rauhigkeits-Echokriterium vorgestellt und diskutiert. Abschließend wird dessen Erkennungsrate mit den Erkennungsraten der bestehenden Echokriterien verglichen.

---

Mi. 16:40 Aula

Raumakustik I

**Stage Acoustics**Margriet LautenbachPeutz bv

Stage acoustics is an interesting, challenging and important aspect in the design of concert halls and orchestra rehearsal rooms. Especially the design for a symphonic orchestra environment is a challenging task. Although a lot is known about concert hall acoustics and listeners preferences, there is a certain void in the knowledge on stage acoustics and musicians preferences. Despite a large number of investigations and papers, there is still lacking sufficient, experimental verification between objective acoustic data and the subjective experiences of orchestra musicians.

Our investigation on stage acoustics started with the renovation of De Doelen Rotterdam in 2008. After the successful implantation of new stage reflectors, other projects continuously drove our attention to stage acoustics for various reasons.

In 2012 we had the opportunity to extend our investigation with 2 orchestras in 3 and 6 halls respectively. The musicians individually filled out a questionnaire, and extensive impulse response measurements were performed on all stages. A large number of musicians participated and the subjective answers are statistically significant. This presentation gives results of the correlation of the musicians subjective judgment to different parameters that can be derived from impulse response measurements.

---

Mi. 17:00 Aula

Raumakustik I

**Uncertainty of room acoustic parameters caused by air movement and temperature changes**Martin Guski und Michael VorländerInstitut für Technische Akustik, RWTH Aachen

This study analyses the influence of the meteorological conditions in an auditorium on the measured room acoustic parameters. The consequences of air movements are investigated. The ventilation system of an auditorium sets the air in motion. This entails that the measured system can technically no longer be considered as a time invariant system. It is investigated how large the impact of this time variances is on the temporal variances of typical room acoustic parameters such as reverberation time or clarity index. Long-term measurements with and without active ventilation system were conducted to analyze the influences. Also, the influence of temperature and relative humidity of air on the measured parameters is investigated. The dependency of the speed of sound and the air attenuation on temperature and humidity is well known. With help of the Sabine's equation it is possible to predict changes of the reverberation time for an ideal diffuse sound field. In this study, long-term

measurements were conducted to compare the influence of temperature to the theoretical predictions.

Mi. 17:20 Aula

Raumakustik I

### Schallfeldanalysen in kleinen Räumen

Ingolf Bork

*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Schallfelder in kleinen Räumen werden im unteren Frequenzbereich durch räumlich verteilte Schalldruckresonanzen (Moden) geprägt. Ihre Berechnung in idealen Quaderräumen ist exakt möglich, für beliebig geformte Räume sind dagegen FEM-Programme erforderlich, die die Kenntnis der akustischen Impedanz der Begrenzungsflächen voraussetzen. Für eine realistische Modellbildung sind daher Messungen des Schallfeldes unerlässlich. Praktische Erfahrungen zur Anwendung modalanalytischer Methoden auf akustische Raummoden werden vorgestellt. Auf der Basis so gewonnener räumlicher Modendarstellungen kann der Einsatz von passiven Modendämpfern erfolgreich durchgeführt werden, da die Dimensionierung und Positionierung der Dämpfer von der Schalldruckverteilung bei der Resonanzfrequenz und der Güte der Resonanz abhängig ist.

Mi. 17:40 Aula

Raumakustik I

### Schallabsorptionsgrad von Einzelobjekten

Tiedo Meyer, Christian Nocke, Nils Freese und Ina Eilers

*Akustikbüro Oldenburg*

In vielen modernen Bürogebäuden ist ein Mangel an Schallabsorption an den klassischerweise für derartige Zwecke genutzten Deckenflächen zu verzeichnen. Eine Möglichkeit diesen Missstand aufzulösen kann darin bestehen, dass auch die Einrichtungsgegenstände wie Möbel, Raumteiler, Stellwände, Sitzmöbel, frei hängende Absorptionsmaterialien etc. eine akustische Funktion übernehmen. In diesem Beitrag wird diskutiert wie die Schallabsorption entsprechender nicht-flächiger Schallabsorber beschrieben werden kann.

Die DIN EN ISO 354 unterscheidet zwischen flächigen Schallabsorbern und Einzelobjekten. Für flächige Absorber ist der Schallabsorptionsgrad  $\alpha_S$  zur Kennzeichnung der Schallabsorption anzugeben. Für nicht-flächige Schallabsorber bzw. Einzelobjekte ist die Absorptionsfläche  $A_{obj}$  anzugeben. Aktuelle Software zur Berechnung der Schallausbreitung in Räumen geht in der Regel von einer Modellbildung anhand von ebenen Flächen aus, für die dann jeweils ein Schallabsorptionsgrad anzugeben ist.

In diesem Beitrag wird ein Vorschlag beschrieben, aus der Absorptionsfläche  $A_{obj}$  eines Einzelobjekts einen Schallabsorptionsgrad abzuleiten. Anhand dieser neuen Kenngröße, die mit  $\alpha_{obj}$  bezeichnet wird, können Einzelobjekte in der raumakustischen Simulation leichter berücksichtigt

werden. Weiterhin ist anhand dieser Kenngröße der Vergleich verschiedener Einzelobjekte möglich, was bislang durch die Absorptionsfläche  $A_{obj}$  nicht möglich war. Erste Anwendungen sowie Messungen an Möbeln werden vorgestellt und diskutiert.

### Sitzung „Virtuelle Akustik und Binauraltechnik I“

Mi. 8:00 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik I

#### Choosing Optimal Delays for Feedback Delay Networks

Fritz Menzer

TU München, Audio Information Processing

Feedback delay networks (FDNs) are often used in the context of artificial reverberation and are a class of sparse IIR filters based on a feedback loop containing multiple parallel delay lines and a mixing matrix providing a connection between the different channels. Delay lengths in FDNs are often chosen to be mutually prime based on a criterion introduced in the context of the Schroeder reverberator, with the intent to reduce echo cancellation and superposition, and therefore to increase the echo density. This paper examines the mutual primality criterion in the case of FDNs with different mixing matrices and proposes a measure for the capacity to avoid echo cancellation and superposition for FDNs with non-sparse mixing matrices. Based on this quality metric, new methods for choosing delays are proposed, such as minimizing echo superposition while keeping the sum of all delays roughly constant. A computational method for efficiently determining the quality metric is also proposed.

Mi. 8:20 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik I

#### Auralisierung von Verkehrsgeräuschen mithilfe von MAX 6

Joachim Büchel, Jörg Becker-Schweitzer und Jochen Steffens

FH Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering

Das Straßenverkehrsaufkommen hat in den letzten Jahrzehnten immer weiter zugenommen. In gleichem Maße stieg jedoch auch die hierdurch verursachte Lärmbelastung. In den letzten Jahren wurde mit gesetzlichen Vorgaben auf die Emissionsquellen Einfluss genommen. Beispielsweise konnte das Reifen-Fahrbahn-Geräusch durch den Einsatz poröser Fahrbahnoberflächen zum Teil deutlich reduziert werden. Jedoch sind die meist als Pegelminderungen angegebenen Lärmschutzmaßnahmen in der Regel wenig anschaulich und berücksichtigen dabei psychoakustische Kriterien bei der Wahrnehmung von Straßenverkehrsgeräuschen nicht. Am Institut für Sound and Vibration Engineering (ISAVE) der FH Düsseldorf wurde daher eine Auralisationssoftware entwickelt, die den Zusammenhang zwischen Verkehrsparametern, Fahrbahnbelag und Geräuschemission darstellen kann. Im Vergleich zu bisherigen Arbeiten werden dabei neue Wege bezüglich Synthese, räumlicher Darstellung und Modularität beschritten, wodurch eine hohe Detailtreue sowie eine einfache Anpassbarkeit der Simulation erzielt werden konnten.

Hauptbestandteile der Software sind eine vollständig synthetische Generierung von PKW und LKW Geräuschen, die räumliche Darstellung einer Verkehrssituation mittels Ambisonics und die Simulation des Absorptionsverhaltens von offenporigen Fahrbahnbela gen mittels des phänomenologischen Modells. Die Implementierung dieser Komponenten erfolgt in Gänze in Max6 von Cycling'74. Mit der Simulationssoftware ist es möglich, die Auswirkungen veränderter Verkehrsgeschwindigkeiten, Verkehrsstärken und - zusammensetzungen sowie verschiedener Parameter einer offenporigen Fahrbahndeckschicht auf das dadurch entstehende Geräuschszenario unmittelbar erfahrbar zu machen.

---

Mi. 8:40 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik I

**Auflösung und Interpolation von unterschiedlichen Kopf-über-Torso-Orientierungen in kopfbezogenen Übertragungsfunktionen**

Reinhild Popko, Fabian Brinkmann, Alexander Lindau und Stefan Weinzierl

*audio communication group, TU Berlin*

Kopfbezogene Übertragungsfunktionen (head related transfer functions, HRTFs), wie sie im Rahmen der Binauralsynthese verwendet werden, liegen üblicherweise für verschiedene Schalleinfallsrichtungen und eine feste, meist frontale Kopf-über-Torso-Orientierung vor. Werden Kopfrotationen eines Hörers simuliert, entsprechen diese deshalb meist einer gemeinsamen Bewegung von Kopf und Torso, wohingegen der Kopf natürlicherweise unabhängig über dem Torso gedreht werden kann. Die Hörbarkeit sich verändernder Kopf-über-Torso-Orientierungen konnte von Brinkmann et al. (2014) erstmals empirisch belegt werden. Die Messung unterschiedlicher Kopf-über-Torso-Orientierungen bei der Akquise von binauralen Impulsantworten bedeutet jedoch einen enormen Mehraufwand. Die vorliegende Studie untersuchte daher die für eine unhörbare Überblendung minimal benötigte Winkelauflösung von Kopf-über-Torso-Orientierungen in HRTF-Datensätzen in einem Hörversuch (adaptives 3AFC-Schwellwertverfahren). Hierbei wurden sensorische Schwellwerte für verschiedene Audioinhalte in Abhängigkeit von der Schalleinfallsrichtung und vom verwendeten Interpolationsalgorithmus für zwei unterschiedliche Interpolationsstrategien erhoben. Diese verwenden entweder HRTFs mit unterschiedlichen Kopf-zu-Quell-Orientierungen oder solche mit identischen Kopf-zu-Quell-Orientierungen. Hierbei zeigte sich, dass mit einem geeigneten Interpolationsansatz eine relativ grobe Auflösung der Kopf-über-Torso-Orientierung für einen unhörbaren, dynamischen Austausch von HRTFs ausreichend ist.

Mi. 9:00 Hörsaal B

Virtuelle Akustik &amp; Binauraltechnik I

**Individualisierung der kopfbezogenen Übertragungsfunktion**Ramona Bomhardt<sup>a</sup>, Marcia Lins<sup>a</sup> und Janina Fels<sup>b,a</sup><sup>a</sup> Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen; <sup>b</sup> Forschungszentrum Jülich GmbH (INM-1)

Hörversuche mit Binauraltechnik werden häufig mit nicht individuellen HRTFs durchgeführt. Bei der Verwendung von nicht individuellen HRTFs kommt es aber häufiger zu Im-Kopf-Lokalisationen, Vorne-Hinten-Vertauschungen oder zu einer erhöhten Fehlerrate in Elevations- und Azimutrichtung bei Lokalisationsversuchen. Dies kann dazu führen, dass Probanden gänzlich von Hörversuchen ausgeschlossen werden müssen. Da es zum aktuellen Zeitpunkt sehr zeitaufwändig ist, fein aufgelöste individuelle HRTFs zu messen, strecken sich Hörversuche dadurch stark in die Länge oder sind gar ortsgebunden. Mit individualisierten HRTFs kann somit ein Kompromiss für eine Vielzahl von Hörversuchen gefunden werden. Seit 1990 wurden Methoden, wie ITD-Anpassung und Frequenzskalierung oder Selektionsansätze zur Individualisierung untersucht. In diesem Beitrag soll gezeigt werden, mit welchen Methoden der ITA-Kunstkopf individualisiert werden kann. Ausgehend von den bestehenden Methoden wird hier die ITD durch eine analytische Berechnung eines Ellipsoiden ersetzt und die Skalierungsfaktoren ebenfalls durch das Modell des Ellipsoiden bestimmt. Zusätzlich werden die ILD und die charakteristischen Frequenzeigenschaften der Pinna korrigiert. Die Anpassung beruht auf den anthropometrischen Daten von Individuum und ITA-Kunstkopf.

Mi. 9:20 Hörsaal B

Virtuelle Akustik &amp; Binauraltechnik I

**Ungleichförmige Geometriediskretisierung für die numerische Berechnung von Außenohrübertragungsfunktionen**

Harald Ziegelwanger, Piotr Majdak und Wolfgang Kreuzer

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

Außenohrübertragungsfunktionen (engl. head-related transfer functions, HRTFs) beschreiben die Personen-spezifische richtungsabhängige Filterwirkung des Kopfes, des Torsos und der Pinna am Gehöreingang. HRTFs werden normalerweise akustisch gemessen, sie können aber auch numerisch über die Randintegralmethode simuliert werden. Um perzeptiv valide HRTFs zu erhalten, werden die exakten geometrischen Daten einer Person benötigt. Dabei wird die Oberfläche des Kopfes und der Ohren in Form eines drei-dimensionalen Polygonmeshs diskretisiert. Um die numerischen Fehler klein und die Berechnung stabil zu halten, wird für die Diskretisierung allgemein empfohlen, die in der Simulation auftretenden Wellenlängen mit mindestens sechs Elementen abzutasten. Deshalb führt die Berechnung von HRTFs für den gesamten hörbaren Frequenzbereich zu einem dicht besetzten linearen Gleichungssystem mit bis zu 150 000 Freiheitsgraden. Aufgrund der unterschiedlichen perzeptiven richtungsabhängigen Anforderungen an die

Genauigkeit von HRTFs, kann jedoch die notwendige Anzahl an Mesh-Elementen für die numerische Berechnung deutlich reduziert werden. In dieser Studie werden Bedingungen für ungleichförmige Geometriediskretisierungen vorgestellt, welche eine deutliche Steigerung der Recheneffizienz ermöglichen ohne die resultierende Lokalisationsleistung mit den berechneten HRTFs zu beeinflussen.

Mi. 9:40 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik I

### **Measurement of Time-Variant Binaural Room Impulse Responses for Data-Based Synthesis of Dynamic Auditory Scenes**

Nara Hahn und Sascha Spors

*Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik*

It is generally agreed that the human auditory system is not only able to localize a sound, but also to detect a surface or an object that interacts with the sound field of a source. A particular example is the case in which a listener enters into an acoustic shadow created by an obstructing object. In the presented paper, a pseudo-continuous set of Binaural Room Impulse Responses (BRIRs) was measured while an object passed in between the loudspeaker and the dummy head. For identification of the time-variant BRIRs, a periodic sweep sequence is used together with adaptive signal processing. The extracted BRIRs were then used to generate various ears signals using time-variant convolution of the source signal with the BRIRs. In informal listening, the movement of the obstructing object was appropriately perceived. This suggests that time-variant BRIRs can be used for data-based synthesis of dynamic auditory scenes.

Mi. 10:00 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik I

### **Influence of High-Frequency Audibility on the Externalization of Sounds**

Jens Cubick<sup>a</sup>, Sébastien Santurette<sup>a</sup>, Søren Laugesen<sup>b</sup> und Torsten Dau<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Technical University of Denmark, Centre for Applied Hearing Research;*

<sup>b</sup> *Eriksholm Research Centre; <sup>c</sup> Technical University of Denmark*

When listening in natural environments, normal-hearing (NH) listeners usually perceive sounds outside their head (externalized). Sounds perceived inside the head are called internalized. Hearing-impaired (HI) listeners were reported to externalize sounds less well than NH listeners (e.g., Boyd et al. (2012), J. Acoust. Soc. Am. 131, EL 268-274). The average externalization ratings of NH listeners dropped and matched those of HI listeners when the signals were lowpass-filtered at 6.5 kHz.

This study investigated whether this reduction could be explained purely by reduced high-frequency audibility in HI listeners. A virtual auditory space technique was used with individual binaural room impulse responses (BRIRs) for different loudspeaker distances. The listeners were asked to rate the perceived position of each auditory event according to

optical markers in the room, for signals filtered with the measured BR-IRs and for lowpass-filtered versions simulating reduced high-frequency audibility. For the HI listeners, the signals were filtered either with broadband BRIRs only or with an additional hearing-loss compensation filter to restore audibility. If audibility loss alone is responsible for reduced externalization, it is expected that a) the externalization ratings of the NH drop in the lowpass conditions and b) the externalization in HI listeners improves with audibility compensation.

Mi. 10:40 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik I

### Binaural Simulations and Measurements in an Optimized Room Acoustic Test Scenario

Julio Cesar Boscher Torres<sup>a</sup>, Sönke Pelzer<sup>b</sup>, José Lucio Naranjo<sup>c</sup>, Roberto Aizik Tenenbaum<sup>c</sup> und Michael Vorländer<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Federal University of Rio de Janeiro;* <sup>b</sup>*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen;* <sup>c</sup>*State University of Rio de Janeiro*

Acoustic simulation is today a well-established tool for acousticians, mainly due to the development of sound propagation models and to the advances in computer technology. Acoustical simulation is widely used for evaluating the sound quality in rooms or sound pressure levels in urban areas. Nowadays, auralization is one of the most important tools for evaluating how the sound is perceived in a given room. This could only be achieved through the development of several signal processing techniques. Each software developer implements different methods and techniques to obtain the Binaural Impulse Responses (BIRs) - the key element for auralization. In this work, we present the techniques employed by two acoustic simulators (RAVEN and RAIOS) for obtaining such BIRs. The main goal is to identify the main characteristics that distinguish the simulated responses from measured ones in a controlled environment and to evaluate how significant such variations are. Finally, the results of such comparisons are presented based on quantitative investigation, pointing out to useful indices capable to evaluate the auralization quality.

Mi. 11:00 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik I

### Raumwahrnehmung in fMRT - Optimierung binauraler Stimulation für die funktionelle Bildgebung

Jan-Gerrit Richter<sup>a</sup>, Liliana Ramona Demenescu<sup>b</sup>, Klaus Mathiak<sup>b</sup>, Ute Habel<sup>b</sup> und Janina Fels<sup>c,a</sup>

<sup>a</sup>*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen;* <sup>b</sup>*Uniklinik Aachen - Psychiatrie, Psychotherapie u. Psychosomatik;* <sup>c</sup>*Forschungszentrum Jülich GmbH (INM-1)*

In den letzten Jahren hat die Wiedergabe von simulierten räumlichen Szenen im Hinblick auf Individualisierung große Fortschritte gemacht. Diese Individualisierung wird durch personenspezifische Messung der Head-Releated-Transfer-Function (HRTF) als auch einer angepassten Kopfhörerentzerrung erreicht.

Diese Fortschritte ermöglichen neue Anwendungsfelder im Bereich der Neurophysiologie, welche die räumliche akustische Stimulation mit funktionellen bildgebenden Verfahren verbinden. Mögliche Ziele sind hier die Untersuchung von neuronaler Verarbeitung räumlicher Stimulation oder psychoakustischer Effekte.

In der funktionellen Bildgebung sind die Möglichkeiten der akustischen Simulation sowohl durch die eingesetzten Kopfhörersysteme als auch durch die Rahmenbedingungen der Untersuchung deutlich eingeschränkt.

In dieser Arbeit wird ein bestehendes elektrostatisches Kopfhörersystem dahingehend untersucht, ob bestimmte psychoakustische Effekte neurophysiologisch untersucht werden können. Hierbei wird ein besonderer Fokus auf Vorne-Hinten Verwechselungen und Elevationshören gelegt.

Mi. 11:20 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik I

**Evaluation of experiments on auditory selective attention in an anechoic environment and a reverberant room with nonindividual binaural reproduction**

Josefa Oberem<sup>a</sup>, Vera Lawo<sup>b</sup>, Iring Koch<sup>c</sup> und Janina Fels<sup>d,a</sup>

<sup>a</sup>*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen;* <sup>b</sup>*Inst. f. Kognitions- u. Experimental-Psychologie, RWTH Aachen;* <sup>c</sup>*Institut für Psychologie, RWTH Aachen;* <sup>d</sup>*Forschungszentrum Jülich GmbH (INM-1)*

When auditory selective attention started to be in the interest of acoustical and psychological research dichotic-listening-paradigms were frequently used, but still today many psychological experiments on the cocktail-party effect are performed using a dichotic reproduction. For more realistic scenes and a better spatial impression paradigms should be binaural. In previous work a dichotic-listening-paradigm to study intentional switches in auditory selective attention was extended to a binaural listening test setup. Several binaural reproduction methods were compared and analyzed. On account of these results a reproduction via headphones based on nonindividual HRTFs measured with a dummy head is most convenient and constructive for psychologists. As a next step towards realistic cocktail-party-scenes room acoustic needs to be included in the auralization. Further listening tests are carried out, where subjects listen to two competing speakers at different positions in space. They have to categorize the target speaker's words guided by visual cues. Independent analyzed variables are reaction times and error rates for a total of 48 subjects. Results of anechoic and reverberant rooms are compared.

Mi. 11:40 Hörsaal B

Virtuelle Akustik &amp; Binauraltechnik I

**Die Auditory-Modeling Toolbox der AABBA-Initiative**Piotr Majdak<sup>a</sup>, Jens Blauert<sup>b</sup> und Peter Søndergaard<sup>a</sup><sup>a</sup>Österr. Akademie d. Wissenschaften, Inst. f. Schallforschung; <sup>b</sup>Institut für Kommunikationsakustik, Ruhr-Universität Bochum

AABBA (Aural Assessment by Means of Binaural Algorithms) ist eine offene, internationale Initiative von inzwischen 19 Forschungsgruppen, die sich seit nunmehr fünf Jahren mit Entwicklung und technischer Anwendung von Modellen des binauralen Hörens befasst. Ein wichtiges Produkt dieser Gruppe ist die Auditory-Modeling Toolbox (AMT), eine Sammlung von unterschiedlichen, verifizierten Implementationen von Modellen des auditorischen Systems und seiner Komponenten. AMT ist eine frei erhältliche, quelloffene Bibliothek für Matlab und Octave, die den Fokus auf einfache Anwendung sowie Reproduzierbarkeit der modellierten und experimentellen Resultate legt. AMT wird laufend weiter entwickelt und umfasst z.Zt. vier Modellgruppen. Gruppe 1 betrifft die auditorische Peripherie mit Modellen des Außen-, Mittel- und Innenohres, sowie des Hörnerven. Diese können als Vorverarbeitungsstufen für Modelle der höheren Verarbeitungszentren dienen. Gruppe 2 besteht aus Signalerkennungsmodellen zur Simulation monauraler und binauraler Maskierungseffekte. Die Modelle in Gruppe 3 dienen der Nachbildung von räumlichen Effekten wie Lateralisation, Lokalisation, Distanzschätzung, sowie räumliche Sprechererkennung. Gruppe 4 besteht aus Modellen der Sprachwahrnehmung und erlaubt die Untersuchung der Sprachverständlichkeit in Räumen bei unterschiedlichen Randbedingungen. Insgesamt stehen 22 Modelle in diversen Modulen zur Verfügung. In dem Vortrag werden Struktur und Inhalt der Toolbox näher erläutert und diskutiert.

Mi. 12:00 Hörsaal B

Virtuelle Akustik &amp; Binauraltechnik I

**Quality Assessment of Spatial Audio Conferencing Systems from an End User Perspective**

Janto Skowronek, Alexander Raake, Angelo De Silva und David Roe-giers

*TU Berlin, Telekom Innovation Laboratories*

The idea of using spatial audio to improve the experience of teleconferencing applications has been investigated already for a few decades. Results were encouraging so that first commercial products have actually been brought to the market.

With the transition of spatial audio conferencing systems from research prototypes to running services, a number of research questions arise concerning the quality evaluation of such systems, not from an expert but from an end user perspective: For example, to what extend will end users appreciate spatial audio conferencing beyond an initial "wow-effect"? Or, which technical parameters of such systems are crucial for the quality perception by the end users?

To answer such questions, appropriate quality assessment methods are required, that are capable of grasping the quality benefits from an end user perspective. This need has also been acknowledged by the International Telecommunications Union, where work group "Question 10/12" has started the development of first perception test methods.

This conference contribution reviews the state-of-the-art of quality assessment for spatial audio conferencing, and will report on key-results that we have obtained in a number of studies. The intention is to encourage more research activities for the development of such spatial audio quality assessment methods.

Mi. 12:20 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik I

### **Efficient quality assessment of spatial audio data of high resolution**

*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

Martin Pollow und Michael Vorländer

Recent advances in the field of spatial audio demand a rising number of audio channels that need to be measured and processed. Audio data of high spatial resolution such as e.g. HRTF datasets or sensor directivity patterns may consist of thousands of discrete measurements, amounting to large sets of data. As the required time to perform such high resolution measurements can range up to several days, continuous manual monitoring of the measurement is not feasible (and would only detect some of the possible errors).

In order to assess the usually higher dimensional data of high spatial resolution, mathematical methods and data visualization can both prove beneficial to obtain a quick overview of the data. In this contribution a workflow for the efficient quality assessment of spatial audio data is presented. The data is firstly converted into a flexible data format that allows efficient random access and can then be evaluated and examined for possible negative influence on audio quality. Some examples of commonly encountered issues in acoustical measurements are given, such as the impact of noise, deviations from the perfect placement of source or receiver, or the behavior of the measurement object itself.

Mi. 12:40 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik I

### **Elevation of Horizontal Phantom Sources**

Matthias Frank

*Institut für Elektronische Musik und Akustik, KU Graz*

A horizontally arranged pair of loudspeakers can evoke the perception of an auditory event between the loudspeakers, a so-called phantom source. The horizontal position of the phantom source is typically controlled by level differences between the loudspeakers. The perception of phantom sources is known and accepted both in psychoacoustics and audio engineering.

However, audio engineers often report the effect of elevated phantom sources for horizontal loudspeaker pairs. Nevertheless, there is neither

experimental evidence nor scientific explanation for this elevation effect in the literature, yet.

This contribution investigates the elevation of phantom sources for horizontal loudspeaker pairs symmetrically arranged to the median plane. The investigation comprises the effect of the level difference between the loudspeakers and the aperture angle of the loudspeaker pair. It employs results of a listening experiment as well as a localization model.

### Sitzung „Virtuelle Akustik und Binauraltechnik II“

Mi. 15:40 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik II

#### **On the Frequency Response Variation of Sound Field Synthesis using Linear Arrays**

Frank Schultz und Sascha Spors

*Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik*

It is well known that 2.5D Sound Field Synthesis using an infinitely long continuous distribution of secondary point sources can only correctly reproduce the desired virtual source along a chosen line (reference line). For other parallel lines at different distances amplitude changes emerge which follow the 3 dB per distance doubling rule. Practical Sound Field Synthesis will employ spatially discretized and truncated secondary source distributions. Thus the characteristics of the synthesized sound field will become more complex. It is shown that Sound Field Synthesis may exhibit large frequency response variations when considering very short secondary source distributions or very large distances to the source due to the truncation. This stems from the fact that the finite length linear source has a near-/farfield transition, which is highly dependent of the frequency, the length, the tapering and the desired primary source. Due to the discretization the synthesized sound field is corrupted by spatial aliasing artifacts which result in large frequency response variations above the spatial aliasing frequency. This behaviour is highly dependent from the discretization step size, the primary source to be reconstructed and the listener position. The interaction of truncation, discretization and listener position is discussed.

Mi. 16:00 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik II

#### **Perceptual Properties of Data-based Wave Field Synthesis**

Sascha Spors<sup>a</sup> und Hagen Wierstorf<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik;* <sup>b</sup>*TU Berlin, Telekom Innovation Laboratories*

Wave Field Synthesis (WFS) is a loudspeaker-based auralization technique that aims at the physical synthesis of a sound field within a large listening area. In order to synthesize the complex sound field of a reverberant enclosure, data-based rendering techniques are typically used. Here the spatio-temporal structure of the sound field is captured by a microphone array. The microphone signals are then post-processed in order to derive the loudspeaker driving signals. In theory, the captured

field can be synthesized almost perfectly for a wide frequency range. In practice, the limited number of microphones and loudspeakers, equipment noise and sensor position mismatch will impair the synthesized sound field. Consequently these technical restrictions may lead to audible degradations. This contribution investigates the perceptual properties of data-based WFS. The study considers the synthesis of a broadband plane wave captured by a microphone array under free-field conditions. Timbral as well as spatial attributes, like localization and coloration, are investigated. Cross-references to known results from model-based rendering are furthermore highlighted.

Mi. 16:20 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik II

### **Messung von Raumimpulsantworten mit variabler Richtcharakteristik**

Johannes Klein<sup>a</sup>, Martin Pollow<sup>a</sup>, Ander Gaspar Perez Palacios<sup>b</sup> und Michael Vorländer<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen; <sup>b</sup> Institut für Elektronische Musik und Akustik, KU Graz

In den vergangenen Jahren wurde am Institut für Technische Akustik in Aachen ein Messsystem (SLAYER) zur Messung von Raumimpulsantworten für variable Richtcharakteristiken entwickelt. Bei diesem Messsystem handelt es sich um ein sphärisches Lautsprecherarray, mit dessen Hilfe eine große Zahl von Raumimpulsantworten für verschiedene Orientierungen des Arrays automatisiert gemessen werden können. Im Nachhinein ist es möglich, durch die Berechnung von Gewichtungsfaktoren für eine vorgegebene Zielrichtcharakteristik die gemessenen Raumimpulsantworten so zu superponieren, dass sich Impulsantworten beliebiger, sehr komplexer Quellrichtcharakteristiken für den gemessenen Raum generieren lassen.

Bei der Messung der Richtcharakteristiken des Messsystems als Ausgangsbasis für die Berechnung der Gewichtungsfaktoren und der Messung der Raumimpulsantworten ergibt sich eine Vielzahl von Herausforderungen, welche in der Art der verwendeten Messsysteme und den vergleichsweise langen Messdauern begründet liegen.

In diesem Beitrag werden die Messprozeduren und mögliche Arten der Nachbearbeitung beschrieben sowie Messergebnisse vorgestellt. Weiterhin wird ein Überblick über denkbare Anwendungen dieser Messtechnik insbesondere für neuartige Verfahren in der Raumakustik gegeben.

---

Mi. 16:40 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik II

## Time-Domain Behaviour of Spherical Microphone Arrays at High Orders

Till Rettberg und Sascha Spors

*Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik*

Spherical microphone arrays have been widely studied for three-dimensional sound field analysis. Expansion into spherical modes provides an elegant framework for beamforming and plane wave decomposition. In theory, constant directivity over the full frequency range is achieved at the expense of robustness for lower frequencies.

For practical realization, amplitude limiting in the modal domain is usually employed to ensure a robust solution. Equivalently, this can be considered as regularization of an inverse problem. Thus spatial resolution is reduced at lower frequencies. Techniques to compensate the resulting spectral deviation have been proposed.

This contribution focuses on the time domain effects of modal limiting. We present a concise formulation and compare various approaches used in practice. Possible perceptual implications for auralization are discussed, namely in the context of data-based binaural and sound field synthesis.

---

Mi. 17:00 Hörsaal B

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik II

## Denoising of Directional Room Impulse Responses Measured with Spherical Microphone Arrays

Markus Noisternig, Thibaut Carpentier, Tal Szpruch und Olivier Warusfel

*IRCAM-CNRS-UPMC, Paris*

The use of spherical microphone arrays (SMA) for room acoustic analysis has been widely studied in recent literature. Research has mainly focused on source localization and the extraction of room acoustic parameters from measured directional room impulse responses (DRIR). In practice, DRIRs are typically corrupted by measurement noise, which limits their use for 3-D reverberation processing and auralization. Due to the exponential energy decay, the noise floor masks especially the late part of the DRIR. In this paper we present a method for improving the signal-to-noise ratio (SNR) of measured impulse responses. This method is based on a statistical space-time-frequency model of the late reverberation decay. It first estimates the spatiotemporal energy decay relief from measured DRIRs and then replaces the corrupted part of the DRIR by a modelled diffuse sound field. We applied this method to DRIRs measured in IRCAM's variable acoustics concert hall and discuss the results.

---

Mi. 17:20 Hörsaal B

Virtuelle Akustik &amp; Binauraltechnik II

**Anwendung neuer Methoden zur raumakustischen Analyse in einem Regieraum der WDR-Hörspielstudios**

Philipp Stade und Johannes Arend

*Fachhochschule Köln*

Eine Untersuchung der Raumakustik basiert in der Regel auf Messung der omnidirektionalen Raumimpulsantwort. Viele gängige raumakustische Kriterien lassen sich aus dieser Impulsantwort bestimmen und erlauben eine Klassifizierung des Raumes. Allerdings sind diese Methoden mitunter mit Einschränkungen versehen und für die Analyse komplexer Konstellationen wenig aussagekräftig. Vor allem eine genaue örtliche Detektion konkreter Reflexionsflächen ist nur bedingt möglich. Hingegen ermöglicht der Einsatz von Mikrofonarrays und Wellenfeldanalyseverfahren für raumakustische Untersuchungen unter anderem eine detaillierte richtungsbezogene Auswertung des Reflexionsverhaltens. Motiviert durch eine problembehaftete Abhörsituation in einem Regieraum der WDR-Hörspielstudios wurden Messungen mit einem hochauflösenden Mikrofonarray durchgeführt, da der Ursprung der Probleme nicht mit Hilfe konventioneller raumakustischer Messtechnik zu lokalisieren war. Auf Basis der Mikrofonarraymessungen konnten die Ursprünge der Probleme lokalisiert werden und gezielte raumakustische Maßnahmen definiert werden. Nach Durchführung dieser raumakustischen Maßnahmen wurden erneute Messungen durchgeführt um deren Wirkung zu überprüfen. Neben einer technischen Reflexionsanalyse wurden neuartige Visualisierungsmöglichkeiten erprobt, bei denen Reflexionen in einem Kugelpanoramabild des Raumes dargestellt werden. Dies ermöglicht auch fachfremden Personen einen anschaulichen Zugang zu raumakustischen Problemen und eine verständliche Darstellung von Veränderungen durch raumakustische Maßnahmen. Neben den Arraymessungen wurden jeweils auch gedrehte Kunstkopfaufnahmen durchgeführt, um den Regieraum vor und nach der Maßnahme in einer dynamischen Binauralsynthese hörbar zu machen.

---

Mi. 17:40 Hörsaal B

Virtuelle Akustik &amp; Binauraltechnik II

**Präsentation der Poster**, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 144)

**Sitzung „Virtuelle Akustik und Binauraltechnik (Poster)“**

---

Mittwoch

Virtuelle Akustik &amp; Binauraltechnik (Poster)

**Ein Fokusgruppenverfahren für die Entwicklung eines Vokabulars zur sensorischen Beurteilung virtueller akustischer Umgebungen**

Alexander Lindau<sup>a</sup>, Fabian Brinkmann<sup>a</sup>, Vera Erbes<sup>a</sup>, Steffen Lepa<sup>a</sup>, Hans-Joachim Maempel<sup>b</sup> und Stefan Weinzierl<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *audio communication group, TU Berlin*; <sup>b</sup> *Staatliches Institut f. Musikforschung*

Virtuelle akustische Umgebungen können durch integrative sensorische Kriterien wie Plausibilität oder Authentizität oder auf Basis individueller qualitativer Attribute evaluiert werden, z.B. anhand speziell entwickelter semantischer Differentiale. Hinweise auf spezifische Ursachen für hörbare Mängel einer akustischen Simulation wird man jedoch nur im letzteren Falle erhalten. Die wenigen, einschlägigen Vorstudien lieferen dazu Attribute die sich entweder nur auf Teile des interessierenden Wahrnehmungsbereichs bezogen oder verwendeten inkonsistente Begriffe für identische Wahrnehmungsqualitäten. Es ist daher oft schwer, entsprechende Bewertungen über Studien hinweg zu vergleichen. Mit dem Ziel eines konsensuellen Vokabular zur Beschreibung virtueller akustischer Umgebungen wurde daher ein ‚Qualitätsinventar zur Schallfeldvirtualisierung‘ (Spatial Audio Quality Inventory, SAQI) entwickelt. Das geschaffene Vokabular umfasst 48 Begriffe für auditive Wahrnehmungsqualitäten, die als besonders relevant für die Identifizierung von technischen Defiziten virtueller akustischer Umgebungen mit präsentierten oder imaginären Referenzen eingestuft wurden. Es wurde im Laufe mehrerer Sitzungen einer Fokusgruppe von 10-15 deutschsprachigen Experten aus dem Bereich der virtuellen Akustik entwickelt. Die im Vokabular verwendeten Begriffe und Erläuterungen wurden von fünf weiteren Experten auf Eindeutigkeit geprüft. Unser Beitrag erläutert die verwendete Methodik und präsentiert die erzielten Ergebnisse.

---

Mittwoch

Virtuelle Akustik &amp; Binauraltechnik (Poster)

**A Library of Binaural Room Impulse Responses and Sound Scenes for Evaluation of Spatial Audio Systems**

Melchior Frank<sup>a</sup>, David Marston<sup>a</sup>, Chris Pike<sup>a</sup>, Darius Satongar<sup>b</sup> und Yiu. W. Lam<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *BBC Research and Development, Salford (UK)*; <sup>b</sup> *University of Salford*

This paper presents two freely available data-sets for evaluation of spatial audio systems. Firstly the Salford BBC Spatially-sampled Binaural Room Impulse Response data-set is a set of binaural room impulse responses measured in an ITU-R BS.1116 compliant listening room for an array of 12 loudspeakers at ear height on a grid of 15 different listener positions with listener azimuth orientation varied in 2° steps. It can be used to assess loudspeaker reproduction techniques at multiple listening positions both objectively and subjectively via auralisation. Secondly the BBC Spatial Audio Quality Assessment Scenes (BBC SAQAS)

data-set provides test signals for evaluation of spatial audio reproduction systems in the recently updated Broadcast Wave Format. The files contain sound objects with time-varying meta-data on position and intensity of the sources, which can be interpreted and rendered for or by any reproduction system.

---

Mittwoch

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik (Poster)

**Influence of the manipulation of interaural cross-correlation on room acoustical perception**

Stefan Klockgether und Steven van de Par

*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik*

The acoustical information of a room can be represented by Binaural Room Impulse Responses (BRIRs) recorded with an artificial head. Those impulse responses can be used to study the perception of room acoustics. For this purpose, the BRIRs are manipulated in various ways. In a psychoacoustical experiment the spatial impression of different rooms has been evaluated for original and manipulated BRIRs wherethe interaural cross-correlation of the binaural room impulse response has been increased. Different parts of the impulse responses were manipulated and the strength of the cross-correlation increase has been varied. The BRIRs have been convolved with anechoic music signals to obtain the stimuli that were presented to the subjects in this experiment. The subjects had to rate the spatial impression of these manipulated signals with focus on the perceptual attributes "Listener envelopement", "Apparent source width" and "Presence". The results of these ratings are shown as a function of the strength of the manipulations. In addition it is discussed which dependencies between these perceptual attributes may be seen. It appears that LEV is strongly influenced by changing the ICC, but only when it is changed throughout the full BRIR. The effect of modifying the ICC on ASW is much smaller.

---

Mittwoch

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik (Poster)

**Zeitvariante Beschreibung virtueller Szenen für die Echtzeit-Auralisierung instationärer Schallfelder**

Frank Wefers und Michael Vorländer

*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

Im Sinne einer physikalisch-basierten Auralisierung muss zwischen den Zeitpunkten der Schallabstrahlung an der Quelle, des Schalleinfalls beim Hörer sowie der dazwischenliegenden Ausbreitungsdauer im Medium unterschieden werden. Bei den meisten gegenwärtigen Auralisierungskonzepten ist dies jedoch nicht der Fall. Bei raumakustischen Simulationen ist es meist hinreichend die virtuelle Szene vereinfacht nur im Momentanzustand zu beschreiben (die Ausbreitungsdauern sind gering). Bei Außenszenarien (z.B. Verkehrslärm, Fluglärm) kann diese Vereinfachung aber bereits dazu führen, dass die Simulation dem Benutzer teils nicht mehr plausibel erscheint. Anwendungen wie diese stellen die Auralisierung vor eine neue Herausforderung: die Parameter der Objekte

in einer virtuellen Szene (Positionen, Orientierungen, Schalldruckpegel, Richtwirkungen der Objekte sowie Mediumszustand, usw.) entlang einer zeitlichen Historie zu speichern. Aus dieser Beschreibung müssen die effektiven Ausbreitungsdauern bestimmt werden und in der Schallfeldsimulation berücksichtigt werden.

In diesem Beitrag wird eine neuartige Baum-basierte Szenebeschreibung für akustische virtuelle Szenen vorgestellt. Die Eingabe und Ausgabe der Daten darf die Echtzeitverarbeitung nicht negativ beeinflussen (z.B. Prioritätsinversion). Dies wird durch die Unterbindung von wechselseitigem Lese-/ Schreibzugriff sowie nicht-blockierenden Datenstrukturen sichergestellt. Durch Wiederverwendung wird die Speicherplatzeffizienz erhöht. Die Schnittstellen für darauf aufsetzende Algorithmen (Bewegungsmodelle, Simulationsverfahren) werden erläutert. Am Beispiel einer Freifeld- und Raumakustik-Simulation wird die Integration in die Echtzeit-Auralisierung vorgestellt.

---

Mittwoch

Virtuelle Akustik & Binauraltechnik (Poster)

### **Examination of different HRTF interpolation methods**

Jan Völkerling, Eugen Rasumow und Matthias Blau

*Jade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörtechnik u. Audiologie*

For the immersive generation of virtual sound sources over headphones, individual HRTFs for every desired source position are required, which may result in a quite large number of HRTF measurements needed. In order to reduce the effort in HRTF measurements, it is useful to measure a limited number of HRTFs and interpolate the HRTFs at directions in between. In this study, different HRTF interpolation methods in the time and frequency domains are examined by using objective evaluation criteria and psychoacoustic measurements. It is shown that the RMS error of linearly interpolated and spline-interpolated HRTFs in the time domain strongly varies depending on the direction of the virtual sound source. In the frequency domain, the linear and spline interpolation of HRTF magnitudes and group delays show better results than the interpolation in time domain, but there are still audible artifacts depending on the spatial resolution of the measured HRTFs. The best performance is obtained for the linear and spline interpolation of complex-valued HRTFs with prior phase linearization for frequencies above 1,5 kHz (which has been shown to be inaudible, see Rasumow et al. 2013).

**Sitzung „Akustik von Windturbinen“**

Mi. 8:20 Hörsaal G

Akustik von Windturbinen

**Aeroacoustic Simulation of Wind Turbines and Active Noise Reduction by Means of Boundary Layer Suction**

Benjamin Arnold, Thorsten Lutz and Ewald Krämer

*Universität Stuttgart, Inst. f. Aerodynamik u. Gasdynamik*

The potential of onshore wind turbines is not solely determined by environmental aspects but also strongly depends on acoustic regulations demanding a reduction of flow-induced noise, first and foremost overnight. A forced drop of the emitted sound pressure level by 4 dB can cause a halving of the power output. At the Institute of Aerodynamics and Gas Dynamics (IAG) a process chain to predict the three-dimensional flow over wind turbines followed up by an acoustic analysis of turbulent boundary layer trailing-edge noise (TBL-TEN) which, among other flow-induced noise sources contributes the dominant part to overall noise emission, has been developed. To overcome the challenge of noise reduction, active flow control by means of boundary layer suction is utilized mitigating the occurring wall pressure fluctuations and constituting the main source of TBL-TEN. The numerical methodology will be presented and the potential of active noise reduction will be discussed. In addition, both the affected power output due to suction as well as the required energy to actuate the system including losses due to friction are taken into account.

Mi. 8:40 Hörsaal G

Akustik von Windturbinen

**Messung tieffrequenter Geräusch von Windenergieanlagen. Vorstellung von Messresultaten und Vergleich der Auswertung nach DIN 45680 und nach dem Entwurf zur DIN 45680:2013-09**

Michael Stalder, Henning Busch und Christian Haak

*Ingenieurbüro für Akustik Busch GmbH*

Exemplarisch werden Messresultate von durch Windenergieanlagen (WEA) verursachten tieffrequenten Geräuschen in den meistbetroffenen Wohnräumen vorgestellt. Durch den Vergleich mit Störgeräuschmessungen bei ausgeschalteten WEA konnten die tieffrequenten Geräusche dem Betrieb der WEA zugeordnet werden. Subjektiv waren durch die Messenden in den untersuchten Räumen keine tieffrequenten Geräusche wahrnehmbar. Die gemessenen Terzspektren zeigen aber, dass einzelne tieffrequente Terzbänder im Bereich der Hörschwelle der DIN 45680 lagen. Die Auswertung der gemessenen Geräusche nach der DIN 45680 und nach dem Entwurf zur DIN 45680:2013-09 werden vorgestellt und verglichen. Im Fokus steht die Frage, ob die Auswertung nach dem Entwurf zur DIN 45680:2013-09 zu einer strengereren Beurteilung von tieffrequenten Geräuschen von WEA führt. Zusätzlich wird der Einfluss der Messposition im Raum diskutiert. In einem Ausblick wird der Frage nachgegangen, ob die tieffrequenten Geräusche von WEA

in Zukunft emissionslimitierend werden könnten. Entscheidend dafür ist aus unserer Sicht, ob bei den neu entwickelten WEA der tieffrequente Schallanteil steigt.

Mi. 9:00 Hörsaal G

Akustik von Windturbinen

### **Windenergieanlagen, Immissionsschutz und Bebauungspläne**

Detlef Piorr

*LANUV NRW*

Bei der Ausweisung neuer Windeignungsflächen wird häufig - direkt oder indirekt - davon ausgegangen, dass die auf den Flächen in Zukunft zu errichtenden Anlagen nachts schallreduziert betrieben werden. In diesen Fällen sollten die zulässigen nächtlichen Schallemissionen durch Festlegungen in Bebauungsplänen fixiert werden. Denn ansonsten kann das im Rahmen der Genehmigung der einzelnen Anlagen anzuwendende Prioritätsprinzip in Verbindung mit den Regelungen der TA Lärm dazu führen, dass einzelne laute Anlagen genehmigt werden müssen und diese die weitere Nutzbarkeit der Windeignungsfläche stark einschränken, weil die wenigen Anlagen bereits die Nacht-Immissionsrichtwerte aus schöpfen. Eine Möglichkeit, eine gleichmäßige Nutzbarkeit der gesamten Eignungsfläche zu erzielen, besteht in der Festsetzung von Emissionskontingenten entsprechend der DIN 45691. Eine Alternative kann die Festsetzung eines auf die jeweilige Rotorfläche bezogenen maximal zulässigen Schallleistungspegels sein. Die Vor- und Nachteile beider Methoden werden diskutiert.

Mi. 9:20 Hörsaal G

Akustik von Windturbinen

### **Ist Lärmschutz bei Windenergieanlagen notwendig?**

Tim Wahl<sup>a</sup>, Till Biedermann<sup>a</sup>, Christian Epe<sup>a</sup>, Robert Heinze<sup>a</sup> und Frank Kameier<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*FH Düsseldorf; b FH Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering*

Durch die Vielzahl an neuen Windenergieanlagen im Binnenland fühlen sich Anwohner gestört. In der Regel legen akustische Untersuchungen von Windenergieanlagen den Fokus auf den abgestrahlten Schall im Rahmen von Genehmigungsverfahren und der Erfüllung gesetzlicher Vorgaben und Normen. Neben dieser reinen technischen Beurteilung des Schalldruckpegels bzw. der abgestrahlten Schallleistung sind auch Aussagen über die Art der Schallemissionen hinsichtlich Frequenzbereich, Schwankungscharakteristik und Ursache der Emissionen von Interesse.

Im Rahmen einer studentischen Projektarbeit wurde an der Fachhochschule Düsseldorf zunächst die Lärmemission von Windenergieanlagen im Raum Düsseldorf in unmittelbarer Nähe der Anlagen gemessen und im Frequenzbereich analysiert. Untersucht wurde dabei auch, inwieweit sich lokalisierte Geräusche mit der Entfernung von der Schallquelle verändern oder abschwächen. Es wird nun weiter versucht, den lokalisierten Geräuschen Schallentstehungsmechanismen zuzuordnen. Ferner

wird die Auswirkung der Schallimmissionen auf das menschliche Hör-empfinden am Beispiel von Betroffenen in der Wilstermarsch untersucht. Der Fokus der Untersuchung liegt nicht auf dem Infraschallbereich, sondern auf dem vom Menschen oberhalb der Hörschwelle wahrnehmbaren Frequenzen. Darüber hinaus werden Möglichkeiten zur Maskierung der von Windkraftanlagen ausgehenden Emissionen und zur Ablenkung von Störquellen mittels Soundscapes vorgestellt.

Mi. 9:40 Hörsaal G

Akustik von Windturbinen

### **Schallimmission von Windenergieanlagen in Waldgebieten**

Randolf Arndt<sup>a</sup> und Bernd Brantner<sup>b</sup>

<sup>a</sup> VEBAS e.U.; <sup>b</sup> WEB Windenergie AG

In Österreich wurden in den vergangenen Jahren in den Ebenen Niederösterreichs vor allem in der Parndorfer Platte schon sehr viele Windenergieanlagen errichtet, so dass bei künftigen Planungen nun verstärkt in andere Gebiete, wie das sogenannte Waldviertel ausgewichen werden muss. Derzeit erfolgen die Auslegungsberechnungen für die Planung neuer Windenergieanlagen vorwiegend mit WindPRO Decibel. Dieses Tool berücksichtigt etwaige erhöhte Dämpfungseigenschaften des Waldes nicht. Mit dem Programm WindPRO Nord 2000 gibt es seit 2012 ein Programmmodul, das hinsichtlich der Dämpfungseigenschaften erweitert wurde. Im Rahmen dieses Projektes wurde anhand des Windparks Langmannersdorf, der von Wald umgeben ist, analysiert, wie genau die Schallimmissionen mit den beiden Programmen mit gemessenen Werten übereinstimmen. Die Berücksichtigung umfangreicherer Dämpfungseigenschaften in WindPRO Nord 2000 (vergleichen mit WindPRO Decibel) lieferte dabei deutlich realistischere Schallimmissionspegel in der waldreichen Umgebung des untersuchten Windparks. In der Präsentation werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen gezeigt und es werden Vorschläge unterbreitet, wie künftig bei der Projektierung von Windparks in waldreicher Umgebung vorgegangen werden soll.

Mi. 10:00 Hörsaal G

Akustik von Windturbinen

### **Bestimmung des Schalleistungspegels von Windenergieanlagen mit einem modifizierten Verfahren**

Sergio Martinez und Florian Fennel

TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH

Zur Bestimmung des "scheinbaren" Schalleistungspegels ("apparent sound power level") von Windenergieanlagen (WEA) wird ein genormtes Verfahren nach DIN EN 61400-11 (VDE-0127-11) verwendet. Eine Anwendung der neuen Fassung - mit Ausnahme einer Herstellerzertifizierung - scheint im Vollzug von Genehmigungsverfahren kaum möglich. Daher wird in diesem Vortrag ein alternatives Messverfahren vorgeschlagen, das auf den Erfahrungen mit der bisherigen Anwendung

der DIN EN 61400-11 basiert, aber darauf abzielt, das korrekte physikalische Verständnis der Geräuschquellen der WEA für die Messungen zu instrumentalisieren. Grundlage des Verfahrens ist die Festlegung der Leistungskennlinie der WEA durch den Hersteller für den Betriebsmodus. Der entscheidende akustische Emissionsparameter der WEA - insbesondere wegen der meist dominierenden aerodynamischen Geräusche der Rotorblätter - ist die Rotorblattgeschwindigkeit, welche mit einem Exponenten um 5-6 die Strömungsgeräusche der Rotorblätter bestimmt. Diese Größe kann über die Kenntnis der Rotordrehzahl quantifiziert werden, ist also gänzlich maschinenspezifisch und ist nur indirekt von der Windgeschwindigkeit bei der Anströmung der WEA abhängig. Dies ist auch eine vermeintliche Schwachstelle der DIN EN 61400-11, in der methodisch (fast) kein Wort über o.a. physikalische Tatsache verloren wird. Es werden Neuauswertungen von bereits vorliegenden Messungen des Schalleistungspegels nach DIN EN 61400-11 jetzt gemäß dem o.a. alternativen Messverfahren dargelegt und der praktische Vorteil dieses neuen Verfahrens erläutert.

---

Mi. 10:40 Hörsaal G

Akustik von Windturbinen

**Messtechnische Ermittlung der Ausbreitungsbedingungen für die Geräusche von hohen Windenergieanlagen zur Nachtzeit und Vergleich der Messergebnisse mit Ausbreitungsberechnungen nach DIN ISO 9613-2, Fortführung und Vertiefung der Untersuchung aus dem Jahr 2012**

Justus Engelen

*Uppenkamp und Partner GmbH*

Den Hintergrund der Untersuchungen definiert das BlmSchG. Danach sind Windenergieanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass keine schädlichen Umwelteinwirkungen (u. a. Geräusche) auftreten. Kriterien zur Ermittlung und Beurteilung sind in der TA Lärm definiert, die hinsichtlich der Erstellung einer Geräuschimmissionsprognose (Schallausbreitungsberechnung zzgl. Unsicherheit der Prognose) auf die DIN ISO 9613-2 verweist.

Die Entwicklung der hierin enthaltenen Berechnungsverfahren erfolgte für "bodennahe" Quellen. Angaben zur "geschätzten Genauigkeit" der Verfahren beziehen sich auf den "bodennahen" Bereich. Moderne Windenergieanlagen verfügen jedoch über Nabenhöhen über 100 m.

Um belastbare Daten zur Qualität der Geräuschimmissionsprognosen hoher Windenergieanlagen zu erhalten, wurden im Jahre 2012 in mehreren Nächten zeitgleich Emissions- und Immissionsmessungen an zwei benachbarten Windenergieanlagen durchgeführt und die Messergebnisse mit Berechnungen nach der DIN ISO 9613-2 verglichen. Zur Validierung dieser Daten wurden im Jahre 2013 weitere Messungen bei leicht geändertem Untersuchungsdesign durchgeführt. Deren Ergebnisse werden vorgestellt.

---

Mi. 11:00 Hörsaal G

Akustik von Windturbinen

### **Hybrid Methods for Noise Prediction in Aeroacoustic Simulations of a Small Straight-Bladed Darrieus Turbine**

Johannes Weber<sup>a</sup>, Stefan Becker<sup>a</sup>, Jens Grabinger<sup>b</sup>, Christoph Scheit<sup>a</sup> und Manfred Kaltenbacher<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentechn.

<sup>b</sup> Univ. Erlangen-Nürnberg; <sup>c</sup> TU Wien

Small vertical axis wind turbines are considered as a possible solution for using wind energy at small scales in urban areas. To achieve this further aerodynamic and aeroacoustic optimizations are required. This work deals with two different numerical schemes of noise prediction of small vertical axis wind turbines using hybrid methods. As usual for hybrid aeroacoustic approaches, the flow field and acoustic calculations are carried out in separate software packages. The two schemes then differ in how the location of the acoustic source terms are computed according to Lighthill's acoustic analogy which gives source terms located on the original CFD grid. These source terms are projected onto a coarser acoustic grid on which the propagation is calculated by solving the wave equation. In the second scheme the Ffowcs Williams-Hawking (FW-H) method is used which is based on a free field Green's function. The scheme uses a porous integration surface and implements an advanced time formulation. The far field acoustic radiation is calculated by extrapolation of the acoustic waves. Both methodologies are compared with experimental data.

---

Mi. 11:20 Hörsaal G

Akustik von Windturbinen

### **A Nitsche Non-Conforming Finite Element Approach towards Computational Acoustics in Rotating Systems**

Andreas Hüppé<sup>a</sup>, Jens Grabinger<sup>b</sup> und Manfred Kaltenbacher<sup>a</sup>

<sup>a</sup> TU Wien; <sup>b</sup> Univ. Erlangen-Nürnberg

The numerical simulation of acoustic fields in rotating systems and its coupling to a quiescent surrounding fluid exhibits many theoretical and practical challenges. Beside the need for an accurate and stable computational scheme, we also want to achieve at an efficient numerical scheme, concerning memory requirement and CPU time. The Nitsche Finite Element method, applied to the wave equation, seems to be an attractive choice to establish an efficient solution scheme. By the introduction of flux and penalization terms on the interface between moving and quiescent grid, the method retains symmetry of the algebraic system of equations and can thereby help to speed up computations. The other crucial aspect of a method for rotating systems is the (long term) stability of the solution. For the Nitsche method, the issue of stability and accuracy is highly related to a penalization factor. We will therefore investigate the influence of this factor as well as the effect of modifications to the original Nitsche formulation for acoustics with respect to its stability by

means of acoustic energy analysis in the discrete system. Applications to three dimensional examples show the improvements achieved and point out remaining challenges, especially in the context of computational aeroacoustics.

Mi. 11:40 Hörsaal G

Akustik von Windturbinen

**Experimentelle und numerische Untersuchung des Hinterkantenschallmechanismus an einem stehenden 2D-Tragflügelprofil**

Tom Gerhard und Thomas Carolus

*Universität Siegen*

Den dominierenden aerodynamischen Schallmechanismus einer Windturbine stellt die Interaktion der turbulenten Grenzschicht mit der Tragflügelhinterkante dar. Ziel dieser Studie ist die genaue Charakterisierung dieses Hinterkantenschalls anhand eines definierten Tragflügelprofils auf experimentellem und numerischem Wege, um anschließend mögliche Reduktionsmaßnahmen umzusetzen.

Auf dem aeroakustischen Prüfstand der Universität werden stehende Tragflügelemente bei moderaten Reynolds-Zahlen ( $Re_{max} = 3.5 \cdot 10^5$ ) untersucht. Zu den experimentellen Methoden gehören, neben der akustischen Charakterisierung der Profile, auch die Messung der dazu gehörigen Grenzschichtparameter und der Oberflächendruckverteilung, sowie die Bestimmung der Oberflächendruckschwankungen im Bereich der Hinterkante. Zusätzlich zu der Verwendung herkömmlicher Korrelationsmethoden zur akustischen Lokalisierung des Hinterkantenschalls, wird auch ein Mikrofon-Array eingesetzt welches die Detektierung und Quantifizierung des Schalls über weite Frequenzbereiche ermöglicht.

Die experimentellen Methoden werden ergänzt durch numerische Simulation der Strömung um das Tragflügelement. Neben stationären 2D-Simulationen des Profils im Freifeld und 3D-Simulationen unter Einbezug großer Teile des Windkanals, werden auch instationäre Large Eddy-Simulationen (LES) durchgeführt. Die zeitabhängigen Daten der LES dienen dabei, unter der Zuhilfenahme verschiedener akustischer Modelle (Ffowcs-Williams Hawkings, Curle, Amiet), der Vorhersage des Hinterkantenschalls.

Erste experimentelle und numerische Ergebnisse weisen eine gute Übereinstimmung auf. Die Charakteristik des Hinterkantenschalls kann mit hoher Genauigkeit bestimmt werden, was eine Implementierung und Untersuchung verschiedener Reduktionsmaßnahmen ermöglicht.

Mi. 12:00 Hörsaal G

Akustik von Windturbinen

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

**Sitzung „Akustik von Windturbinen (Poster)“**

---

**Mittwoch**

---

**Akustik von Windturbinen (Poster)****Quantifizierung der globalen Schallemission eines skalierten Flügelprofils mit Hinterkantenklappe für Windenergieanlagen****Carl Robert Brand und Jörg Seume***Universität Hannover, Inst. f. Turbomaschinen u. Fluid-Dynamik*

Der durch die deutsche Energiewende forcierte Ausbau der Windenergie führt zum Einsatz von Windenergieanlagen mit zunehmender Leistungsklasse. Die Steigerung der elektrischen Leistung wird im Wesentlichen durch Rotoren erreicht, deren Durchmesser kontinuierlich gesteigert werden. Aktuelle Durchmesser liegen bei einem Wert von 170 m und darüber. Die Zunahme des Rotordurchmessers verursacht jedoch auch eine erhöhte aerodynamische Belastung der Blätter, die mit Hilfe von dynamischen Regelsystemen kompensiert werden kann. Ein neues Regelkonzept sieht den Einsatz von Blättern mit Hinterkantenklappen vor, die jedoch auf Grund der instationären Strömung im Klappenbereich die globale akustische Emission des gesamten Profils erhöhen.

Zur Bewertung des Hinterkantenklappen-Regelkonzeptes wird in diesem Beitrag die globale Schallemission eines Flügelprofils mit Hinterkantenklappe experimentell untersucht. Die Experimente werden an einem skalierten Versuchsträger durchgeführt, der im Windkanal bei verschiedenen Anströmgeschwindigkeiten sowie Anstell- und Klappenwinkeln des Flügelprofils akustisch vermessen wird.

Mit Hilfe der Methode der statistischen Versuchsplanung werden diejenigen variablen Parameter bestimmt, die einen signifikanten Einfluss auf die globale Schallemission des Flügelprofils haben. Für die identifizierten Parameter wird anschließend ein funktionaler Zusammenhang zwischen dem Parameterwert und der resultierenden Schallemission formuliert.

Auf Grund der identifizierten Parameterkombinationen kann zukünftig gezielt der Mechanismus der Schallentstehung untersucht werden und anschließend Maßnahmen zur Schallminderung entwickelt werden.

**Sitzung „Elektroakustik“**

Mi. 15:40 Hörsaal G

Elektroakustik**Platinen-integriertes Elektretmikrofon**Florian Pfeil, Joachim Hillenbrand und Gerhard M. Sessler*TU Darmstadt - Institut für Nachrichtentechnik*

Die meisten omnidirektonalen Elektretmikrofone besitzen ein zusätzliches Rückvolumen hinter der Rückelektrode um die Nachgiebigkeit des Luftvolumens zu erhöhen. Der neu entwickelte Mikrofontyp ist auf einer gewöhnlichen, 1,55 mm starken Leiterplatte aufgebaut und benötigt kein zusätzliches Rückvolumen, was eine besonders flache Bauform ermöglicht. Die Membran aus Aluminium-beschichteter PET-Folie ist über eine Elektrodenfläche auf der Platine gespannt, auf die eine Elektretfolie aufgebracht ist. Mittels Bohrungen durch Elektret und darunterliegender Leiterplatte werden sowohl Strömungseffekte im Luftspalt minimiert, als auch das Volumen des Luftspalts vergrößert, was eine relativ hohe Empfindlichkeit und einen ebenen Frequenzgang über den gesamten Hörschallbereich ermöglicht.

Bei einem Membrandurchmesser von 10 mm konnten mit Hilfe eines auf der Platine integrierten JFET- Impedanzwandlers Empfindlichkeiten von bis zu 9 mV/Pa im Freifeld gemessen werden. Durch seine flache Bauform eignet sich dieser Mikrofontyp beispielsweise für den Einsatz als Grenzflächenmikrofon.

Mi. 16:00 Hörsaal G

Elektroakustik**Platinenintegrierte Elektret-Beschleunigungsaufnehmer**Joachim Hillenbrand, Florian Pfeil und Gerhard M. Sessler*TU Darmstadt - Institut für Nachrichtentechnik*

Basierend auf bereits beschriebenen Elektret-Beschleunigungsaufnehmern wurden platinenintegrierte Beschleunigungssensoren mit besonders flacher Bauform entwickelt. Diese Beschleunigungssensoren nutzen als seismische Masse einen flachen Metallzylinders mit 10 mm Durchmesser, auf den eine  $25 \mu\text{m}$  dicke FEP-Elektretfolie aufgebracht ist. Als Abstandhalter zwischen Elektret und Rückelektrode auf der Platine dient ein Ring aus weichem zellularem Polypropylen, der auch als Federelement fungiert. Die seismische Masse wird mittels einer elastischen Silikonfolie auf der Leiterplatte fixiert. Durch Variation der seismischen Masse, der Nachgiebigkeit des Abstandhalterrings, der Luftpaltdicke und der Elektretspannung konnten Sensoren mit unterschiedlichen Empfindlichkeiten, Resonanzfrequenzen und Bandbreiten

hergestellt und untersucht werden. Beispielsweise ergaben Messungen an einem Sensor mit einer seismischen Masse von 1 g und einer Elektretspannung von 350 V einen bis 5 kHz flachen Frequenzgang, eine Ladungsempfindlichkeit von 1,4 pC/g und eine Leerlauf-Spannungsempfindlichkeit von 130 mV/g. Wegen des offenen Aufbaus ist die Luftschallempfindlichkeit der platinenintegrierten Beschleunigungssensoren höher als die von üblichen Beschleunigungsaufnehmern mit geschlossenem Gehäuse. Diese unerwünschte Luftschallempfindlichkeit wird jedoch akustisch durch das die Platine umgebende Gerätgehäuse reduziert und kann zudem elektronisch durch ein auf der Leiterplatte direkt benachbartes und ebenfalls neu entwickeltes platinenintegriertes Elektretmikrofon weiter minimiert werden.

---

Mi. 16:20 Hörsaal G

Elektroakustik

### **Newe Ansätze zur Weiterentwicklung von Lautsprechern mit Resonanzgehäuse**

Drazenko Sukalo

*DSLab-Device Solution Laboratory*

Jedes ventilierte Lautsprechergehäuse besteht funktionell aus folgenden Elementen: einem Hohlraum- und einer Luftauslassöffnung. Davon ausgegangen kommt folgende Generalisierung von Gehäuse-Bauarten zustande, abhängig davon, ob die Elemente mit konzentrierten oder verteilten Parametern behaftet sind. So sind im bekannten Bassreflex-Design die beiden Elemente (Hohlraum und BR-Rohr) mit konzentrierten Parametern beschrieben, weswegen das Gehäuse einen Helmholtz-Resonator bildet. Bei Transmission-Line ist der Hohlraum mit verteilten und der Luftauslassmund mit konzentrierten Parametern dargestellt. Es bildet sich Raummoden. Wenn man nun die akustische Verhältnisse umkehrt, entsteht ein neues Gehäuse genannt Quasi-BR-Gehäuse: Ein langes, halbgeschlossenes Rohr ist als ein  $\lambda/4$ -Resonator mit einer Grundton-Resonanzfrequenz im Bereich der Freiluft-Resonanzfrequenz des Tiefton-Chassis ausgelegt und funktioniert als ein Quasi-BR-Rohr. Die Ausführung ist hervorragend geeignet für einen flachen und kompakten Lautsprecher. Es wird gezeigt, wie störende Resonanzen (Raummoden) in einem Quasi-BR-Lautsprechersystem durch akustische Anregung, genannt "Multi Point Transmission Line Excitation", abgeschwächt werden können. Mit der Technik lassen sich extrem kompakte "full range" Lautsprechersysteme realisieren.

---

Mi. 16:40 Hörsaal G

Elektroakustik

### **Induktive Höranlagen - internationale Trends und aktuelle Normung**

*TU Dresden, Fak. Medizin / HNO*

Hannes Seidler

Zur Verbesserung des Nutz-/Störsignalabstandes in Räumen mit elektroakustischer Beschallung werden Höranlagen zunehmend wichtiger, vor allem um Personen mit Höreinschränkungen ein besseres Verstehen

zu ermöglichen. Als ein System zur drahtlosen Audiosignalübertragung haben sich induktive Höranlagen bewährt, zumal Sende- und Empfangssysteme kostengünstig zur Verfügung stehen.

International sind induktive Höranlagen nicht nur in Nordeuropa ein wichtiger Bestandteil barrierefreier Ausstattungen, sondern zunehmend auch in den USA, Kanada und Mitteleuropa. Eine wichtige Basis dafür ist die internationale Normung, insbesondere die IEC 60118-4. Voraussichtlich 2014 werden auch für Anlageninstallationen in Deutschland neue Vorgaben gelten für:

- Messverfahren und Prüfsignale,
- Anforderungen an Rauminstallationen und lokal wirkende Systeme,
- Berücksichtigung des Einflusses metallischer Strukturen im Wirkungsbereich.

Gerade bei Neubau und Modernisierung von Medienanlagen werden diese Anforderungen eine wichtige Rolle spielen, wenngleich induktive Höranlagen nur ein kleiner Bestandteil des Gesamtsystems sind. Der Beitrag fasst daher die wesentlichen Planungsparameter und konstruktiven Randbedingungen auf aktuellem Stand zusammen.

---

Mi. 17:00 Hörsaal G

Elektroakustik

### **Development of a compact, high-performance subwoofer system for live sound**

Christian Epe, Dieter Leckschat und Peer Seuken

*FH Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering*

To achieve high levels in the low frequency audio range in today's sound systems, large enclosure volumes and therefore a corresponding weight of each bass module are required. Since the University of Applied Sciences Duesseldorf had already developed a compact high-performance line array for the frequency range above 90 Hz, it was obvious to expand it with an adequate subwoofer system which is equal in compactness and efficiency. In addition to the development of a suitable compact housing with streamlined design of the bass-reflex port, the system should allow different configurations. Depending on the event, it can be necessary to provide a specific coverage or to protect sensitive areas from excessive bass levels. This flexibility and the desired maximum level of 128 dB SPL for one cabinet had to be taken into account for the choice of loudspeakers, audio controller and amplifier setup. A total of 16 subwoofers were constructed, measured and subsequently configured into a complete system that allows different playback setups by appropriate positioning and digital signal processing. Configured as a line source the system gives an even coverage of the audience area and a maximum level up to 112 dB SPL in a distance of 50m.

---

Mi. 17:20 Hörsaal G

Elektroakustik

**Erweiterung des linearen Ersatzschaltbildes für dynamische Kleinstlautsprecher**

Gottfried Behler und Markus Müller-Trapet

*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

Zur Beschreibung der linearen Übertragungsfunktion zwischen Eingangsspannung und Membranauslenkung von dynamischen Schallwandlern hat sich das elektrische Ersatzschaltbild für den Bereich tiefer Frequenzen bewährt. Die Beschreibung der Elemente des Ersatzschaltbildes durch die Thiele-Small Parameter ist ebenfalls weithin bekannt. Die Bestimmung der Thiele-Small Parameter ist für große Wandler durch das Anbringen einer Zusatzmasse an der Membran mit relativ wenig Aufwand und in hinreichender Genauigkeit möglich. Bei Kleinstlautsprechern, wie sie z.B. in Mobiltelefonen verwendet werden, ist diese Methode jedoch aufgrund des geringen Membrangewichts nicht anwendbar, weshalb hier anstatt der Messung mit angebrachter Masse die Messung der Membranauslenkung (bzw. -schnelle) mittels Laser-Vibrometer erforderlich ist. Die Bestimmung der Elemente des Ersatzschaltbildes erfolgt dann durch ein Curve-Fitting der aus dem Netzwerk berechneten Übertragungsfunktionen für Eingangsimpedanz und Auslenkung gegenüber den gemessenen Übertragungsfunktionen. Es stellt sich dabei besonders im Frequenzbereich unterhalb der mechanischen Resonanz heraus, dass die Beschreibung durch die klassischen Parameter unzureichend ist, da die Auslenkung zu tiefen Frequenzen erneut steigt. Dies wird durch den sogenannten "Creep"-Effekt erklärt, der eine frequenzabhängige Nachgiebigkeit zur Folge hat. In diesem Beitrag werden drei verschiedene Creep-Modelle vorgestellt, und ihre Anwendbarkeit im Hinblick auf ein erweitertes Ersatzschaltbild wird anhand von Messergebnissen untersucht.

---

Mi. 17:40 Hörsaal G

Elektroakustik

**Perzeptiver Ansatz zur Bestimmung der "Verzerrungsreserve" eines Lautsprechers**Andreas Escher, Steven van de Par und Reinhard Weber*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik*

Ziel dieser Studie ist es, die Differenz zwischen gemessenen Pegeln der Verzerrungsprodukte von Lautsprechern und deren in Hörexperimenten gemessenen Mithörschwelle zu bestimmen. Auf Basis dieser technischen und perzeptiven Messungen lässt sich feststellen, ob die Verzerrungsprodukte schon hörbar sind oder ob der Lautsprecher noch eine "Verzerrungsreserve" hat, und wie groß diese ist. Für die Bestimmung der Verzerrungskomponenten, werden ausgewählte Musikstücke mit unterschiedlichen spektralen Eigenschaften über die Lautsprecher nacheinander abgespielt und bei einem Darbietungspegel von 70 Phon wiederaufgenommen. Diese Aufnahme beinhaltet sowohl die linearen als auch die verzerrten Signalanteile. Mit Hilfe einer zusätzlich mittels

log-sweep gemessenen linearen Übertragungsfunktion des Lautsprechers können die individuellen Verzerrungskomponenten der verschiedenen Musikstücke von den rein linearen Übertragungseigenschaften der Lautsprecher isoliert werden. Im Hörexperiment wird dann das Verhältnis zwischen den Verzerrungsprodukten und dem linearen Signalan teil variiert und die Mithörschwelle der Verzerrungsprodukte von Musikstücken in einem 3I-2AFC-Verfahren bestimmt. Aus dem Vergleich der ermittelten Mithörschwellen und den technischen Messungen ergibt sich die vom Musikmaterial abhängige Verzerrungsreserve für die verschiedenen Lautsprecher. Die Ergebnisse dieser Studie werden vorgestellt.

### **Sitzung „Der Beitrag der Psychoakustik zur traditionellen Lärmschutzpolitik“**

---

Mi. 8:40 Unikum

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik

#### **Traditionelle Lärmschutzpolitik und Psychoakustik - prinzipielle Anforderungen an ein erweitertes Indikatorensystem**

Michael Jäcker-Cüppers

*Arbeitsring Lärm der DEGA*

Die Lärmschutzpolitik in Deutschland und der EU basiert auf gesetzlichen Grundlagen, die als akustische Indikatoren überwiegend A bewertete Schallpegel verwenden. Die Defizite dieses Ansatzes sind bekannt und haben zu Verbesserungsvorschlägen, z. B. von Seiten der Psychoakustik geführt. Im Vortrag sollen die prinzipiellen Anforderungen beschrieben werden, die bei einer Transformation auf ein erweitertes Indikatorensystem zu beachten sind.

---

Mi. 9:00 Unikum

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik

#### **Die funktionale Einheit der Akustik! Ein vergessenes rechtliches Kriterium.**

Steffen Hettler

*Kapellmann und Partner Rechtsanwälte*

Der Rechtsprechung nahezu unbekannt, von den Sachverständigen ignoriert, aber trotzdem von enormer Bedeutung zur richtigen Beurteilung des Lärmschutzes, das ist die funktionale Einheit der Akustik. Es müssen Prognose, Anforderung und Messung nach einheitlichen Kriterien bewertet werden. Die Realität in der Rechtsprechung steht jedoch für das Gegenteil. Es werden nahezu willkürlich Einzahlwerte unterschiedlichster Herkunft und Inhalt miteinander vermengt. Darauf basierende juristische Entscheidungen übergehen zwangsläufig Phänomene wie tiefe Frequenzen, Resonanzfrequenzen oder die Wahrnehmung einer durchschnittlichen Person nach objektiven Kriterien der Akustik. Die nachfolgende kritische Betrachtung der von der Praxis nahezu unreflektiert angewendeten akustischen Bewertungsmethoden zeigt: Die Lösung der rechtlichen Probleme liegt in dem Kriterium der "funktionalen Einheit" der Akustik.

---

Mi. 9:20 Unikum

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik

## **Der Soundscape-Ansatz als "Common Ground" für Akustiker und Architekten**

Juergen Bauer

*Waterford Institute of Technology*

Die Idee, die Welt als "Soundscape," also als "Sonic Environment" zu interpretieren, bietet nicht nur Potenzial für neue Ansätze in der Akustik, sondern auch in der Architektur und Stadtplanung: den Soundscape-Ansatz kann man nämlich als Analyse- und als Design-Werkzeug verstehen. Der Begriff "Soundscape" besteht bezeichnenderweise zu gleichen Teilen aus "Sound", also Geräusch oder Klang, und "-scape", d.h. Szenario, Lokalisierung oder Verortung. Damit ergeben sich für die Akustik und die Architektur bzw. die Stadtplanung drei Prämissen: 1. Aus der Perspektive der Akustik geht es nicht nur um die Herleitung allgemeiner Lärmschutz-Standards, sondern um die Spezifizierung individueller Sound- Standorte. 2. Aus der Perspektive der Architektur und Stadtplanung geht es nicht nur um die Erfüllung von Lärmschutz-Standards, sondern um neue Sound- Benchmarks im Stadtraum. 3. In audiovisueller Hinsicht geht es nicht nur um die Messung physikalischer Größen, sondern um die Bewertung, wie atmosphärische Qualitäten individuell oder kollektiv wahrgenommen werden, und was sich daraus für die Gestaltung der Umwelt schlussfolgern lässt. Der Soundscape-Ansatz als "Common Ground" für Akustiker und Architekten untersucht, wie Prinzipien und Leitgedanken architektonischen, städtebaulichen und auch raumplanerischen Entwerfens akustisch weiterentwickelt werden können. Er diskutiert aber auch, ob sich aus Sicht des Entwerfens neue Fragestellungen an die Raum- und Umweltakustik ergeben.

---

Mi. 9:40 Unikum

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik

## **Soundscape und traditionelle Lärmschutzpolitik**

Brigitte Schulte-Fortkamp

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

Umgebungslärmrichtlinie, Lärmkarten und Lärmaktionspläne bewegen seit 2002 die traditionelle Lärmschutzpolitik. Trotzdem verfehlten Prognosen über die Schallbelastung immer noch die tatsächliche Belastung durch Schall und ihre Ursachen. Die Erfahrung der Bürgerinnen und Bürger wird jetzt in den Aktionsplänen zur Umgebungslärmrichtlinie zu einem weiteren Bewertungskriterium für die Belastung durch Geräusche. Die Frage ist, in welcher Weise dieser Zielsetzung so Rechnung getragen werden kann, dass treffsichere Massnahmen erfolgen können. Die Soundscapeforschung stellt die subjektive Wahrnehmung von Schallereignissen in Umgebungen in den Mittelpunkt (ISO/TC 43/SC 1/WG 54, 12913-1,2 ). Soundscapeverfahren angewandt auf den Bereich des Lärmschutzes zielen auf die Expertise der Betroffenen, binden die Erfahrung der Betroffenen als Strukturelement in den Bewertungs- und

Planungsprozess ein, und zwar in der Regel gekoppelt mit psychoakustischen Analysen. Dabei sind kleinräumige Untersuchungen vorrangig effektiv weil sie in der Regel auch die Veränderung der belasteten Umgebung ebenso mit einbeziehen wie die Vorschläge der Beteiligten. Soundscapeverfahren sind kontextsensitiv, Bewertungen und Erhebungen werden an reale Situationen und die entsprechende Wahrnehmung gebunden. Dargestellt wird die enorme Bedeutung derartiger akustisch ökologischer Studien und Vorgehensweisen für eine erfolgreiche Lärmschutzpolitik am Beispiel von Ergebnissen aus der Soundscapeforschung.

Mi. 10:00 Unikum

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik

---

### **Erweiterung von Lärmprognosen durch die Psychoakustik**

Klaus Genuit

*HEAD acoustics GmbH*

Die A-bewertete Schalldruckpegelmessung erlaubt zuverlässige Voraussagen, wenn es darum geht, aurale Schädigungen des menschlichen Gehörs durch hohe Schalldruckpegel abzuschätzen und entsprechende Maßnahmen zu veranlassen. Da aber eine Messung des A-bewerteten Schalldruckpegels weder die spektrale Zusammensetzung noch die zeitliche Struktur eines Schallereignisses berücksichtigt, verliert diese Messung bei geringeren Schalldruckpegeln hinsichtlich der von Menschen wahrgenommenen Geräuschqualität und der damit verknüpften Lärmbelästigung zunehmend an Aussagekraft. Hier bietet die Psychoakustik weitergehende Methoden an, den Zusammenhang zwischen Schallereignis und Hörereignis zu verstehen. Mit den bislang standardisierten psychoakustischen Kenngrößen wie Lautheit und Schärfe stehen erste geeignete Messverfahren zur Verfügung, um die akustische Belastung durch Umweltgeräusche gehörgerecht zu bewerten. Insbesondere bei der Beurteilung von Verkehrslärm ist die in der DIN 45631 A1 postulierte Perzentillautheit N5 besser geeignet das menschliche Geräuschempfinden zu beschreiben als der äquivalente Dauerschallpegel, auf dessen Grundlage oft voreilige und sogar falsche Schlussfolgerungen bezüglich der Lärmbelästigung getroffen werden.

Mi. 10:20 Unikum

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik

---

### **Vergleich der deutschen und der dänischen Richtlinie für tieffrequente Geräusche anhand von Fallbeispielen**

Detlef Krahé

*Bergische Universität Wuppertal*

Tieffrequente Geräusche werden vielfach von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien emittiert. Aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften, die bei der Ausbreitung zur Geltung kommen, und ihrer besonderen Wirkungen auf den Menschen, werden die verursachten Geräusche sinnvoll an der am stärksten betroffenen Stelle innerhalb eines betroffenen Hauses gemessen und auf der Basis bewertet. So schreiben es

die DIN 45680 (Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen) und die entsprechende dänische Richtlinie vor. Allerdings sind die Messverfahren und die Auswertung sonst sehr unterschiedlich. In der DIN 45680 werden zur Beurteilung Terzpegel im Bereich von 8 Hz bis 100 (125) Hz gemessen, während sie in der dänischen Richtlinie auf einem A-bewerteten Pegel im Bereich von 10 Hz bis 160 Hz beruht. Da der Anwendung der dänischen Richtlinie schon einige Erfahrungen zugrunde liegen, ist ein Vergleich mit der überarbeiteten Fassung der DIN 45680 von Interesse. Ein solcher Vergleich wird anhand von Fallbeispielen vorgenommen. Eine Prognose der Geräuschbelästigung durch Windkraftanlagen vor deren Errichtung geht in beiden Ländern von einem A-bewerteten Außenpegel aus. Demgegenüber kann die DIN 45680 erst zur Anwendung kommen, wenn eine (vermeintliche) Belästigung eingetreten ist. Weicht deren Ergebnis von der Prognose ab, kann es zu Konflikten kommen. Vergleichbare Probleme können bei der dänischen Regelung auftreten.

Mi. 11:00 Unikum

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik

### **Schallwahrnehmung als sozialer Prozess - Verarbeitungsmuster und Auswirkungen auf akustische Gestaltungsanforderungen technischer Produkte**

Martin Dannemann<sup>a</sup>, Mandy Glöckner<sup>b</sup>, Karl Lenz<sup>b</sup>, Werner Hufenbach<sup>a</sup>, Niels Modler<sup>a</sup> und Frank Kolbe<sup>a</sup>

<sup>a</sup> TU Dresden, ILK; <sup>b</sup> TU Dresden, Inst. f. Soziologie

Die Untersuchung von Schallsignalen nimmt bis dato in der soziologischen Forschung eine Randposition ein. Gegenstand des Beitrages sind die Ergebnisse eines interdisziplinären Projektes zwischen dem Institut für Soziologie und dem ILK, welches mit der Erforschung des Wechselverhältnisses zwischen der akustischen Umwelt und dem Menschen eine sozioakustische Perspektive eröffnete. Methodisch kamen mit Tagesprotokollen und leitfadengestützten Interviews für dieses Themenfeld neuartige Erhebungsinstrumente zum Einsatz.

Im Mittelpunkt stehen die Wahrnehmungs- und Bewältigungsmuster von Schallsignalen in sozialen Situationen und deren Einflussfaktoren sowie die damit einhergehenden Auswirkungen auf akustische Gestaltungsanforderungen technischer Produkte wie etwa Haushaltstechnik. Schallwahrnehmung wird als ein hochgradig nicht bewusst ablaufender Vorgang und sozialer Prozess charakterisiert, der neben individuellen Faktoren (z.B. aktuelle Stimmung) auch maßgeblich von situationsbezogenen Einflussfaktoren (z.B. Vermeidbarkeit, Situation) abhängig ist. Hierbei kann das soziologische Rahmenkonzept von Goffman als Erklärungsansatz herangezogen werden. Nach diesem sind Schallsignale und deren Interpretationsweisen an ein situationsspezifisches kulturelles Wissen gekoppelt, das die Wahrnehmung und Bewertung von Schallsignalen stark beeinflusst. Mittelwertvergleiche verdeutlichen, dass beispielsweise Schallsignale des Straßenverkehrs überwiegend neutral empfunden werden, jedoch bei Tätigkeiten wie Spazierengehen

oder Schlafen, wo sie nicht Teil des erwartbaren Rahmens sind, als störend. Hinsichtlich der technischen Gestaltung von Haushaltsgeräten nimmt die Geräuschemission insbesondere bei den älteren Probanden lediglich eine untergeordnete Rolle ein.

Mi. 11:20 Unikum

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik

### **Spatial Properties of the DEMAND Noise Recordings**

Joachim Thiemann<sup>a</sup>, Emmanuel Vincent<sup>c</sup> und Steven van de Par<sup>a</sup>

<sup>a</sup> CVO Universität Oldenburg, AG Akustik; <sup>c</sup> Inria Nancy - Grand-Est

"Diverse Environment Multichannel Audio Noise Database" (DEMAND) is a collection of 18 recordings of environmental noise in a variety of indoor and outdoor environments. The database was recorded using a planar array of 16 microphones, arranged in 4 staggered rows. This diverse collection of noises allows users to test a variety of array signal processing algorithms with a large amount of realistic background noise. In this work, we examine the spatial and temporal properties of the recorded noises. Current online and offline microphone array calibration techniques are applied on the published data and compared to the design specification of the array. We compare the applicability of the calibration algorithms in the various noise environments, and how consistent the results of the algorithms are to each other.

Mi. 11:40 Unikum

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik

### **Sound Quality Evaluation on Interior Noise in High-speed Trains**

Fanyu Meng<sup>a</sup> und Lifang Yang<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen; <sup>b</sup> Department of Industrial Design, Harbin Institute of Technology

Sound quality is one of the key factors influencing the comfort of passengers in high-speed trains. The prediction on sound quality evaluation is necessary if we want to know how people feel and if improvements of the acoustical environment in the train is required. 32 pieces of sounds recorded inside the cabins of high-speed trains have been analyzed. Psychoacoustic properties, loudness, sharpness, roughness etc. and together with A-weighted sound pressure level were calculated. A subjective evaluation has been conducted, in which subjects were asked to listen to the sound samples and rate using the rating scales method. A neural network was created and trained using the calculated acoustical properties as inputs and the subjects answers as output. The aim of the network is to predict the human's sound perception on the interior noise of high-speed trains, allowing to know how the acoustical environment is without taking subjective tests all the time, which are time confusing. In this paper, the sound quality evaluation methods and the neural network prediction model are presented. Also the prediction results are discussed.

---

Mi. 12:00 Unikum

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik

## Korrekturwerte der Geräuschemission von Straßendeckschichten

Wolfram Bartolomaeus

*Bundesanstalt für Straßenwesen*

Die "Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen" (RLS) werden derzeit überarbeitet. Wesentlicher Überarbeitungsgrund war die Modernisierung des Geräuschemissionsmodells. Dies betrifft die vermehrte Geräuschemission beim Befahren von Kreuzungen und Kreisverkehrsplätzen ebenso wie die Geräuschpegeländerungen an Steigungs- und Gefällstrecken. Für drei Fahrzeugarten - Personenkraftwagen (Pkw), Lastkraftwagen (Lkw) sowie Last- und Sattelzüge (Lsz) - wurden unterschiedliche geschwindigkeitsabhängige Geräuschemissionskurven für eine Referenzdeckschicht aus Splittmastixasphalt ermittelt. Für die Geräuschemission anderer Straßendeckschichten müssen nach einem geeigneten Verfahren Korrekturwerte ermittelt werden. Die Bestimmung dieser Korrekturwerte soll in Zukunft nach einem in der "Anleitung zur Bestimmung der Korrekturwerte von Straßendeckschichten" (KoSD) dargestellten Verfahren erfolgen. Messungen nach dem Statistischen Vorbeifahrtverfahren DIN EN 11819-1 (bzw. ISO/PAS 11819-4 bei Verwendung der Abschirmplatte) werden mit Messungen nach dem Nahfeldverfahren ISO/DIS 11819-2 (in Verbindung mit der TS 11819-3 zur Spezifikation der Messreifen) kombiniert. Zukünftig wird es also nicht mehr einen DStrO-Wert ("Korrekturwert für unterschiedliche Straßoberflächen" der RLS-90) geben sondern vier DSD-Werte ("Korrekturwerte von Straßendeckschichten" der KoSD): für zwei Fahrzeugkategorien (Pkw und Lkw/Lsz) und für zwei Geschwindigkeitsbereiche (bis 60 km/h und größer 60 km/h zulässige Höchstgeschwindigkeit; entspricht innerorts und außerorts). Dadurch wird eine größere Aussageschärfe und damit eine zutreffendere Klassifizierung von Korrekturwerten für Straßendeckschichten erwartet.

---

Mi. 12:20 Unikum

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik

## Nächtlicher Verkehrslärm und seine Lärmstruktur

Dirk Windelberg

*Universität Hannover, Mathematik*

Der (Jahres-)Immissions-Mittelungspiegel  $L_{r,night}$  soll zwar die Lärmbelastung einer "mittleren" Nacht beschreiben. Aber diese Anforderung erfüllt er nicht, wie hier am Beispiel einer Güterzug-Strecke (stellvertretend für beliebige Verkehrsmittel) dargestellt wird: An jeder der 56 Wochen eines Jahres variieren bereits an den 7 Wochentagen die Anzahlen der einzelnen Güterzugvorbeifahrten, z.B. in Hamminkeln zwischen 3 und 26 Güterzügen zwischen 01 und 05 Uhr, bei einer mittleren Anzahl von 18. Auf einen Anwohner in der Nähe einer Güterzugstrecke wirkt als **Ursache** für Aufweckreaktionen ("Lästigkeit während der Nacht") nicht der  $L_{r,night}$ , sondern jeder einzelne Güterzug in Abhängigkeit von Uhrzeit, Dauer der Vorbeifahrt, Maximalpegel der Vorbeifahrt (bei Zeitschritten

von z.B. 0,2 Sekunden), Vorbeifahrpegel sowie Pegel von anderen Quellen u.s.w.. Die **Wirkung** einer solchen nächtlichen Vorbeifahrt hängt jedoch von vielen individuellen Parametern des Anwohners ab: z.B. "mittlere" Schlafzeit, Schlaftiefe, Reaktionsparameter in Abhängigkeit von einem s Sekunden wirkenden Pegel, Abklingparameter, Lärmsituation an Tag und Abend, Überlagerung anderer Quellen u.s.w.. Es gibt also weder eine mittlere Nacht als Ursache noch eine zugehörige mittlere Aufweckreaktion als Wirkung von (Verkehrs-)Lärm. Daher wäre es sinnvoll, in einer Formel zur Berechnung eines neuen  $L_{r,night,neu}$  die verschiedenen Einflussparameter sowohl für die Ursache als auch für die Wirkung mit ihrer jeweiligen Streuung zu berücksichtigen.

---

Mi. 12:40 Unikum

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik

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

**Sitzung „Der Beitrag der Psychoakustik zur traditionellen Lärmschutzpolitik (Poster)“**

---

Mittwoch

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik (Poster)

**Sound characterization of a great urban avenue and adjacent routes through sound monitoring and mapping, as well as sound perception interviews in Curitiba, Brazil**

Margret Sibylle Engel<sup>a</sup> und Paulo Henrique Trombetta Zannin<sup>b</sup>

<sup>a</sup>UFPR (Brazil) and RWTH Aachen; <sup>b</sup>Federal Univ. of Paraná (UFPR)

The aim of this study was the sound characterization of a large urban avenue (Green Line) and the verification of the effects of sound propagation in the study area. Thus, sound monitoring was conducted along the avenue and the adjacent routes, totaling 31 monitoring sites; sound mappings were also conducted, as well as sound perception interviews with 397 informants. To sound monitoring the following sound pressure measuring instruments were used: B&K 2238, B&K 2260 and B&K 2250. To sound mapping the sound prediction software B&K Predictor 7810 was used. The results of the sound measurements and mappings showed that the grand avenue and the urban noises coming from the secondary routes contribute significantly to noise pollution in the study area. However, due to the urban zoning in the area, 56% of respondents reported that they do not feel bothered by noise and the 44% who are uncomfortable most frequently complained of noise coming from the secondary routes adjacent to the large urban avenue.

---

Mittwoch

Psychoakustik - Lärmschutzpolitik (Poster)

**Landwirtschaftliche Betriebstypen und Flächenwidmung - Entwicklung einer raumplanungstechnischen Beurteilungsgrundlage für Schallimmissionen aus der Landwirtschaft**Michael Kropsch<sup>a</sup> und Christoph Lechner<sup>b</sup><sup>a</sup>HBLFA Raumberg-Gumpenstein (A); <sup>b</sup>Amt der Tiroler Landesregierung

Der Ruf nach einer speziellen schalltechnischen, raumplanerischen Beurteilungsgrundlage ist im Zuge der Publikation des Praxisleitfaden Schalltechnik in der Landwirtschaft (Umweltbundesamt, 2013) laut geworden. Stehen mit dem Praxisleitfaden nun Grundlagen für Detailbeurteilungen von landwirtschaftlichen Lärmmissionen - ausgehend von Hofstellen - zur Verfügung, so fehlen doch Instrumente, die es ermöglichen, Konflikte (hinsichtlich Flächenwidmung und Nachbarschaft) in einer frühen Phase landwirtschaftlicher Bauvorhaben zu identifizieren. Zum Teil ist die Praxis mit der Tatsache konfrontiert, dass schallimmissionstechnische Probleme erst im Rahmen des behördlichen Bauverfahrens zu Tage treten; mögliche Zeitverzögerung für die Realisierung der Projekte und ein Ansteigen der Baukosten für zusätzlich erforderliche Schallschutzmaßnahmen sind potenzielle Folgen. Mit der Monografie M 154 (Schallemission von Betriebstypen und Flächenwidmung, Umweltbundesamt, 2002) wurde bereits ein Instrumentarium für schalltechnische Planungen in Raumordnungsverfahren geschaffen und publiziert. Diese Publikation soll nun speziell für die Landwirtschaft interpretiert werden und ausschließlich die in der Landwirtschaft wesentlichen Aspekte darstellen und behandeln. Durch die Realisierung der projektierten Beurteilungsgrundlage ließen sich zukünftig präventive Konzepte erarbeiten und Nutzungskonflikte von Landwirtschaft und umgebender Wohnbebauung vermindern. Im Rahmen des Vortrages sollen Details und Ziele des Projektes dem interessierten Fachpublikum näher gebracht werden.

**Sitzung „Soundscape / Sounddesign“**

Mi. 15:40 Unikum

Soundscape / Sounddesign

**Vergleich von momentanen und retrospektiven Bewertungen natürlicher Soundscapes**Johannes Petrenko, Jochen Steffens und Jörg Becker-Schweitzer  
*FH Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering*

Die Peak & End-Hypothese besagt, dass die subjektive Bewertung eines zeitlichen Ereignisses maßgeblich von dessen Höhepunkt und Ende abhängig ist. Andere Informationen wie beispielsweise die Dauer des Ereignisses scheinen dabei in hohem Maße vernachlässigt zu werden. Die Überprüfung dieser Hypothese in Hinblick auf die Beurteilung natürlicher Soundscapes war Teil einer an der Fachhochschule Düsseldorf angefertigten Masterarbeit. Hierfür wurden im Rahmen eines Hörversuchs

acht, von ihrer Kategorisierung her verschiedene Soundscapes produziert (z.B. natürliche und urbane Soundscapes. Produktgeräusche) Die Dauer eines jeden Geräuschbeispiels betrug 60 Sekunden. Von jedem dieser Beispiele wurden jeweils drei Variationen angefertigt, welche sich in Bezug auf die Position des Peaks, dessen Valenz (positiv oder negativ) sowie der Valenz des Endes (positiv, negativ oder neutral) unterschieden. Aufgabe der Versuchspersonen war es, die in einer Laborumgebung dargebotenen Soundscapes mit Hilfe eines elektronischen Schiebereglers in Echtzeit zu beurteilen. Am Ende wurde das gesamte Geräuschereignis von den Probanden zusätzlich in der Retrospektive betrachtet. Durch den Vergleich der beiden Bewertungsformen schließlich konnte die Peak & End-Hypothese überprüft werden. Im Rahmen dieses Beitrags werden einige der produzierten Soundscapes und erste Ergebnisse der Hörversuche vorgestellt sowie Implikationen für die Gestaltung akustischer Umwelten diskutiert.

---

Mi. 16:00 Unikum

Soundscape / Sounddesign

### **Geräuschbewertungen in komplexen akustischen Umgebungen - Wie tragen einzelne Schallquellen zur subjektiven Bewertung einer Soundscape bei?**

Sabrina Skoda, Jochen Steffens und Jörg Becker-Schweitzer

*FH Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering*

Der Mensch ist im Alltag von zahlreichen unterschiedlichen Geräuschquellen umgeben, die sich gegenseitig zu einer komplexen akustischen Umwelt (Soundscape) ergänzen. Während die subjektive Bewertung singulärer Höreignisse bereits sehr gut erklärt und prognostiziert werden kann, stellen sich in Bezug auf die Überlagerung mehrerer Schallquellen noch viele Fragen. In der Vergangenheit wurden in mehreren Studien Modelle zur Vorhersage der Gesamtlastigkeit von multiplen Schallquellen thematisiert. Vor dem Hintergrund von Erkenntnissen zu gesundheitlichen Auswirkungen von Verkehrslärm sind zudem besonders Methoden zur subjektiven Bewertung innerstädtischer Soundscapes bis heute Gegenstand der Forschung. Im Rahmen einer Studie an der Fachhochschule Düsseldorf wurden die bisherigen Erkenntnisse aufgegriffen und der Beitrag einzelner Schallquellen zur subjektiven Bewertung einer urbanen Soundscape erforscht. Dabei wurde zum einen die Hypothese zugrunde gelegt, dass die Gesamtlastigkeit nicht durch einen rein additiven Beitrag der einzelnen Schallquellen erklärt werden kann. Zum anderen wurde bei schrittweiser Addition mehrerer Schallquellen die Schwelle zu einer Erhöhung der subjektiv empfundenen Gesamtlastigkeit untersucht. Dazu wurden zunächst einzelne Geräuschquellen in einem Laborversuch durch Probanden bewertet. Anschließend wurden durch Kombination dieser Schallquellen unterschiedliche virtuelle Soundscapes erzeugt, die ebenfalls einer Bewertung durch die Probanden unterzogen wurden.

---

Mi. 16:20 Unikum

Soundscape / Sounddesign

**Soundscaping im häuslichen Umfeld - Können Wassergeräusche Straßenverkehrslärm erträglicher machen?**

Jochen Steffens<sup>a</sup>, Sabrina Skoda<sup>a</sup>, Jörg Becker-Schweitzer<sup>a</sup>, Frank Kameier<sup>a</sup> und Michael Heinze<sup>b</sup>

<sup>a</sup> FH Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering;

<sup>b</sup> Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung u. Verkehr (NRW)

Repräsentativen Umfragen des Umweltbundesamtes zufolge fühlt sich mehr als die Hälfte der Deutschen von Straßenverkehrslärm belästigt oder gestört. Nicht immer ist eine Vermeidung oder Reduktion unerwünschter Geräusche direkt an der Quelle möglich, so dass seit geheimer Zeit diskutiert wird, inwieweit durch die gezielte Gestaltung von Geräuschen, die von Menschen als angenehm wahrgenommen werden, die subjektive Lästigkeit eines Lärmszenarios verringert werden kann. Dabei kommt der Gestaltung natürlicher Geräusche, wie z.B. von Wasserspielen und Springbrunnen, eine besondere Bedeutung zu. Dieser Beitrag diskutiert zunächst die bisherigen Befunde zum positiven Einfluss von Wassergeräuschen auf die Wahrnehmung einer von Straßenverkehrslärm dominierten akustischen Umwelt. Darauf aufbauend wird eine an der FH Düsseldorf durchgeföhrte Studie vorgestellt, in der die Übertragbarkeit der bestehenden Erkenntnisse auf das private Wohnumfeld von Menschen untersucht wurde. Dazu wurden zunächst mehrere virtuelle akustische Szenarien kreiert, in denen zuvor aufgenommene Wasser- und Straßenverkehrsgeräusche gemeinsam zu hören sind. Diese Geräusche wurden anschließend von Versuchsteilnehmern im Labor subjektiv bewertet. Um die ökologische Validität dieser Untersuchung zu überprüfen, bewerteten die Probanden zusätzlich in einem Garten reale Springbrunnen vor dem Hintergrund von Straßenverkehrslärm. Im Rahmen dieses Beitrages werden die Ergebnisse dieser Studie vorgestellt sowie Anwendungsmöglichkeiten von Wasserspielen zur Gestaltung der akustischen Umwelt erörtert.

---

Mi. 16:40 Unikum

Soundscape / Sounddesign

**Nachbarschaftslärm: Befragung zum Soundscape "eigenes Zuhause"**

Gert Notbohm

Universität Düsseldorf, Inst. f. Arbeitsmedizin u. Sozialmedizin

Im Rahmen einer schriftlichen Befragung ( $n = 922$  Personen verschiedener Altersstufen) wurde Nachbarschaftslärm als zweithäufigste Lärmstörung nach Straßenverkehr genannt. Auch die akustische Situation zuhause wurde thematisiert: 63 % der Befragten nannten mindestens eine Geräuschquelle, die sie zuhause besonders stört. Je ein Viertel der konkreten Nennungen lassen sich eindeutig als Verkehrslärm bzw. Nachbarschaftslärm einstufen, der Rest bezieht sich auf spezifische Wohn-

oder Umgebungsgeräusche und auf Familie oder Mitbewohner. Statistisch zeigt sich ein Zusammenhang zwischen häuslichen Lärmstörungen und eigener Lärmempfindlichkeit sowie dem Ausmaß der generell angegebenen Lärmbelästigung. Bemerkenswert ist die Vielfalt der genannten Geräusche, die die zahllosen Facetten dieses Problems und die Verwobenheit mit individuellen Gewohnheiten, Vorlieben oder Abneigungen widerspiegelt. Die eigene Rolle als Lärmverursacher wurde ebenfalls thematisiert. Auf die Frage, wie häufig man selbst die Nachbarn durch bestimmte Geräuschquellen stört, antworteten 43,2 % mit "nie" oder "selten", 41,3 % mit "mittel" und 14,5 % mit "oft" oder "sehr oft". Insbesondere "Türenknallen", "lauter Musik oder Fernsehen" und "Partys, Feiern" stehen dabei im Vordergrund - darin spiegelt sich wahrscheinlich der relativ hohe Anteil studentischer Teilnehmer wider. Insgesamt erscheint die Ruhestörung im eigenen Zuhause vielschichtiger und individueller als etwa die Verkehrslärmproblematik. Daher müssen Gegebenmaßnahmen auch viel stärker die jeweilige Situation und die konkret Beteiligten einbeziehen.

---

Mi. 17:00 Unikum

Soundscape / Sounddesign

### **Sounddesign-Methodik zur Codierung von Information in nonverbalen Klangereignissen**

Steffen Weber

*M Plan GmbH*

Weitgehend unabhängig von ästhetischen Aspekten ist eine wichtige Aufgabe des Sounddesign, gezielt Informationen in Klangereignissen zu codieren. Dabei konkurriert die gewollte Botschaft mit "unerwünschten" Informationen, die z.B. durch Assoziationen beim Rezipienten provoziert werden. Je nach Art der Information ist zudem der (nonverbale) auditive Vermittlungskanal mehr oder weniger gut für eine intuitive Auslesbarkeit geeignet.

Um eine möglichst intuitive Auslesbarkeit der codierten Botschaft zu gewährleisten, ist es daher notwendig, spezifische Informationen auf geeignete Klangparameter zu mappen. Für einige Kategorien lassen sich empirisch einer oder mehrere "parallele" Klangparameter ermitteln, die sich in besonderem Maße zur Codierung dieser spezifischen Information eignen. Zudem spielt eine Rolle, welches Klangmaterial als Träger eingesetzt wird, wie die Aufmerksamkeit des Rezipienten gesteuert werden kann und in welchem Kontext die Übermittlung stattfindet.

Der Beitrag stellt weniger wissenschaftliche Erkenntnisse, sondern vielmehr praktische Erfahrungen zur Diskussion. Ziel ist die Erarbeitung von "Faustregeln", die konkrete Hilfestellungen auf dem Weg zu einer funktionierenden auditiven Gestaltungslösung bieten können.

---

Mi. 17:20 Unikum

Soundscape / Sounddesign

**Ein Beurteilungsverfahren für den Einfluss von Berührungsgeräuschen auf die Wahrnehmung der Materialqualität**

Michael Haverkamp und Stefan Erdmann

*Ford Werke GmbH*

Eine wesentliche Aufgabe der Produktentwicklung besteht in der Optimierung der vom Kunden wahrgenommenen Anmutung von Materialien und deren Oberflächen. Traditionell spielt dabei die visuelle Erscheinung die Hauptrolle. Daneben kann der Geruch in vielen Anwendungsfällen nicht vernachlässigt werden. Bei Teilen, die berührt werden, kommt die haptische Anmutung hinzu. Es hat sich jedoch auch gezeigt, dass Geräusche, die beim Berühren von Oberflächen entstehen, nicht unwe sentlich zur Produktanmutung beitragen. So erzeugt etwa das Gleiten von Fingern und Handflächen über das Lenkrad beim Einparken ein deutliches Geräusch relativ großer Lautheit. Unpassende oder unangenehme Berührungsgeräusche können die wahrgenommene, multisensuelle Qualität eines Produktes signifikant vermindern. Standardisierte Verfahren zur objektiven Analyse der Wirkung von Berührungsgeräuschen auf die Gesamtanmutung existieren bislang jedoch nicht. Aus diesem Grund wurde ein Verfahren zur reproduzierbaren Untersuchung von Materialproben im Wahrnehmungsexperiment entwickelt. Die Methode wird hier erstmals vorgestellt. Sie beruht auf einer standardisierten Abtastung von Oberflächen mit einem Prüfkörper, der die Eigenschaften eines Fingers nachbildet. Das Geräusch wird aufgezeichnet und kann in Hörversuchen isoliert, oder in Kombination mit weiteren Sinnesmodalitäten untersucht werden. Erste Ergebnisse werden vorgestellt.

---

Mi. 17:40 Unikum

Soundscape / Sounddesign

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

**Sitzung „Soundscape / Sounddesign (Poster)“**

---

Mittwoch

Soundscape / Sounddesign (Poster)

**Methoden der Schallemissionsanalyse als Werkzeug zur klangakustischen Beschreibung und Charakterisierung von Werkstoffen für die Designakustik**

Peter Holstein<sup>a</sup>, Nicki Bader<sup>b</sup>, Christian Bierögel<sup>c</sup>, Andreas Tharandt<sup>b</sup> und Jürgen Häberle<sup>d</sup>

<sup>a</sup>SONOTEC Ultraschallsensorik Halle GmbH; <sup>b</sup>Steinbeis-Transferzentrum Technische Akustik u. angewandte Numerik; <sup>c</sup>Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; <sup>d</sup>Hochschule Magdeburg-Stendal

Die Messung akustischer Emissionen an unterschiedlichsten Werkstoffen hat seit Einführung der rechnergestützten Instrumentierung und Datenanalyse immer mehr Bedeutung erlangt und wird bis heute vor allem applikationsbezogen und werkstoffspezifisch weiterentwickelt. In der

Historie dieser Prüfmethode findet man aber noch bis in die 80er Jahre hinein analoge Beschreibungen, die das akustische Verhalten - vorergründig von metallischen Werkstoffen - bei Belastung umschreiben. Bezogen auf gestaltungsrelevante Aspekte im Produktdesign hinsichtlich Signaldämpfung, Frequenzcharakteristik und auftretender Wellenmoden werden diese analogen Beschreibungen und die sinnvolle Verkopplung mit der rechnergestützten Datenanalyse wieder wichtig. Nutzer von Objekten interagieren bei normaler oder kritischer Benutzung auch auf akustischem Wege, was die grundlegende Forschung auf diesem Feld, gerade mit Sicht auf die verstärkte Verwendung moderner Faserverbundwerkstoffe erforderlich macht und auch die klanglichen und individuell empfundenen Aspekte in die Untersuchungen einbeziehen muss. Die hier vorgestellte Arbeit versucht, aufbauend auf dem Vorjahresbeitrag, die methodischen Werkzeuge der Designakustik weiterzuentwickeln und die Schallemissionsanalyse als klassischen Indikator für Werkstoffzustand, Schädigungsmechanismen und Schädigungsdy namik bzw. -kinetik unter Einbeziehung supplementärer Methoden wie z.B. von Hochgeschwindigkeitskameras als Gestaltungswerzeug zur Beschreibung und Charakterisierung im Design zu kultivieren.

---

Mittwoch

Soundscape / Sounddesign (Poster)

### Aktivitätserkennung durch akustische Klassifikation

Moritz Brandes<sup>a</sup>, Hans-Christoph Mertins<sup>b</sup>, Jens Schröder<sup>a</sup> und Stefan Goetze<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Fraunhofer IDMT; <sup>b</sup>Fachhochschule Münster; <sup>c</sup>Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie

Akustische Mensch-Maschine-Interaktionstechniken z.B. zur Kontrolle technischer Systeme durch Sprache oder aber für die automatische akustische Überwachung hilfsbedürftiger Personen in Pflegeheimen oder Krankenhäusern gewinnen mehr und mehr an Bedeutung. In Systemen zur Erkennung akustischer Ereignisse (engl. Acoustic-Event-Detection (AED)) werden aus einem Audiosignal zunächst Merkmalsvektoren extrahiert, die dann einem akustischen Ereignis zugeordnet werden. Diese Klassifikation wird mit Hilfe von trainierten akustischen Modellen (hier Hidden-Markov-Modelle (HMM)) realisiert. In diesem Beitrag wird der Einfluss zweier Trainingsmethoden (rauschbehaftet und ohne Störgeräusche) auf Leistungsfähigkeit bekannter HMM basierten Erkenner (Temko et al. (2006), Mesaros et al. (2010)) untersucht, die in der Literatur für AED vorgeschlagen wurden. Durch das angepasste Training konnte die Erkennungsleistung bei verrauschten Daten auf einem eigenen Korpus mit zwölf verschiedenen Events bei einem SNR von 0 dB im direktem Vergleich mit Mesaros et al. (2010) (61 Events), um ~46 % erhöht werden.

**Sitzung „Signalverarbeitung / Audio“**

Mi. 8:00 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

**A Method for Generation of Subharmonic Frequencies - Ein Verfahren zur Erzeugung subharmonischer Frequenzen**Dieter Leckschat und Christian Epe*FH Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering*

In recording studios it is common to use equipment to enhance audio productions in the low frequency range. Today's methods use either frequency-selective dynamic compression or focus on psychoacoustics to take advantage of the residual effect. Subject of this paper is a method to generate sub-harmonics of an audio signal. The most interesting sub-harmonic is one octave below the signal's fundamental frequency. By implementing a mathematical formula it is possible to produce an oscillation at half the frequency of a given harmonic oscillation. The method works in the analog domain and instantaneous, making it suited for real-time applications of musicians. Depending on the design the process can be optimized for stationary signals or for signals with transient components.

Im Tonstudio sind Geräte zur Verbesserung des Klangs von Audio-Produktionen im Bassbereich üblich. Während die heute überwiegend eingesetzten Methoden entweder eine frequenzselektive Dynamikkompression nutzen oder sich auf die Erzeugung von Teiltonreihen fokussieren (Residueneffekt), wird hier ein Verfahren vorgestellt, welches zu einer tiefsten Frequenz eines Audiosignals Subharmonische erzeugt. Hier ist insbesondere die Frequenz interessant, die eine Oktave unterhalb der Grundfrequenz eines Signals liegt. Das vorgestellte Verfahren implementiert eine mathematische Formel, nach der aus einer harmonischen Schwingung eine Schwingung mit halbiertter Frequenz generiert wird.

Mi. 8:20 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

**Influence of a spherical microphone array on a sound source number estimator based upon independent component analysis**Paul Kranzusch, Stephan Gerlach, Danilo Hollosi und Stefan Goetze*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie*

For acoustic sound source localization, e.g. in hands-free communication systems, speech recognition or acoustic event detection systems, knowledge of the number of concurrent sound sources is necessary. This paper analyzes to what extent a spherical microphone array influences the estimation of the number of sound sources.

State of the art approaches already exploit knowledge about head related transfer functions (HRTF) for performance improvement, inspired by findings in human auditory perception. Unfortunately, the influence of HRTFs on the estimation of the number of sound sources is rarely investigated. Therefore, both principal and independent component analysis based estimation algorithms using multi-channel data are evaluated in

this paper. We consider a uniform circular microphone array structure, either as open construction or for microphones attached to the surface of a rigid sphere.

Simulated data as well as real acoustic transfer functions measured in an anechoic room for the spherical microphone array are used to derive recommendations for improvement of the sound source number estimation.

---

Mi. 8:40 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

### **Binaurale Lokalisation von Sprache anhand der Statistik interauraler Unterschiede**

Hendrik Kayser, Volker Hohmann, Stephan D. Ewert und Jörn Anemüller  
*CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik*

Ein effektives auditorisches Modell zur Extraktion von interauralen Phasen- und Pegeldifferenzen mit hoher zeitlicher Auflösung wurde eingesetzt, um Daten für die Schätzung der Einfallsrichtung von Sprachsignalen zu gewinnen. Zusätzlich zu diesen interauralen Unterschieden liefert das Modell ein Maß für die interaurale Kohärenz zu jedem Datenpunkt. Dieses kann zur Bewertung der Zuverlässigkeit eingesetzt werden, mit der eine Aussage über die Einfallsrichtung des Sprachsignals zu jedem Zeitpunkt in jedem Frequenzband gemacht werden kann. In dieser Arbeit wurden die Verteilungen der binauralen Merkmale in Abhängigkeit von der interauralen Kohärenz statistisch modelliert. Die so gewonnenen Daten-Modelle können eine Wahrscheinlichkeitsaussage über die Einfallsrichtung jedes Datenpunktes machen. Zeitliche und spektrale Integration der Information kann damit auf einer probabilistischen Ebene vorgenommen werden, bevor die endgültige Richtungsschätzung mit einer Maximum-a-posteriori-Methode durchgeführt wird. Die Lokalisationsleistung dieses Ansatzes wurde in Abhängigkeit der zeitlichen Integrationslänge für Szenarien mit unterschiedlicher akustischer Komplexität untersucht. Insbesondere bei komplexen Szenen, wie z.B. bei mehreren Sprechern im Rauschen und Nachhall, kann es notwendig werden, Datenpunkte mit niedriger Kohärenz zur Lokalisation zu benutzen. Es wird gezeigt, dass der probabilistische Ansatz zur Auswertung auch solcher Datenpunkte geeignet ist.

---

Mi. 9:00 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

### **Musikwiedergabe in einem Club über konventionelle Lautsprecheranordnungen bzw. mittels Wellenfeldsynthese**

Hugo Fastl<sup>a</sup>, Beat Bauer<sup>a</sup> und Ralf Zuleeg<sup>b</sup>

<sup>a</sup> TU München, AG Technische Akustik, MMK; <sup>b</sup> d&b audiotechnik GmbH  
In einem Club mit etwa 1200 Plätzen wurde die Musikwiedergabe über konventionelle Lautsprecheranordnungen bzw. mittels Wellenfeldsynthese nach IOSONO (WFS) verglichen. Es wurden sowohl physikalische Messungen, Hörversuche als auch Befragungen von Musikern

und Publikum durchgeführt. Messtechnisch zeigte sich für das WFS-System eine gleichmäßigere Schallpegelverteilung im Raum; allerdings mussten (wegen kleinerer Wandler) im Frequenzbereich 100...200 Hz Abstriche im Vergleich zur konventionellen Beschallung hingenommen werden. Erwartungsgemäß gelang im Hörversuch die Ortung mit dem WFS-System besser als bei der konventionellen Beschallung. Bei der Publikumsbefragung wurden gewisse Nachteile des WFS-Systems im Klangbild (kein so "druckvoller" Baß) durch die bessere Zuordnung zum "tatsächlichen" Ort der Instrumente weitgehend kompensiert: "Der Klang kommt von der Band und nicht aus den Lautsprechern". Da die Musiker mit Monitorlautsprechern versorgt wurden, berichteten sie keine Präferenz für eines der beiden Wiedergabesysteme.

Mi. 9:20 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

**Entwicklung und Evaluation eines auditorisch motivierten Algorithmus zur Verbesserung der Sprachqualität in Telefonsystemen****Tobias Bruns<sup>a</sup>, Dirk Oetting<sup>a</sup>, Jan Rennies<sup>a</sup> und Volker Hohmann<sup>b</sup>**<sup>a</sup>*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie;* <sup>b</sup>*CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik*

In dieser Studie wird ein Algorithmus vorgestellt, der klangliche Eigenschaften von Telefonsprache adaptiv unter Berücksichtigung der auditiven Wahrnehmung qualitativ verbessern soll. Professionelle Radio, TV oder Musikproduktionen werden bei optimalen technischen Bedingungen aufgenommen und anschließend von Experten individuell optimiert. In Telekommunikationsmedien ist eine solche individuelle Anpassung auf Grund unterschiedlicher Aufnahmebedingungen nicht gegeben. Ein adaptiver Algorithmus, der spektrale Abweichungen und Pegelunterschiede im Sinne einer Klangoptimierung ausgleicht, soll dieses Anpassungsproblem überwinden. Insbesondere unangenehm laute oder scharfe Signale werden korrigiert, die einen negativen Effekt auf die Telefonqualität haben. Der Algorithmus basiert auf einer automatischen Pegelsteuerung in auditorischen Bändern. Als Referenzsignal diente das für einen Telefonlautsprecher entzerrte International Speech Test Signal (ISTS). So erfolgt eine gehörgerechte Anpassung, die über eine rein technische Motivation hinausgeht und einen möglichst natürlichen Klangeindruck erzielen soll. Die Evaluation des Algorithmus in Hörversuchen mit normalhörenden Probanden zeigte starke Qualitätsunterschiede, die direkt mit den beeinflussten Größen Lautheit und Schärfe korrelierten. Durch die Verarbeitung herbeigeführte Schärfe- und Lautheitsänderungen korrelierten signifikant mit Änderungen anderer Merkmale wie Gesamtqualität, Angenehmheit und Höranstrengung. Bei Natürlichkeit zeigten sich dagegen keine signifikanten Unterschiede. Weiterhin zeigte sich eine überwiegend positive Präferenz für den Algorithmus. Nutzer profitierten dabei insbesondere bei deutlichen Signalabweichungen vom ISTS Spektrum.

Mi. 9:40 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

**Verbesserung der Sprachverständlichkeit von fertig gemischtem Stereo-Fernsehton****Felix Matzura<sup>a</sup>, Sebastian Goossens<sup>a</sup>, Jens Groh<sup>a</sup> und Eva Wilk<sup>b</sup>**<sup>a</sup>*IRT GmbH; b Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg*

Zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit von fertig gemischtem Stereo-Fernsehton wurden zwei Ansätze untersucht. Als Signalbearbeitung der fertigen Mischung wurde eine Expansion der Stereomitte bei gleichzeitiger Absenkung der diffusen Schallanteile vorgenommen. Diese Signalbearbeitung wurde auf kurze Beispiele aus dem realen Fernsehprogramm angewendet und in einem Hörversuch durch Probanden bewertet. Eine leichte Verbesserung konnte für den Großteil der verwendeten Beispiele bestätigt werden, jedoch wurde auch deutlich, dass der Erfolg des Verfahrens von der Beschaffenheit des Signals abhängig ist. Ein weiterer Ansatz zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit auf der Empfängerseite wurde über den Vergleich verschiedener Abhörsituationen in einem Wohnzimmer verfolgt. Dort wurde der Unterschied zwischen der Wiedergabe über integrierte Fernsehlautsprecher und über in kurzem Abstand vor dem Hörer aufgestellte externe Lautsprecher messtechnisch überprüft. Eine Tendenz zu besserer Sprachverständlichkeit durch die Verwendung externer Lautsprecher bestätigt sich sowohl in den Mess- als auch in den Hörversuchsergebnissen. Darüber hinaus zeigen die Untersuchungen, dass sich die Abhörsituation im Wohnzimmer hinsichtlich der Sprachverständlichkeit (erwartungsgemäß) von der Situation in einer Produktionsregie unterscheidet. Anhand der quantitativen Ergebnisse wurde deutlich, dass eine Sprachsequenz, die hinsichtlich der Verständlichkeit in der Tonregie "grenzwertig" aber noch vertretbar erscheint, vom Zuschauer im Wohnzimmer schwer oder gar nicht mehr verstanden wird.

Mi. 10:00 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

**Speech Quality and Intelligibility Tuning Aspects for eCall Implementations****Frank Kettler und Radi Serafimov***HEAD acoustics GmbH*

The automotive industry needs to equip vehicles with eCall systems by October 2015. At the same time the Public Safety Answering Points (PS-APs) need to be upgraded accordingly in order to be able to process eCalls. In such an eCall case a Minimum Set of Data (MSD) is transmitted to the PSAP first and a voice call is subsequently established between the PSAP and the vehicle. The eCall system is then operated in hands-free mode. However, the eCall system does not necessarily use the same microphone and speakers as the regular hands-free system in the vehicle. Furthermore, the eCall transducers are perhaps not always mounted in acoustically optimized positions. Consequently, speech quality parameters and requirements cannot always be applied for these

systems in the same way as for the regular hands-free system. This especially applies to aftermarket solutions, which may be increasingly available within the next years. Furthermore, speech intelligibility plays an important role in addition (or in parallel) to speech quality. This contribution discusses suitable tests but also technical limitations for speech quality in eCall systems.

Mi. 10:40 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

### Vergleich von Messungen und Modellvorhersagen zur Sprachverständlichkeit in verschiedenen Störgeräuschesituationen

Wiebke Schubotz<sup>a</sup>, Thomas Brand<sup>a</sup> und Stephan D. Ewert<sup>b</sup>

<sup>a</sup> CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'; <sup>b</sup> CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik

Sprachverständlichkeit im Störgeräusch (Maskierer) hängt stark von den spektro-temporalen Eigenschaften des Maskierers ab. Generell kann man energetische Maskierung, Maskierung im Amplitudenmodulationsbereich und Informationsmaskierung (informational masking) unterscheiden. Hier wurde analysiert, wie sich zeitliche und frequenzübergreifende Fluktuationen, sowie Ähnlichkeiten von Zielsignal und Maskierer auf die Sprachverständlichkeit und die reine Detektion der Sprache auswirken. Es wurden die 80%- und 50%-Sprachverständlichkeitsschwellen mit normalhörenden Versuchspersonen (Oldenburger Satztest, OLSA) im stationären und modulierten Rauschen, sowie mit Sprachmaskierern und sprachähnlichen Maskierern [ISTS; Holube et al., Int. J. Audiol. 49, 891 (2010)] bestimmt. Zusätzlich wurden die Detektionsschwellen für das identische Sprachmaterial und Störgeräusch mittels eines AFC-Verfahrens ermittelt. Die Detektionsschwellen für Sprache liegen im Mittel bis zum 20dB unter den 50%-Verständlichkeitsschwellen, wobei sich für die meisten Maskierungssituationen ein ähnlicher Verlauf zeigt. Der Vergleich von Maskierungsschwellen und Verständlichkeitsschwellen erlaubt Rückschlüsse auf die Rolle der energetischen Maskierung. Die Sprachverständlichkeit wurde zudem durch etablierte Sprachverständlichkeitsmodelle wie Speech Intelligibility Index (SII), Speech Transmission Index (STI), Speech-based Envelope Power Spectrum Model (sEPSM) und STOI (Short Term Objective Intelligibility metric) vorhergesagt und mit den empirischen Daten verglichen. Es wird diskutiert, welche Rückschlüsse sich aufgrund der unterschiedlichen Verarbeitungsstrategien in den Modellen auf die relative Bedeutung der verschiedenen Maskierungsarten bei der auditorischen Sprachverarbeitung ziehen lassen.

Mi. 11:00 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

**Comparison of Double Talk Measurement Methods**Jan Reimes, Günter Mauer und Hans Wilhelm Gierlich*HEAD acoustics GmbH*

In conversations via telecommunication devices, double talk situations are currently one of the most challenging tasks for speech signal processing. Especially for mobile devices, the requirements for echo attenuation increased over the last years. This leads to a dramatically decrease of double talk capability of terminals, which can cause loss of syllables or words. Thus there is a strong demand for measuring the impact of double talk control on transmitted speech. In this contribution, two widely-used analyses are presented and compared. The classical ITU-T P.340 measurement which is based on test signals similar to speech. In conjunction with ITU-T recommendation P.502, an instrumental analysis is then applied to derive an attenuation score. A rather new approach based on real speech measurement coming from the 3GPP standard TS26.132. It describes the measurement setup as well as the calculation of double talk and even echo performance metrics. Furthermore, a test series of 32 devices is presented regarding the double talk metrics. The conducted measurements cover several application scenarios (wide- and narrowband, hand-set/hands-free). Additional analyses are then applied to these results to find correlations between both methods.

Mi. 11:20 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

**Text-Independent Speaker Identification Using Vector Quantization**Alexandria University, Egypt*Noha Korany*

This paper investigates an effective method for text-independent speaker recognition. Vector quantization (VQ) is used as the recognition engine. It is necessary to reduce the operator's load. The paper aims to determine the dimension of the codebook vectors within the model and to find out the best feature that fits with this model. Various Kinds of features are extracted, VQ classifiers are applied independently to each feature and the identification rate is calculated for each case. Furthermore, the performance of the recognition process is investigated while varying the length of the feature vector employed by the classifier. Finally, recorded speech database is used to evaluate the system for text-independent speaker identification in both clean and noisy environments.

---

Mi. 11:40 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

**A comparison of state-of-the-art speech fundamental frequency estimators in noisy and reverberant environments**

Robert Rehr, Martin Krawczyk und Timo Gerkmann

*CvO Universität Oldenburg, Speech Signal Processing Group*

Many applications in speech signal processing rely on an accurate estimate of the fundamental frequency. This information may be used e.g. for coding speech signals efficiently or for enhancing noisy speech. Thus, algorithms are required that are able to estimate the fundamental frequency reliably. We compare a wide range of methods for estimating the fundamental frequency which employ different features in their estimation procedure. These include a modified version of the autocorrelation function, statistical models, spectra warped onto a logarithmic frequency axis and cepstral domain representations of the input signal. These algorithms are compared with respect to their estimation accuracy in noisy and reverberant environments. Additionally, the computational complexity of these algorithms is considered. Experiments are conducted on speech utterances which are artificially corrupted by real background noises and reverberated using measured room impulse responses. We evaluate the algorithms in terms of the gross error rate, which measures large deviations of the estimate from the ground truth, such as doubling and halving errors. The estimators' accuracy is further evaluated using the root mean square error.

---

Mi. 12:00 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

**Schnarcherkennung mit diskreten Hidden-Markov-Modellen**

Benjamin Kraus und Stefan Feldes

*Hochschule Mannheim, Digitale Signalverarbeitung*

Schnarchen ist ein weitverbreitetes Phänomen, das die Nachtruhe des Betroffenen und der Bettgenossen beeinträchtigt. Die Folgen reichen von einem simplen Ärgernis bis hin zu erhöhten Risiken für Bluthochdruck und Gefäßkrankungen. Behandlungsmethoden für schwerwiegende Fälle umfassen beispielsweise eine maschinelle Unterstützung der Atemluftaufnahme oder operative Eingriffe am weichen Gaumen und Zungenboden.

Um den Erfolg solcher Behandlungen zu überprüfen oder nichtinvasive Methoden, wie etwa eine Echtzeit-Beeinflussung des Schnarchenden mittels eines Vibrationsarmbandes, zu ermöglichen, ist es notwendig, Schnarchen in Echtzeit aus dem akustischen Signal zu erkennen und von Umgebungsgerauschen zu unterscheiden.

Dieser Beitrag stellt ein aufwandsarmes HMM-basiertes Erkennungsverfahren für dieses Zwei-Klassenproblem (Schnarchen und Nebengeräusche) vor. Aus Proben von Schnarch- und Nebengeräuschen werden MFCC-Merkmale berechnet, diese bilden dann den Trainingskorpus. Ein Vektorquantisierer wird genutzt, um ein aufwandsgünstiges Training von linearen, diskreten Hidden-Markov-Modellen mit wenigen Zuständen zu

ermöglichen. So entsteht ein HMM für Schnarchen und eines für Umgebungsgeräusche. Diese werden miteinander verknüpft, um ein Modellsystem zu erzeugen, das die Analyse von kontinuierlichen Audiosignalen, die Anteile beider Geräuschklassen beinhalten, ermöglicht. Das Auswerten der Folge der Zustände dieses Modellsystems mittels des Viterbi-Algorithmus erlaubt es, Schnarchabschnitte im Audiosignal auszumachen.

Mittels dieses Verfahrens konnte im Test gegen Validierungsdaten eine Genauigkeit der Klassifikation von 96.05 % erreicht werden.

Mi-12:20 A1 0-006

Signalverarbeitung / Audio

**Präsentation der Poster**, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 178)

Sitzung „Signalverarbeitung / Audio (Poster)“

Mittwoch

Signalverarbeitung / Audio (Poster)

## **Indoor-Lokalisierung seismischer Ereignisse anhand eines triaxialen Beschleunigungsaufnehmers**

Sandra Lattacher, Moritz Fišer und Maria Fellner

*Joanneum Research*

Im präsentierten Ansatz wird nur ein einzelner triaxialer Beschleunigungssensor zur Positionsschätzung von seismischen Ereignissen in Innenräumen verwendet und ist somit in der Low-Cost Indoor-Lokalisierung von hoher Relevanz. Die Richtungsbestimmung seismischer Signalquellen basiert dabei auf der Annahme, dass Signale, die von ähnlichen Positionen stammen, gleichartige Eigenschaften aufweisen. Für definierte Richtungen kann dadurch ein Prototyp erstellt werden, der das Mittel über mehrere, in der Intensität variiierende, seismische Signale darstellt. Ein Trainingsdatensatz wird mit jedem dieser Prototypen korreliert und resultiert in einer Menge von Koeffizienten (PACC-Features), die als Eingangssignal eines Neuronalen Netzes verwendet werden. In Verbindung mit der Erwartung, dass infolge einer Projektion der drei Achsen auf die "Line of Travel" des eintreffenden Signals die Varianz in diese Richtung ein Maximum darstellt (SEDSL Schema), kann die Positionsbestimmung optimiert werden. Die Ergebnisse sollen der Einschätzung des Potenzials verwandter Methoden sowie als Basis zur Weiterentwicklung dienen. Übergeordnet wird das Ziel eines generalisierten Modells verfolgt, um nicht definierte und nicht trainierte Anrengungsrichtungen und -entferungen ermitteln zu können.

---

Mittwoch

Signalverarbeitung / Audio (Poster)

**Room Transfer Function Estimation Using Cepstral Smoothing**

Thomas Tomczyszyn, Benjamin Cauchi, Stephan Gerlach und Stefan Goetze

*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie*

Many applications make use of a distant microphone to receive the speech signal of a user. In an enclosed space this signal is corrupted by reverberation that can be characterized by the room impulse response (RIR) which varies depending on the characteristics of the room and on the positions of the user and of the microphone. As reverberation can decrease the speech intelligibility and quality, several dereverberation algorithms have been developed. Some dereverberation algorithms, e.g. channel equalization, need an estimate of the time domain RIR typically obtained using blind system identification (BSI) while others, e.g. reverberation suppression, can be fed only with descriptors of the RIR such as the reverberation time or the direct to reverberant ratio. An estimate of the room transfer function could be used to improve the performance of BSI algorithms, as a parameter within reverberation suppression methods or source localization algorithms. An estimator of the room transfer function based on cepstral smoothing is proposed here. The proposed method shows increased robustness against noise when compared with a state-of-the-art BSI algorithm.

---

Mittwoch

Signalverarbeitung / Audio (Poster)

**Listener's Preferences with Respect to Frequency Shaping and Loudness Adjustments for Music and Speech Reproduction**Aleksandra Kubiak<sup>a</sup>, Merle Saft<sup>a</sup>, Jan Rennies<sup>a</sup> und Birger Kollmeier<sup>b</sup><sup>a</sup>*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie;* <sup>b</sup>*CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all', Fraunhofer IDMT*

In order to define and assess the Audio Consumer Profile (ACP), individual listening preferences as well as personal and environmental factors should be assessed in terms of a consistent perceptual model that could be useful for developing novel adaptive algorithms for more specified and individualized music and speech reproduction. This first study investigated the inter-individual variability of normal-hearing subjects' preferences with respect to frequency shaping and loudness adjustments for different types of music listened via headphones. The subjects were asked to adjust the linear gain and spectral shaping to their individually preferred setting. A perceptually continuous 2D matrix was used by the listeners to adjust various combinations of low-, mid- and high-frequency attenuation and amplification, while loudness was controlled via a rotary knob. The data show a large spread of individually preferred adjustments with respect to both variables indicating that the inter-individual differences are larger than the influence of the music genre. The data are discussed with respect to the relation between individual listening preferences and personal factors as well as the influence of environmental sounds.

This should provide a basis for practical applications of the ACP and the factors involved in personalized sound reproduction.

Mittwoch

Signalverarbeitung / Audio (Poster)

### **On the Equalization and Reshaping of Room Impulse Responses**

Jan Ole Jungmann, Radoslaw Mazur und Alfred Mertins

*Universität zu Lübeck, Institut für Signalverarbeitung*

In listening room compensation the aim is to compensate for the acoustic channel between loudspeaker and listener. The degradations rendered to the source signal by reproduction in a closed room are namely reverberation and spectral distortions. A pre- or postfilter is designed in such a way that the convolution of the equalizer and the room impulse response contains better acoustic properties than the room impulse response itself. Usually, the equalizer is designed by optimizing a time-domain based objective function. Recent methods also consider the frequency-domain representation to yield a flat overall frequency response. In this work we propose to integrate the psychoacoustic concept of critical bands into the equalizer design to take into account the properties of the human auditory system. Results are given for an acoustic channel measured in a typical living room.

Mittwoch

Signalverarbeitung / Audio (Poster)

### **A Modified Clustering Approach for Solving the Permutation Problem in Convulsive Blind Source Separation**

Radoslaw Mazur, Jan Ole Jungmann und Alfred Mertins

*Universität zu Lübeck, Institut für Signalverarbeitung*

In this paper we propose a modification to a new clustering approach for solving the permutation ambiguity in convulsive blind source separation. After the transformation to the time-frequency domain, the problem of separation of convolutive mixed sources can be reduced to multiple instantaneous problems, which may be solved using independent component analysis. The drawbacks of this approach are the so called permutation and scaling problems, which have to be corrected before the transformation to the time domain. Here, we use a new method that allows for aligning up to several hundreds of consecutive bins into clusters and propose a modification which allows for an even more effective clustering. The depermutation of these clusters using some known techniques is then much easier than the original problem.

---

Mittwoch

Signalverarbeitung / Audio (Poster)

**Referenzfreie Schätzung der perzeptuellen Dimension Rauschhaftigkeit von übertragenen Sprache**

Friedemann Köster, Gabriel Mittag und Sebastian Möller

*TU Berlin, Telekom Innovation Laboratories*

Dieser Beitrag befasst sich mit der referenzfreien Schätzung wahrgenommener Qualität übertragener Sprache: Wir gehen davon aus, dass sich die Gesamtqualität durch parametrische Schätzung von mehreren perzeptiven Dimensionen vorhersagen lässt. Wältermann et al. (2012) konnten Direktheit, Kontinuität, Rauschhaftigkeit und Lautheit als Hauptdimensionen identifizieren. Modelle mit Schätzern von Qualitätsdimensionen haben im Vergleich zu integralen Verfahren, welche nur die Gesamtqualität bestimmen, die Vorteile, durch analytische Informationen auf die Ursache einer Störung schließen zu können und robuster gegenüber Veränderungen des Übertragungssystems zu sein. Bisher wurden Dimensionsschätzer entweder mit parametrischen oder intrusiven instrumentellen Modellen realisiert. In dieser Arbeit basiert die Schätzung der wahrgenommenen Qualität auf nicht-intrusiven instrumentellen Schätzungen. Als erste qualitätsrelevante perzeptive Dimension wurde Rauschhaftigkeit ausgewählt. Es konnten erste vielversprechende Ergebnisse auf unterschiedlichen Datensätzen erzielt werden, die zeigen, dass eine robuste Schätzung qualitätsrelevanter perzeptiver Dimensionen ohne Referenzsignal möglich ist.

---

Mittwoch

Signalverarbeitung / Audio (Poster)

**Blinde Schätzung des globalen Signal-Rauschabstands und perzeptiv motivierte Alternativen bei Sprache und Musik**

Jan Willhaus, Joerg Bitzer und Jens-Alrik Adrian

*Jade Hochschule Oldenburg*

Die klassische Definition des Signal-Rausch-Verhältnisses bzw. -abstands (SNR) benötigt einen separaten Zugriff auf die beteiligten Nutz- und Störsignalanteile. Zusätzlich reicht bei instationären oder gefärbten Signalen durch fehlende perzeptive Relevanz die breitbandige Leistungsdefinition nicht aus, was in der Vergangenheit bereits zur Definition des frequenzgewichteten und segmentierten SNR führte. Abseits der Laborbedingungen stehen aber Signal und Rauschen nicht getrennt zur Verfügung und eine blinde Schätzung des Verhältnisses wird notwendig, um z.B. die intelligente signalabhängige Parametrisierung eines Entrauschungsalgorithmus zu ermöglichen.

Es werden deshalb bekannte und neue Verfahren zur SNR-Schätzung vorgestellt und basierend auf einer Vielzahl von Signalen und Störungen evaluiert. Die Ergebnisse zeigen, dass eine perzentilbasierte Analyse in Bark-Bändern in den wesentlichen SNR-Bereichen eine ausreichende Genauigkeit erzielt, während klassische, oftmals auf Pausendetektion basierende, Verfahren vor allem für Musik, aber auch bei nicht-stationär oder gefärbt verrauschter Sprache fehlschlagen.

---

Mittwoch

Signalverarbeitung / Audio (Poster)

**Seat Belt-Microphone Systems and their Application for Speech Signal Enhancement**

Mohamed Krini und Klaus Rodemer

*paragon AG*

In automobiles, microphones used for hands-free telephony or speech dialogue systems are often placed in the rear view mirror or in the roof above the speaker. Alternatively microphones can also be positioned on a seat belt. By integrating the microphones into the seat belt of a passenger, the distance from the talker's mouth to the microphones is being reduced. An enhanced signal quality in terms of high signal-to-noise ratio can usually be reached compared to microphone positions commonly used in automobiles. The seat belt microphone system consists of three omnidirectional microphones spaced by 16 cm and are placed around the shoulder and the upper body of a sitting passenger. From the arrangement of the three microphones, that microphone is selected which is close to the speaker's mouth and exhibits the highest SNR. The selected microphone signal can be used for hands-free telephony or for in-car communication. Evaluations have shown that the overall performance of a hands-free system in terms of speech quality can be enhanced by using seat belt-microphones compared to conventional hands-free microphones.

---

Mittwoch

Signalverarbeitung / Audio (Poster)

**Artificial Fundamental Frequency Contour for Electro-Larynx Speech**

Anna Fuchs, Martin Hagmüller und Gernot Kubin

*SPSC, TU Graz*

The electro-larynx is one of the most common substitution voices for people who have lost their larynx. People who have to use this device suffer from the fact that their handicap is obvious. A known problem of the resulting speech is its unnaturalness. In order to improve the naturalness we want to include an artificial fundamental frequency ( $f_0$ ) contour. To estimate these contours machine learning strategies are introduced. In this work we want to propose a GMM based estimation technique and compare it to a HMM based technique. The contours are compared in a listening test where we also include the constant EL  $f_0$  contour, a randomly chosen  $f_0$  contour and the natural  $f_0$  contour taken from parallel recorded healthy speech. Stimuli are taken from 4 subjects (2 female, 2 male) and 10 listeners judged the naturalness of the sentences using rating scales. Moreover, the perceived gender was evaluated. The results suggest that introducing an artificial  $f_0$  contour improves electro-larynx speech.  $f_0$  from natural speech was rated highest whereas random  $f_0$  performed only slightly better than constant  $f_0$ . The rating of GMM and HMM based estimation did not show significant differences.

---

Mittwoch

Signalverarbeitung / Audio (Poster)

**A Voting-Based Technique for Acoustic Event-Specific Detection**

Huy Phan und Alfred Mertins

*Universität zu Lübeck, Institut für Signalverarbeitung*

Acoustic event detection has been an active research topic in recent years. However, building a robust acoustic event detection system still remains a challenging task. The difficulty stems from the nature of overlapping events and the large intra-class variations in terms of event duration, difference sounds as well as non-stationary background noise. Most of previous works focus on the goal of improving recognition rates by carefully designed features and fine-tuning multi-class classification. In this work, event detection is accomplished via a class-specific voting-based approach where the detection of individual parts of the event cast probabilistic votes for the whole event. The detection hypotheses then correspond to voting majority from all parts. Each part of an event in the audio sequence is recognized based on a pool of part-based templates with the support of acoustic features. It turns out that no parameter tuning is required.

**Sitzung „Spracherkennung: Anywhere, Any Time“**

Mi. 15:40 A1 0-006

Spracherkennung

**Coherence-based Dereverberation for Automatic Speech Recognition**Andreas Schwarz, Andreas Brendel und Walter Kellermann*Univ. Erlangen-Nürnberg, LMS*

We investigate a class of late reverberation suppression methods that rely exclusively on the instantaneous spatial coherence in each time-frequency bin to derive the suppression gain. We compare a number of different realizations that have been proposed over the past years, including both heuristic methods that derive the suppression gain directly from the coherence (Allen 1977, Westermann 2013), and methods that use assumptions about the spatial coherence properties of the signal components to derive the signal to reverberation ratio and compute a corresponding suppression gain (McCowan 2003, Jeub 2011, Thiergart 2012). We show that, while the latter rely on the same assumptions and thus are identical under ideal conditions, they behave differently when the assumptions are not ideally met. We discuss alternative behaviors and evaluate the methods using two-channel impulse responses measured in different rooms. As evaluation metric we use the early to late reverberation ratio and the amount of signal distortion. Finally, we compare automatic speech recognition accuracy using utterances from the GRID corpus which are convolved with the measured impulse responses and processed with the investigated methods.

Mi. 16:00 A1 0-006

Spracherkennung

**Binaurale und kortikale Merkmale für robuste automatische Spracherkennung**

Constantin Spille und Bernd T. Meyer

*CvO Universität Oldenburg*

Die Trennung von Schallquellen, insbesondere verschiedener Sprecher, ist eine bemerkenswerte Fähigkeit des menschlichen auditorischen Systems. In den meisten aktuellen automatischen Spracherkennern ist diese Trennung allerdings nicht implementiert, was eine große Lücke zwischen der Leistung von Maschinen und der von Menschen zur Folge hat. Diese Studie kombiniert Verarbeitungsstufen die sowohl an peripheren als auch kortikalen Verarbeitungsprozesse des auditorischen Systems angelehnt sind: Ein physiologisch motiviertes binaurales Modell schätzt die Position beweglicher Schallquellen, um das gewünschte Signal eines Zielsprechers zu verbessern. Anschließend werden die Signale in spektro-temporale Gabor-Merkmale konvertiert, die durch kortikale Repräsentationen von Sprache motiviert sind und die Leistung von Spracherkennern in rauschbehafteten Szenarien verbessern. Die binaurale Verarbeitung verbessert die Spracherkennungsleistung in allen hier betrachteten Situationen verglichen mit einer Einkanalverarbeitung. Kortikale Gabor-Merkmale erzielen in Situationen mit Störgeräusch die beste Leistung, während normalisierte Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) in Situationen ohne Störgeräusch besser funktionieren. Eine einfache Entscheidungsstufe basierend auf dem geschätzten Signal-Rausch-Verhältnis wird verwendet um die Merkmale auszuwählen, die für die entsprechende Situation die besten Ergebnisse erzielen. Damit wird, verglichen mit der Einkanalverarbeitung, eine relative Verbesserung der Wortfehlerrate von 30 % erzielt.

Mi. 16:20 A1 0-006

Spracherkennung

**Prosodic, Spectral and Visual Features for the Discrimination of Prominent and Non-prominent Words**Martin Heckmann*Honda Research Institute Europe GmbH*

Amongst other things, speakers use prosodic cues to signal the importance words take in an utterance. When we correct what someone has said before, we usually make the corrected word stand out, i.e. very prominent. Different prosodic features have been proposed in the past to capture this word prominence. In this paper we compare prosodic cues as duration, energy and fundamental frequency as well to spectral cues commonly used for speech recognition, i.e. RASTA-PLP features, as to visual features extracted from the speaker's mouth. The evaluation is done on a dataset containing 8 speakers which interacted in a small game with a computer. The design of the game elicited correction utterances from the users. Hence it contains words uttered normally and with high prominence. From these interactions we made audio-visual recordings.

Our results show that all of the features we investigated can be used to differentiate prominent from non-prominent words and that their combination is beneficial yielding discrimination rates of 79%-93%, depending on the speaker.

Mi. 16:40 A1 0-006

Spracherkennung

### **On Dynamic Stream Weight Learning for Coupled-HMM-based Audio-visual Speech Recognition**

Ahmed Hussen Abdelaziz, Lalla Amina Charaf, Steffen Zeiler und Dorothea Kolossa

*Ruhr-Universität Bochum*

Visual speech features encoding lip movements are almost fully independent of acoustical environmental effects. Recently, they have therefore attracted significant attention for the purpose of robust automatic speech recognition, where they are typically deployed in conjunction with the conventional acoustical features. In order to optimally fuse audio and video features, the relative contribution of each modality to the recognition decision should be dynamically controlled, e.g. by so-called *stream weights*. Training stream weight estimators requires choosing a suitable feature-dependent or model-dependent reliability measure and an appropriate mapping function that maps this measure to the corresponding stream weight. In this paper, we compare different reliability measures and mapping functions for stream weight estimation, and we evaluate their performance in audio-visual speech recognition based on coupled HMMs for a range of adverse acoustical conditions.

Mi. 17:00 A1 0-006

Spracherkennung

### **Robuste Spracherkennung ausgehend von stimmhaften Abschnitten mit hohem SNR**

Hans-Günter Hirsch und Frank Kremer

*Hochschule Niederrhein, Inst. f. Mustererkennung*

Analysiert man die zwischenmenschliche Kommunikation in gestörten Umgebungen, so stellt man fest, dass Signalabschnitte mit einem geringen Signal-/Rauschleistungsverhältnis (SNR) gar nicht oder nur bruchstückhaft wahrgenommen werden und somit auch nur begrenzt für das Sprachverständnis herangezogen werden können. Aus dieser Beobachtung wird ein neuer Ansatz abgeleitet, der auf einer Detektion der stimmhaften sprachlichen Abschnitte, die ein relativ hohes SNR besitzen, basiert. Ausgehend von diesen Abschnitten und den darin enthaltenen akustischen Merkmalen wird eine alternative Vorgehensweise zur Wahrscheinlichkeitsbestimmung angewendet, um die als zuverlässig eingestuften akustischen Merkmale mit entsprechenden Hidden Markov Modellen zu generieren. Dabei wird im Gegensatz zur üblicherweise eingesetzten, zeitlich rein vorwärts gerichteten Berechnung eine zeitlich vorwärts und rückwärts gerichtete Wahrscheinlichkeitsberechnung mit entsprechenden wort- oder lautbasierten Hidden Markov Teilmödellen

eingesetzt. Zudem werden wie bei den unter dem Stichwort "missing features" bekannten Ansätzen die Signalabschnitte mit geringem SNR gar nicht oder nur mit einer geringen Gewichtung in die Wahrscheinlichkeitsberechnung einbezogen. Aus den mit den Teilmodellen berechneten Wahrscheinlichkeiten wird eine Gesamtwahrscheinlichkeit für die Beobachtung eines Satzes oder einer Wortfolge bestimmt. Es werden erste Ergebnisse zur robusten Erkennung gestörter Ziffernketten vorgestellt.

---

Mi. 17:20 A1 0-006 Spracherkennung

### **Improving Automatic Speech Recognition for Effective Topic Segmentation**

Michael Stadtschnitzer, Joachim Köhler und Daniel Stein

*Fraunhofer IAIS*

In this paper we describe the techniques and progress of the Fraunhofer IAIS large vocabulary continuous speech recognition (LVCSR) system for German broadcast data and the processing of the automatic speech recognition (ASR) output for advanced topic segmentation.

In this work we replace the acoustical model of the LVCSR system based on Hidden Markov Models (HMMs) with state-dependent Gaussian Mixture Models (GMMs), a technique which has been the de facto standard for several decades, by both Deep Neural Network (DNN) and subspace GMM based models and provide an evaluation of the large improvements compared to the results of the baseline system, which is described and evaluated in previous publications. We further increase the amount of data for acoustical model training from 105 to 323 hours and evaluate the improvements. We also describe our 1,000 hour German broadcast speech corpus from which the training data was taken and which will be fully exploited for acoustical model training in the future.

The output of the LVCSR system is applied for subsequent topic segmentation tasks. We provide a description and evaluation of employed topic segmentation algorithms related to the Fraunhofer IAIS audiomining framework and the improvements made by enhancing the underlying ASR system.

---

Mi. 17:40 A1 0-006 Spracherkennung

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

**Sitzung „Spracherkennung: Anywhere, Any Time (Poster)“**

Mittwoch

Spracherkennung (Poster)

**On Likelihood Histogram Equalization for Multimodal Automatic Speech Recognition**Simon Receveur und Tim Fingscheidt*TU Braunschweig, Inst. f. Nachrichtentechnik*

Since the performance of automatic speech recognition (ASR) degrades due to adverse acoustic conditions, recognition robustness can be improved by integrating further information sources such as additional modalities. One example of such a multimodal ASR is the audio-visual ASR, which combines visual and audio information sources. Considering coupled hidden Markov models (HMMs) commonly used in decision-fusion multimodal ASR, the arising question of information fusion is solved by applying a weighted product rule, where the joint probability distribution of the observation likelihoods is normally composed by means of a weighted product of the individual observation likelihoods. Within this fusion process of the two concerned modalities the relative influence of the information sources or streams is controlled by a weighting parameter or so called stream weight. For audio-visual ASR, commonly the audio stream-weight is chosen in dependency of the signal-to-noise ratio (SNR). In this contribution, we examine numerical issues such as mean and variance (i.e., number range/dynamics) of the respective observation likelihoods and compensate numerical mismatches of the streams by employing a histogram equalization technique. In particular, we show the sensitivity of the recognition results for different SNRs by applying the coupled HMM approach to an audio-visual speech recognition task.

Mittwoch

Spracherkennung (Poster)

**Separate spektrale und temporale Verarbeitung spektro-temporaler Merkmale**Marc René Schädler<sup>a</sup> und Birger Kollmeier<sup>a,b</sup><sup>a</sup>*Univ. Oldenburg, Cluster of Excell. 'Hearing4all'; b Fraunhofer IDMT*

Die Nutzung spektro-temporaler Merkmale kann die Robustheit automatischer Spracherkennungssysteme unter realistischen Bedingungen stark verbessern. Besonders eindrucksvoll wurde dies in einem Beitrag von Moritz et al. zur zweiten CHiME Challenge gezeigt [In Proc. CHiME-2013, Canada, pp. 1-6. (2013)]: Durch den Einsatz von Gabor-Filterbank (GBFB) Merkmalen statt Mel-frequenz Cepstralkoeffizienten (MFCC) lässt sich dort im Mittel eine Verbesserung von etwa -2,5dB im Signal-Rausch-Verhältnis erzielen. Allerdings ist noch offen, welche Eigenschaften der spektro-temporalen Merkmale für die verbesserte Robustheit notwendig sind. Insbesondere ist die Bedeutung der Separabilität dieser Merkmale unklar, d.h. ob eine gleichzeitige spektrale und temporale Filterung, also eine 2D Filterung, notwendig ist, um die Merkmale zu extrahieren. In diesem Beitrag wird daher gezeigt, dass jeder spektro-temporale GBFB Filter durch Linearkombination zweier separabler Filter

beschrieben werden kann. Die separablen Filter können direkt als Merkmale genutzt und bei der Evaluation weiterer, aus der GBFB abgeleiteter, separabler Filter zudem Merkmale gefunden werden, die die GBFB Merkmale an Robustheit auf dem CHiME Setup noch übertreffen. Insgesamt scheint die Symmetrie der Filter eine Schlüsselrolle zu spielen, so dass abschliessend die Rolle der Symmetrie und der Separabilität für die weitere Entwicklung robuster Spracherkennung kritisch diskutiert wird.

---

Mittwoch	Spracherkennung (Poster)
----------	--------------------------

---

### **Nutzbarkeit von modellierten Phonemfolgen zur Erkennung von unbekannten Wörtern in phonembasierten Spracherkennern**

Matthias Deppermann gen. Esser, Jan Wellmann, Niko Moritz und Stefan Goetze

*Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie*

Systeme zur Spracherkennung müssen neben einem trainierten und bekannten Wortschatz häufig auch neue und somit unbekannte Schlüsselwörter erkennen können. Der Wortschatz eines phonembasierten Schlüsselworterkenners kann durch das Hinzufügen der Phonemsequenzen neuer Wörter erweitert werden. Häufig werden dafür Triphone benötigt, die nicht im Trainingsmaterial enthalten sind. Um diese zu erzeugen, können fehlende Triphone durch Monophone ersetzt werden. Eine weitere Möglichkeit ist das "Triphone-Clustering" bei dem anhand einer datengetriebenen Ähnlichkeitsmessung der HMM Zustände und über Entscheidungsbäume mit Fragen zu dem linken und rechten Phonennachbarn ähnliche Triphone gefunden werden. Für die dritte untersuchte Methode werden die fehlenden akustischen Modelle durch Zusammensetzen aus zwei ähnlichen und vorhandenen Triphone-Modellen generiert. Die Leistung dieser drei Verfahren wird anhand unbekannter Äußerungen und Phantasiewörter mit einem phonembasierten Spracherkenner verifiziert. Alle drei vorgestellten Verfahren ermöglichen die Erkennung untrainierter Wörter, jedoch muss bei der Verwendung von neu generierten Triphone-Modellen im Vergleich zu den beiden weiteren untersuchten Methoden eine deutlich verringerte Erkennungsleistung in Kauf genommen werden.

### **Sitzung „Numerische Akustik I“**

---

Mi. 8:00 A1 0-007

Numerische Akustik I

#### **Formulating various BEM problems with a generic C++ library**

Péter Fiala und Péter Rucz

*Budapest University of Technology, Laboratory of Acoustics*

Several engineering problems (of acoustics, fluid dynamics or electrostatics) described by partial differential equations (PDE) can be solved by means of the Boundary Element method (BEM). Although different problems involve various PDEs and their integral representations, the BEM has a well established, unified mathematical background.

The present paper introduces NiHu, an open source C++ BEM library. The core of the library is a template environment that implements the BEM in a generic way, in terms of component specialisations. The core is able to generate BEM executables for direct and indirect methods, Galerkin and collocational discretisations and several element types. Application specific details – like kernel functions for acoustics or other engineering fields, quadratures and regularisation techniques – are implemented in NuHu's Component library. The Matlab shell layer provides extensive pre- and post-processing features and makes integration with other software tools like mesh generators and solvers straightforward. The paper introduces the main concept of the library and demonstrates its application through various problems. Presented applications include noise radiation, musical acoustics and acoustic holography, and cover exterior/interior problems, direct/indirect formulations, various discretisation and solution strategies.

The toolbox can be freely downloaded from [last.hit.bme.hu/nihu](http://last.hit.bme.hu/nihu)

Mi. 8:20 A1 0-007

Numerische Akustik I

### **Frequency and geometry dependent automated optimized meshing algorithm for a boundary element simulation**

Rob Opdam, Raphael Kolk, Diemer de Vries und Michael Vorländer

*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

Wave-based acoustic simulations require a mesh that divides the boundary and/or the volume of the geometry into finite parts. The size of the mesh is usually defined by the maximum frequency and the geometrical structure. For a simple geometry with mainly large planes without fine structure, the frequency is the determining factor. A higher frequency means the need for a finer mesh. A disadvantage of using a finer mesh is the growing computational effort. In this paper an automated optimized mesh generation and simulation is presented. The mesh is generated frequency dependent with in addition an algorithm that aligns the mesh of the separate surfaces in a most optimal way by taking the complete geometry into account to minimize the number of mesh nodes. The alignment algorithm not only minimizes the number of mesh parts for one surface, but also takes the alignment of adjacent surface meshes into account. A comparison is performed between boundary element simulations of a simple room geometry with a standard fixed mesh for the whole frequency range and the variable mesh method. The results are discussed with regard to the precision and the calculation time.

Mi. 8:40 A1 0-007

Numerische Akustik I

**Hierarchische Matrizen für die Helmholtzgleichung**Boris Dilba<sup>a</sup>, Otto von Estorff<sup>b</sup> und Olgierd Zaleski<sup>a</sup><sup>a</sup>Novicos GmbH; <sup>b</sup>TU Hamburg-Harburg

Die konventionelle Boundary-Element-Methode (BEM) zum Lösen der Helmholtzgleichung führt zu einem Gleichungssystem mit voll besetzten Systemmatrizen. Da die Speicherkomplexität für solche Matrizen  $O(n^2)$  beträgt und sie üblicherweise mit einem konventionellen direkten Verfahren der Komplexität  $O(n^3)$  gelöst werden, ist die Anzahl der Freiheitsgrade die limitierende Größe der konventionellen BEM. Schnelle BEM-Verfahren, wie das Verfahren der hierarchischen Matrizen (H-Matrizen) oder die Fast-Multipole-Methode (FMM), weisen eine quasi lineare Komplexität  $O(n \cdot \log(n))$  auf und erlauben den Einsatz von iterativen Lösern, so dass sogar Systeme mit mehreren Millionen Freiheitsgraden effizient gelöst werden können. Beim Verfahren der H-Matrizen werden Approximationen der Systemmatrizen erzeugt, die je nach verwendetem Blockapproximationsalgorithmus in Speicherbedarf und Rechenzeit variieren. In diesem Beitrag werden verschiedene Blockapproximationsalgorithmen für die H-Matrix BEM sowie deren Anwendung auf verschiedene Kernelfunktionen diskutiert. Unterschiedliche Kernelfunktionen resultieren aus dem Burton-Miller-Verfahren zur Vermeidung irregulärer Frequenzen für das Außenraumproblem oder durch das Einführen von Spiegelebenen. Mit steigender Anzahl von Freiheitsgraden verschlechtert sich die Kondition der Systemmatrizen, so dass iteratives Lösen für manche Problemstellungen nicht mehr effizient bzw. nicht mehr möglich ist. Hier bietet die Arithmetik der H-Matrizen eine interessante Möglichkeit mit einem Präkonditionierer das Konvergenzverhalten des Lösers zu verbessern. Die Effektivität der Algorithmen wird anhand verschiedener Beispiele verdeutlicht.

Mi. 9:00 A1 0-007

Numerische Akustik I

**Krylov-Unterraumverfahren mit Subspace Recycling zur Beschleunigung der Fast-Multipole-Boundary-Elemente-Methode**Sören Keuchel<sup>a</sup>, Otto von Estorff<sup>a</sup>, Jan Biermann<sup>b</sup> und Malte Gehlken<sup>a</sup><sup>a</sup>TU Hamburg-Harburg; <sup>b</sup>BMW Group, Abt. Akustik und Schwingungen

Die Verwendung der Fast-Multipole-Boundary-Elemente-Methode (FM-BEM) ermöglicht eine effiziente Lösung der Helmholtz-Gleichung. Hierfür werden die Matrix-Vektor-Produkte innerhalb eines iterativen Gleichungslösers approximiert. Dies erlaubt die schnelle Lösung eines linearen Gleichungssystems mit quasi-linearer Komplexität und die entstehende Lösung wird dabei mit Hilfe von Krylov-Unterräumen dargestellt. Im Frequenzbereich wird häufig eine große Sequenz von linearen Gleichungssystemen untersucht. Eine allgemeine Herangehensweise ist die unabhängige Lösung für jeden Frequenzschritt mit Verfahren, wie zum Beispiel GMRES. Die Idee des Subspace Recycling ist die Wiederverwendung von Informationen aus dem vorherigen Lösungsprozess. Ein

GCR Algorithmus bietet hierbei den Rahmen für den Transfer der Informationen und kann je nach Auswahl der wiederverwendeten Unterräume spezialisiert werden. Dies führt in den folgenden Lösungsprozeduren zu einer verbesserten Konvergenz. Die Wirksamkeit des Subspace Recycling in Kombination mit der FMBEM konnte bereits durch vorherige Analysen bestätigt werden. Dieser Beitrag befasst sich nun mit neuen Möglichkeiten der Auswahl dieser Unterräume. Erste Untersuchungen zur Effizienz zeigen eine Reduzierung der Anzahl von Matrix-Vektor-Produkten für einen Frequenzschritt um bis zu 70%.

---

Mi. 9:20 A1 0-007

Numerische Akustik I

### **Dämpfungsmodellierung und Stabilitätsverhalten in der transienten Randelemente Methode**

Daniel Ernst

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

Mithilfe der Randelementemethode im Zeitbereich (TD-BEM) können transiente Probleme auch für Innenräume gelöst werden. Für eine Anwendung in z.B. der Raumakustik ist eine geeignete Beschreibung der absorbierenden Materialien nötig. Die Impulsantwort eines Raumes kann mit einer Simulation berechnet werden, welche den gesamten Frequenzbereich abdecken. Dies ist insbesondere für lange Impulsantworten vorteilhaft. Aufbauend auf der BEMacoustics MATLAB Toolbox wurden Ansätze für die Modellierung von Dämpfung im Innenraum entwickelt. Einfache frequenzunabhängige Ansätze mit einer reellen Impedanz werden bezüglich der Stabilität untersucht und mit analytischen sowie experimentellen Testfällen verglichen. Für eine frequenzabhängige Modellierung der Impedanz werden kurze FIR-Filter verwendet. Hierbei kann auch eine komplexe Impedanz verwendet werden.

---

Mi. 9:40 A1 0-007

Numerische Akustik I

### **Bestimmung der Einfügedämmung von Lärmschutzwänden mit besonderer Geometrie**

Holger Waubke und Christian Kasess

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

Mittels der Randelemente Methode werden im Rahmen eines von der FFG in Österreich geförderten Projektes die Einfügedämmung von Lärmschutzwänden mit besonderer Geometrie untersucht. Dabei werden insbesondere auch das T-Profil und gekrümmte Profile berücksichtigt. Im Rahmen der Untersuchungen ergaben sich einige Probleme, die Untersuchungen mittels dreidimensionaler Simulationen erfordern. Dies sind insbesondere die Reduktion des Interferenzmusters mittels inkohärenter Quellen und die Bestimmung des Einfügedämmmaßes bei schrägen Schalleinfall. Im Rahmen des Vortrages werden Ergebnisse dieser Untersuchungen vorgestellt. Es werden auch die Ergebnisse für eine Punktquelle in einer dreidimensionalen Simulation mit den Ergebnissen für eine Linienquelle in einer zweidimensionalen Simulation miteinander verglichen.

Mi. 10:20 A1 0-007

Numerische Akustik I

**Rayleigh integral based prediction of structure-borne sound in medium-sized rooms with non-homogeneous absorption**Attila Balazs Nagy<sup>a</sup>, Tamás Mócsai<sup>a</sup>, Péter Fiala<sup>b</sup> und Fülöp Augusztinovicz<sup>b</sup><sup>a</sup>*Budapest University of Technology; b Budapest University of Technology, Laboratory of Acoustics*

There are several methods for predicting structure-borne sound. Deterministic numerical methods are computationally demanding and therefore are mainly used in the lower frequency range in practice. New alternative methods have been found to be more efficient in certain applications, eg. Spectral FEM (S-FEM), Wave Based Technique (WBT), Fast Multipole BEM (FM-BEM), or Rayleigh integral based formulations.

A Rayleigh integral based method (ForREst) for predicting structure-borne sound was introduced earlier. The method was verified by means of reference BEM calculations and measurements. These verifications were restricted to small rooms and to homogeneous absorption distribution only, whereas non-homogeneous absorption with high damping values in medium-sized rooms ( $kD < 200$  typically) result in a more spatial dependent sound field.

In this paper the Rayleigh-based method (ForREst) is further evaluated. Its applicability, convergence and limitations for medium-sized rooms with walls of non-homogeneous absorption distribution is examined. The calculations are performed with a re-structured Rayleigh based method where a refined, more accurate numerical integration core is employed. Results are compared to BEM and WBT calculations applied to the same problems.

Mi. 10:40 A1 0-007

Numerische Akustik I

**Space-Mapping für die Optimierung in der Innenraumakustik**Gesche Fender<sup>a</sup>, Steffen Marburg<sup>b</sup> und Fabian Duddeck<sup>a</sup><sup>a</sup>*TU München; b Universität der Bundeswehr München*

Durch steigende Rechenleistung wurde es möglich, immer komplexe Modelle zu optimieren, beispielsweise Finite-Elemente-Modelle. Allerdings stellt die Rechenzeit weiterhin einen stark begrenzenden Faktor dar, gerade wenn ein globales Optimum in einem hochdimensionalen Designraum gesucht wird. Um trotzdem die Genauigkeit eines komplexen FE-Modells in einer aufwendigen Optimierung nutzen zu können, werden Verfahren der Multi-Fidelity-Optimierung genutzt. Dabei wird ein vereinfachtes Ersatzmodell (Grobmodell) hinzugezogen, um die Anzahl der Evaluierungen des komplexen Modells (Feinmodell) zu reduzieren. In der hier angewandten Space-Mapping-Methode geschieht dies dadurch, dass zuerst das Optimum des groben Modells ermittelt wird. In weiteren Schritten wird dann ein Mapping zwischen diesem und dem feinen Modell aufgebaut, wobei dazu wieder eine Optimierungsaufgabe bezüglich des groben Modells zu lösen ist. In der vorliegenden Arbeit

wird die Space-Mapping-Methode dazu eingesetzt, den mittleren Schalldruck in einem Kontrollvolumen im Innenraum zu minimieren. Das Feinmodell bildet dabei die voll gekoppelte FEM-Simulation des mit Luft gefüllten Innenraums und der umliegenden Wände. Als Grobmodell dient eine Antwortfläche, welche anhand einer Stichprobe des Feinmodells erstellt wird. Mit Hilfe der Space-Mapping-Methode wird die hinsichtlich des Schalldrucks im Kontrollvolumen optimale Positionierung einer zusätzlichen Platte auf einer der Wände bestimmt.

---

Mi. 11:00 A1 0-007

Numerische Akustik I

### **Effiziente Berechnung der Transmissionsgrade von Einwand- und Doppelwand-Systemen in der FEM**

Martin Abele und Otto von Estorff

*TU Hamburg-Harburg*

Akustischer Komfort hat in der Automobil- und in der Luftfahrt-Industrie eine große Bedeutung. Dabei spielt Lärm, der durch turbulente oder diffuse Schallfeldanregung verursacht und über die Struktur in den Innenraum transmittiert wird, bei der zunehmenden Verwendung von Leichtbaumaterialien eine immer wichtigere Rolle. Um die Transmissionseigenschaften von Wandstrukturen charakterisieren zu können, wird in der Regel der Transmissionsgrad verwendet, welcher mit Hilfe der FEM berechnet werden kann. Die stochastischen Eigenschaften der Anregung und die Berechnung der abgestrahlten Leistung können in der FEM leicht zu einem hohen numerischen Berechnungsaufwand führen. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich daher mit der effizienten Berechnung von Transmissionsgraden bei Einwand- und Doppelwand-Systemen. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der effizienten Behandlung der Anregungsfelder mit Hilfe von Sampling-Methoden und der effizienten Bestimmung der abgestrahlten Leistung mit Hilfe von Methoden, die auf einer Lösung des Rayleigh-Integrals basieren.

---

Mi. 11:20 A1 0-007

Numerische Akustik I

### **Numerische Untersuchung von aktiven Randabschlüssen**

Alexander Schulz, Manuel Baschke und Delf Sachau

*Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg*

Für die akustische Auslegung von Flugzeugen ist die Transmission des auf den Rumpf einwirkenden externen Schalldruckes in die Kabine von besonderem Interesse. Dazu berücksichtigt man das Schwingungsverhalten elastischer Strukturelemente in einer frühen Phase der Konstruktion. Es wird dabei angestrebt, die zu untersuchenden Strukturelemente entsprechend den im Flugzeug vorherrschenden Bedingungen zu lagern. Das Ziel dieser Untersuchung ist die strukturdynamische Analyse der benötigten Randabschlüsse, um die Schwingungsmoden in einer Substruktur nachzubilden. Dazu wird ein FEM-Modell einer Plattenstruktur mit einer Substruktur erstellt, um geeignete Positionen der Sensoren und Aktoren zur Realisierung des Randabschlusses in der Substruktur numerisch zu ermitteln.

Mi. 11:40 A1 0-007

Numerische Akustik I

**Die Energie-Finite-Elemente-Methode zur Anwendung im Schiffbau**

Bernd Stritzelberger und Otto von Estorff

TU Hamburg-Harburg

Numerische Simulationen zur Untersuchung dynamischer Eigenschaften von Systemen sind ein wichtiger Bestandteil im modernen Entwicklungsprozess unterschiedlichster ingenieurtechnischer Bereiche. Weitverbreitet findet hierzu häufig die klassische Finite-Elemente-Methode (FEM) Anwendung. Im operativen Schiffbau ist der Einsatz dieser Methode bei der Betrachtung ganzheitlicher Strukturen jedoch auf den niederen Frequenzbereich beschränkt. Eine mit der Frequenz steigende Zahl der Freiheitsgrade und damit verbunden eine stark steigende Rechenzeit stehen im Widerspruch zu den Anforderungen im Entwurfsprozess.

Um die effektive Anwendung numerischer Berechnungen großer Strukturen auf den höheren Frequenzbereich zu erweitern, wird die Energie-Finite-Elemente-Methode (EFEM) untersucht. Dieses gitterbasierte Verfahren approximiert wellenbasierte Energieflossgleichungen zur Lösung vibro-akustischer Fragestellungen. Die Möglichkeit frequenzunabhängige Rechengitter zu verwenden erlaubt den Einsatz dieser Methode über einen breiten Frequenzbereich bei gleichbleibendem Berechnungsaufwand und Detailgüte. Ergebnisse von grundlegenden Untersuchungen zur EFEM, sowie Resultate der Analyse von schiffbau-typischen Teilstrukturen werden vorgestellt. Der Vergleich zu klassischen FEM-Berechnungen diskutiert die methodischen Eigenheiten der EFEM und ihre Anwendbarkeit im Schiffbau.

Mi. 12:00 A1 0-007

Numerische Akustik I

**Schallabstrahlung mit der Energie-Finite-Elemente-Methode**Marius Karger<sup>a</sup> und Otto von Estorff<sup>b</sup><sup>a</sup>Novicos GmbH; <sup>b</sup>TU Hamburg-Harburg

Durch immer höhere Anforderungen an die Akustik in der Luft- und Schifffahrtsindustrie gewinnt die numerische Simulation von Körperschallausbreitung und Schallabstrahlung auch in diesen Branchen an Bedeutung. Zahlreiche Flugzeug- oder Schiffsstrukturen sind aufgrund der räumlichen Ausmaße mit etablierten Methoden wie der Finite-Elemente-Methode oder der Randelemente-Methode im mittleren und hohen Frequenzbereich aufgrund des hohen numerischen Aufwandes nicht mehr simulierbar. Eine Alternative für diesen Anwendungsbereich ist die Energie-Finite-Elemente-Methode, welche auf einer Leistungsbilanz basiert und als Lösungsfunktionen zeitlich und räumlich gemittelte Energiedichten hat. Diese Funktionen sind keine Wellenfunktionen, wie die Verschiebungen und Drücke der oben genannten etablierten Verfahren, sondern fallende Exponentialfunktionen. Auf diese Leistungsbilanz wird der Finite-Elemente-Ansatz angewendet, wobei aufgrund der großen Diskretisierung des Berechnungsgebietes der numerische Aufwand

erheblich reduziert werden kann. In diesem Beitrag wird die Energie-Finite-Elemente-Methode bezüglich der Anwendbarkeit auf komplexe, in der Schifffahrt übliche Geometrien untersucht. Hierbei liegt der Fokus auf der Analyse einflussreicher Parameter zur Simulation der Schallabstrahlung.

Mi. 12:20 A1 0-007

Numerische Akustik I

### **Ein hybrider FEM/SEA Ansatz zur Prognose der Schallübertragung an Bauteilstößen**

Christoph Winter<sup>a</sup>, Martin Buchschmid<sup>a</sup>, Simon Mecking<sup>b</sup>, Gerhard Müller<sup>a</sup> und Ulrich Schanda<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*TU München*; <sup>b</sup>*HS Rosenheim*

Für einen Einsatz leichter Massivholzkonstruktionen im Geschosswohnungsbau sind die methodischen Grundlagen für die Planung des erforderlichen Luft- und Trittschallschutzes weiterzuentwickeln. Hierfür ist insbesondere die Vorhersage der Schallübertragung an Bauteilstößen notwendig. Im tiefen Frequenzbereich ist die Finite Elemente Methode (FEM) für Prognosen geeignet. Für zunehmende Frequenzen nimmt die modale Dichte zu, wodurch die klassische FEM aufgrund des Diskretisierungsaufwandes und der Sensitivität der Ergebnisse an Grenzen stößt und die Anwendung statistischer Methoden möglich wird. Die Statistische Energie Analyse (SEA) liefert bspw. robuste Ergebnisse, erlaubt aber nur eine eingeschränkte Ortsauflösung (Subsystemdefinition). Bei der Prognose für die o.g. Strukturen werden im "Mid Frequency Gap" zwischen FEM und SEA die Mittelungsmethoden der SEA in der Auswertung der FEM eingesetzt, was zu robusten Ergebnissen führt und mit einer größeren Freiheit bei der Subsystemdefinition und damit einer besseren räumlichen Auflösung einhergeht. Mit dieser Hybridmethode können die Energieflüsse zwischen den einzelnen Bauteilen, auch für den mittleren Frequenzbereich, in Form von Energieeinflusskoeffizienten bestimmt werden. Sofern die Voraussetzungen der SEA gegeben sind, können daraus die Dämpfungs- und Kopplungsverlustfaktoren zwischen Bauteilen berechnet werden. Die Ergebnisse basieren auf dem aktuellen Stand des DFG-AIF Forschungsvorhabens "Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten", das gemeinsam von TU München, Hochschule Rosenheim und ift Rosenheim durchgeführt wird.

Mi. 12:40 A1 0-007

Numerische Akustik I

### **Analytical Analysis of an Uncertain Acoustic System with Tonal Excitations**

Samira Mohamady und Michael Vorländer

*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

In this contribution we study the influence of tonal excitation signals on an acoustic system with uncertain boundary conditions. The system is a rectangular enclosure with interior sound source and receiver. We determine the uncertainty of the output signal by introducing a set of complex

boundary impedances. The input signals are sound tonal excitation with added background white noise and also a sample of engine noise during a run-up. The system reacts with respect to these excitations, and the uncertainty of the output signal is calculated and discussed for various applications in condition monitoring and sound design. Finally we consider the psychoacoustic aspects of the analysis with deriving the level and loudness parameters.

### Sitzung „Numerische Akustik II“

---

Mi. 15:40 A1 0-007

Numerische Akustik II

#### FEM/ FMBEM Coupling for Structural-Acoustic Design Sensitivity Analysis

Leilei Chen<sup>a</sup>, Haibo Chen<sup>b</sup> und Steffen Marburg<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universität der Bundeswehr München; <sup>b</sup>University of Science and Technology of China

Passive noise control by modification of structure geometry moves more and more into the field of vision for designers. Structural-acoustic optimization shows high potential in minimization of radiated noise especially for thin shell geometries. Acoustic design sensitivity analysis can provide information on how the geometry change affects the acoustic performance of the given structure. So, it is an important part of the acoustic design and optimization processes. But the sensitivity analysis of the structural-acoustic interaction based on a FEM/Conventional BEM algorithm represents the bottleneck in computation efforts. However, the fast multipole boundary element method (FMBEM) can be applied effectively to accelerate the matrix-vector product. In this paper, the coupling algorithm FEM/FMBEM is applied to the structural-acoustic sensitivity analysis based on direct differentiation method.

---

Mi. 16:00 A1 0-007

Numerische Akustik II

#### Schalldämmung profiliertter Platten

Rafael Piscoya<sup>a</sup>, Martin Ochmann<sup>a</sup>, Yohko Aoki<sup>b</sup> und Waldemar May-senhölder<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Beuth Hochschule für Technik Berlin; <sup>b</sup>Fraunhofer-Inst. für Bauphysik  
In einer früheren Arbeit wurde die Schalldämmung profiliertter Platten unter Verwendung einer kombinierten BEM-FEM-Methode bestimmt. Um das Modell zu vereinfachen, wurden die Platten in einer schallharten Wand angebracht und die Wirkung von Sende- und Empfangsraum durch ein diffuses Feld bzw. Absorption modelliert. Damit vermeidet man, die Räume in das BE-Modell explizit einzufügen. Das diffuse einfallende Schallfeld wurde durch eine Reihe von unkorrelierten ebenen Wellen angenähert, und es wurden keine Reflexionen im Empfangsraum berücksichtigt. Die Rechnung wurde für jede einfallende Welle einzeln durchgeführt. Die gesamte einfallende bzw. übertragene Leistung

ergibt sich dann als Summe der Beiträge der einzelnen Wellen. Bei Messungen haben aber die Räume einen Einfluss auf die Ergebnisse, insbesondere bei tieferen Frequenzen. In der vorliegenden Arbeit werden die Sende- und Empfangsräume in den numerischen Simulationen berücksichtigt. Die Ergebnisse der Simulationen des gesamten Prüfstandes werden mit den Ergebnissen des vereinfachten Modells verglichen. Zwei Arten von Wandabsorption werden berücksichtigt: ein konstanter Wert für alle Frequenzen und frequenzabhängige Werte. Außerdem wurden zwei Anordnungen der Räume untersucht: eine ohne Nische und eine zweite mit einer Nische, um den sogenannten "Nischen-Effekt" zu studieren. Schließlich werden die Simulationen mit Messungen, die im Fensterprüfstand am IBP in Stuttgart durchgeführt wurden, verglichen.

---

Mi. 16:20 A1 0-007

Numerische Akustik II

### **Influence of porous materials on structure-borne sound in aircraft application**

Katherina Rurkowska, Silja C. Beck und Sabine Langer

*TU Braunschweig*

As part of the project *Sonderforschungsbereich 880* "Fundamentals of High Lift for Future Civil Aircraft", porous materials are used in the high-lift configuration to mitigate the flow noise and influence the structure-borne sound. In this work the influence of porous materials on structure-borne sound is demonstrated. Different porous materials are considered. A simplified wing segment serves as study example. In order to simulate their behavior the Biot model is used. This model offers a complete description of the porous material, taking into account the solid and the fluid phases and the interaction between them. The simulations are carried out with an in-house code using the Finite Element Method.

---

Mi. 16:40 A1 0-007

Numerische Akustik II

### **Noise-shield with membrane-type metamaterials for low-frequency sound insulation. Part I: Analytical investigation of the multi-layered assembly**

Felix Langfeldt<sup>a</sup>, Polina Marinova<sup>b</sup>, Wolfgang Gleine<sup>a</sup>, Otto von Estorff<sup>b</sup> und Stephan Lippert<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg;* <sup>b</sup>*TU Hamburg-Harburg*

For the propulsion of future aircraft generations, the counter-rotating open-rotor (CROR) is a significantly more eco-efficient alternative to today's turbofan technologies. One major drawback of CROR-engines, however, is the high-amplitude low-frequency noise generated by the propellers. To reduce aircraft interior noise, a noise-shield can be mounted on the fuselage of the aircraft, but in the low-frequency range traditional sound attenuation means (e.g. double-wall structures) typically require, contrary to the design philosophy of aeronautics, relatively high masses and/or large panel gaps filled with damping materials. In the present

contribution, an innovative noise-shield design concept especially for attenuating the dominating low-frequency tonal CROR-noise is proposed and analyzed. The concept incorporates several layers of membrane-like acoustic metamaterials, which promise a high transmission loss at lower frequencies without adding too much mass to the structure. To protect the fragile membranes from environmental conditions, the layer array is mounted between two face sheets in a double-wall-like design. In part I of the contribution, an analytical method is presented to estimate the transmission loss of such kind of design. These predictions are validated using experimental and numerical results. Finally, in part II, the transmission loss of a full-scale prototype of the noise-shield is evaluated numerically.

---

Mi. 17:00 A1 0-007

Numerische Akustik II

**Noise-shield with membrane-type metamaterials for low-frequency sound insulation. Part II: Numerical investigation of the full-scale acoustic panel assembly**

Polina Marinova<sup>a</sup>, Felix Langfeldt<sup>b</sup>, Otto von Estorff<sup>a</sup>, Stephan Lippert<sup>a</sup> und Wolfgang Gleine<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*TU Hamburg-Harburg; <sup>b</sup>Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg*

In the context of a counter-rotating open-rotor aircraft design a need of measures for reducing high-amplitude low-frequency noise, generated by the propellers arises. Considering the traditional sound attenuation techniques at low frequencies, the lightweight requirements for a fuselage mounted noise-shield cannot be satisfied. To challenge this problem, new generations of metamaterials have emerged as a potential solution for sound attenuation well beyond the limit of the conventional acoustical mass law. Locally resonant acoustic materials of membrane-type with negative dynamic mass are recently reported being able to increase sound transmission loss significantly when compared to the prediction of the corresponding acoustic mass law. Based on the analytical results obtained for a single-celled multi-layer arrangement in part I of the contribution, series of numerical investigations were performed aiming to verify the adequacy of the material arrangement as a middle layer of a double panel structure within a low frequency noise protection shield. The sound transmission loss calculations are carried out for structures with different complexity and with varying parameters. The modal dominance analysis technique has been studied as an approach for model reduction motivated by the finding of a strong influence of the vibration eigenmodes over the metamaterial sound transmission behavior.

---

Mi. 17:20 A1 0-007

Numerische Akustik II

### **Model-Updating unter Verwendung von Response Surfaces**

Simon Stahl und Otto von Estorff

*TU Hamburg-Harburg*

Das dynamische Verhalten eines Bauteils beeinflusst dessen akustische Eigenschaften signifikant. Für die Untersuchung der Dynamik werden sowohl experimentelle Versuche als auch Simulationsrechnungen, z.B. mithilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM), durchgeführt. Parameterunsicherheiten in der Simulation, bedingt durch fehlende Materialdaten und Geometrieabmessungen, sowie Fehler in der Messwertaufnahme führen dabei zu Abweichungen zwischen dem dynamischen Verhalten der realen Struktur und des Finite-Elemente-Modells. Bei zu großen Abweichungen ist eine Änderung des Simulationsmodells (Model-Updating) erforderlich, welche mit einer Anpassung von Modellparametern verbunden ist. Die Anzahl der Auswertungen von unterschiedlichen Parameterkombinationen, die im Rahmen des Updatingprozesses zur Findung der bestmöglichen Lösung erforderlich sind, können nur unzureichend abgeschätzt werden. Dies führt in der Regel zu hohen Berechnungszeiten, was die Effizienz des Updatings stark herabsetzt. Mithilfe der Response-Surface-Methode besteht die Möglichkeit, den Wirkzusammenhang zwischen Modellparametern und Zielgrößen mit einer zuvor definierten Anzahl an Einzelrechnungen zu approximieren. Das Updating erfolgt dann anhand der erzeugten Approximationsfunktion, deren Auswertung mit einem sehr geringen Zeitaufwand verbunden ist. Im Rahmen des Vortrags wird ein Model-Updating für ein einfaches Flugzeugpaneel unter Verwendung der Response-Surface-Methode vorgestellt.

---

Mi. 17:40 A1 0-007

Numerische Akustik II

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

### **Sitzung „Numerische Akustik (Poster)“**

---

Mittwoch

Numerische Akustik (Poster)

#### **Numerische Simulation von Schwappen und Schwappgeräuschen bei generischen Fahrzeugtanks**

Iris Pantle<sup>a</sup>, Balazs Pritz<sup>b</sup> und Carlos Falquez<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*EXIST-Projekt SiFloA; <sup>b</sup>Karlsruher Inst. f. Technologie, FG Strömungsmaschinen*

Schwappgeräusche von Kraftstofftanks in hybriden Fahrzeugen stellen gegenüber Fahrzeugen mit konventionellem Verbrennungsmotor ein ernstzunehmendes Problem dar. Sobald andere Lärmquellen wegfallen - z.B. wenn das Fahrzeug abrupt abgebremst wird, zum Stehen kommt und der Verbrennungsmotor abschaltet - treten die Schwappgeräusche

deutlich hervor und beeinträchtigen das Komfort-Empfinden der Fahrzeuginsassen. Für die Hersteller von Tanks erzeugt dies einen Wettbewerb, wobei die bautechnische Optimierung hauptsächlich experimentell, jedoch kaum mit Hilfe numerischer Schwapp- und Lärmprognose-Werkzeuge durchgeführt wird. Die numerischen Simulationsverfahren (Computational Fluid Dynamics/CFD, Fluid-Struktur-Interaktion) sind zeitaufwändig und werden daher nur im Einzelfall durchgeführt. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der vereinfachten Modellierung von Schwappgeräuschen anhand von CFD-Simulationen in Kombination mit Modalanalysen. Dabei wird für einen generischen Tank ein standardisiertes Fahr- und Abbremsverhalten numerisch untersucht und die Schallabstrahlung prognostiziert. Erste Validierungen mit experimentellen Messungen werden dargestellt.

---

Mittwoch

Numerische Akustik (Poster)

**Resonanzen und Dämpfungseigenschaften offener Hohlräume**Stefanie Retka*TU Clausthal, Inst. f. Mechanik*

Der erste Mode eines Fluids in einem geschlossenem Raum entspricht der Starrkörperbewegung. Erzeugt man nun ein winziges Loch in einer der Wände hat dies einen signifikanten Einfluss auf diesen Mode, welcher von Null sprunghaft ansteigt. Dieser Anstieg ist auch von der Wanddicke des Raumes abhängig. Der genaue Einfluss einer zunehmenden Lochgröße sowie einer veränderlichen Wanddicke auf diese Eigenfrequenz und die Dämpfungseigenschaften des Modes werden präsentiert. Zusätzlich wird der Vergleich zum Helmholtzresonator aufgezeigt und die Schallleistung des Systems sowie der Dämpfungsgrad ermittelt.

**Sitzung „Gehörmodellierung“**

Mi. 8:00 A1 0-008

Gehörmodellierung

**Spontane Otoakustische Emissionen - generiert durch aktive Oszillatoren gruppiert in Frequenzplateaus**Bastian Epp<sup>a</sup>, Hero Wit<sup>b</sup> und Pim van Dijk<sup>b</sup><sup>a</sup> Technical University of Denmark; <sup>b</sup> University Medical Center Groningen, Dept. of Otorhinolaryngology

Spontane Otoakustische Emissionen sind Schallsignale messbar im Innenohr von Säugetieren, generiert durch spontane Aktivität im Inneohr. Während der genaue Entstehungsprozess unklar ist, wird angenommen, dass der aktive Prozess in der Cochlea ein wichtiger Faktor in der Entstehung von SOAEs ist. Kohärente Reflexionen der Wanderwelle entlang der Basilmembran und dadurch entstehende stehende Wellen wurden als Mechanismus vorgeschlagen. Die Energie der stehenden Welle wird zum Teil durch das Mittelohr in den Ohrkanal emittiert und ist dort als SOAE messbar. Kürzlich wurde gezeigt, dass eine einfache Anordnung aktiver gekoppelter Oszillatoren sich in Frequenzplateaus in

einem bevorzugen Frequenzabstand ähnlich zu SOAEs gruppiert. Diese Gruppierung sowie nichtlineare Effekte wie Phasensynchronisation sind Eigenschaften die sowohl in Messungen zu SOAEs als auch in Modellansätzen gefunden werden. In der vorliegenden Studie wird untersucht, inwiefern Frequenzplateaus in einem nichtlinearen und aktiven "Transmissionline"-Modell der Cochlea auftreten welches in der Lage ist unter anderem realistische SOAEs zu simulieren und ob diese Gruppierung in Frequenzplateaus der Generierung von SOAEs zugrunde liegende Mechanismus sein kann. Sowohl die Simulationen mit einer Anordnung gekoppelter aktiver Oszillatoren als auch die mit dem vollständigen Modell der Cochlea zeigen Charakteristika von Wanderwellen und Synchronisation sowie spontane Oszillationen. Es wird diskutiert inwiefern die Ergebnisse mit der Theorie kohärenter Reflexionen kompatibel sind.

Mi. 8:20 A1 0-008

Gehörmodellierung

### **Spontane otoakustische Emissionen werden durch aktive Haarbündel erzeugt**

Herbert Hudde und Sebastian Becker

*Institut für Kommunikationsakustik, Ruhr-Universität Bochum*

Spontane otoakustische Emissionen (SOAE) sind Schallaussendungen aus der Cochlea, die im Gehörgang ein nahezu frequenzdiskretes Spektrum hervorrufen. Es bestehen kaum Zweifel, dass aktive Prozesse in der Cochlea daran beteiligt sind. Dabei scheint sich die Vorstellung durchzusetzen, dass SOAE selbsterhaltende Grenzzyklus-Schwingungen sind, die mit stehenden Wellen auf der Basilarmembran in Verbindung stehen. Diese Interpretation wird durch theoretische Überlegungen und Modellergebnisse unterstützt. In der hier vorgestellten Untersuchung wird ebenfalls ein Modell benutzt, das jedoch im Gegensatz zu anderen Modellen nur Elemente enthält, die explizit bestimmten physiologischen Gegebenheiten des peripheren Gehörs, insbesondere der Cochlea, entsprechen ("physiologie-nahe Modell"). In Übereinstimmung mit den zitierten Vorstellungen erklärt das Modell SOAE mit Grenzzyklen. Diese treten nur auf, wenn Modellparameter der Cochlea als Funktion des Ortes nicht ideal glatt verlaufen. Es muss "Parameterrauigkeit" hinzugefügt werden, um zusätzliche Reflexionen hervorzurufen. Weiterhin benötigt man zwingend Nichtlinearitäten mit Sättigungscharakteristik. Es stellt sich heraus, dass die Kennlinien der äußeren Haarzellen zwar zu SOAE-ähnlichen Schallaussendungen mit Linienspektrum führen, jedoch mit zu hohen Pegeln. Um korrekte SOAE-Pegel einzustellen, benötigt man weitere nichtlineare Elemente, die bereits bei niedrigeren Pegeln in die Sättigung gehen. Eine naheliegende Hypothese besteht darin, die zweite Nichtlinearität aktiven Haarbündeln (Cilien) zuzuordnen.

Mi. 8:40 A1 0-008

Gehörmodellierung

**Einstellung eines cochleären Verstärkers mit Cortiresonator, äußeren Haarzellen und aktiven Haarbündeln**

Sebastian Becker und Herbert Hudde

*Institut für Kommunikationsakustik, Ruhr-Universität Bochum*

Modellierte man einen cochleären Verstärker, so reichen äußere Haarzellen alleine nicht aus um spontane otoakustische Emissionen (SOAE) mit typischen Pegeln zu erzeugen. Um korrekte SOAE-Pegel zu erzeugen wurden aktive Haarbündel vorgeschlagen, die bei niedrigeren Pegeln als äußere Haarzellen in die Sättigung gehen. In diesem Beitrag geht es um die Einstellung und Realisierung aktiver Haarbündel in einem "physiologie-nahen" Modell. Der cochleäre Verstärker wird mittels äußeren Haarzellen realisiert, die auf den Cortiresonator arbeiten. Die aktiven Haarbündel werden als zusätzliche verstärkende Elemente mit einfachen Sättigungskennlinien modelliert, die ebenfalls auf den Cortiresonator wirken. Vereinfachend wird ihre Auslenkung zu denen der äußeren Haarzellen addiert. Das wesentliche Problem liegt darin, eine Einstellung zu finden, die eine Kombination von typischen Datensätzen gleichzeitig erfüllt. Zur Abstimmung der Verstärkung von äußeren Haarzellen und aktiven Haarbündeln werden transitorisch evozierte otoakustische Emissionen (TEOAE), Tuningkurven und SOAE herangezogen. TEOAE mit typisch einsetzender Sättigung und Pegeln können nur dann erzielt werden, wenn die äußeren Haarzellen weitgehend alleine eine Verstärkung von 50-60dB leisten. Um bei einer derartigen Verstärkung gleichzeitig die SOAE-Pegel zu beschränken, müssen die aktiven Haarbündel sehr früh in die Sättigung gehen. Sie können daher nicht zusätzlich zur Verstärkung beitragen.

Mi. 9:00 A1 0-008

Gehörmodellierung

**A Human Auditory Brainstem Response Model and its Applications for Studying Hearing Impairment**Sarah Verhulst<sup>a</sup>, Hari Bharadwaj<sup>b</sup>, Christopher Shera<sup>c</sup> und Barbara Shinn-Cunningham<sup>b</sup><sup>a</sup>*CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik; <sup>b</sup>Boston University; <sup>c</sup>Harvard Medical School*

Human auditory brainstem responses (ABRs) are sound-evoked electrical potentials recorded from the scalp. ABRs reflect responses from populations of neurons in auditory nerve (AN; ABR wave-I), cochlear nucleus (CN; ABR wave-III), and inferior colliculus (IC, ABR wave-V). Current functional models of the AN, CN and IC capture the phase-locking, rate-level, and adaptation properties observed in single-unit recordings, but fail to account for the fact that the latency of the ABR wave-V response to a broadband input decreases as stimulus level increases (by 2 about ms for a 40 dB intensity increment). Here, a human auditory brainstem response model is presented that accounts for how contributions from different critical frequencies interact as a function of level.

The model simulates brainstem responses to broadband stimuli, using a transmission-line representation of cochlear processing (Verhulst et al., 2012), and existing models of AN (Heinz et al. 2001; Zilany et al. 2006, 2009), CN and IC (Nelson and Carney, 2004). Because both the auditory filter bandwidth and the number of auditory nerve fibers can be adjusted to match specific auditory profiles, this model is well suited to simulate how various forms of hearing impairment affect brainstem responses.

Mi. 9:20 A1 0-008

Gehörmodellierung

### **Emphasis of Carrier ITD Information During the Rising Segments of Amplitude Modulated Sounds and its Absence for the Transposed Counterpart**

Mathias Dietz<sup>a</sup>, Torsten Marquardt<sup>b</sup> und David McAlpine<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*CvO Universität Oldenburg;* <sup>b</sup>*UCL Ear Institute, London*

Recently, employing a novel stimulus in which sound amplitude and interaural phase difference (IPD) are modulated with a fixed mutual relation, we demonstrated that the human auditory system utilizes interaural timing differences in the temporal fine-structure only during the rising portion of each modulation cycle (Dietz et al., Proc. Natl. Acad. Sci., 2013). These stimuli, amplitude modulated binaural beats (AMBBs), possess temporal and interaural properties typical of reverberant speech, but are well parameterized. Our previous study examined sensitivity of human listeners to IPDs conveyed at a 500-Hz carrier frequency. The current psychoacoustic study investigates from where IPD information is extracted when the AMBB is transposed to 4 KHz. Transposed AMBBs are expected to mimic the temporal and interaural cues accessible to cochlear implant users when listening to speech or music in reverberant environments. Data from transposed AMBBs do not reveal a strong dominance of the rising slope segment, but rather an averaging of IPDs across the entire AM cycle. The data are discussed as a challenge to binaural models that are commonly based on the Colburn and Esquissaud hypothesis and do not predict this difference.

Mi. 9:40 A1 0-008

Gehörmodellierung

### **Modellierung spektraler Verarbeitungsmechanismen zur Schallquellenlokalisierung in Sagittalebenen**

Robert Baumgartner, Piotr Majdak und Bernhard Laback

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

Schallquellenlokalisierung in Sagittalebenen basiert auf der Auswertung von monauralen spektralen Merkmalen und inkludiert sowohl die Schätzung der vertikalen Position einer Quelle als auch die Unterscheidung zwischen Vorne und Hinten. Neurophysiologische Studien bei Katzen zeigten, dass neuronale Netzwerke im hinteren Schneckenkern des Hirnstamms (eng.: dorsal cochlear nucleus, DCN) wichtig sind für die Dekodierung der spektralen Merkmale. Um die Auswirkung des DCN

auf Schallquellenlokalisierung in Sagittalebenen zu untersuchen, wurde ein probabilistisches Lokalisationsmodell verwendet, das eine DCN-Approximation als explizite Modellkomponente enthält. Im Lokalisationsmodell werden einfallende Schallsignale auf der Basis monauraler spektraler Merkmale mit intern gespeicherten Repräsentationen verglichen. Dabei wird die hörerspezifische, frequenzabhängige, akustische Filterwirkung von Oberkörper, Kopf und Außenohr (eng.: head-related transfer functions, HRTFs) berücksichtigt. Das Modell wurde hinsichtlich Effekten der Bandbegrenzung, der spektralen Kompression, der Verwendung nicht-individualisierter HRTFs, der spektralen Auflösung, der spektralen Welligkeit und der Abschwächung hochfrequenter Sprachkomponenten validiert. Modellvorhersagen mit DCN-Stufe zeigten deutlich bessere Übereinstimmung mit experimentellen Ergebnissen als ohne DCN-Stufe. Die Modellierungsergebnisse weisen darauf hin, dass der Dekodierungsmechanismus im DCN die Robustheit monauraler spektraler Merkmale gegenüber makroskopischen Veränderungen des Signalspektrums erhöht.

Mi. 10:00 A1 0-008

Gehörmodellierung

---

### **Wahrnehmung künstlich erzeugter Schallfelder**

Hagen Wierstorf<sup>a</sup>, Sascha Spors<sup>b</sup> und Alexander Raake<sup>a</sup>

<sup>a</sup> TU Berlin, Telekom Innovation Laboratories; <sup>b</sup> Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik

Die Schallfeldsynthese beruht auf dem physikalischen Prinzip, dass das Schallfeld in einem Zuhörerraum eindeutig durch den Schalldruck an seinem Rand bestimmt ist. In der Praxis wird versucht, den Schalldruck am Rand durch Lautsprecher zu steuern. Zur Berechnung entsprechender Ansteuerungssignale der Lautsprecher gibt es unterschiedliche Verfahren: In diesem Beitrag werden die Wellenfeldsynthese (WFS) und Ambisonics höherer Ordnung (HOA) diskutiert. Die Verwendung von einzelnen Lautsprechern stellt eine räumliche Abtastung des Randes dar und kann zu frequenzabhängigen Fehlern im synthetisierten Schallfeld führen. Dies wiederum kann Beeinträchtigungen der Lokalisation, der Klangfarbe und die Wahrnehmung von zusätzlichen Artefakten im synthetisierten Schallfeld zur Folge haben. Insbesondere ist das Auftreten von Signaleigenschaften möglich, wie sie bei natürlichen Signalen nicht vorhanden sind. Diese sind von besonderem Interesse für die auditorische Modellierung, da bestehende Modelle nicht speziell für solche Signale entwickelt worden sind. In diesem Beitrag werden für die Lokalisation von synthetisierten Schallquellen Ergebnisse aus Hörversuchen und deren Modellierung vorgestellt. Dabei wird diskutiert, welche Vor- und Nachteile WFS und HOA haben und wie hoch die Lautsprecherdichte für eine unbeeinträchtigte Lokalisationsleistung sein muss. Bei der Modellierung stellt besonders der Fall HOA eine Herausforderung dar, da es hier zu einer Aufspaltung der wahrgenommenen Quelle in mehrere Einzelquellen kommen kann.

---

Mi. 10:20 A1 0-008

Gehörmodellierung

**An effective auditory masking and perception model based on adaptation to stimulus statistic**

Stephan D. Ewert, Carolin T. Iben und Steffen Kortlang

*CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik*

The auditory system is capable to detect and discriminate subtle changes in a sound albeit covering a vast dynamic range. This ability appears to contradict the limited dynamic range which can be coded by single auditory neurons but becomes understandable if various adaptive mechanisms are assumed which dynamically adapt the systems coding range to the stimulus. Indeed physiological as well as psychoacoustic evidence supports the view of a “high fidelity” coding range which is continuously adapted to the stimulus statistic with an operation point which itself is coded only with “low fidelity”. Here, an effective auditory masking and perception (AMP) model is suggested that applies adaptation to stimulus statistic in the “classical” intensity and amplitude modulation (AM) domain. The AMP model is based on earlier approaches [Dau *et al.*, J. Acoust. Soc. Am. 102, 2892 (1997); Jepsen *et al.*, J. Acoust. Soc. Am. 124, 422 (2008)], adding dynamic range adaptation after onset enhancement as observed at early stages of auditory processing. The model is able to predict a variety of psychoacoustic experiments and the integration of sensorineural hearing loss and age effects as peripheral compression loss, internal noise and increase of adaptation time constants are discussed.

---

Mi. 11:00 A1 0-008

Gehörmodellierung

**Effective auditory modeling with a statistic recognition back-end as decision stage**Carolin T. Iben<sup>a</sup>, Marc René Schädler<sup>b</sup> und Stephan D. Ewert<sup>a</sup><sup>a</sup>*CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik; b CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'*

The models by Jepsen *et al.* [J. Acoust. Soc. Am. 124, 422 (2008)] and Dau *et al.* [J. Acoust. Soc. Am. 102, 2892 (1997)] simulate psychoacoustic detection thresholds based on the cross-correlation between a stored estimate of the internal representation of the target signal alone (template), and the estimate of the actual signal. The template is derived at a supra-threshold level of the target. There are three implications: i) The performance can depend on the selection of the supra-threshold level. ii) The assumption of additive target and masker is less suited if the temporal representation of the target changes during the experiment. iii) The amount of information exchanged stored in the template increases with target duration. Here, the detector stage in the above models was exchanged against a statistic recognition back-end using a Gaussian mixture model (GMM) / hidden Markov model (HMM) approach. In this approach the available information is determined by the number of states in the HMM and the detection stage is suited to cover temporal

changes in the target. The performance in describing psychoacoustical data can be partly improved and simulations of critical experiments are compared to the original models and the empirical data.

---

Mi. 11:20 A1 0-008

Gehörmodellierung

### **Development of a perception-based model for dissonance prediction**

David Maiberger, Helga Sukowski und Steven van de Par

*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik*

Musical dissonance is believed to be closely related to the presence of roughness and fluctuation strength. These quantities are caused by amplitude modulations with modulation frequencies below 300 Hz. Thus, the detection of dissonance may be based on perceptual processing of envelopes. The psychoacoustic model proposed by Dau et al. [(1997), J. Acoust. Soc. Am. 102, 2892-2919] provides a tool for amplitude modulation detection in the form of a modulation filterbank. In this study, the goal was to investigate whether the dissonance ratings acquired in listening experiments could be predicted using the internal representation of the aforementioned psychoacoustic model. This internal representation, a 3-dimensional, time-varying activity pattern, is averaged over time and across all frequency channels to give a mean value for every modulation frequency channel. These mean values are used as features to train and test a linear classifier by cross-validation with all measured stimuli. In the experiments, 14 subjects with varying musical background rated the dissonance of 57 synthesized harmonic stimuli on a discretized scale from 1 to 6. It turns out that part of the variance observed in the experiment can be explained by this approach. However, the model seems to lack another mechanism that affects dissonance perception.

---

Mi. 11:40 A1 0-008

Gehörmodellierung

### **Coding of speech in the intact and implanted inner ear**

Werner Hemmert<sup>a</sup>, Michele Nicoletti<sup>a</sup>, Christian Wirtz<sup>b</sup> und Marek Rudnicki<sup>a</sup>

<sup>a</sup>BAI, Bioanaloge Informationsverarbeitung; <sup>b</sup>MED-EL Deutschl. GmbH  
Cochlear implants bypass the damaged inner ear and stimulate the auditory nerve directly with electric current pulses. Coding strategies try to replicate coding of the intact inner ear, however, due to many limitations involved in electrical stimulation, the code provided by the stimulated auditory nerve fiber population differs from the coding in the intact inner ear. We extend our modeling activities to the next levels and model processing in the auditory brain stem and the sound localization pathway to evaluate how precise auditory nerve spike trains are processed. We found that at least about 5000 auditory nerve fibers are required for faithful coding of speech formants in electric hearing, where the quality of coding depends heavily on the actual distribution of surviving nerve fibers. Our evaluation of the precision of interaural time difference coding

suggests that globular bushy neurons significantly sharpen the spatial percept. Our assessment of fine structure coding strategies used in latest cochlear implants revealed not only that they reach a temporal precision to discriminate 7 positions in space but also that these positions are resolved in the activity of the auditory nerve, albeit with much less salience compared to the intact inner ear.

Mi. 12:00 A1 0-008

Gehörmodellierung

### **Speech Segregation based on Amplitude Modulation Spectrogram Features**

Tobias May<sup>a</sup> und Torsten Dau<sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Technical University of Denmark, Centre for Applied Hearing Research;*

<sup>b</sup> *Technical University of Denmark*

In this contribution we consider the challenging problem of segregating speech from a noisy mixture by only exploiting monaural cues. This task can be formulated as a binary classification problem where the goal is to distinguish between speech-dominant and noise-dominant time-frequency (T-F) units. To achieve such a separation, we employ a supervised learning strategy that exploits amplitude modulation spectrogram (AMS) features within auditory filters. In this context, different implementations of AMS features will be compared in terms of their ability to differentiate between speech and noise activity. Experimental results indicate that auditory-inspired modulation processing substantially improves speech segregation performance in various types of background noise.

Mi. 12:20 A1 0-008

Gehörmodellierung

### **TWO!EARS - integral interactive model of auditory perception and experience**

Alexander Raake<sup>a</sup>, Jens Blauert<sup>b</sup>, Jonas Braasch<sup>c</sup>, Guy Brown<sup>d</sup>, Patrick Danès<sup>e</sup>, Torsten Dau<sup>f</sup>, Bruno Gas<sup>g</sup>, Sylvain Argentier<sup>g</sup>, Armin Kohlrausch<sup>h</sup>, Dorothea Kolossa<sup>i</sup>, Nicolas Le Goff<sup>j</sup>, Tobias May<sup>j</sup>, Klaus Obermayer<sup>k</sup> und Sascha Spors<sup>l</sup>

<sup>a</sup> *TU Berlin, Telekom Innovation Laboratories;* <sup>b</sup> *Institut für Kommunikationsakustik, Ruhr-Universität Bochum;* <sup>c</sup> *Rensselaer Polytechnic Institute, Troy (USA);* <sup>d</sup> *University of Sheffield, Speech & Hearing Research Group;*

<sup>e</sup> *Université Toulouse III Paul Sabatier;* <sup>f</sup> *Technical University of Denmark;*

<sup>g</sup> *Université Pierre et Marie Curie, ISIR, Paris;* <sup>h</sup> *Technische Universität Eindhoven, Human Technology Interaction;* <sup>i</sup> *Ruhr-Universität Bochum;*

<sup>j</sup> *Technical University of Denmark, Centre for Applied Hearing Research;*

<sup>k</sup> *TU Berlin, Neural Information Processing;* <sup>l</sup> *Universität Rostock, Institut für Nachrichtentechnik*

In the TWO!EARS project (FP7, FET-Open), we develop an integral, multi-modal, intelligent, active computational model of auditory perception and experience - with two ears and eyes. In its most complete implementation, it will consist of a robot system that can interactively explore

its environment based on audio-visual information. The system can serve as a test-bed platform to enable benchmarking of different algorithms for bottom-up signal processing and top-down cognitive processes. The system evaluation targets two applications: (1) Exploratory auditory scene analysis, in terms of a search and rescue task, and (2) Quality of Experience prediction based on interactive exploration of sound fields for evaluating audio reproduction techniques such as wave field synthesis. The system architecture is open and modular, so as to foster progress in perception and experience modelling at large. Specific innovation lies in our interleaved view of bottom-up and top-down processing, our novel expert-system architecture, and in the approach taken for object formation, based on Gestalt principles, meaning assignment, knowledge acquisition and representation, learning, logic-based reasoning and reference-based judgment.

---

Mi. 12:40 A1 0-008

Gehörmodellierung

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

**Sitzung „Gehörmodellierung (Poster)“**

---

Mittwoch

Gehörmodellierung (Poster)

**Prediction of binaural speech intelligibility in normal-hearing and hearing- impaired listeners:a psychoacoustically motivated extension**

Anna Warzybok<sup>a</sup>, Jan Rennies<sup>b</sup>, Thomas Brand<sup>a</sup> und Birger Kollmeier<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup>CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'; <sup>b</sup>Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie

A binaural model capable of predicting speech intelligibility in different spatial conditions of speech and noise sources and different types of hearing impairment can be useful in audiological diagnostics, in room acoustics, or for the evaluation of signal enhancement techniques. The experiment presented in this contribution was designed to provide a systematic test of temporal and spatial interaction in the auditory system in normal-hearing and hearing-impaired listeners. Binaural speech intelligibility tests were performed to examine the integration of a single speech reflection with frontal direct sound with respect to reflection delay, reflection azimuth, and type of interferer (frontal, diffuse and lateral). The measured speech intelligibility thresholds are compared to model predictions to investigate to what extent reductions in speech intelligibility and binaural processing can be explained by the pure tone audiogram for hearing-impaired listeners. Further, a model extension is tested which accounts for the deficit in the detection of interaural phase differences in hearing-impaired listeners.

Mittwoch

Gehörmodellierung (Poster)

**Predictive auditory processing under uncertainty**Martin Reiche<sup>a</sup>, Andreas Widmann<sup>b</sup> und Alexandra Bendixen<sup>a</sup><sup>a</sup>*CvO Universität Oldenburg, Department für Psychologie; <sup>b</sup>Univ. Leipzig, Kognitive einschl. Biolog. Psychologie*

The auditory system is permanently exposed to acoustic signals from several sources at once. The healthy brain is able to decompose the resulting mixture into the underlying sources with surprising ease. Recent theories propose that the auditory system accomplishes this by exploiting predictability in the sensory input: A sound source whose emitted signals are predictable can easily be "subtracted" from the mixture. Evidence for such a mechanism has been obtained with perfectly predictable (hence artificial) tone sequences. Predictability in natural signals is often compromised by uncertainty; hence the proposed predictive mechanism is only plausible if it can be shown to dynamically adapt to the certainty provided by the sensory context. Here we report an EEG study investigating correlates of predictive activity under uncertainty using event-related potentials (ERPs). We adapted a paradigm in which predictability is implemented via frequency repetition. In contrast to earlier studies, we systematically manipulated the certainty of predictive relations between tones across conditions. Results demonstrate that ERP correlates of predictive processing show a graded effect depending on predictive certainty in the sequence. This suggests that the proposed predictive mechanism is ecologically valid (i.e., it is still functional even if the stimuli cannot be predicted with full certainty).

Mittwoch

Gehörmodellierung (Poster)

**Sound localization in complex multitalker conditions by harmonic template matching**Angela Josupeit<sup>a</sup> und Volker Hohmann<sup>b</sup><sup>a</sup>*CvO Universität Oldenburg; <sup>b</sup>CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik*

Recent research shows that subjects are able to detect and localize a female target talker that is temporally fully overlapped by four male masker talkers each having the same signal energy as the target [Kopco et al., J Acoust Soc Am 127, 2010, 1450-7]. In a previous study, these results were modeled using a template matching procedure based on harmonicity features extracted from the target alone (assumed as prior knowledge) and the multitalker signals [Josupeit et al., AIA-DAGA 2013, 724-7]. The model results could only predict the psychoacoustic results to a limited extent. The aim of this study is therefore to further optimize the selection procedure of target-related localization features. To this end, we compare the template matching procedure to a selection process based on ideal binary masks. It is investigated under which

conditions and parameter configurations both selection mechanisms resemble. Finally, the target localization performances of both approaches are compared to human performance.

---

Mittwoch

Gehörmodellierung (Poster)

**Erweiterung der Testmöglichkeiten für Sprach- und Audioanwendungen um standardisierte Hörversuche bei bestehendem Referenzraum sowie Expert Listening Panel**

Silvie Yvonne Müller<sup>a</sup>, Michaela Dvorzak<sup>a</sup>, Harald Rainer<sup>a</sup>, Maria Fellner<sup>a</sup> und Martin Hagnmüller<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Joanneum Research; b SPSC, TU Graz*

Hörversuche sind in Forschung und Entwicklung ebenso wie in Industrie und Wirtschaft nach wie vor ein unverzichtbares Instrumentarium zur Erlangung von Bewertungen psychoakustischer Parameter durch den Menschen. Ein gemäß ITU-R BS.1116-1 geplanter Multimediaraum sowie der Einsatz eines Expert Listening Panels repräsentieren für viele Anwendungen von Hörtests optimierte Rahmenbedingungen. Um standardisierte Verfahren aus dem Sprach- und Audiobereich in ein bestehendes, forschungsnahes Testinstitut implementieren zu können, wurden Anleitungen für Planung, Durchführung und Analyse zur Integration dieser Verfahren erstellt. Um die Aussagekraft von Hörversuchen zu steigern, ist es bereits in der Planungsphase essentiell, den Fokus auf die Fragestellung zu legen und danach das optimale Versuchsdesign auszurichten. Dieses beinhaltet neben der korrekten Parameterauswahl die Skalen- und Attributfindung, sowie das Experiment Design zur Fehlerminimierung. Der Einsatz naiver Hörer und jener von Experten wird in Bezug auf Allgemeingültigkeit, Kostenaufwand und Verfügbarkeit kritisch hinterfragt und die Vorteile des Screenings von Versuchspersonen werden aufgezeigt. Betrachtungen aus statistischer und sozialwissenschaftlicher Sicht weisen auf Eckpunkte in der nachfolgenden Datendarstellung, -analyse und Ergebnisinterpretation hin und werden anhand von Beispielen verdeutlicht. Für den Forschungsbereich werden überdies Restriktionen, unter welchen Pilotversuche reliabel durchgeführt werden können, erläutert. Attributtabellen, eine Kosten-aufwandsschätzung und eine Berichtvorlage ergänzen die Arbeit.

---

Mittwoch

Gehörmodellierung (Poster)

**Hörversuche mit HTML5**

Christian Budde

*Hannover*

Um aus Hörversuchen verlässliche Schlüsse ziehen zu können, sollten daran möglichst viele Probanden teilnehmen. Sofern kein besonderer Aufbau vonnöten ist, können diese Versuche auch online durchgeführt werden. Allerdings besitzt der Versuchsleiter nur selten die nötige Kompetenz, um für verschiedenste Plattformen ein geeignetes Werkzeug zu erstellen, das den qualitativen Anforderungen entspricht.

Mit der Standardisierung durch HTML5 ist es heute jedoch leicht, ohne tiefergehende Kenntnisse über verschiedene Architekturen Werkzeuge zu schaffen, die Hörversuche auf allen gängigen Plattformen erlauben. Durch die Standardisierung ist es dabei auch leicht möglich, den qualitativen Anforderungen gerecht zu werden.

In diesem Vortrag wird exemplarisch ein einfacher ABX-Test vorgestellt, der auf allen gängigen Plattformen lauffähig ist und leicht von Nutzern an die eigenen Anforderungen angepasst werden kann.

### Sitzung „Psychoakustik und Modelle I“

Mi. 15:40 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle I

#### Frequenzintegration von interauralen Laufzeitdifferenzen bei bilateral implantierten Cochleaimplantat-Trägern

Katharina Egger, Piotr Majdak und Bernhard Laback

*Osterr. Akademie d. Wissenschaften, Inst. f. Schallforschung*

Binaurales Hören ist essentiell für die Lokalisation und Trennung von Schallquellen. Obwohl die Versorgung mit Cochleaimplantaten (CIs) zunehmend bilateral erfolgt, ist das Lokalisationsvermögen und die Sprachverständlichkeit, vor allem im Störgeräusch, bei CI-Trägern deutlich eingeschränkt. Das lässt sich teilweise auf die geringe Sensitivität von CI-Trägern gegenüber interauralen Laufzeitdifferenzen (engl. interaural time differences, ITDs) zurückführen. Dies steht wiederum im engen Zusammenhang mit der suboptimalen Verarbeitung der ITD Information mit derzeitigen bilateralen CI-Systemen. Die Sensitivität gegenüber ITD präsentierte an einem interauralen Elektrodenpaar wurde bereits umfassend untersucht. In dieser Studie wurde die ITD-Sensitivität bei Präsentation identischer Laufzeitinformation an einem oder an zwei interauralen Elektrodenpaaren untersucht. Dazu wurden differentielle Wahrnehmbarkeitsschwellen von ITDs für unmodulierte Pulsketten mit einer Rate von 100 Pulsen pro Sekunde bestimmt. ITD-Schwellen wurden für verschiedene Pegel und tonotope Abstände zwischen den Elektrodenpaaren gemessen. Die Ergebnisse zeigen keine oder nur geringe Verbesserung der Schwellen bei Stimulation von zwei Paaren im Vergleich zu den entsprechenden Einzelpaaren. Die ITD-Schwellen zeigen, unabhängig von der Anordnung der stimulierten Elektroden, starke Pegelabhängigkeit: je niedriger der Pegel, desto höher die Schwellen. Die Ergebnisse zeigen eine komplexe Wechselwirkung zwischen dem Stimulationspegel, der Pulsrate und dem tonotopen Abstand der stimulierten Elektroden.

Mi. 16:00 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle I

**Psychoacoustic, speech intelligibility, and audio quality predictions based on envelope power SNRs**

Thomas Biberger und Stephan D. Ewert

*CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik*

There are many factors as room properties, environmental noise or the transmission path corrupting clean speech or audio signals in realistic listening situations. As measures for the impact of these factors, speech intelligibility, speech or audio quality are widely used. Detectability of changes in a stimulus can be assessed by psychoacoustic experiments. In order to predict quality and speech intelligibility measures, as well as psychoacoustic data within a single auditory model framework, a measure dependent decision stage (back-end) and a common auditory front-end, providing perceptually relevant features of speech or audio signals, are required. Here, an approach is proposed based on the recent speech intelligibility model by Jørgensen et al. [J. Acoust. Soc. Am. 134, 436 (2013)] which extended an earlier amplitude-modulation processing model [Ewert and Dau, J. Acoust. Soc. Am. 108, 1181 (2000)]. The proposed model front-end calculates power and envelope-power signal-to-noise ratios ( $\text{SNR}_{dc}$ ,  $\text{SNR}_{env}$ ) as features on multiple time scales. It is shown that approach can account for several basic psychoacoustic effects while maintaining the predictive power of the original approach for speech intelligibility. Additionally, the effect of dependent information across auditory channels was assessed. Results for audio quality prediction will be presented.

Mi. 16:20 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle I

**Anpassung und Erweiterung eines physiologischen Innenohrmodells zur Vorhersage von Lautheit**

Iko Pieper, Manfred Mauermann, Volker Hohmann und Stephan D. Ewert

*CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik*

Lautheit ist eine fundamentale Wahrnehmungsgröße. Die Vorhersage von Lautheit durch Lautheitsmodelle ist beispielsweise für technische Anwendungen bei Normalhörenden relevant, aber auch bei Hörstörungen, bei denen ein steilerer Lautheitsanstieg mit dem Pegel (Recruitment) beobachtet wird. Bisherige Lautheitsmodelle greifen dabei auf eine effektive Nachbildung der auditorischen Verarbeitung, wie auditorische Filter und Kompression zurück, was die Untersuchung der Zusammenhänge von physiologischen Verarbeitungsmechanismen und Lautheit erschwert. Hier wird ein physiologisches Innenohrmodell, welches die aktive, nichtlineare Mechanik der Cochlea mit einem "Transmission-Line"Modell (TLM) nachbildet, zur Vorhersage von Lautheit angepasst

und erweitert. In verschiedenen Ansätzen wurde die (absolute) Auslenkung, die daraus mit einem einfachen Modell ermittelte neuronale Feuerrate, die (absolute) Schnelle, die aus der Schnelle berechnete Stereozilienauslenkung und die kinetische Energie entlang der Basilarmembran berechnet und räumlich (frequenzübergreifend) sowie zeitlich integriert. Modellvorhersagen der Lautheit in Sone (1 kHz), der Isophone, der spektralen Lautheitssummation und der dauerabhängigen Lautheit reiner Töne wurden zur Evaluation genutzt. Die Daten können bis auf die dauerabhängige Lautheit in einem Bereich von 0.6 bis 6 kHz gut beschrieben werden. Eine zusätzliche zeitliche Adaptation muss für die Dauerabhängigkeit eingeführt werden. Das vorgestellte Lautheitsmodell bietet die Möglichkeit objektive Messungen, wie Verzerrungsprodukte in otoakustischen Emissionen mit Lautheit und der Feinstruktur von Iso-phonien zu verbinden.

Mi. 16:40 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle I

### **Quantitative determination of the sound character and its relation to psychoacoustic metrics**

Stephan Töpken und Reinhard Weber

*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik*

Preference judgments between two sounds depend on the loudness and the sound character. In this terminology the sound character comprehends all perceptive aspects of a sound - apart from loudness - that make it different from another one. Preference judgments are often dominated by the loudness and judgments referring to the sound character are hard to obtain. Here a method for a quantitative characterization of the sound character's influence on the preference is presented. In two separate experiments the points of subjective equality (PSEs) for loudness and for preference between a test sound and a reference sound are determined by adaptively varying the level of the test sound. The level difference between the PSE levels for preference and for loudness is attributed to the sound character of the test sound. In this way a characterization of the sound character can be given on a dB scale. It turns out that participants are able to use level variations to express their preference judgments and clearly distinguish the resulting loudness differences from their loudness judgment. The subjective judgments are compared with the values of psychoacoustic metrics based on the respective PSE levels for loudness and preference.

Mi. 17:00 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle I

**Lautheit von Signalen mit einer subkritischen Bandbreite bei Innenohrschwerhörigkeit**

Jan Hots und Jesko Verhey

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

Aktuelle Studien zur Lautheit von Bandpassrauschen mit Normalhörenden zeigen, dass Signale mit einer Bandbreite, die kleiner als die kritische Bandbreite (subkritisch) ist, einen bis zu 8dB größeren Pegel haben als ein gleichlauter Sinuston an der Mittenfrequenz des Rauschens. Dieser Effekt ist nahe der kritischen Bandbreite besonders groß, wohingegen für sehr kleine Bandbreiten von wenigen Hertz ein gleicher Pegel auch zu einer annähernd gleichen Lautheit führt. Für Bandbreiten größer als die kritische Bandbreite nimmt der Pegel unterschiedlich ebenfalls ab und wird schließlich aufgrund der spektralen Lautheitssummation negativ. Die positive Pegeldifferenz bei gleicher Lautheit zwischen Rauschen und Ton kann nicht mit Lautheitsmodellen vorhergesagt werden. Als mögliche Erklärung des Effekts wurde Suppression auf cochleärer Ebene vorgeschlagen. Die vorliegende Studie testet diese Hypothese, indem untersucht wird, inwieweit Versuchspersonen mit einer Innenohrschwerhörigkeit ebenfalls einen höheren Pegel bei gleicher Lautheit zu einem Sinuston einstellen. Durch diese Messung lässt sich entscheiden, ob es sich um einen peripheren (cochleären) oder eine zentralen Effekt des Gehörs handelt. Vorläufige Daten weisen auf einen eher peripheren Mechanismus hin.

Mi. 17:20 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle I

**Zusammenhang von Höranstrengung, Sprachverständlichkeit und STI bei Schwerhörenden**Kristina Haeder<sup>a</sup>, Henning Schepker<sup>b</sup>, Inga Holube<sup>a</sup> und Jan Rennies<sup>c</sup><sup>a</sup>Jade Hochschule Oldenburg, Inst. f. Hörtechnik u. Audiologie; <sup>b</sup>CvO Universität Oldenburg, Signal Processing Group; <sup>c</sup>Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotecnologie

Sowohl im privaten Bereich als auch am Arbeitsplatz ist Sprache häufig durch Störgeräusche und/oder Nachhall beeinflusst. Schwerhörende empfinden in diesen Situationen gegenüber Normalhörenden typischerweise eine erhöhte Höranstrengung und weisen ein verringertes Sprachverständlichen auf. Von Schepker et al. (DAGA 2012) wurden systematisch verschiedene Kombinationen von Nachhall und Störgeräusch, die zum gleichen STI führen, bei Normalhörenden im Hinblick auf Sprachverständlichkeit und Höranstrengung untersucht. In diesem Beitrag wurden die gleichen Messmethoden bei einer Gruppe von 21 schwerhörigen Probanden angewandt. Durch unterschiedliche Kombinationen von Störschall und Nachhall wurden hierzu fünf verschiedene STI-Werte erzeugt und mit Hilfe eines Skalierungsverfahrens bezüglich der subjektiven Höranstrengung bewertet. Des Weiteren wurde für einzelne Werte die Sprachverständlichkeit bestimmt. Das Sprachmaterial bestand

aus Sätzen des Oldenburger Satztests und als Störgeräusch diente ein auf das Satzmaterial abgestimmtes sprachsimulierendes Rauschen. Der Nachhall wurde sowohl mit realen Impulsantworten erzeugt als auch mit exponentiell abfallendem weißem Rauschen simuliert. Die Ergebnisse zeigen für die schwerhörigen Probanden eine tendenziell stärkere Beeinträchtigung, d.h. eine schlechtere Sprachverständlichkeit und eine höhere Höranstrengung, durch Nachhall als durch das Störgeräusch bei gleichem STI. Innerhalb der Nachhallsituationen führen die Situationen mit realen Impulsantworten zu einer höheren Beeinträchtigung als diejenigen mit der Simulation durch weißes Rauschen.

---

Mi. 17:40 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle I

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

**Sitzung „Psychoakustik und Modelle (Poster)“**

---

Mittwoch

Psychoakustik und Modelle (Poster)

**Cochlea - Wellenleiter**

Oskar Bschorr

*Aeroakustik, Stuttgart*

Ausgangspunkt ist die Moens/Korteweg-Wellenleitung in einem fluidgefüllten Elastikschauch. Eine analoge Situation besteht in der Cochlea: Auch hier fungiert die Lymph-Flüssigkeit als - inkompressible, nur kinetische, nicht aber potentielle Energie speichernde - Masse die zusammen mit der Basilarmembran als Federelement eine Wellenbewegung ausführt. Kinematisch handelt es sich in beiden Fällen um Deviationswellen. Gegenüber Moens/Korteweg hat die Cochlea-Welle eine orts- und frequenzabhängige Phasengeschwindigkeit. Entscheidend sind die von den Békécy-Resonanzstellen der Basilarmembran verursachten Impedanzeinbrüche. Diese wirken als spektrale Reflektoren und fixieren im Cochlea-Wellenleiter eindimensionale Stehwellen. Physikalisch - und auch technisch - ausgezeichnet sind die Extremfälle, die  $\lambda/4$ -Resonatoren mit einer hohen und die  $\lambda/2$ -Resonatoren mit einer niederen Erreger-Impedanz. Für vereinfachte Idealisierungen gibt es analytische Lösungen, die allgemeine Situation wird durch FE-Simulation nachgebildet.

Mittwoch

Psychoakustik und Modelle (Poster)

**Modulationsgewinn bei überschwelliger Wahrnehmung von Tönen in Rauschen**

Wiebke Heeren und Jesko Verhey

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

Viele technische Geräusche enthalten klar wahrnehmbare tonale Komponenten, die üblicherweise in einen Rauschhintergrund eingebettet sind. Eine wesentliche Rolle bei der Wahrnehmung der Töne spielt ihre Wahrnehmungsschwelle. Diese Schwelle wird beispielsweise durch einen modulierten Rauschmaskierer, im Vergleich zu einem unmodulierten Rauschmaskierer mit identischem Langzeitspektrum, verringert. Eine solche reduzierte Verdeckungswirkung (Modulationsgewinn) beeinflusst auch die überschwellige Wahrnehmung, wobei mit zunehmendem Tonpegel der Modulationsgewinn kleiner wird. Dieser Effekt wurde bisher nur indirekt über einen begrenzten Pegelbereich mit einem Lautheitsvergleichsverfahren untersucht [Verhey und Heise, DAGA 2010]. In der vorliegenden Studie hingegen wurden die Lautheitswachstumsfunktionen für vergleichbare Stimuli mit einem Lautheitsskalierungsverfahren (nach ISO 16832) direkt gemessen. Die Genauigkeit dieser Methode wurde durch den Vergleich mit den Ergebnissen eines Lautheitsvergleichsverfahrens für dieselbe Probandengruppe und identische Stimuli überprüft. Die Ergebnisse beider Messverfahren zeigen einen Modulationsgewinn bis etwa 25 - 30 dB oberhalb der Schwelle im unmodulierten Rauschen, d.h. wesentliche Aspekte des Modulationsgewinns sind auch mit dem schnelleren Skalierungsverfahren messbar. Zudem zeigt sich, dass der Modulationsgewinn in einem Bereich von leisen bis mittleren Lautheiten des Tons vergleichbar ist mit einer reduzierten Verdeckungswirkung, welche durch eine entsprechende Reduktion des unmodulierten Rauschpegels erreicht wurde.

Mittwoch

Psychoakustik und Modelle (Poster)

**Subjektive Bestimmung der Rauigkeit von AM-Signalen mit dreiecksförmiger unsymmetrischer Einhüllendenform**

Henning Oetjen, Arne Oetjen und Reinhard Weber

*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik*

Die Empfindungsgröße Rauigkeit kann auch bei der Beurteilung von Umweltgeräuschen eine wesentliche Rolle spielen. Für die Modellierung der Rauigkeit wird in der Regel auf Rauigkeitsbewertungen in der Literatur zurückgegriffen, die mit sinusförmig modulierten Schallen gewonnen worden sind. Neuere Studien haben gezeigt, dass die Form der Einhüllenden bei amplitudenmodulierten Geräuschen einen großen Einfluss auf die Rauigkeit besitzt. So lassen sich mit dreiecksförmigen, unsymmetrischen Einhüllenden leicht große Rauigkeiten erzeugen. In dieser Studie soll für diese Geräusche der Rauigkeitswert in asper gemessen werden. 26 Probanden stellen in einer adaptiven Messprozedur die Modulationstiefe eines unsymmetrisch dreieckförmig modulierten Signals

so ein, dass der Punkt der subjektiv gleichen Rauigkeit im Vergleich mit verschiedenen amplitudenmodulierten bzw. frequenzmodulierten Referenzsignalen mit bekannter Rauigkeit erreicht wurde, wobei die Rauigkeit einiger Referenzsignale dabei über 1 asper liegt. Gleichzeitig wird auf diese Weise auch die Abhängigkeit der Rauigkeit dreiecksförmig modulierter Schalle von der Modulationstiefe bestimmt. Die Ergebnisse bestätigen zum einen, dass eine dreieckförmige Einhüllendenform einen stärker ausgeprägten Rauigkeitseindruck als eine sinusförmige erzeugt. Zum anderen zeigt sich eine ähnliche Abhängigkeit der Rauigkeit von der Modulationstiefe bei dreieckförmiger wie bei sinusförmiger Einhüllenden. Bei der Verwendung von unsymmetrisch dreiecksförmig amplitudenmodulierten Signalen als Maßstabsgeräusche lassen sich auch leicht Rauigkeiten > 1 asper in Geräuschen messen.

Mittwoch

Psychoakustik und Modelle (Poster)

**The Subjective Influence of the Low Frequency Noise Combined with Pink and White Noise**Mu He<sup>a</sup>, Zhiyong Deng<sup>b</sup> und Detlef Krahé<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Bergische Universität Wuppertal;* <sup>b</sup>*Capital Normal University, Peking*  
An indirect method to decrease the annoyance caused by low frequency noise (LFN) has been introduced in this paper. The magnitude estimation method was used for evaluating the subjective annoyance of LFN combined with different sound pressure levels of pink noise and white noise. Due to the results of the noise sensitive questionnaire (NoiSeQ), 16 subjects were classified into noise sensitive group (SG) and non-sensitive group (Non-SG). The subjective annoying value (SAV) of LFN combined with pink noise of middle frequency range was found lower than that of the original LFN especially for subjects in SG. There was obvious difference between the SAV of LFN combined with pink noise and with white noise for SG, but not for Non-SG. And significant correlation between SAV and the psychoacoustic annoyance value (PAV) was obtained by semi-theoretical formulas in some situations, but no obvious pattern has been found.

Mittwoch

Psychoakustik und Modelle (Poster)

**Maximale Frequenzen für spektrotemporale Modulationsfilter**Thorben Eilers und Arne Oetjen*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik*

Die meisten Umweltgeräusche enthalten neben temporalen auch spektrale, sowie spektrotemporale Modulationsanteile. Solche Modulationen zeigen sich zum Beispiel in der Sprache erwachsener Menschen. Bestehende Studien liefern Hinweise für eine Frequenzselektivität bei der Wahrnehmung aller drei Modulationsformen. Zudem wird vermutet, dass temporale Modulationsfilter nur bis zu einer bestimmten Modulationsfrequenz vorhanden sind. Analog hierzu werden Datensätze aus einer psychoakustischen Messreihe vorgestellt, die, ausgehend sowohl von

physiologischen als auch psychoakustischen Studien, qualitative und quantitative Anhaltspunkte für das Vorhandensein von maximalen Frequenzpaaren für spektrotemporale Modulationsfilter liefern. Zu diesem Zweck wurde für mehrere Frequenzkombinationen durch eine adaptive Prozedur ein Modulationsmaskierungsmuster bestimmt. Diese Maskierungsmuster deuten durch maximale Modulationsdetektionsschwellen bei Maskierern, deren Frequenz den geringsten Abstand zu der Frequenz der spektrotemporalen Zielmodulation hat, auf das Vorhandensein spektrotemporale Modulationsfilter für die jeweilige Kombination aus Modulationsfrequenzen hin. Ist die Modulationsdetektionsschwelle an der Zielfrequenz jedoch niedriger als bei einer kleineren Frequenz deutet dies darauf hin, dass die betreffende Zielfrequenz größer als die Mittelfrequenz des Modulationsfilters mit der maximalen Frequenz ist. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe werden mit physiologischen und psychoakustischen Messdaten aus bestehenden Untersuchungen verglichen.

### Sitzung „Ultraschall“

---

Mi. 8:40 A14 1-112

Ultraschall

#### **Rekonstruktion der räumlichen Schallwechseldruckverteilung unter Berücksichtigung der Orthogonalität von optischer und akustischer Achse**

Sergei Olfert und Bernd Henning

*Universität Paderborn*

Die Schlierentechnik ist eine schnelle und nichtinvasive Methode zur Charakterisierung der räumlichen und zeitlichen Verteilung von Schallwechseldruck in optisch transparenten Medien. Bei diesem Verfahren wird eine akustische Welle von einer ebenen elektromagnetischen Welle durchstrahlt. Die akustooptische Interaktion verursacht eine integrale Phasenänderung der elektromagnetischen Welle, welche dann eine sogenannte Schliere erzeugt. Frühere Arbeiten zeigen, dass die so erhaltenen zweidimensionale (Schlieren-)Abbildung nur den Schallwechseldruck repräsentiert, bei dem die Orthogonalitätsbedingung erfüllt ist, das heißt, wenn die Phasenfronten der elektromagnetischen und der akustischen Wellen orthogonal zueinander sind.

Bei klassischen tomografischen Ansätzen wird der Ultraschallwandler in der Regel um die akustische Achse gedreht. Aus den Einzelaufnahmen wird dann bekanntermaßen mittels inverser Radontransformation die dreidimensionale Schallwechseldruckverteilung berechnet. In dem hier vorgestellten neuen Ansatz wird der Ultraschallwandler hingegen in Richtung der optischen Achse gekippt und die winkelabhängige Abbildung der Ultraschall-Schliere ausgewertet. Mit weiterem a priori Wissen kann die Zahl der Einzelmessungen und somit auch die Messzeit deutlich reduziert werden, um eine vollständige Rekonstruktion des Schallfeldes zu realisieren.

In diesem Beitrag werden die Schlierenmethode, der Messaufbau, die Bildauswerteverfahren sowie beispielhaft Schallfeldverteilungen von Ultraschallwandlern vorgestellt.

Mi. 9:00 A14 1-112

Ultraschall

### **Ultraschallbildung komplexer Bauteile mittels Einbeziehung multipler Einschallwinkel in die Synthetische-Apertur-Fokussierungstechnik**

Thomas Scharrer, Stefan J. Rupitsch, Alexander Sutor und Reinhard Lerch

*Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik*

In der zerstörungsfreien Prüfung großer metallischer Werkstücke ist, bedingt durch eine starke Absorption, eine artefaktfreie Rekonstruktion der Bauteilgeometrie mittels Röntgen-Computer-Tomographie nicht möglich. Jedoch erlaubt die Datenfusion mit komplementären Informationen, welche mittels anderer Prüfmodalitäten gewonnen werden, eine signifikante Reduktion solcher Artefakte. In diesem Beitrag wird ein ultraschallbasiertes Verfahren (Tauchtechnik) vorgestellt, womit komplementäre Daten von Strukturen innerhalb des Prüflings abgebildet werden können. Zur Bilderzeugung werden Puls-Echo-Daten entlang der Kontur des Bauteils aufgezeichnet und anschließend mittels Synthetischer Apertur-Fokussierungstechnik verarbeitet. Um den enormen Diskrepanzen in Schallgeschwindigkeit und Schallkennimpedanz zwischen Bauteil und Koppelmedium gerecht zu werden, wird hierbei die Methode der virtuellen Quellelemente implementiert. Zudem erlaubt die Einbeziehung multipler Einschallwinkel an jedem Messpunkt entlang der virtuellen Apertur eine signifikante Erhöhung der Abbildbarkeit von Strukturen auch in für Ultraschall schwieriger Orientierung innerhalb des Prüflings. Auftretende Mehrfachreflexionen zwischen Kontur und Strukturkanten werden zur eindeutigen Identifizierung von Strukturkanten mit Hilfe eines "Predictive-Deconvolution"-Filteralgorithmus unterdrückt. Weiterhin ermöglicht ein "Subspace Analysis and Projection"-Ansatz die Auslösung der Echosignale an der a-priori bekannten Bauteiloberfläche. Im Vergleich zu Rekonstruktionen, welche ausschließlich Messdaten mit senkrechtem Schalleinfall bezüglich der Bauteiloberfläche einbeziehen, zeigt sich, dass Verfahren, die multiple Einschallwinkel berücksichtigen, eine signifikant erhöhte Abbildbarkeit von Strukturkanten aufweisen.

Mi. 9:20 A14 1-112

Ultraschall

### **Simultane Ermittlung von Schallgeschwindigkeit und Dicke dünner Platten mittels Ultraschall**

Stefan J. Rupitsch, Michael Fink und Reinhard Lerch

*Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik*

Mit Hilfe von Ultraschallwellen lässt sich die Dicke homogener Platten zerstörungsfrei und lokalaufgelöst erfassen. Bei bekannter Schallgeschwindigkeit kann aus der Laufzeit der Schallwellen zwischen Vorder-

und Rückwand der Platte auf deren Dicke geschlossen werden. Gleichmaßen ist bei bekannter Dicke die Schallgeschwindigkeit ermittelbar. Oftmals ist jedoch sowohl die Plattendicke als auch die Schallgeschwindigkeit in der Platte unbekannt. Um diese beiden Größen simultan zu bestimmen, gilt es, die Laufzeit von Mehrfachreflexionen der Ultraschallwellen zwischen Vorder- und Rückwand bei der Auswertung zu berücksichtigen. Dies ist grundsätzlich im Puls-Echo-Modus und Transmissionsmodus möglich. Bei dünnen Platten werden im Puls-Echo-Modus allerdings die Mehrfachreflexionen von der Vorderwandreflexion dominiert, wodurch die Laufzeit der Mehrfachreflexionen nicht eindeutig identifizierbar ist. Demgegenüber lassen sich im Transmissionsmodus durch gezielte Wahl der Transducer-Ansteuersignale erfassbare Überlagerungen von direkt transmittierten und mehrfachreflektierten Schallwellen herbeiführen. Chirp-Ansteuersignale, bei denen die Momentanfrequenz linear mit der Zeit ansteigt, führen zu einem Schwebungssignal am Empfänger. Aus der Schwebungsfrequenz folgt der Laufzeitunterschied zwischen direkt transmittierter Schallwelle und der ersten Mehrfachreflexion, wodurch Schallgeschwindigkeit und Plattendicke auch für dünne Platten simultan ermittelbar sind. Untersuchungen an unterschiedlichen Platten mit Dicken im Bereich der halben Schallwellenlänge zeigen, dass Messabweichungen <5% bei der Dickenbestimmung erzielt werden.

---

Mi. 9:40 A14 1-112

Ultraschall

### **Ultraschallausbreitung und -streuung in mikroskopisch inhomogenen Werkstoffen**

Sigrun Hirsekorn

Fraunhofer IZFP

Die Streuung von Ultraschall an Korn- und Phasengrenzen in Werkstoffen mit inhomogener Mikrostruktur führt zu frequenzabhängigen Schallgeschwindigkeiten (Dispersion) und Schwächung der Schallstrahlen in Laufrichtung. Diese Effekte sowie die Amplituden der Streuwellen können zur Materialcharakterisierung genutzt werden. Die Gefügestreuung überlagert sich mit von Defekten ausgehenden Streuwellen und erschwert dadurch erheblich die Detektier- und Bewertbarkeit von Fehlern mit Ultraschallstreuetechniken. Deshalb muss bei der Auswertung von Messergebnissen und der Simulation zerstörungsfreier Prüfverfahren mit Ultraschall die Streuung am Mikrogefüge der Werkstoffe einbezogen werden. Der analytische Formalismus zur Lösung elastodynamischer Bewegungsgleichungen mikroskopisch inhomogener Materialien in Bornscher und in Keller Näherung erlaubt Berechnungen bei dichter Streuerpackung, wie es z.B. in Polykristallen vorliegt, in denen jedes einzelne Korn ein Ultraschallsteuer ist. Aus den Ensemblemittelwerten (statistische Mittelung über die mikroskopische Inhomogenität) der fortlaufenden Wellen können die Schallgeschwindigkeiten und die Schwächung durch Streuung in Abhängigkeit von der Mikrostruktur und

als Funktion der Frequenz berechnet werden. Die Ensemblemittelwerte der Energieflussdichten der Streuwellen bilden die Basis für die Simulation der Zeitsignale von Streuwellen, z.B. von A-Bildern, den Ultraschallrückstreusignalen. Ergebnisse für einphasige Polykristalle werden vorgestellt. Voraussetzungen und Grenzen für den Vergleich mit gemessenen Zeitsignalen von Ultraschallstreuwellen sowie den Ensemblemittelwerten der gleichgerichteten Signale werden diskutiert.

Mi. 10:00 A14 1-112

Ultraschall

### **Detektion von Schäden mittels Ultraschall für Flugzeugbauteile aus Faserverbundwerkstoffen**

Franz Graf<sup>a</sup>, Susanne Rexeis<sup>a</sup> und Johannes Himmelbauer<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Joanneum Research; <sup>b</sup>Software Competence Center Hagenberg GmbH

Flugzeugkomponenten aus Faserverbundwerkstoffen erfreuen sich aufgrund ihrer höheren Steifigkeit und ihres geringeren Gewichts im Vergleich zu metallischen Strukturen zunehmender Beliebtheit in der Aviation. Bei äußeren Einwirkungen auf die Struktur können Ablösungen von Schichten der Faserverbundwerkstoffe, sogenannte Delaminationen entstehen, die die Eigenschaften des Materials mindern. "Damage Tolerant Design" zielt darauf ab, Schädigungen der Struktur zu einem gewissen Grad zuzulassen bevor eine Reparatur oder Austausch vorgenommen wird. Zur Sicherstellung der strukturellen Integrität der Komponenten im laufenden Betrieb bieten sich kontinuierliche zerstörungsfreie Prüfverfahren an. Dieser Vortrag beinhaltet eine Gegenüberstellung verschiedener bildgebender Strahlformungsalgorithmen zur Sichtbarmachung von Delaminationen in Faserverbundwerkstoffen. Die Schadendetektion erfolgt dabei mit Lamb Wellen, deren Reflexionen bzw. Absorptionen an einer Delamination sichtbar gemacht werden. Für die Aktuation der Komponenten wird ein Array aus piezoelektrischen Elementen verwendet. Ein weiteres Array bestehend aus faseroptischen Sensoren dient der Aufzeichnung der Systemantwort. Phänomene wie Modenkonversion, Modenselektion, Temperatureinflüsse und Dispersion werden adressiert. Eine Darstellung der vielversprechenden Ergebnisse sowie eine Gegenüberstellung zu metallischen Strukturen werden präsentiert und diskutiert. Ziel ist es mittelfristig, die speziell für die europäische Flugzeugindustrie entwickelte Technologie auch in anderen Bereichen einzusetzen. So ist es durchaus erstrebenswert die Methoden auch zukünftig im Automobil- und Schienenbereich zu nutzen.

Mi. 10:20 A14 1-112

Ultraschall**Geführte Wellen für die zerstörungsfreie Ultraschallprüfung von Klebeverbindungen**

Jens Prager, Patrick Tobias Homann und Mateusz Grzeszkowski

BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Die Prüfung von Klebeverbindungen stellt eine Herausforderung für die zerstörungsfreie Prüfung und die Qualitätssicherung mit Hilfe von Ultraschallverfahren dar. Grund dafür sind zum einen die im Verhältnis zu Wellenlänge geringen Materialdicken und zum anderen die geschichtete Struktur der Klebverbindung, die zumeist verschiedene Werkstoffe kombiniert. Gerade die geringen Materialdicken ermöglichen jedoch die Entwicklung von Prüfverfahren, die mit geführten Wellen arbeiten. Voraussetzung für diese Entwicklung ist eine genaue Kenntnis der physikalischen Besonderheiten der Wellenausbreitung, die durch das multimodale und disperse Verhalten geführter Wellen geprägt ist. Zudem werden neue Auswertestrategien benötigt, die die besonderen physikalischen Zusammenhänge berücksichtigen. Im Beitrag werden verschiedene Ansätze vorgestellt, bei denen die Einkopplung des Ultraschalls ins Bauteil sowohl durch flüssigkeitsgekoppelte als auch durch luftgekoppelte Ultraschallwandler erfolgt. Der Einsatz von lasergestützten Verfahren zur Detektion der Echosignale wird demonstriert. Nach einer Einführung in die speziellen physikalischen Zusammenhänge geführter Wellen und dem daraus abgeleiteten Design der Prüftechniken wird die Anwendbarkeit der Ansätze an praxisrelevanten Beispielen demonstriert. Dazu werden die Werkstoffkenngrößen der zu prüfenden Komponenten ermittelt und die akustischen Eigenschaften mit Hilfe spezieller Simulations- und Analyseverfahren untersucht, um geeignete Prüfstrategien zu entwickeln.

Mi. 11:00 A14 1-112

Ultraschall**Ultraschall als Zündquelle in explosionsfähigen Atmosphären**Lars Hendrik Simon, Michael Beyer und Volker WilkensPhysikalisch-Technische Bundesanstalt

Ultraschall wird in vielen industriellen Bereichen in sensorischen Anwendungen wie der Füllstands- und Durchflussmessung sowie aktorischen Anwendungen wie der Prozessindustrie oder in Reinigungsanlagen eingesetzt. Dabei kann der Ultraschall in Kontakt mit explosionsfähigen Atmosphären kommen. Entsprechend der DIN EN 1127-1:2011 und der TRBS 2152 Teil 3 ist Ultraschall eine Zündquelle mit einem Grenzwert von  $1 \text{ mW/mm}^2$ . Dieser Grenzwert basiert auf theoretischen Abschätzungen in Analogie zu anderen Zündquellen und beinhaltet einen hohen Sicherheitsabstand. Die Einhaltung dieses Grenzwertes ist jedoch schwer nachzuweisen, da im Regelwerk keine näheren Angaben zum Messverfahren enthalten sind. Zudem gibt es weder Berichte über Explosionsunfälle durch Ultraschall, noch Aufzeichnungen oder Veröffentlichungen dazu, wie der Grenzwert festgelegt wurde. Im Rahmen der in diesem Beitrag beschriebenen Untersuchungen zeigte sich, dass die

Zündung durch Ultraschall einen akustisch absorbierenden Körper erfordert, der sich im Schallfeld so stark erwärmen kann, dass es zu einer Zündung an seiner heißen Oberfläche kommt. In Luft konnten Zündungen oberhalb von 178 dB (re. 20  $\mu\text{Pa}$ ), für Flüssigkeiten ab einer Intensität  $I_{\text{sata}} = 530 \text{ mW/mm}^2$  beobachtet werden. Unter Berücksichtigung der Messunsicherheit und eines Sicherheitsabstandes wird entsprechend für Ultraschall in gasförmigen Medien ein Grenzwert von 170 dB (re. 20  $\mu\text{Pa}$ ), für Flüssigkeiten ein Grenzwert von 400  $\text{mW/mm}^2$  vorgeschlagen.

Mi. 11:20 A14 1-112

Ultraschall

### **Navigation des Enceladus Explorer - Akustisch basierte Ortung und Umfelderkundung in Gletschereis**

Peter Linder<sup>a</sup>, Gerhard Artmann<sup>a</sup>, Dmitry Eliseev<sup>b</sup>, Dirk Heinen<sup>b</sup>, Johannes Kirchmair<sup>b</sup>, Franziska Scholz<sup>b</sup>, Sebastian Verfers<sup>b</sup>, Stefan Wickmann<sup>b</sup>, Christopher Wiebusch<sup>b</sup> und Simon Zierke<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Fachhochschule Aachen, Institut für Bioengineering; <sup>b</sup>RWTH Aachen, III. Physikalisches Institut

Das Enceladus Explorer Projekt umfasst die Entwicklung einer navigierbaren Schmelzsonde (IceMole) zur Entnahme von subglazialen Flüssigkeitsproben. Der Prototyp für terrestrische Testszenarien stellt eine Machbarkeitsstudie für extraterrestrische Anwendungen dar. Eine mögliche Anwendung hierfür ist die Suche nach Leben in den unter einem Eispanzer liegenden Ozeanen auf dem Saturnmond Enceladus. Ein spezieller Schmelzkopf in Kombination mit einer Eisschraube ermöglicht Kurvenfahrten und Trajektorien entgegen der Schwerkraft. Die Lokalisation der Sonde im Eis, sowie die Erkundung des Vorfeldes sind für die Planung und Einhaltung der Trajektorien unerlässlich. Hierzu enthält der IceMole zusätzlich zu einem inertialen Messsystem und einem Magnetometer zwei akustische Navigationssysteme. Die akustische Lokalisation basiert auf Multilateration der Signale mehrerer Emitterstationen, die Schallpulse von der Gletscheroberfläche senden, welche von Empfängern im IceMole-Kopf registriert werden. Die Vorfelderkundung nutzt das Verfahren der Sonografie. Dabei werden phasengesteuerte Ultraschallsignale genutzt um Strukturen und Objekte im Eis vor dem IceMole zu detektieren. In diesem Beitrag wird das Enceladus Explorer System mit Fokus auf die akustischen Navigationslösungen vorgestellt und erste Testergebnisse präsentiert.

**Sitzung „Akustische Messtechnik I“**

Mi. 16:00 A14 1-112

Akustische Messtechnik I

**Acoustic Centering for High-Order Source Directivities**Noam R. Shabtai, Martin Pollow und Michael Vorländer*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

Directivity of sound sources is highly relevant to musical-instruments acoustics, design of musical synthesizers and to room acoustical measurements and simulation. Several attempts have been made recently to measure and characterize the directivity pattern of musical orchestral instruments and human singers, using surrounding spherical microphone arrays which facilitate the analysis using spherical harmonics. However, misalignment of the acoustic source relative to the physical center of the array may result in large deviation of the recorded phase and spatial aliasing errors. In order to suppress this effect, an alignment algorithm which minimizes the energy of the higher order spherical harmonics coefficients has been recently proposed and reported to deliver good results when employed on low-order directivity patterns. However, if the source has a directivity of an order which is higher than allowed by the sampling array, the error function of the alignment algorithm is not convex and fails to converge to the correct alignment value. This work presents the analysis of acoustic center alignment for higher order directivity patterns and proposes a modified algorithm which performs better under these conditions in terms of convexity of the error function and convergence to a point near the physical center of the array.

Mi. 16:20 A14 1-112

Akustische Messtechnik I

**Influence of the loudspeaker directivity on in-situ measurements of the sound reflection index**Reinhard Wehr<sup>a</sup>, Pascal Dietrich<sup>b</sup>, Marco Conter<sup>a</sup> und Michael Vorländer<sup>b</sup><sup>a</sup>*AIT Austrian Institute of Technology;* <sup>b</sup>*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

In order to determine the acoustic properties of noise reducing devices in-situ the so-called Adrienne method CEN/TS 1793-5 was introduced. To further improve this Adrienne method as well as to investigate the sustainability of noise reducing devices in general, the project QUIESST - QULetening the Environment for a Sustainable Surface Transport funded by the European Union in Framework Programme 7 was carried out. During the preparation for the round robin measurements the influence of the sound source directivity pattern on the derived sound reflection index was discovered. This uncertainty contribution becomes important especially with increasing frequency due to a focusing radiation pattern of the loudspeaker.

We investigate the theoretic influence of the radiation pattern on the measured transfer function and the reflection index. This is achieved by

the use of an analytic model describing the radiation pattern of the loudspeaker. Furthermore, the uncertainty in positioning the directive loudspeaker is discussed. The results are compared to measurements under controlled conditions.

Mi. 16:40 A14 1-112

Akustische Messtechnik I

### **Properties of aerodynamic reference sound sources**

Spyros Brezas und Volker Wittstock

*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

The properties of aerodynamic reference sound sources have been investigated for the scope of a project funded by the European Metrology Research Programme (EMRP). The intention to use such sources both as broadband and narrow band transfer standards to disseminate the unit watt, has led to bandwidth investigation of the emitted sound signal. This has also been used for the validation of the produced sound signal randomness. The relation between measurement uncertainty, signal bandwidth and duration is presented. Due to the strong relation between source directivity and measurement uncertainty, directivity measurements have also been performed using a specially designed setup and a first evaluation of sound power levels has been deduced. Additionally, a rough model has been used for the influence of floor reflections, since all measurements were performed in a hemi anechoic room. The influence of environmental conditions, in terms of temperature and static pressure, on the estimation of the emitted sound power is also presented, based on both indoor and outdoor measurements. The investigation was carried out with four different types of reference sound sources.

Mi. 17:00 A14 1-112

Akustische Messtechnik I

### **Berücksichtigung der Quellenrichtcharakteristik bei der in-situ Messung von Absorptionsgraden**

Markus Müller-Trapet und Michael Vorländer

*Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

Die Erfahrungen mit in-situ Messungen des Reflexions- oder Absorptionsgrades, unter anderem im Verlauf des QUIESST-Projektes, haben gezeigt, dass die Ergebnisse solcher Messungen von verschiedenen Unsicherheitsfaktoren beeinflusst werden. Einer dieser Faktoren ist die Richtcharakteristik der eingesetzten Schallquelle, welche in den zugrundeliegenden Methoden meist vernachlässigt oder nur rudimentär über Gewichtungsfaktoren berücksichtigt wird.

In diesem Beitrag wird das Verfahren der Monopolysynthese, also der Synthese der Richtcharakteristik einer realen Quelle durch eine verteilte Anordnung von Punktschallquellen, auf die in-situ Messung von Absorptionsgraden angewandt. Die Verwendung von Monopolanordnungen ist hierbei vorteilhaft, da die meisten in-situ Methoden mit Punktschallquellen rechnen, so dass die mathematische Formulierung des Problems nicht weiter verkompliziert wird.

Nach einer Analyse des Einflusses der Richtcharakteristik anhand von analytischen Berechnungen wird der Ansatz auf gemessene Daten angewandt um eine mögliche Verbesserung der Ergebnisse zu überprüfen.

---

Mi. 17:20 A14 1-112

Akustische Messtechnik I

### **Full 3D Sound source localization applied on Renault's electrical motor**

Olivier Minck<sup>a</sup>, Sylvestre Lecuru<sup>b</sup>, Louis Humbert<sup>c</sup>, Pascal Bouvet<sup>b</sup> und Sébastien Paillasseeur<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*MicrodB*; <sup>b</sup>*Vibratec*; <sup>c</sup>*Renault*

This paper presents the work done during AVELEC project. This project had the goal to get familiar with acoustics on new electrical motors. Noise sources are likely to be in high frequency, and located on any face of the motor. Some largely diffused tools for troubleshooting and quantification, are the acoustic arrays. They are based on beamforming or holography. Those arrays are usually used with 2D approach giving some consequent errors, as distances considered are wrong. Method applied in that case is the measurement of sound radiation around the complete motor (on its 6 faces), with microphones for phase reference, and a device for the measurement of the spatial position of the array. Considering the global measurement around the engine, it is possible to use all the microphones, on which signal has been recorded sequentially. Applying a synchronization over all microphones allow to consider everything like a single run. And finally using the real mesh for processing gives a better estimation of the pressure level. And it gives a really comfortable way to analyze results. For some specific configurations, results are successfully compared with simulation. And comparison with classical 2D beamforming is also showed.

---

Mi. 17:40 A14 1-112

Akustische Messtechnik I

### **Double Spherical Microphone Array to Improve Acoustic Comfort of Vehicles in Wind Tunnel**

Sébastien Paillasseeur<sup>a</sup>, Olivier Minck<sup>a</sup> und Christian Vartanian<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*MicrodB*; <sup>b</sup>*S2A (F)*

The goal of this paper is to present a measurement and analysis technique to improve acoustic comfort inside vehicle by reducing aero-acoustic sources or identifying insulation weakness.

Acoustic imaging techniques are widely used for exterior aero-acoustic sources identification in wind tunnel. However, identification of exterior sources is not sufficient to improve acoustic comfort of vehicles because those sources do not equally contribute to the noise level inside the car. It is thus needed to be able to characterize the contribution of each source inside the cabin. For several years MicrodB has developed specific antenna for interior sound source localization allowing identification of radiating parts or insulation weakness of vehicles.

This paper will present the method and show results obtained during measurements done with S2A company in their wind tunnel. The quick analysis done during measurement allowed us to identify acoustic sources and insulation weaknesses on a commercial vehicle. Based on those results, modifications have been applied to the vehicle to progressively remove main sources and thus reduce the noise level inside the vehicle.

### Sitzung „Schallbelastung der Meere durch den Menschen“

Mi. 8:00 S 2-206

Schallbelastung der Meere

#### **Schallabstrahlung eines unterseeischen Eisenbahntunnels**

Klaus Betke und Rainer Matuschek

*itap GmbH*

Die geplante Fehmarnbeltquerung zwischen Dänemark und Deutschland wird als Tunnel zwischen den Inseln Lolland und Fehmarn ausgeführt werden. Nach der gegenwärtigen Planung wird der etwa 18 km lange Tunnel als Absenk tunnel gebaut, d.h. aus vorgefertigten Röhrelementen, die an der Zielposition versenkt werden. Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsanalyse wurde die Frage aufgeworfen, ob nicht nur der Bau, sondern auch der reguläre Betrieb eines solchen Tunnels Geräusche im Wasser erzeugt, die marine Lebewesen beeinflussen oder beeinträchtigen könnten. Da keine geeigneten Literaturdaten auffindbar waren, wurde eine Messung an einem existierenden Tunnel vorgenommen, und zwar am Drogden-Tunnel, der Teil der Verbindung über den Öresund zwischen Dänemark und Schweden ist. Der Drogden-Tunnel ist ebenfalls ein Absenk tunnel. Im Vortrag werden das Ergebnis von Schallmessungen in unmittelbarer Nähe des Tunnels und in einem Abstand vorgestellt, ferner Messdaten zu Erschütterungen des Meeresbodens. Die Schalldaten werden Schiffsgeräuschen gegenübergestellt und der mögliche Einfluss auf marine Säugetiere diskutiert.

Mi. 8:20 S 2-206

Schallbelastung der Meere

#### **Hydroschallmessungen und Schallausbreitungsmodellierung für die feste Fehmarnbelt Querung**

Rainer Matuschek und Klaus Betke

*itap GmbH*

Dänemark plant die Errichtung einer festen Anbindung an Deutschland in Form eines ca. 18 km langen Tunnels unter dem Fehmarn Belt. Ein wichtiger Aspekt bei der Umweltverträglichkeitsanalyse war der Einfluss auf die marine Fauna und hier speziell auf marine Säuger. Da der Unterwasserschall möglicherweise Auswirkungen auf marine Säuger hat, wurde eine Grundlagenerhebung des Hydroschalls und seiner Quellen in der Fehmarn Belt Region durchgeführt.

Während eines Zeitraumes von mehr als einem Jahr wurden Unterwasserschallmessungen an 19 verschiedenen Positionen durchgeführt. Dazu wurden zeitgleich bis zu 5 autonome Hydroschallmesssysteme pro

Messkampagne ausgebracht. Die daraus resultierende Datenbasis besteht aus etwa 700 Tagen kontinuierlicher Schallaufzeichnungen.

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung der zeitlichen und räumlichen Schwankungen des Schalldruckpegels sowie spektrale Analysen des Hydroschalls werden vorgestellt. Basierend auf den Schallmessungen und Daten der Schiffsintensitäten wurde ein einfaches heuristisches Modell zur Schallausbreitung erstellt.

Im Rahmen des von der EU geförderten Life+ Projektes BIAS (Baltic Sea Information on the Acoustic Soundscape) wird zur Zeit eine ähnliche Studie für große Teile der Ostsee durchgeführt. Erste Erfahrungen und Ergebnisse aus diesem Projekt werden hier vorgestellt.

Mi. 8:40 S 2-206

Schallbelastung der Meere

---

### **Empirische Modellierung zur Prädiktion von Hydroschallimmissionen durch Impulsrammung von Fundamentstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen**

Siegfried Gündert<sup>a,b</sup>, Steven van de Par<sup>a</sup> und Michael Bellmann<sup>b</sup>

<sup>a</sup>CVO Universität Oldenburg, AG Akustik; <sup>b</sup>itap GmbH

Durch die Impulsrammung von Fundamentstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen werden Hydroschallimmissionen verursacht, die auf die Meeresfauna störende bis lebensbedrohliche Auswirkungen haben können. Bei der Planung von Offshorewindparks sind Prognosen der zu erwartenden Schallimmissionen notwendig, die eine angemessene Konzeption erforderlicher Schallminderungsmaßnahmen ermöglichen. Dabei sind vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie nach Vorarbeiten des Umweltbundesamts die Lärmschutzwerte von 160 dB re 1µPa Einzelereignispegel und 190 dB re 1µPa Spitzenpegel in einer Entfernung von 750 m festgelegt worden. Die durch das Impulsrammverfahren verursachten Schallimmissionen werden durch mehrere Variablen beeinflusst, von denen einige zum Zeitpunkt der Prognose bekannt sind. Variablen mit hohem Einfluss auf resultierende Schallimmissionen sind der Pfahldurchmesser, die eingesetzte Rammenergie und der Abstand des Immissionsortes zur Rammabastelle. Die Relevanz von Bodenbeschaffenheit, Eindringtiefe, Wassertiefe und Rammgerät sind Gegenstand derzeitiger Forschung. Auf der Grundlage vorhandener Messergebnisse der Schallimmissionen und der zugehörigen Variablen, die Einfluss auf diese nehmen können, wird ein empirisches Modell entwickelt. Durch statistische Auswertung bestehender Messdaten soll die Anzahl der erklärenden Variablen abgeschätzt und minimiert werden. Messergebnisse, Prognosen der Schallimmissionen und zugehörige Modellvarianten werden vorgestellt.

---

Mi. 9:00 S 2-206

Schallbelastung der Meere

## **Modelling of underwater noise and mitigation systems during installation of wind farms**

Peter Skjellerup

*Dong Energy Wind Power*

Dong Energy is an active developer of offshore wind power. The emission of underwater noise during installation has become an increasingly important issue adding significant risk to the offshore wind industry.

To understand the issue properly, Dong Energy have initiated studies comprising measurement programmes and numerical modelling of underwater noise emission. Emphasis is on understanding the general noise propagation patterns in water and seabed associated with pile driving, providing robust methods for source level estimation, modelling accurately the effects of various noise mitigation measures and, last but not least, quantifying the effects of soil and sea floor.

Results from measurements and modelling at the Anholt Offshore Wind Farm will be presented. This will comprise a comparison of vibratory and impact pile driving as well as a sensitivity analysis showing the effects of the seabed properties. It is also expected that preliminary results can be presented showing the relation between pile driveability in different soil layers and the emitted noise.

---

Mi. 9:20 S 2-206

Schallbelastung der Meere

## **Untersuchung des Einflusses der geometrischen Abmessungen eines Monopiles auf den Schalldruckpegel während einer Offshore-Pfahlrammung**

Kristof Heitmann, Tristan Lippert, Stephan Lippert und Otto von Estorff

*TU Hamburg-Harburg*

Offshore Windenergie spielt eine zentrale Rolle beim Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland. Das Ziel der Bundesregierung ist es die Treibhausgasemission massiv zu senken. Zur Errichtung der Windenergieanlagen werden Pfähle bis zu 50 Meter in den Meeresboden gerammt. Durch diesen Vorgang kommt es zur Ausbreitung einer Unterwasserschallwelle, die einen Schalldruckkegel von bis zu 250 dB erreichen kann. Um Unterwassertiere, wie zum Beispiel den Schweinswal, zu schützen, wurden Grenzwerte für den Rammschall vom Bundesumweltministerium eingeführt.

In der ausschließlichen deutschen Wirtschaftszone werden Offshore-Windenergieparks an unterschiedlichsten Standorten errichtet, so dass verschiedene Konzepte zur Errichtung verfolgt werden. Bis in Wassertiefen von 40 Metern werden Monopiles verwendet. In diesen Beitrag wird der Einfluss der verschiedenen geometrischen Einflussfaktoren bei der Errichtung dieser Gründungen mit der Finiten-Elemente-Methode untersucht. Besonderes Augenmerk wird dabei auf den Pfahldurchmesser, die Pfahlänge und die Einbindetiefe gelegt. Abschließend werden die

gewonnen Ergebnisse mit bisherigen Erkenntnissen aus Messungen abgeglichen um die Simulationen zu validieren.

Mi. 9:40 S 2-206

Schallbelastung der Meere

### **Zur Vorhersage von Offshore-Rammschall mittels Wellenzahlintegration**

Tristan Lippert, Kristof Heitmann, Marcel Ruhnau, Stephan Lippert und Otto von Estorff

*TU Hamburg-Harburg*

Aufgrund des massiven Ausbaus der Offshore Windenergie gewinnt das Thema Unterwasserschallschutz zunehmend an Bedeutung. In diesem Zusammenhang, spielen numerische Berechnungsmodelle sowohl für die Abschätzung der Auswirkungen geplanter Windparks, als auch für die Prototypenentwicklung von Schallschutzmaßnahmen eine zentrale Rolle. In diesem Beitrag wird ein Fernfeldberechnungsmodell für Rammschall, basierend auf der Wellenzahlintegrationsmethode, vorgestellt. Die Eingangsdaten für die Prognose werden anhand eines Finite-Elemente-Modells erstellt, an dem auch die Verifizierung des Modells erfolgt. Anschließend erfolgt eine Validierung der Ausbreitungsrechnung mit Hilfe von Offshore Messdaten aus verschiedenen Windparks, unter besonderer Berücksichtigung der Bodenmodellierung. Eine zentrale Rolle spielt hierbei die Diskussion der Prognosegenauigkeit, die zum einen durch die hohe Variabilität der Messdaten und zum andern durch die Unsicherheit der Eingangsparameter, insbesondere der Bodenparameter, maßgeblich beeinflusst wird.

Mi. 10:00 S 2-206

Schallbelastung der Meere

### **Boden und darüber hinaus: Parameter zur Vorhersage von Körperschalleinträgen bei Rammereignissen**

Claudia Podolski, Dennis Wilken und Wolfgang Rabbel

*CAU Kiel*

Die Erzeugung seismischer Wellen oder Körperschall bei Offshore-Rammereignissen spielt bei der Diskussion von Lärmbelastung durch eben selbige eine entscheidende Rolle. Seismische Wellen werden hierbei im Sediment erzeugt, können Schallschutzmaßnahmen unterlaufen und einen nennenswerten Rückeintrag in die Wassersäule liefern. Der hier vorgestellte Beitrag beschreibt die dabei zur Berechnung und Vorhersage notwendigen Parameter wie Sedimentstruktur, seismische Geschwindigkeiten und Dämpfungsparameter sowie die Methodik ihrer geophysikalischen In-situ-Bestimmung. Darüber hinaus werden verschiedene Datensätze aus Nord- und Ostsee gezeigt, an welchen besagte Parametersätze geophysikalisch bestimmt wurden. Die Ergebnisse zeigen starke Variation in Struktur und Sedimenteigenschaften, insbesondere auch innerhalb der Nordsee, und werden daher bezüglich ihrer Notwendigkeit bei Rammschallvorhersagen diskutiert.

---

Mi. 10:20 S 2-206

Schallbelastung der Meere

**Charakterisierung der Unterwasserschallausbreitung mit definierten akustischen Signalen bei der Forschungsplattform FINO3****Frank Gerdes und Max Görler***Wehrtechnische Dienststelle 71, FWG*

Bei der Errichtung der Fundamente von Offshore-Windenergieanlagen mittels Rammverfahren treten erhebliche Schallemissionen auf. Bisherige Messungen zeigen eine gewisse Variabilität der gemessenen Schallpegel. Mögliche Ursachen sind zeitliche Veränderungen beim Rammvorgang und/oder der Schallminderungsmaßnahme. Aber auch die oftmals vorhandene zeitliche Variabilität der Schallausbreitung im Wasser kann ein Beitrag sein. Letztere ist eine Folge der Tatsache, dass einige der Umweltparameter wie z.B. der Seegang und das Schallgeschwindigkeitsprofil zeitlich veränderlich sein können. Den Einfluss der umweltbedingten Variabilität auf die Variabilität der gemessenen Schallpegel kann nur dann herausgearbeitet werden, wenn sowohl die Schallquelle als auch der Empfänger möglichst stationär sind, d.h. zeitlich unveränderlich sind. Zu diesem Zweck wurden bei der kürzlich durchgeföhrten Installation einer akustischen Hydrophonkette bei der Forschungsplattform FINO3 Schallausbreitungsversuche mit einer vom Schiff abgehängten omnidirektionalen Schallquelle gemacht. Die Signale wurden auf besagter Hydrophonkette und auf zwei autonom arbeitenden, abgesetzten akustischen Messsystemen aufgezeichnet. Die Ergebnisse dieser Messungen werden vorgestellt. Ein Teil der Messungen erfolgte im Auftrag der Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH und wurde gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Mi. 11:00 S 2-206

Schallbelastung der Meere

**Messsystem zur Erfassung der Unterwasserschalls bei der Forschungsplattform FINO3****Max Görler und Frank Gerdes***Wehrtechnische Dienststelle 71, FWG*

Seit Ende 2012 bearbeitet der FWG das Vorhaben "Untersuchung der räumlichen und zeitlichen Variabilität des Schallfeldes bei FINO3 mit gleichzeitiger Erfassung der Anwesenheit von Schweinswalen". Hierfür wurde im September 2013 bei FINO3 eine am Meeresboden verankerte Hydrophonkette installiert, die durch einen Auftriebskörper vertikal in der Wassersäule gehalten wird. Das System ist für Abtastraten bis 500 kHz ausgelegt, damit neben dem relativ niederfrequenten Rammsschall von Offshore-Windparks auch die Klicklauten von Schweinswalen erfasst werden können. Die unter Wasser analog-digital gewandelten Daten werden per Seekabel an die Datenerfassung auf FINO3 übertragen. Zusätzlich betreibt der FWG eine Unterwasserauslage mit zwei C-POD Klickdetektoren und ein auf der Plattform installiertes Kamerasystem. Mit letztem soll untersucht werden, ob eine automatisierte optische Erfassung

von Schweinswalen möglich ist und wenn ja, inwieweit die optischen Erfassungen mit den akustischen vergleichbar sind. In diesem Beitrag werden das Messkonzept und -system beschrieben und es werden erste Messergebnisse vorgestellt. Das Vorhaben ist beauftragt durch die Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH und wird gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Mi. 11:20 S 2-206

Schallbelastung der Meere

### **Schallminderungsmaßnahmen beim Bau von Offshore-Windparks reduzieren die Störung von Schweinswalen (*Phocoena phocoena*)**

Armin Rose, Ansgar Diederichs und Georg Nehls

*BioConsult SH GmbH & Co.KG*

Rammarbeiten während der Errichtung von Offshore-Windparks führen zu sehr hohen Unterwasserschall-Pegeln in der Umgebung. Besonders Schweinswale (*Phocoena phocoena*), die sich per Echo-Ortung orientieren, können im Nahbereich geschädigt und in großen Entfernung gestört werden. Effektive Schallschutzsysteme können die Schallpegel im Umfeld der Baustellen um über 10 dB SEL (sound exposure level) reduzieren. Da das Auftreten von Schweinswalen deutlich mit der Stärke von Schallimmissionen korreliert ist, hat eine effektive Schallminderung um Windpark-Baustellen herum direkte Auswirkungen auf die Störungsradien der Tiere. Beim Bau des Windparks Borkum West II (BW II) wurde erstmals ein positiver Effekt eines Schallminderungssystems auf das Auftreten von Schweinswalen nachgewiesen. Rammungen dort verursachten signifikante Vertreibungseffekte auf Schweinswale ab einer Schallimmission von 144 dB SEL. Da die Rammschall-Immissionen bei BW II mittels Schallminderung durch einen Großen Blasenschleier um durchschnittlich 11 dB SEL reduziert werden konnten, ergab sich für die Tiere eine Verringerung des Störungsradius um Baustellen herum von 15 km auf 4,8 km. Folglich wurde bei BW II die gestörte Fläche und somit auch die Anzahl gestörter und vertriebener Schweinswale bei Verwendung dieses Schallschutzsystems um 90% reduziert. Effektive Schallminderungsmaßnahmen können somit zum Schutz dieser in den Annexen II und IV der FFH-Richtlinie der EU gelisteten Meeressäugern beitragen.

Mi. 11:40 S 2-206

Schallbelastung der Meere

### **Untersuchungen zum primären Schallschutz bei Rammvorgängen von Tiefgründungen für Offshore-Bauwerke**

Frank Dahlhaus<sup>a</sup>, Jochen Großmann<sup>b</sup>, Frank Adam<sup>a</sup>, Katja Dombrowski-Daube<sup>a</sup> und Burkhard Schuldt<sup>b</sup>

<sup>a</sup> TU Bergakademie Freiberg; <sup>b</sup> GICON - Großmann Ing. Consult GmbH

Bei der Errichtung von Offshore Bauwerken werden Pfähle mit Hilfe von Impulsrammen in den Meeresboden eingebracht. Dabei treten hohe Schalldrücke auf, die sich über große Entfernung auf die Meeresumwelt auswirken und zu einer Beeinträchtigung von Meeressäugern,

insbesondere zur Schädigung ihres Gehörs führen können. Die bisher für Tiefgründungen im Offshore-Bereich eingesetzten Stahlrammpfähle weisen hohe Schallemissionen auf.

Der Tagungsbeitrag soll einen auf der Auswahl geeigneter Werkstoffe und Werkstoffkombinationen basierenden neuen Ansatz zur primären Schallminderung aufzeigen. Es werden die theoretischen und experimentellen Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie zur Entwicklung eines neuartigen Pfahltragwerkes aus druck- und schlagfesten Verbundwerkstoffen präsentiert. Im Rahmen der Materialentwicklungen konnte durch den gezielten Einsatz von hochtragfähigen als auch schallreduzierenden Werkstoffkomponenten eine Schallminderung erreicht werden. Zugleich ist die Dauerhaftigkeit des Verbundwerkstoffes unter gegebenen Umweltbedingungen und infolge Lastwechselbeanspruchungen zu gewährleisteten. Es werden die für den Verbundwerkstoff in maßstäblichen Laborversuchen ermittelten und gegenüber klassischen Stahlrohrtragwerken deutlich reduzierten Schalldrücke und -kennwerte vorgestellt. In begleitenden numerischen Untersuchungen erfolgte die Entwicklung eines Finite-Element Berechnungsmodells zur Prognose der Hydroakustik im Nah- und Fernfeld des Rammpfahls. Mithilfe der experimentellen Ergebnisse konnte eine erfolgreiche Validierung des Modells vorgenommen werden. Im Ergebnis der Studie kann festgehalten werden, dass der primäre Schallschutz ein großes Potential zur Verringerung der Schallemissionen im Offshore-Bereich besitzt.

Mi. 12:00 S 2-206

Schallbelastung der Meere

### **Weiterentwicklung und Erprobung des Großen Blasenschleiers zur Minderung der Hydroschallimmissionen bei Offshore-Rammarbeiten**

Michael Bellmann und Patrick Remmers

*itap GmbH*

Der "Große Blasenschleier" wird derzeit in den meisten Errichtungsprozessen in Deutschland als das Standard-Schallminderungssystem eingesetzt. Einerseits zeigte sich bei bisherigen Einsätzen, dass die erzielte Schallminderung stark von einigen Systemkonfigurationen, wie z.B. die verwendete Luftmenge, abhängig ist. Zum anderen zeigte sich, dass es noch technischen Optimierungsbedarf einzelner Systemkomponenten gibt, um ein sicheres, reliables und offshore-taugliches Schallminderungssystem für den Serieneinsatz darzustellen. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens beim Bau des OWPs Global Tech I werden derzeit technische Optimierungen einzelner Systemkomponenten entwickelt und getestet. Zudem werden durch Messungen der Luftmenge innerhalb des Düseneschlauches in Kombination mit Hydroschallmessungen die wesentlichen Einflussfaktoren auf die erzielte Schallminderung untersucht, um einen optimierten, reliablen und offshore-tauglichen "Großen Blasenschleier" zu entwickeln. Die ersten Ergebnisse dieser Weiterentwicklungen werden dargestellt und diskutiert.

Mi. 12:20 S 2-206

---

Schallbelastung der Meere**Grundlagen der Schallminderung und Resonanzwirkung von Hydroschall-Dämpfern im Wasser****Karl-Heinz Elmer***OffNoise-Solutions GmbH*

Bei Rammarbeiten für Offshore-Gründungen werden die zulässigen Grenzwerte von Hydroschallpegeln im Allgemeinen weit überschritten. Es sind daher Maßnahmen zur Reduzierung der Hydroschallpegel für den geplanten Ausbau der Offshore-Windenergie erforderlich, um eine ernsthafte Gefahr für geschützte Meerestiere ausschließen zu können. Zur Lösung dieses Problems ist ein neues Verfahren mit einfachen luftgefüllten Hüllkörpern (Ballons) entwickelt worden, das ganz allgemein zur Minderung von Hydroschall eingesetzt werden kann. Der Ansatz für das sehr effiziente Verfahren zur Minderung von Hydroschalls ist vor allem das außerordentlich hohe Streu- und Absorptionsvermögen von resonanzfähigen, luftgefüllte Hüllkörpern aus dünnem, hochelastischem Material, schon bei sehr geringen Volumenkonzentrationen. Im Gegensatz zu den bekannten Blasenschleieren sind bei dem Verfahren der Hydroschall Dämpfer (HSD) die einzelnen Ballons bezüglich ihrer Eigenfrequenz, Form, Größe, Anzahl, Abstände und Positionen vollständig kontrollierbar, was Voraussetzung für den effizienten Einsatz der Elemente ist. Analytische Ansätze und Untersuchungen zur Beschreibung der unterschiedlichen physikalischen Effekte zur Schallminderung werden dargestellt. Numerische Simulationen zeigen das sehr hohe Potenzial der Hydroschall Dämpfer, das durch Ergebnisse von ersten Offshore-Messungen bestätigt wird.

Mi. 12:40 S 2-206

---

Schallbelastung der Meere**In-Situ Bestimmung der "Einfügungsdämpfung" unter Wasser bei Offshore-Projekten****Andreas Müller, Felix Köhnecke und Carsten Zerbs***Müller-BBM GmbH*

Die Lärmbelastung der Weltmeere steht seit geraumer Zeit im öffentlichen Interesse. Meeresspezialisten versuchen derzeit, die Wirkungen des anthropogenen Schalleintrags durch Schiffslärm, Baulärm bei Errichtung von Windkraftanlagen u.a. in die Meeresumwelt zu verstehen und zu bewerten. Nationale Gesetzgeber und internationale Organisationen sind bestrebt, im Bedarfsfall die Schallemission bzw. -immission regulativ zu begrenzen. Im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen von Offshore-Projekten müssen Prognosen erstellt werden, die den Lärmschutzzvorgaben des Umweltbundesamtes entgegengestellt werden. Bei Nichterfüllung der Vorgaben sind schalltechnische Maßnahmen zu beschreiben. Zurzeit gibt es keinen Standard, nach dem die akustischen Eigenschaften einer Schallminderungsmaßnahme unter Wasser erfasst bzw. berechnet werden können. Im Rahmen von Genehmigungsverfahren erfolgen daher durch die zuständige Behörde Vorgaben zur

Durchführung. Es wird ein experimentelles Verfahren zur Bestimmung der "Schalldämpfung" von Maßnahmen vorgestellt. Dieses beruht auf der Messung der Einfügungsdämpfung im Einsatzfall. Die Konzepte werden in der "Luftwelt" gut beherrscht und normativ beschrieben. Leider können diese nicht einfach übernommen werden, da der Aufwand von akustischen Messungen unter Wasser deutlich höher ist. Valide Aussagen über die Genauigkeiten und Aussagekraft sind nicht verfügbar. Es wird u.a. die Frage diskutiert, unter welchen Randbedingungen man eine objektive Beschreibung von Schalldämmmaßnahmen erzielen kann.

### Sitzung „Lärmschutz - Reifen / Fahrbahn“

Mi. 15:40 S 2-206

Lärmschutz - Reifen / Fahrbahn

#### **Einfluss der Reifenlärmbegrenzung auf die Lärmschutzplanung**

Martin Kriegisch<sup>a</sup>, Reinhard Wehr<sup>a</sup>, Marco Conter<sup>a</sup> und Heinz Hoislbauer<sup>b</sup>

<sup>a</sup>AIT Austrian Institute of Technology; <sup>b</sup>TAS SV-GmbH, Linz (A)

Durch die Einführung der EU-Richtlinien 2009/661/EG und 2009/1222/EG wurde eine neue Möglichkeit eröffnet, Verkehrslärm direkt an der Quelle zu reduzieren. Durch eine Absenkung von 3 - 6 dB der Emissionslimits in der Typenzulassung ergibt sich ein Potential zu umfassend niedrigeren Immissionswerten, die deutliche Einsparungen in Lärmschutzmaßnahmen ermöglichen, ohne den Lärmschutz selbst zu beeinflussen. Die Aufgabe des hier vorgestellten Projektes "LARA - Lärmarme Reifen für leise Straßen", finanziert durch ASFINAG und BMVIT, umfasst die Bewertung der Auswirkungen EU-Richtlinien auf österreichische Verhältnisse, um die tatsächlich realisierbare Lärmreduktion zu bestimmen. Dazu wurden in einem ersten Schritt kontrollierte Vorbeifahrtmessungen auf typischen in Österreich im hochrangigen Straßennetz verwendeten Fahrbahndecken durchgeführt, wobei der Fokus auf die Verwendung von Reifen mit niedrigen Emissionswerten gelegt wurde. In einem zweiten Schritt wurden mit den so erhaltenen Emissionswerten Beispiel-Lärmschutzprojekte berechnet, um das Einsparungspotential durch verminderten Reifen/Fahrbahn-Lärm zu bestimmen.

Mi. 16:00 S 2-206

Lärmschutz - Reifen / Fahrbahn

#### **Lärmindernde Fahrbahnbeläge für Innerortsstraßen**

Ulrich Peschel

Umweltbundesamt

Über die Hälfte der Deutschen fühlt sich durch Straßenverkehr gestört oder belästigt; ca. 16 % der Bevölkerung sind durch den Straßenverkehr gesundheitsgefährdenden Lärmpegeln ausgesetzt. Da das Reifen-Fahrbahn-Geräusch von Personenkraftwagen bereits ab Geschwindigkeiten von ca. 30 km/h die dominierende Geräuschquelle im Straßenverkehr ist, kann der Einsatz von lärmindernden Fahrbahnbelägen im Innerortsbereich einen Beitrag zur Verringerung der Lärmbelastung und

ihrer Folgen leisten. Geringe Reifen-Fahrbahn-Geräusche werden vorwiegend über eine günstige Textur der Oberfläche und/oder einen hohen Hohlraumgehalt der Deckschicht erreicht. Für Geschwindigkeiten bis 50 km/h eignen sich der lärmarme Splittmastixasphalt SMA LA, die lärm-optimierte Asphaltdeckschicht LOA 5 D, die dünne Asphaltdeckschicht in Heißbauweise auf Versiegelung DSH-V und gegebenenfalls auch der Splittmastixasphalt SMA und der Asphaltbeton AC. Da sich die Unterschiede in der Zusammensetzung auch auf andere Eigenschaften der Fahrbahn (z.B. Haltbarkeit, Belastbarkeit) auswirken, ist bei der Auswahl der Verwendungszweck (z.B. die zulässige Höchstgeschwindigkeit, der Schwerverkehrsanteil) zu berücksichtigen. Ein Nachteil der meisten lärmindernden Beläge ist ihr akustisches Langzeitverhalten: Messungen zeigen, dass oft hohe Anfangs-Pegelreduktionen möglich sind, nach wenigen Jahren verlieren viele Beläge jedoch einen Großteil ihrer guten akustischen Eigenschaften. Welche Möglichkeiten bieten Fahrbahnbeläge derzeit zur Minderung des Straßenverkehrslärms?

Mi. 16:20 S 2-206

Lärmschutz - Reifen / Fahrbahn

### Schalltechnische Messungen an Lärmschutzwänden im Modell

Heinz Hoislbauer

TAS SV-GmbH, Linz (A)

Im Rahmen der Verkehrsinfrastrukturforschung VIF 2011 durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft wurde im Zuge von Untersuchungen zu Lärmschutzwänden komplexer Geometrie eine Untersuchung an Lärmschutzwänden im Modell durchgeführt. In vorliegender Untersuchung wurden Messungen an Lärmschutzwänden im Modell im Maßstab 1:4 vorgenommen. Hierbei wurde die schalltechnische Wirkung komplexer Geometrien (geknickte bzw. gekrümmte Wände etc.) sowie die Auswirkung von Schallabsorption der Wand als auch des Bodens im Modell untersucht. Der Frequenzbereich der Untersuchungen wurde auf Modellgrößen transformiert und entspricht dem Frequenzbereich von 100 Hz bis 5 kHz in Originalgröße. Die Modelle repräsentieren näherungsweise reale Varianten. Es wird ein Überblick über die Ergebnisse der Untersuchung gegeben.

Mi. 16:40 S 2-206

Lärmschutz - Reifen / Fahrbahn

### Untersuchung des Standes der Lärminderungstechnik bei Mikro-BHKW

Christian Schulze<sup>a</sup>, Jörn Hübel<sup>b</sup>, Stefan Richardt<sup>a</sup>, Bettina Habelt<sup>a</sup> und Johannes Herhold<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH; <sup>b</sup>Hochschule Mittweida, Lehrstuhl f. Technische Mechanik u. Akustik; <sup>c</sup>Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen kommen vermehrt dezentrale (Klein-) Anlagen, sogenannte Mikro-Blockheizkraftwerke (BHKW), zum Einsatz. Diese werden direkt im Wohnhaus, innerhalb von Wohngebieten bzw. in unmittelbarer Nachbarschaft zur Wohnbebauung installiert.

Innerhalb des Beitrags wird ein Überblick über die Anforderungen an den Lärmschutz, die Geräuschemission kommerziell erwerbbarer Anlagen sowie Maßnahmen zur Lärmminderung an Mikro-BHKW gegeben. Die vorgestellten Ergebnisse sind Bestandteil einer Studie, die im Auftrag des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) durchgeführt wurde.

Mi. 17:00 S 2-206

Lärmschutz - Reifen / Fahrbahn

### **Ermittlung der Geräuschemission und Möglichkeiten zur Lärmminde- rung bei Luft-Wasser-Wärmepumpen**

Sebastian Kluth<sup>a</sup>, Christian Schulze<sup>a</sup>, Jörn Hübelt<sup>b</sup>, Mirko Ruhnau<sup>a</sup>, Stefan Richardt<sup>a</sup>, Ralph Krause<sup>c</sup>, Andreas Peusch<sup>c</sup> und Christian Fabris<sup>d</sup>

<sup>a</sup> *Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH*; <sup>b</sup> *Hochschule Mittwei-  
da, Lehrstuhl f. Technische Mechanik u. Akustik*; <sup>c</sup> *ILK Dresden gGmbH*;

<sup>d</sup> *Umweltbundesamt*

Der zunehmende Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen (LWWP) zur Kühlung und Heizung von Gebäuden führt zu einer erhöhten Lärmbe- lastung der Bevölkerung. Dieser Beitrag zeigt Ergebnisse einer durch das Umweltbundesamt geförderten Studie zur Entwicklung eines praxisgerechten Mess- und Bewertungsverfahrens zur Ermittlung der Geräuschemission von LWWP in situ. Des Weiteren wird ein Überblick über die Geräuschemission kommerziell erwerbbarer Anlagen sowie die Beschreibung technisch möglicher Lärminderungsmaßnahmen an LWWP gegeben.

Mi. 17:20 S 2-206

Lärmschutz - Reifen / Fahrbahn

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

### **Sitzung „Lärmschutz - Reifen / Fahrbahn (Poster)“**

Mittwoch

Lärmschutz - Reifen / Fahrbahn (Poster)

### **Studie zur Erfassung, Beschreibung und Modellierung von Ge- räuschemissionen von Kasernenanlagen der Bundeswehr - Kaser- nenlärmstudie**

Ralf Grzella

*Bundeswehr / Universität Rostock*

Die Arbeit stellt zunächst die Bundeswehr im Zeichen ihrer Neuaus- richtung und unter besonderer Berücksichtigung des Immissionsschutzes Lärm dar. Hiervon ausgehend wird auf die aktuelle Vorschriftenlage, die mögliche Einbindung in ein integriertes Umwelt- und Arbeitsschutzmanagement und in das Vorhaben SASPF (Standard Anwendungs Software Produktfamilie) der Bundeswehr eingegangen. Ausgehend von der Komplexität und des interdisziplinären Ansatzes des Themas werden Rahmenbedingungen zur Herleitung und Begründung der

Untersuchungsmethodik dargelegt. Die Darstellung der Untersuchungsergebnisse beginnt mit den Zusammenhängen aus der Entstehungsgeschichte von militärischen Kasernenanlagen ab den 1930-er Jahren und führt zu den Erkenntnissen über das derzeitige Liegenschafts- und Gebäudemanagement der Bundeswehr. Die aktuellen Herausforderungen des Immissionsschutzes Lärm in der Bauleitplanung in Bezug auf Kasernenanlagen der Bundeswehr werden erläutert. Weiterhin wird die qualitative und quantitative Identifizierung von Lärmquellen in Kasernenanlagen der Bundeswehr ebenso beschrieben wie die systematische Zusammenführung von akustischen Grundlagendaten der identifizierten Lärmquellen und die hieraus entwickelten Beispiele für eine akustische Bestandsaufnahme und eine akustische Betriebsbeschreibung für Kasernenanlagen. Abschließend werden für ausgewählte Kasernenanlagen unterschiedliche akustische Ansätze - von Flächenbezogenen Schallleistungspegeln bis hin zu Einzelschallquellen - mit dem Software-Produkt IMMI 2009/2012 dargestellt. Die Ergebnisse werden diskutiert und ein Ausblick zur Fortführung der Thematik wird gegeben.

## Fachvorträge und Poster am Donnerstag, den 13.03.2014

### Sitzung „Binaurale Psychoakustik und Audiologie“

Do. 8:00 Audimax

Binaurale Psychoakustik & Audiologie

#### **Einfluss von Modulationswahrnehmung auf den binauralen Gewinn bei Verdeckungsmusterexperimenten**

Björn Lübken<sup>a</sup>, Steven van de Par<sup>b</sup> und Jesko Verhey<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Otto-von-Guericke-Universität, Abt. f. Experim. Audiologie, Magdeburg;

<sup>b</sup>CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

Verdeckungsmuster ermöglichen eine hörakustische Quantifizierung der Frequenzzerlegung im Gehör. Bei diesen Messungen wird üblicherweise die Schwelle eines Tons in Anwesenheit eines Schmalbandrauschens als Funktion der Signalfrequenz gemessen. Wird dem Signal ein interauraler Unterschied aufgeprägt so sinkt die Schwelle besonders stark ab, wenn das Signal spektral innerhalb des Verdeckers liegt, während dieser sogenannte binaurale Gewinn stark abnimmt, sobald Signal und Verdeckter sich spektral nicht mehr überlappen. In der Literatur wurde vorgeschlagen, dass diese Reduktion des binaurale Gewinns von Schwebungen zwischen Signal und Verdeckter herröhre, die insbesondere bei einohriger Verarbeitung genutzt werde, während die beidohrige Verarbeitung diese (zur Energie zusätzliche) Information kaum nutzen könne. Der vorliegende Beitrag untersucht diese Hypothese sowohl experimentell durch Hinzufügen eines weiteren Störtones, der den Nutzen der Einhüllendeninformationen reduziert, als auch mit Hilfe von Modellsimulationen. Wie erwartet verschlechtert der Störton die Hörbarkeit des Zielsignals deutlich. Die simulierten Daten stimmen für Konditionen ohne das zusätzliche Störsignal gut mit den gemessenen Daten überein und zeigen den Einfluss der Modulationswahrnehmung auf den binaurale Gewinn bei nicht überlappendem Signal- und Verdeckerspektren. Des weiteren zeigen die Simulationen die Bedeutung von frequenzübergreifenden Prozessen bei der Modulationswahrnehmung in diesen Konditionen, da nur hierdurch die realistische Simulation der Messergebnisse mit Störgeräusch möglich wird.

Do. 8:20 Audimax

Binaurale Psychoakustik & Audiologie

#### **The relative contributions of better ear listening and binaural masking level differences in a cocktail party: Experiment and model predictions**

Esther Schoenmaker<sup>a</sup>, Thomas Brand<sup>b</sup> und Steven van de Par<sup>a</sup>

<sup>a</sup>CvO Universität Oldenburg, AG Akustik; <sup>b</sup>CvO Universität Oldenburg,

Cluster of Excellence 'Hearing4all'

In a cocktail party setting with several competing speech sources, speech intelligibility increases when the target and interfering sources become spatially separated. Some studies have shown that this can be

attributed to differences in perceived locations mediating better perceptual segregation, whereas others point to differences in within-band interaural properties, known as binaural masking level differences (BMLDs). In the current work, the relative contributions of these two mechanisms have been compared directly in a headphone experiment that investigated auditory streaming based on binaural cues. A new type of stimulus was used in which the possibility to use BMLDs was eliminated for each time-frequency interval while the localization cues of the dominating source were preserved. Thus, the natural spatial perception of the three-speaker mixture remained unaffected. Results show a significant spatial release from masking for both the original and manipulated stimuli. Moreover, the outcome of the experiment could be explained by a combination of spectro-temporal SNR at the better ear and the angle separating the sources. The experimental findings are compared to predictions by the Binaural Speech Intelligibility Model from Beutelman et al (2006, 2010).

---

Do. 8:40 Audimax

Binaurale Psychoakustik & Audiologie

### **Temporal Resolution of the Binaural System for Lateralizing Purely Binaural Modulations**

Darrin K. Reed und Steven van de Par

*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik*

In multi-source and non-anechoic listening scenarios, the interaural cues can rapidly fluctuate between target and non-target sound information. To investigate the binaural processing of such rapidly changing cues, a purely binaural modulation can be created by periodically alternating segments of broadband noise between two different ITD values. The studies in this paper investigate whether the binaural system is fast enough to segregate the two ITD streams or if the binaural system is sluggish such that it integrates the two spatial locations into a single, smeared sound image. In addition we investigated whether the addition of diotic amplitude modulations (AM) will alter the audibility of ITDs that occur at the flanks or peaks of the modulations. Results indicate that the binaural system is indeed fast enough to accurately lateralize target tokens down to 3 - 6 ms in duration when the target ITD is greater than  $\pm 200$  us from the interfering ITD. The temporal position within the AM phase for the target ITD does not seem to affect lateralization performance. These results are in line with the notion that there is modulation sensitive functionality subsequent to the point of binaural interaction.

---

Do. 9:00 Audimax

Binaurale Psychoakustik & Audiologie

**Richtungshören in der Medianebene unter Modifizierung der Einflüsse von Schultern und Oberkörper**

Dennis Böck, Matthias Mändl und Jürgen Schafberger

*Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden*

In Hörversuchen wurde die Richtungsortungsfähigkeit in der Medianebene unter Modifizierung der Einflüsse von Schultern und Rumpf untersucht. Hierfür wurde in einem dreiteiligen Hörversuch die Treffsicherheit dieser speziellen Form der Richtungsortung ermittelt. Jeder Versuch wurde mit einer schallharten, einer schallweichen und ohne eine "Halskrause" zur Abschottung von Schultern und Oberkörper, durchgeführt. Die Wirkung dieses Verfahrens wurde mit einem Kunstkopf-Messsystem überprüft. Die Ergebnisse wurden einander gegenübergestellt und grafisch aufgearbeitet.

---

Do. 9:20 Audimax

Binaurale Psychoakustik & Audiologie

**Variance in Localization of Click Sounds with a Preceding Distractor**

L'uboš Hládek, Beáta Tomoriová und Norbert Kopčo

*P. J. Safarik University in Košice (SK)*

The perceived location of a click-sound can be affected by the presence of a preceding distractor click coming from a fixed, a priori known location [Kopco et al., JASA, 121, 420-432, 2007; Tomoriova et al.; ARO Abstract #655, 2012]. The effect is observed over a range of distractor-to-target stimulus onset asynchronies (25-400ms) and it persists even for subsequent trials on which the target is presented without a preceding distractor (i.e., causing a "contextual" effect). Factors including precedence-like and precedence-build-up-like mechanisms, perceptual segregation/grouping, and adaptation due to repeated presentation of the stimuli likely contribute to the effect. Here, we present the analysis of how response variance is affected by the distractor-to-target SOA and relative frequency of distractor occurrence. In our experiment, subjects localized clicks in sound-attenuated booth with a setup similar to previous studies. The target clicks were presented either alone or were preceded by an identical distractor click coming from a fixed location. Both the immediately preceding distractor and the context affected performance. Increases as well as decreases in response variance were observed relative to target-only baseline runs, depending mainly on SOA. These results illustrate how different processing mechanisms play a role even for simple scenes with well segregated stimuli.

Do. 9:40 Audimax

Binaurale Psychoakustik &amp; Audiologie

**Einfluss der Einhüllendenform auf die Lateralisierung bei interauralen Zeitunterschieden**Martin Klein-Hennig<sup>a</sup>, Mathias Dietz<sup>a</sup> und Volker Hohmann<sup>b</sup><sup>a</sup> CvO Universität Oldenburg; <sup>b</sup> CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik

Interaurale Zeitunterschiede (engl. interaural time differences, ITDs) spielen für die Lateralisation von Signalen in Kopfhörerexperimenten eine wichtige Rolle. Das auditorische System des Menschen ist sensibel für ITDs in der Feinstruktur und der Einhüllenden von Signalen. Bei höheren Frequenzen können aufgrund der fehlenden Feinstruktur-Phasenkopplung nur noch Einhüllenden-ITDs ausgewertet werden. In Klein-Hennig et al. (2011) [J Acoust Soc Am 129, 3856] wurde gezeigt, dass die eben wahrnehmbaren Einhüllenden-ITDs von der Wellenform der periodischen Einhüllenden abhängen. So lassen sich die kleinsten eben wahrnehmbaren ITDs mit Einhüllendenformen erreichen, die eine starke Anstiegsflanke oder eine Pausenzeit mit geringer oder keiner Modulationsenergie zwischen zwei Modulationszyklen aufweisen. In der aktuellen Studie wurde mit denselben Stimuli die Lateralität von bestimmten Einhüllendenformen als Funktion der Einhüllenden-ITD gemessen. Hierzu stellten die Versuchspersonen den interauralen Pegelunterschied eines Zeigersignals so ein, dass dessen Lateralisierung mit der des Zielsignals, das mit einer Einhüllenden-ITD versehen war, übereinstimmte. Die Ergebnisse deuten an, dass Einhüllendenformen, die in vorherigen Studien niedrige eben wahrnehmbare Einhüllenden-ITDs erzeugten, stärkere Lateralisierung aufweisen. Insbesondere für Einhüllendenformen mit kurzer Pausendauer ist die Lateralisierung stark von interauralen Pegeldifferenzen abhängig, die in manchen Konditionen in Kombination mit der Zeitdifferenz dargeboten wurden.

Do. 10:00 Audimax

Binaurale Psychoakustik &amp; Audiologie

**The importance of binaural cues for the perception of apparent source width at different sound pressure levels**Johannes Käsbach<sup>a</sup>, Tobias May<sup>a</sup>, Nicolas Le Goff<sup>a</sup> und Torsten Dau<sup>b</sup><sup>a</sup> Technical University of Denmark, Centre for Applied Hearing Research;<sup>b</sup> Technical University of Denmark

Apparent source width (ASW) describes the perceived spatial extent of a sound source. It is mainly caused by a decorrelation of the two ear signals. In literature, the decorrelation is primarily explained by temporal fluctuations in binaural cues, namely interaural time and level differences (Blauert and Lindemann (1986a)). Further, it is claimed in Okano et al. (1998) that the monaural sound pressure level (SPL) has an influence on ASW as well. It is however not clear to what extent these individual cues are contributing to the complex percept. In Käsbach et al. (DAGA 2013),

it was shown that the long-term analysis of the interaural cross-correlation cannot solely account for psychoacoustic data of ASW. The objective of this study is therefore to analyse the weighting and integration of short-term estimates of the individual binaural cues across frequency and across time in a computational model. The dependency on the sound pressure level, i.e. the salience of these cues at different SPLs is thereby taken into account. All tested conditions are cross-validated with psychoacoustic data. The obtained results will be important for auditory models that aim at reliably measuring ASW and for the design of acoustical spaces.

Do. 10:20 Audimax

Binaurale Psychoakustik & Audiologie

### **Influence Of A Microphone Array On Speech-On-Speech Masking Psychometric Functions**

Sylvain Favrot, Christine R. Mason und Gerald Kidd, Jr.

*Boston University, Hearing Research Center*

The current study evaluates the impact of a highly directional microphone array on psychometric functions obtained with speech-on-speech masking. Beamforming microphone arrays typically are used to enhance sound preferentially from a desired direction. It has previously been reported that, under 'natural' (unaided) listening conditions in which speech maskers are colocated with a speech target, psychometric functions may show a 'plateau' or 'dip' when the target-to-masker ratio is around 0 dB. This effect disappears when the maskers are spatially separated from the target because spatial cues help subjects to distinguish the maskers from the target, reducing uncertainty and confusions. In this study, four normal-hearing subjects participated in a speech intelligibility test with collocated and spatially separated speech maskers when listening either through the microphone array or through KEMAR (to simulate natural binaural conditions). As found previously, when subjects listened through KEMAR, they showed the plateau effect only for colocated masker conditions. However, when subjects listened through the microphone array, they also demonstrated a plateau effect when maskers were spatially separated from the target. This finding has implications for the expected benefit from using microphone arrays in specific conditions when the maskers and target are similar in level.

Do. 11:00 Audimax

Binaurale Psychoakustik & Audiologie

### **Technische Evaluierung verschiedener Verfahren zur binauralen Synchronisation der Dynamikkompression in Hörgeräten**

Mareike Buhl<sup>a</sup>, Birger Kollmeier<sup>b,c</sup> und Stephan M.A. Ernst<sup>c</sup>

<sup>a</sup> CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik; <sup>b</sup> Fraunhofer IDMT; <sup>c</sup> CvO Universität Oldenburg, Cluster of Excellence 'Hearing4all'

Der Dynamikbereich vieler Schwerhörender ist durch den Verlust von äußeren Haarzellen stark eingeschränkt. Dieses Recruitment genannte Phänomen kann im Hörgerät mit Dynamikkompressionsalgorithmen

ausgeglichen werden. Durch unabhängige Anwendung an beiden Ohren kann die vom Gehör zur Lokalisierung und Quellentrennung genutzte interaurale Pegeldifferenz (ILD) beeinträchtigt werden. Im Beitrag wurden zwei Methoden zur binauralen Verschaltung von Dynamikkompressoren daraufhin getestet, wie gut diese die ILD bewahren können. Die zu erwartende Sprachverständlichkeit wurde hierbei mithilfe des binauralen Sprachverständlichkeitsmodells BSIM (Beutelmann und Brand, 2006) untersucht. Die Teststimuli waren Sprachmaterial aus dem Oldenburger Satztest sowie ISTS-Rauschen (International Speech Test Signal). Mithilfe von Head Related Impulse Responses wurden sowohl räumlich symmetrische als auch asymmetrisch aufgeteilte Stimuliverteilungen erstellt. In diesen räumlich komplexeren Situationen wird durch binaurale Kopplung ein besserer Korrelationskoeffizient zwischen Eingangs- und Ausgangs-ILD erreicht als für bilaterale Versorgung (0.89 bzw. 0.96 gegenüber 0.63 im asymmetrischen Fall). Für die getesteten Realisierungen der binauralen Kopplung kann gezeigt werden, dass entweder die physikalischen räumlichen Eigenschaften des Schalls oder nur die optimale Kompensation des monauralen Hörverlusts bewahrt werden kann. In der Diskussion wird daraus folgend ein Ansatz präsentiert, der diese Eigenschaften verbinden soll. Er ermöglicht es, die schnellen Schwanungen in der Eingangs-ILD durch eine nachträgliche Verstärkungskorrektur bei optimierter monauraler Kompensation zu bewahren.

---

Do. 11:20 Audimax Binaurale Psychoakustik & Audiologie

### **Perceptually motivated preservation of the Interaural Coherence in noise reduction algorithms for binaural hearing aids**

Daniel Marquardt<sup>a</sup>, Volker Hohmann<sup>b</sup> und Simon Doclo<sup>a</sup>

<sup>a</sup>CvO Universität Oldenburg, Signal Processing Group; <sup>b</sup>CvO Universität Oldenburg, Departm. f. med. Physik u. Akustik

Besides noise reduction an important objective of binaural speech enhancement algorithms is the preservation of the binaural cues of both desired and undesired sound sources. Recently, an extension of the binaural Multi-channel Wiener filter (MWF), namely the MWF-IC, has been presented, which aims to preserve the Interaural Coherence (IC) of the noise component. It has been shown that for the MWF-IC a substantial trade-off between noise reduction and preservation of the IC exists. In this paper we propose a perceptually constrained version of the MWF-IC where the amount of IC preservation is controlled based on psychoacoustic criterias of the IC discrimination ability in the human auditory system. To reduce the computational complexity, we also present a simplified version of the MWF-IC by modifying the cost function of the MWF-IC. Experimental results show that the MWF-IC and its simplified version yield a very similar performance and only slightly decrease the noise reduction performance whereas the spatial separation between the output speech and noise components is increased leading to better perceptual results.

---

Do. 11:40 Audimax

Binaurale Psychoakustik & Audiologie

### **Erhaltung der räumlichen Wahrnehmung bei Störgeräuschreduktion in Hörgeräten**

Menno Müller<sup>a</sup>, Joachim Thiemann<sup>a</sup>, Daniel Marquardt<sup>b</sup>, Steven van de Par<sup>a</sup> und Simon Doclo<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*CvO Universität Oldenburg, AG Akustik;* <sup>b</sup>*CvO Universität Oldenburg, Signal Processing Group*

Für Hörgeräteträger ist es wichtig, die akustische Szene möglichst originalgetreu zu erhalten, um ihnen die gewohnte räumliche Trennung der Schallquellen zu gewährleisten. In traditionellen Hörsystemen gehen diese räumlichen Informationen jedoch meist zugunsten einer effektiven Störgeräuschreduktion verloren. Es wurde daher eine Methode entwickelt, welche gleichermaßen die räumlichen Informationen erhält und eine Störgeräuschreduktion durchführt. Hierzu erfolgt zunächst eine Zuordnung der Zeitfrequenz-Anteile des Eingangssignals, wo entschieden wird, welche dieser Anteile zum Zielsignal (z.B. ein Sprecher) und welche Anteile zum Störgeräusch gehören. Dies ermöglicht eine Dämpfung der Störgeräusche, während das Zielsignal unverändert bleibt. Obwohl in diesem System Artefakte entstehen können, treten diese bei geeignet gewählten Parametern nicht auf. Diese Methode wurde in einer Evaluation mit ähnlichen Methoden verglichen, die dem gegenwärtigen Stand der Technik entsprechen.

### **Sitzung „Akustische Messtechnik II“**

---

Do. 8:00 Aula

Akustische Messtechnik II

### **Vergleich von Mikrofonarrayverfahren zur Schallquellencharakterisierung**

Gert Herold und Ennes Sarradj

*BTU Cottbus - Senftenberg, Lehrstuhl Technische Akustik*

Die Verwendung von auf Mikrofonarrays basierenden Messverfahren zur Charakterisierung von Schallquellen hat weite Verbreitung gefunden. Von Interesse ist beim Einsatz solcher Verfahren neben der Position der einzelnen Quellen insbesondere die möglichst exakte Ermittlung der Stärke des von ihnen abgestrahlten Schalls. Diese kann durch den Schalldruckpegel in einer bestimmten Entfernung und Richtung von der Schallquelle beschrieben werden. In diesem Beitrag werden Simulations- sowie Messdaten mit bekannter Quellkonfiguration mit auf Arraymessungen basierenden Verfahren wie DAMAS, CLEAN, CLEAN-SC, Orthogonales Beamforming sowie Covariance Matrix Fitting ausgewertet. Dabei werden ebenfalls einzelne verfahrensspezifische Parameter variiert. Der Vergleich der erhaltenen Ergebnisse zeigt, dass sich diese hinsichtlich des ermittelten Orts und der Stärke der Schallquellen zum Teil deutlich unterscheiden und damit die Notwendigkeit besteht, Kriterien zu definieren, die die Zuverlässigkeit der Verfahren unter verschiedenen Randbedingungen bewerten.

Do. 8:20 Aula

Akustische Messtechnik II

**Fault Detection System Using Acoustic Particle Velocity based on Gaussian Mixture Models and Mel-Cepstral Parameters**Graciano Carrillo Pousa, Marcin Korbasiewicz und Daniel Fernandez Comesaña*Microflown Technologies*

Most conventional acoustic techniques for fault diagnosis are based primarily on the analysis of the sound pressure emitted by certain device or machine. Reverberant measurement environments with high levels of background noise are typical scenarios for undertaking the evaluation tests. However, these conventional conditions strongly limit the performance of non-contact solutions which require the use of pressure microphones. In contrast, acoustic particle velocity sensors provide a better signal to noise ratio when the measurement is performed close to a radiating surface due to its vector nature, directivity and intrinsic dependency upon surface displacement. This paper introduces particle velocity transducers for fault detection and classification applications, implementing Gaussian mixture models and short-term mel cepstral parameters. The experimental results achieved provide experimental evidence of the potential of particle velocity-based solutions for end of line control applications.

Do. 8:40 Aula

Akustische Messtechnik II

**Calculated and measured effects of bearing faults in elliptically deformed ball bearings**Adam Skowronek, Karsten Moritz, Joachim Bös und Tobias Melz*TU Darmstadt - SzM*

The effects of bearing faults on the vibration excitation are well known assuming that the bearing rings stay in a cylindrical shape during operation. However, bearings in strain wave gearings undergo a rotating elliptic deformation and, therefore, this assumption cannot be made. In a previous paper, a model for the calculation of the deformations and forces in elliptically deformed bearings has been presented. In the present study this model is used to analyze the influence of point-shaped faults on the contact forces between balls and rings and on the radial accelerations of the outer ring. These accelerations are compared with data from measurements and used to perform vibration diagnoses. It is shown that in the calculated as well as in the measured data the faults on different bearing parts can be distinctly identified by evaluating envelope spectra whereas in some cases, they have no significant effect on the corresponding amplitude spectra.

Do. 9:00 Aula

Akustische Messtechnik II

**Vibroakustische Messungen an Windkraftanlagen**

Dejan Arsic und Philipp Grams

*Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH*

Die Windenergie gilt als einer der Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Energiewende. In dicht besiedelten Gebieten muss neben einem hohen Wirkungsgrad auch eine möglichst niedrige akustische Emission gewährleistet werden. Beeinflussende Größen sind dabei insbesondere die Tonhaltigkeit, die Schalleistung und die Amplitudenmodulation zu nennen. Zur Bewertung einer Anlage wird im Allgemeinen die IEC 61400-11 Ed 2 bzw. 3 eingesetzt, welche allerdings nicht die Ursache eines akustischen Phänomens beschreiben kann. Zur genaueren vibroakustischen Untersuchung einer Anlage setzen wir ein vielkanaliges System ein, um möglichst viele potenzielle Quellpositionen abzudecken. Ferner müssen technische Hürden, wie Kabellängen, Übertragungsraten, aber auch topographische Hindernisse, wie z.B. Flüsse und Straßen, beim Aufbau des Messsystems in Betracht gezogen werden. Daher wird ein kabelloses Messdatenerfassungssystem, das phasensynchron, autonom Daten aufzeichnet, verwendet. Es soll aufgezeigt werden, wie ein idealtypischer Aufbau aussieht, der ein nahezu störungsfreies Erfassen und Auswerten von relevanten Parametern ermöglicht.

Do. 9:20 Aula

Akustische Messtechnik II

**Schallleistungsbestimmungen in angenäherten Diffusfeldern**

Christian Bethke und Volker Wittstock

*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Viele Messverfahren in der Maschinenakustik, aber auch in der Bauakustik, erfordern die Bestimmung der Schallleistung in Räumen. Ge normt sind diese Verfahren derzeit für Frequenzen oberhalb von ca. 100 Hz. Um die so erzielten Kenngrößen besser an die Wahrnehmung anzupassen, wird jedoch eine Ausweitung auf tiefere Frequenzen bis 50 Hz und z.T. sogar bis 20 Hz angestrebt. Dabei steht die Frage, ob die existierenden Messverfahren einfach bei tiefen Frequenzen angewendet werden können und lediglich eine erhöhte Unsicherheit zu berücksichtigen ist, oder ob andere Messverfahren verwendet werden sollten. Als erster Schritt zur Beantwortung dieser Frage wurde an der PTB ein Messprogramm durchgeführt, innerhalb dessen die Luftschallleistung kleiner transportabler Quellen in unterschiedlichen Räumen gemessen wurde. Dabei wurden neben der üblichen räumlichen Mittelung über wandferne Punkte auch Eckpositionen für die Schalldruckpegelmessung einbezogen. Die tatsächliche Schallleistung wurde durch Intensitätsmessungen in einer großen Halle ermittelt. Im Vortrag werden die Ergebnisse aus den verschiedenen Räumen vorgestellt und es wird überprüft, ob die Verwendung einer Referenzschallquelle als Transfornormal die Unsicherheiten reduziert.

---

Do. 9:40 Aula

Akustische Messtechnik II

**Contact-free Vibration Measurements with Particle Velocity Probes****- Part I: Theory****Thomas Kletschkowski und Daniel Sadra***Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg*

To identify mode shapes of vibrating structures, it is necessary to perform vibration measurements using structural sensors (such as accelerometers) attached to the vibrating surface. As a consequence, the structural response is modified. To avoid this effect, especially during the test of lightweight structures, it can be advantageous to replace vibration measurements by acoustic measurements. For this purpose, it is possible to use particle velocity probes in the very near field of the vibrating structure. To describe the theoretical background of this approach, this paper reports on numerical investigations using a simplified vibro-acoustical model. The latter consist of a sound tube, terminated by an absorbing boundary with prescribed impedance. The sound field results from the harmonic motion of a piston at the left hand side of the tube. The latter is driven by an excitation force and connected to a spring-damper combination. This model has been used to analyze the deviation between structural velocity and particle velocity. As a result, it has been possible to define upper bounds for the distance between the structure and the position of the particle velocity probe. These bounds guarantee that a pre-defined acceptable deviation between structural velocity and particle velocity is not exceeded.

---

Do. 10:00 Aula

Akustische Messtechnik II

**Contact-free Vibration Measurements with Particle Velocity Probes****- Part II: Experimental Investigations****Daniel Sadra und Thomas Kletschkowski***Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg*

This paper reports on the contact-free vibration measurements with particle velocity probes. The aim is to determine, if it is possible to measure a structural oscillation using particle velocity probes. The 3-D probe used in the investigations can be applied to measure both particle velocity and sound pressure. A big advantage of contact-free vibration measurements is the accuracy in measurement results compared to conventional methods, because it is not necessary to de-tune the structure by the attachment of sensors. According to the paper "Contact-free Vibration Measurements - Part I: Theory", this paper continues with the description of the experimental investigations using a vibro-acoustic test rig. The latter consists of an acoustic cavity. Inside this cavity a simply supported beam structure is used to excite the sound field. A loudspeaker has been used to simulate the effect of background noise. A coherence based approach has been used to proof that it is not necessary to use structural sensors, such as accelerometers, in order to measure the structural vibration. According to that, the influence of background noise has been

examined. Moreover, a method for the qualification of the signal-to-noise ratio using the transfer function and the auto spectral density has been analyzed.

Do. 10:40 Aula

Akustische Messtechnik II

**Simultane Kalibrierung der drei Komponenten des Schnellesensors einer pv-Sonde mit Hilfe eines schwingenden Kolbens**

Jochen Metzger und Manfred Kaltenbacher

TU Wien

Mit der Ultimate Sound Probe (USP) der Firma Microflown kann der akustische Druck ( $p$ ) und die Partikelgeschwindigkeit ( $v$ ) in Schallfeldern direkt gemessen werden. Dabei stellt die Kalibrierung des Schallschnellesensors eine große Herausforderung dar, welche durch die derzeitigen Verfahren nicht zufriedenstellend gelöst wird. Dieser Beitrag stellt nun eine Methode vor, welche die drei Komponenten des Schnellesensors einer USP simultan kalibriert. Dabei wird die USP einem bekannten Geschwindigkeitsfeld direkt im Nahfeld eines schwingenden Kolbens ausgesetzt. Um die Richtung der USP bezüglich des schwingenden Kolbens zu bestimmen, ist die USP mit einem 3D-Beschleunigungssensor ausgestattet, der das lokale Gravitationsfeld bestimmt. In dem vorgestellten Verfahren können damit alle drei Komponenten des Schallschnellesensors der USP simultan über einen großen Frequenzbereich und ohne besondere Umgebungsbedingungen, wie einem reflexionsarmen Messraum, kalibriert werden. Die Geschwindigkeit der Kolbenoberfläche wird mittels eines Laser-Vibrometers bestimmt und das Geschwindigkeitsfeld oberhalb des schwingenden Kolbens numerisch analysiert. Es werden Kalibrierergebnisse gezeigt und mit den Ergebnissen der vom Hersteller vorgeschlagenen Piston On a Sphere (POS) - Methode, bei der die drei Schnellekomponenten sequentiell kalibriert werden, verglichen.

Do. 11:00 Aula

Akustische Messtechnik II

**Planung und Durchführung einer Sensitivitätsanalyse am Kundtschen Rohr**

Antje Grebel, Steffen Ochs, Joachim Bös und Tobias Melz

TU Darmstadt - SzM

Es bestehen mehrere Möglichkeiten, den Absorptionsgrad eines Schallabsorbers in einem Impedanzrohr unter senkrechtem Schalleinfall zu bestimmen. Das Verfahren mit Übertragungsfunktion nach DIN EN ISO 10534-2 bietet die Möglichkeit, den frequenzabhängigen Absorptionsgrad schnell mit nur einer Messung zu bestimmen. Bei der Montage des schallabsorbierenden Materials im Kundtschen Rohr bieten sich verschiedene Einbaumöglichkeiten an, die aus theoretischen Überlegungen heraus alle zu den gleichen Messergebnissen führen sollten. Es wurde jedoch festgestellt, dass auch Parameter wie die Probengröße und der Probenzuschnitt des Prüflings einen erheblichen Einfluss auf das Messergebnis haben. Auf Grundlage einer statistischen Versuchsplanung wurden im Rahmen einer experimentellen Sensitivitätsanalyse

diverse Einflussparameter auf die Messergebnisse untersucht und hinsichtlich ihrer Signifikanz bewertet. Die Signifikanz des Faktors Einbauart konnte statistisch belegt werden. Der Effekt ist für unterschiedliche Schaumstoffe unterschiedlich stark. Hierbei fällt auf, dass beschichtete Schaumstoffe anscheinend sensibler reagieren als unbeschichtete.

Do. 11:20 Aula

Akustische Messtechnik II

### **Sound absorption measurement according to ISO 354**

Martijn Vercammen und Margriet Lautenbach

Peutz bv

Sound absorption measurements of building materials such as ceilings, auditorium seats and other products are performed in a reverberation chamber according to ISO 354. It is known that the inter laboratory reproducibility of these measurements is not very well. At this moment the differences of results between laboratories are much larger than can be accepted, from a practical point of view for predictions of the reverberation time in e.g. auditoria, as well as from a jurisdictional point of view in case of building contracts and liability. Actions should be taken to improve the accuracy and reduce the spread. An ISO working group has started to investigate possibilities to improve the method. In the new draft of ISO 354 the current qualification method will be replaced with a method using the variation of the reverberation time and the measurement result will be corrected using a reference absorber. Design recommendations for reverberation rooms will be given as well as a method to estimate the sound absorption for different size samples. These and a few more alterations will be presented

Do. 11:40 Aula

Akustische Messtechnik II

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

### **Sitzung „Akustische Messtechnik (Poster)“**

Donnerstag

Akustische Messtechnik (Poster)

### **Schallintensitätstests und dreidimensionale Abbildung von Schallfeldern in Echtzeit**

Dirk de Weer

*Siemens*

Störgeräusche exakt orten gehört zu den anspruchsvollsten Aufgaben in der Akustik. Das neue patentierte Messtechnik-Verfahren zeigt dreidimensionale Schallfelder in Echtzeit und bietet damit Lösungen zur genauen Schallbeschreibung. Vorgestellt wird eine flexible, interaktive Lösung, die Hauptschallquellen, ihre Interaktion und Ausbreitung in das Fern-Feld erfassst und visuell darstellt: ï Die Schallausbreitung um ein Objekt genau abbilden und Schallquellen lokalisieren ï Eine unmittelbare, schnelle Interpretation der Messdaten und somit Durchführung eines effizienten akustischen Troubleshootings

Dargestellt werden die Daten in Form von Punktwolken (Schalldruck) und Vektorplots (Schallintensität). Das Schallfeld wird um ein 3D-Geometriemodell des Versuchsstoffs abgebildet. Alle Ergebnisdaten lassen sich aus den verschiedensten Winkeln betrachten.

Donnerstag

Akustische Messtechnik (Poster)

### **Schallreflexionsmessungen zur Bestimmung von Raumtemperaturverteilungen**

Armin Raabe

*Univ. Leipzig, Inst. f. Meteorologie*

Das Messverfahren analysiert die Laufzeiten von Schallsignalen, die in der Umgebung einer Schallquelle an Hindernissen und Gegenständen reflektiert werden. Unter Vorgabe der Entfernung zwischen Schallquelle - Reflektor und Schallsensor werden diese Laufzeiten in die diesen Strecken zuzuordnende akustische Temperatur umgerechnet. Aus der Kenntnis der verschiedenen Lagen der Schallreflektoren in der Umgebung einer Schallquelle lassen sich so von einem Punkt aus Temperaturverteilungen in einem Raum beobachten.

Auf einfache Weise können so lokale Unterschiede im Raumtemperaturfeld aufgezeigt werden. Als Beispiel wird der Einsatz eines solchen Messsystems in einem durch eine Klimaanlage belüfteten Raum gezeigt.

Donnerstag

Akustische Messtechnik (Poster)

### **Akustische Vermessung parametrischer Lautsprecherarrays im Kontext der Transauraltechnik**

Florian Pokorny und Franz Graf

*Joanneum Research*

Die Transauraltechnik befasst sich mit der Wiedergabe binauraler Signale über Lautsprecher zur Spatialisierung virtueller Schallquellen. Gegenüber der Verwendung von Kopfhörern ergeben sich hierbei zusätzliche Herausforderungen, wie die Kompensation der Übertragungsfunktionen zwischen Lautsprecher und Ohr, sowie des Signalübersprechens des rechten und linken Kanals auf das jeweils andere Ohr. Die Funktionalität aktueller Transauralsysteme ist durch die starre Anordnung der Lautsprecher und die limitierte Realisierbarkeit von Cross-Talk Cancellation-Filtren begrenzt und resultiert in einer eingeschränkten Bewegungsfreiheit des Hörers.

Zur Minimierung des Kanalübersprechens und zur flexiblen Anpassung des Beschallungssystems an die aktuelle Position des Hörers wäre ein mechanisch nachführbares Lautsprecherpaar mit stark gebündeltem Abstrahlverhalten ideal. Eine adäquate Lösung hierfür könnten parametrische Lautsprecherarrays liefern. Diese machen sich nichtlineare Übertragungseigenschaften von Schall in Luft zunutze und strahlen, auf einen hochpegeligen, vom Menschen nicht wahrnehmbaren Ultraschallträger aufmodulierte Nutzsignale ab, die somit eine starke Abstrahlbündelung

aufweisen und durch Demodulation entlang der Arrayachse wieder hörbar werden.

Das Ziel der vorliegenden Studie sind die Evaluierung und der Vergleich zweier unterschiedlicher parametrischer Lautsprecherarrays (Audio Spotlight® und Acouspade™) für den Einsatz zur Abstrahlung transauraler Signale. Als Basis dient die akustische Vermessung der jeweiligen Abstrahlcharakteristika, sowie des Grads an Übersprechen zwischen linkem und rechtem Kanal.

---

Donnerstag

Akustische Messtechnik (Poster)

### Rapid, High Resolution Intensity Tests with a Stereo Camera Positioning System

Emiel Tijs<sup>a</sup>, Wim Koomen<sup>b</sup> und Arjen Brinkman<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Microflown Technologies; <sup>b</sup>Personal Space Technologies

The flow of sound energy is often unknown because it is influenced by all sound sources and reflecting surfaces present. Simulations require much calculation power, and small details existing in reality are usually disregarded. Instead, the sound intensity can also be measured. Studies with three dimensional intensity measurements at many positions revealed that complicated sound intensity fields exist even around the simplest structures. However, most measurement procedures are rather involved and time consuming. In this paper, a quick procedure is presented that involves an optical system that can detect the geometric position in three dimensions. Two cameras are used to track the position of an intensity probe that is scanned throughout space. Results of tests performed around a compressor and an UAV will be presented and discussed.

### Sitzung „Akustische Messtechnik III“

---

Do. 15:40 Aula

Akustische Messtechnik III

#### Unsicherheiten bei der Messung des Absorptionsgrads im Hallraum

Volker Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Die Messung des Absorptionsgrads im Hallraum nach DIN EN ISO 354 ist mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Einige Teilauspekte dieser Unsicherheiten, wie z.B. die Frage des Einflusses der Luftabsorption, können mit analytischen Methoden beschrieben und in ihrer Größe erfasst werden. Ein umfassendes Unsicherheitsbudget existiert jedoch nicht, so dass innerhalb des zuständigen ISO-Gremiums der Beschluss gefasst wurde, die Unsicherheiten analog zur Luft- und Trittschalldämmung zu behandeln. Für diese Kenngrößen gibt es mit der ISO/DIS 12999-1 einen Normentwurf, in dem typische aus Ringversuchen ermittelte Standardabweichungen angegeben sind. Diese Werte sind die derzeit besten verfügbaren Schätzwerte für die Unsicherheit, die z.B. bei

der Deklaration von Produkteigenschaften verwendet werden. Die Unsicherheiten für den Absorptionsgrad sollen in Teil 2 von ISO 12999 behandelt werden. Im Vortrag wird über den aktuellen Stand der Arbeiten an diesem Projekt berichtet, und es werden Ergebnisse der verschiedenen vorliegenden Ringversuche präsentiert.

Do. 16:00 Aula

Akustische Messtechnik III

### E-Modul und mechanische Eingangsimpedanz von Asphaltfahrbahnbelägen

Jutta Lindemann<sup>a</sup>, Jörn Hübelt<sup>b</sup>, Gunther Papsdorf<sup>c</sup>, Susann Wolf<sup>d</sup>, Christian Schulze<sup>e</sup> und Frohmut Wellner<sup>f</sup>

<sup>a</sup>Hochschule Mittweida; <sup>b</sup>Hochschule Mittweida, Lehrstuhl f. Technische Mechanik u. Akustik; <sup>c</sup>SINUS Messtechnik GmbH; <sup>d</sup>Wolf Straßen- und Tiefbau GmbH; <sup>e</sup>Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH; <sup>f</sup>TU Dresden, Fak. Bauingenieurwesen

Die langfristige Haltbarkeit von Fahrbahnbelägen spielt eine wichtige Rolle bei der Berechnung der Kosten für den Straßenbau. Unter anderem wird diese Haltbarkeit von den Bedingungen beim Einbau des Belags beeinflusst. Hier sind die Umgebungstemperatur und die Zeitdauer zwischen dem Einbau und der Verkehrsfreigabe als wichtige Faktoren zu nennen. Beim Einbau einer doppelten Schicht in Deutschland ist die Zeitdauer von etwa 36 Stunden zu gewährleisten. Während dieser Zeit darf der Belag nicht befahren werden. Die Folge können starke Verkehrsbehinderungen sein. Um diesen Zeitraum zu verkürzen, sind genaue Informationen über die Eigenschaften des Asphalts während und nach dem Einbau erforderlich. Ein Indikator für die Haltbarkeit des Asphaltes kann die mechanische Eingangsimpedanz sein. Daher werden in diesem Beitrag die Vorteile der Messung der mechanischen Eingangsimpedanz zur Bestimmung der Asphalteigenschaften erläutert.

Do. 16:20 Aula

Akustische Messtechnik III

### Bestimmung der elastischen Eigenschaften des Polypropylen- Ferroelektrets

Mate Gaal, Viktor Bovtun, Wolfgang Stark und Marc Kreutzbrück

BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Ferroelektrete sind zelluläre polarisierte Polymere, die ferroelektrische und dadurch auch piezoelektrische Eigenschaften aufweisen. Unter anderem werden sie für den Bau von Mikrofonen und Ultraschallwandlern für Materialprüfung eingesetzt. Dabei erweist sich ihre besonders niedrige akustische Impedanz als Vorteil. Ursache dafür ist vor allem ihr außergewöhnlich niedriger Elastizitätsmodul. In diesem Beitrag werden zwei Methoden für die Ermittlung des Elastizitätsmoduls des geladenen zellulären Polypropylens dargestellt. Die erste war eine dynamisch-mechanische Analyse mit Frequenzen unter 50 Hz. Die zweite Methode war eine indirekte Bestimmung mittels Laservibrometrie an dem eigenentwickelten Polypropylen-Wandler bei einer Pulsanregung, unterstützt

von einem Modell der Resonanzschwingung des Wandlers im Ultraschallbereich. Die Ergebnisse deuten auf viskoelastisches Verhalten des zellulären Polypropylens hin. Es wird gezeigt, dass das Maxwell'sche Modell der viskoelastischen Materialien die gemessene Frequenzabhängigkeit des Elastizitätsmoduls gut annähernd beschreibt. Das Verhalten des zellulären Polypropylens ist viskoelastisch bei niedrigen Frequenzen und linear-elastisch bei der Dickenresonanz im Ultraschallbereich. Damit liegt die Relaxationsfrequenz mitten im hörbaren Bereich, so dass der Elastizitätsmodul eine Frequenzabhängigkeit im hörbaren Bereich aufweist, was für den Bau von Mikrofonen von besonderer Bedeutung ist.

Do. 16:40 Aula

Akustische Messtechnik III

**Einfluss von Zeitvarianzen des humanen Felsenbeinpräparats auf Messunsicherheiten in der experimentellen Ohrforschung**

David Pazen, Jan-Christoffer Lüers, Andreas Anagiotos, Antoniu-Oreste Gostian und Dirk Beutner  
*HNO Uniklinik Köln*

Das humane Felsenbeinpräparat ist ein Standardmodellsystem in der experimentellen Ohrforschung. Für kurze Zeiträume kann es bei moderaten Anregungspegeln als linear und zeitinvariant angesehen werden. Oftmals sind in der Praxis jedoch verschiedene Messungen über mehrere Stunden am gleichen Präparat erforderlich. Die Eigenschaften dieses biologischen Modellsystems können dann nicht mehr als konstant vorausgesetzt werden und deren Schwankung muss für eine Diskussion der Ergebnisse von Felsenbeinstudien bekannt sein. Um die Zeitvarianzen des Modellsystems mit verschiedenen Messmethoden zu quantifizieren, sind an 10 frischen und vormals gefrorenen Felsenbeinpräparaten über 5 Stunden die Mittel- und Innenohrübertragungsfunktionen gemessen worden, ohne das Präparat zu manipulieren. Hierzu wurden mit Mikrofonen vor dem Trommelfell und am runden Fenster der Cochlea Schalldrücke sowie vergleichend mit Laser Vibrometern auf der Steigbügelfußplatte und am runden Fenster Schnellen gemessen. Die Ergebnisse zeigen große interindividuelle Unterschiede in den Standardabweichungen der Übertragungsfunktionen. Generell weisen frische Präparate eine kleinere Schwankung der Übertragung auf als wieder aufgetauten Felsenbeine. Insbesondere bei beobachteten Standardabweichungen von einigen dB muss dies bei der Interpretation von vermeintlichen Effekten bei verschiedenen Messszenarien beachtet werden. Aus diesem Vorgehen lässt sich ein Ansatz ableiten, um Messungen mit solchen Modellsystemen einer weitergehenden Analyse gemäß des Leitfadens zur Angabe der Unsicherheit beim Messen (GUM) zu unterziehen.

Do. 17:00 Aula

Akustische Messtechnik III

**Herausforderungen bei der Optimierung photoakustischer Zellen****Tim Preukschat<sup>a</sup>, András Miklós<sup>b</sup> und Judit Angster<sup>a</sup>**<sup>a</sup>*Fraunhofer-Institut für Bauphysik; <sup>b</sup>Steinbeis Transferzentrum Angewandte Akustik*

Durch die technischen Fortschritte der letzten Jahre wurde es möglich, mithilfe der Photoakustik Konzentrationsbestimmungen durchzuführen, deren Empfindlichkeiten bis in den einstelligen ppb-Bereich hineinreichen. Der große Vorteil dieser Messtechnik besteht in ihrer Kompaktheit und dem günstigen Preis; neben einem Lock-in-Verstärker wird lediglich eine günstig herstellbare, kleine photoakustische Zelle sowie eine Lichtquelle benötigt. Durch Optimieren der Messzelle ist es möglich, das Potential der photoakustischen Technik immer weiter auszuschöpfen und somit die Messempfindlichkeiten zu verbessern. Auf die bei Gasmessungen auftretenden Herausforderungen soll in diesem Vortrag eingegangen werden. Ein typisches akustisches Problem ist beispielsweise die Filterung der Umgebungsgeräusche sowie der Störgeräusche des Gasflusses durch die Zelle. Diese Geräusche können durch bauliche Maßnahmen vermindert werden, die ihrerseits jedoch zumeist die akustische Güte des Systems negativ beeinflussen. Da die akustischen Eigenschaften neben der Bauweise auch von der Probensubstanz und der Temperatur abhängen, sind Vorrichtungen notwendig, mithilfe derer Einfluss auf die Resonanz-eigenschaften der Zelle genommen werden kann. Die von uns ergriffenen Maßnahmen zur Eindämmung dieser und weiterer Probleme werden anhand einer Musterzelle und verschiedener Messergebnisse verdeutlicht.

Do. 17:20 Aula

Akustische Messtechnik III

**Messtechnische Beurteilung von Smartphone-Kleinstlautsprechern für Musik und Sprache****Gregor Feneberg*****BBM Testlab, Planegg***

Das Smartphone entwickelt sich mehr und mehr zu einer multimedialen Zentrale für viele Nutzer, in denen Medieninhalte auf-gezeichnet, gespeichert und wiedergegeben werden. Hierbei wird für einige Anwendungen der eingebaute Lautsprecher neben Kopfhörer und Bluetooth-Schnittstelle immer wichtiger, obwohl die auch theoretisch erzielbare Klangqualität weit unter anderen Wiedergabesystemen liegt. Dennoch treten in Vergleichsuntersuchungen deutlich hörbare Klangunterschiede auf. In vorliegender Untersuchung wurden 9 Smartphones und 1 Kleinstlautsprecher im Hörvergleich sowie messtechnisch untersucht und verglichen. Im Vortrag werden die Ergebnisse vorgestellt und anhand von Praxisbeispielen auditiv und hinsichtlich weiterer Nutzerkriterien ergänzt.

**Sitzung „Raumakustik II“**

Do. 8:00 Hörsaal B

Raumakustik II

**Vereinbarkeit von Schulakustik und Inklusion - wie eine britische Untersuchung helfen kann**

Holger Brokmann

*Ecophon Deutschland*

Das Thema "gleiche Bildungschancen für alle" rückt unter der Begrifflichkeit Inklusion, untermauert durch rechtliche Vorgaben wie dem Grundgesetz oder dem Behindertengleichstellungsgesetz, immer mehr in den Fokus und ist der heutige Standard, wenn es um bauliche Maßnahmen im Schulpark geht. Dies hat direkten Einfluss auf die raumakustischen Anforderungen, wie z. B. durch die 2010 neu eingeführte DIN 18040-1.

Dieser Beitrag soll die rechtlichen Hintergründe und seine normativen Verzweigungen aufzeigen und erläutern. Zudem sollen die daraus resultierenden Anforderungen an die raumakustische Konzeption im Bildungsbereich unter zu Hilfenahme der aktuellsten europäischen Schulakustikuntersuchung aufgezeigt werden:

Das Essex County Council hat in Zusammenarbeit mit der National Deaf Children's Society und der Vereinigung Hear2Learn Ltd. Schulräume in England untersucht. Unter dem Vergleich nationaler Zielwerte der Raumakustik sind diese Räume baulich verändert worden. Die akustischen Zielwerte bewegten sich von "minimalist Forderungen" bis hin zu äußerst ambitionierten Werten für eine Eignung der Räume zur integrativen Beschulung benachteiligter Schüler. Hieraus resultierte die Ableitung einer akustischen Raumkonzeption, welche gleichberechtigte Hör- und Sprechbedingungen für alle Schüler aufweist. Das Projekt und seine Ergebnisse werden in diesem Beitrag erläutert.

Do. 8:20 Hörsaal B

Raumakustik II

**Raumakustik in hygienisch anspruchsvollen Bereichen: Der poröse Absorber auf dem Prüfstand raumspezifischer Hygienebestimmungen**

Ingrid Fuchs

*Ecophon Deutschland*

Arbeitsplätze in Einrichtungen des Gesundheitswesens unterliegen klar definierten Hygieneanforderungen. Um einem Hygienerisiko entgegenzuwirken, sind alle Flächen bzw. große Teilflächen derartiger Reinräume per Wischdesinfektion rein zu halten. Dies stellt den Grund für eine meist schallharte, reflexionsstarke Raumgestaltung dar. Die hierdurch gegebene, akustisch unzureichende Arbeitsplatzsituation wirkt sich negativ auf das Arbeitspersonal, deren Tätigkeit und die generelle Nutzbarkeit der Räume aus, wie aktuelle Untersuchungen erneut bestätigen [M. SIMON et al, 2005]. Es sticht heraus, dass sich diese Zusammenhänge als besonders kontraproduktiv in Räumen mit hygienischer

Anforderung zeigen, bspw. Intensivstation, OP, Sterilisation [ERICA E. RYHERD, 2007]. Um die funktionell anspruchsvolle Arbeits- u. Gesungsumgebung akustisch bedarfsgerecht realisieren zu können, ist die Kompatibilität höchstabsorbierender, poröser Absorber hinsichtlich definierter Hygieneanforderungen Grundvoraussetzung. Mikrobiologische Laboruntersuchungen zeigten, dass poröse Absorber einen Desinfektionserfolg nach EN 13697:2001 aufweisen können. Dieser Beitrag zeigt die Datengrundlage und Ergebnisse dieser und weiterer Untersuchungen im selben Kontext und bietet daher eine Basis für den Dialog zwischen Architektur-, Hygiene- und Akustik- Spezialisten.

Do. 8:40 Hörsaal B

Raumakustik II

### **Kombination von thermisch aktivierten Bauteilsystemen (TABS) und hohen raumakustischen Anforderungen: Akustische und thermische Ergebnisse einer Felduntersuchung**

Rainer Machner

*Ecophon Deutschland*

Die Kühlung moderner Bürogebäude durch thermisch aktivierte Bauteilsysteme (TABS) hat sich in den letzten Jahren in Europa zu einem elementaren Bestandteil der Gebäudetechnik entwickelt. Eine Lösung zur Anpassung der Temperatur besteht darin, den Betonkern der Decke als Kühlmasse zu nutzen. Erwähnenswert ist, dass diese Art der Technik nicht kompatibel mit klassischen abgehängten Akustikdecken ist, so dass Alternativen wie Deckensegel- oder Baffelsysteme zum Einsatz kommen müssen. Ein Verzicht von akustischen Maßnahmen an der Raumdecke widerspricht den aktuellen Erkenntnissen der akustischen Gestaltung von Mehrpersonenbüros und anderen offenen Bürostrukturen. Die Tatsache, dass notwendige akustische Maßnahmen unterhalb der kühlenden oder heizenden Rohdecke installiert werden, hat Einfluss auf die Strahlung des Betonspeichers sowie auf die Konvektion im Raum. Um diesen Zusammenhang zu untersuchen, wurden dynamische Messungen in den Sommermonaten von Juni bis August 2012 im Woopa Gebäude in Lyon, Frankreich durchgeführt. Das Ziel dieser Untersuchung war es, die Reduktion der Kühlleistung durch ein abgehängtes Deckensegelsystem durch Messen des Temperaturanstiegs im Raum zu quantifizieren. Die Publikation dieser Daten soll den Dialog und die Koordinierung zwischen Raumakustik und anderen Ingenieursdisziplinen fördern.

Do. 9:00 Hörsaal B

Raumakustik II

### **Zur Raum- und Elektroakustik des Plenarsaals im Landtag NRW in Düsseldorf**

Tobias Behrens und Wolfgang Ahnert

*ADA Acoustics & Media Consultants*

Im Rahmen des 2012 abgeschlossenen Umbaus des Plenarsaals im Landtag NRW in Düsseldorf wurden als wichtige Maßnahmen der Bodenaufbau, die Klimatechnik und die Möblierung geändert. Dadurch war

eine Änderung an den raumakustischen Gegebenheiten in dem kreisrunden Saal zu erwarten, die sich für die technisch zunächst beibehaltene Beschallungsanlage als nachteilig erwies. Erst durch Erneuerung des Beschallungskonzeptes konnten wieder nutzungsgerechte Verhältnisse geschaffen werden. Der Beitrag stellt raum- und elektroakustische Mess-Ergebnisse und die Beschallungskonzeption dar.

Do. 9:20 Hörsaal B

Raumakustik II

### **Acoustical evaluation of five public spaces in Dubrovnik**

Marko Horvat, Kristian Jambrošić, Hrvoje Domitrović und Antonio Pešošić

*University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering & Computing*

As a city highly oriented towards tourism, Dubrovnik organizes diverse cultural events, which culminate with Dubrovnik Summer Festival as the largest and the best known event that takes place every year from July 10 to August 25, consisting of concerts, theatre plays, recitals, movie screenings, book presentations, folk dancing and modern dancing shows, etc. All these events take place in various public spaces, some of which have historical importance. This paper describes the acoustical evaluation of five of those spaces, namely, the Rector's Palace, Revelin Fortress, Marin Držić Theatre, Slanica Concert Hall and Sloboda Movie Theatre. As the input for evaluation, the values of reverberation time RT60, early decay time EDT, binaural quality index BQI, gain G, clarity C80, initial time delay gap ITDG, speech transmission index STI and specific volume per person were obtained through measurements. Based on these values, acoustical properties of each space were evaluated according to several different criterions, yielding the guidelines for choosing the types of performances suitable for a given space. Recommendations were given for possible improvements of acoustic situation, where such improvements are necessary and/or possible.

Do. 9:40 Hörsaal B

Raumakustik II

### **Akustische Planung der Probenräume des Oldenburgischen Staatstheaters**

Christian Nocke<sup>a</sup>, Volker Droste<sup>b</sup> und Markus Müller<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*Akustikbüro Oldenburg;* <sup>b</sup>*Droste Droste & Urban Architektengesellschaft mbH;* <sup>c</sup>*Oldenburgisches Staatstheater*

Parallel zum Umbau des Großen Hauses des Oldenburgischen Staatstheaters wurde in der Spielzeit 2010/2011 das bestehende Probenhaus in der ehemaligen Helene-Lange-Schule saniert und erweitert. Neben einem viel zu kleinen Orchesterprobenraum und einem Chorprobenraum wurden durch einen Anbau Probenbühnen für Ballett und Theater sowie Überzimmer erschaffen.

Als Ziel der raumakustischen Planung wurde in enger Abstimmung mit dem Theater eine bestmögliche Eignung für die jeweiligen Nutzungen

angestrebt. Im Rahmen des Vorhabens standen keine finanziellen Mittel für raumakustische Maßnahmen zur Verfügung, so dass nahezu alle schallabsorbierenden Aufbauten durch die Werkstätten des Oldenburgischen Staatstheaters hergestellt und eingebaut wurden.

Die Details des Planungsprozesses sowie Mess-Ergebnisse und Erfahrungen der Nutzer aus den Räumlichkeiten werden im Rahmen dieses Beitrags präsentiert und erläutert. Neben der Einhaltung des Budgets kann von einer großen Zufriedenheit der Nutzer berichtet werden.

Do. 10:00 Hörsaal B

Raumakustik II

### **Risikominimierende Designstrategie bei der akustischen Beratung der Sanierung der denkmalgeschützten Kirche St. Peter in Zülpich**

Klaus-Hendrik Lorenz-Kierakiewitz<sup>a</sup>, Martijn Vercammen<sup>b</sup> und Dick de Leeuw<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Peutz Consult GmbH; <sup>b</sup>Peutz bv

Die Kirche St. Peter in Zülpich wurde nach der Zerstörung im 2. Weltkrieg 1953 im Stil der Zeit neu errichtet mit vielen Betonflächen, einer über ein massives Betongitter angekoppelten großen Kapelle und einer langen Nachhallzeit. Diese wurde zu Beginn der 1980er Jahre durch eine effektive Absorptionsdecke auf unter 2,5 s abgesenkt. Bei einer Gebäudesanierung sollte dies auf Nutzerwunsch hin merklich angehoben werden, um eine für Kirchen- und Orgelmusik adäquate Hörsamkeit einzustellen, zugleich sollte jedoch die Sprachverständlichkeit durch eine neue Beschallungsanlage verbessert werden. Während der Planungsphase wurde entschieden, dass die Decke aus Denkmalschutzgründen der Original-Betonrippen-Optik der 1950er Jahre nicht mehr für raumakustische Maßnahmen zur Verfügung stand. Unter diesen Randbedingungen war eine besondere Strategie zur Risikominimierung für das akustische Design gefragt: Der enge Bereich der Zielnachhallzeiten mit maximal 3,6s (bei minimaler Bestzung für eine sprachverständliche Beschallung einerseits) und andererseits deutlich mehr als 2,5 s erforderte, mögliche Abweichungen der einzusetzenden Absorber von angegebenen Absorptionsdaten auf viele unterschiedliche Absorberarten zu streuen und das Verhalten der aneinander gekoppelten Teilläume zu gestalten. Darüber hinaus wurden Stellschrauben für eine Feinjustage des Ergebnisses miteingebaut. Der Beitrag präsentiert neben den Bestands- und Abnahmemessungen die risikominimierende Designstrategie und die letztendlich getroffenen raumakustischen Maßnahmen.

Do. 10:20 Hörsaal B

Raumakustik II

**Präsentation der Poster**, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 260)

**Sitzung „Raumakustik (Poster)“**

Donnerstag

Raumakustik (Poster)

**Inklusion und raumakustische Ausstattung von Räumen**Ivo Haltenorth*Akustik-Ingenieurbüro Moll GmbH*

In den technischen Baubestimmungen der meisten Bundesländer ist die DIN 18040 "Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen" als technische Regel für die Planung, Bemessung und Konstruktion baulicher Anlagen aufgeführt. Diese Norm verweist hinsichtlich der akustischen Bedingungen einer barrierefreien Informationsaufnahme auf die DIN 18041, welche für Personen mit eingeschränktem Hörvermögen höhere raumakustische Anforderungen stellt. Explizit wird aufgeführt, dass barrierefreie Räume eine um 20 % geringere Nachhallzeit, also 20 % mehr Absorption, aufweisen müssen.

Da insbesondere in Schulen die Inklusion von Menschen mit körperlichen und geistigen Beeinträchtigungen angestrebt wird, sind für alle Unterrichtsräume, die potenziell auch von Hörgeschädigten genutzt werden könnten, dementsprechende Absorptionsmengen unterzubringen. Die Ausstattung von Räumen mit 20 % mehr Absorptionsmaterial beeinflusst aber nicht nur die Raumgestaltung, sondern ist auch ein Kostenfaktor und von Bauherren und Nutzern nicht immer erwünscht.

Dementsprechend ist der Frage nachzugehen, ob die pauschale Planungsvorgabe allen Fällen gerecht wird. Dazu muss zunächst der Nutzen der raumakustischen Maßnahmen quantifiziert und mit den nichtbaulichen Möglichkeiten (elektroakustische und visuelle Hilfen) abgewogen werden. Mit einer Handreichung für Bauherren und Nutzer wiederum können diese entscheiden, wie sich Änderungen der raumakustischen Ausstattung auswirken und ob - je nach spezifischer Situation - die baulichen oder andere Parameter Priorität haben sollten.

Donnerstag

Raumakustik (Poster)

**Entwicklung und Erprobung eines dünnsschichtigen, strukturelastischen, transluzenten und hochabsorbierenden Gewebes für flexible Akustikapplikationen**Jonathan Seifert, Norbert Rümmler, Ines Brabandt und Tino Hartmann*Amitronics GmbH*

In modernen Bürolandschaften mangelt es häufig an akustischem Raumklima, Unterbrechung von Direktschall, Tageslicht und Transparenz. Angesichts dieser Situation erfolgte im Rahmen des Förderprojektes Akustiktextilien (ZIM), die Entwicklung eines hochabsorbierenden, transluzenten und strukturelastischen Flächengewebes, dessen Wirkprinzip denen mikrogeschlitzter Absorber aus metallischen Werkstoffen entspricht. Durch die angestrebte multifunktionelle Akustiksystemlösung werden Raumeigenschaften effizienter und nachhaltiger beeinflusst. Neben verbesserten Schallabsorptionsgraden tragen auch visuelle, taktile, haptische sowie bauphysikalische (Temperaturstabilisierung,

Luftströmung) Funktionsmerkmale des Flächengewebes dazu bei, die Erwartungsprofile von Benutzergruppen zu bedienen. Zur zielgerechten Auslegung und Optimierung der Funktionsparameter der Mikroschlitzstrukturen bediente man sich der mathematischen Beschreibung der Wechselwirkungen zwischen den psychoakustischen funktionsrelevanten Schallfeldparametern und den beeinflussbaren Konstruktionsparametern der textilen Flächengebilde. Durch die Anpassung und Weiterentwicklung präziser Messverfahren, die Anwendung von Methoden der statistischen Versuchsplanung sowie die Einbeziehung mathematischer Korrelationsverfahren und numerischer Simulationen bei der Auswertung der notwendigen experimentellen Untersuchungen konnten die bestehenden funktionellen Wechselwirkungen zwischen den funktionsrelevanten Schallfeldparametern und den textilen Konstruktionsparametern schrittweise entkoppelt werden. Die im Laufe des Forschungsprojektes entwickelten strukturelastischen, transluzenten und hochabsorbierenden Akustikgewebe sind bereits erfolgreich im Einsatz. Das Poster zeigt die Vorgehensweise von der Entwicklung bis zum fertigen Gewebe.

---

Donnerstag

Raumakustik (Poster)

**Untersuchungen zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit von Trittschalldämmstoffen durch konstruktive Maßnahmen und mineralische Beimischungen**

Ben Balon

*Hansen Ingenieure / Hochschule Bochum*

Unter dem Aspekt der Effizienzsteigerung von thermisch aktivierten Decken wurden drei Systeme thermisch leitfähiger Trittschalldämmungen untersucht. Ausgangsmaterial für die thermisch leitfähigen Trittschalldämmungen waren Gummigranulatplatten. Beim ersten System thermisch leitfähiger Trittschalldämmung wurden 20 mm dicke Gummigranulatplatten in 50 mm breite Streifen geschnitten und mit einem Abstand von 20 mm kreuzweise übereinander gelegt. Damit wurde überprüft, inwiefern die Hohlräume innerhalb der Dämmschicht den konvektiven Wärmetransport steigern. Bei System 2 wurden alle 250 mm Metallprofile in die Gummigranulatplatten eingefügt, die einen thermischen Kurzschluss zwischen Deckenober- und Estrichunterseite bilden. Eine Sicke im Steg der Profile (M-Profile) reduziert durch Federwirkung die Körperschallübertragung über das Blech. Anhand vom dritten System thermisch leitfähiger Trittschalldämmung ist untersucht worden, welches Trittschall-Verbesserungsmaß und welche Wärmeleitfähigkeit mit Gummigranulatplatten erreicht werden kann, denen mineralische Zuschlagsstoffe beigemischt sind. Hierzu wurden Messungen an 8 mm dicken Bautenschutzmatten durchgeführt. Die Untersuchungen ergeben, dass Trittschalldämmungen durch konstruktive Maßnahmen so verändert werden können, dass die thermische Leitfähigkeit erhöht und

gleichzeitig Anforderungen an die Trittschallminderung eingehalten werden. Das Hauptaugenmerk ist darauf zu legen, die dynamische Steifigkeit der Dämmschicht durch konstruktive Maßnahmen nicht zu erhöhen. Eine gute Trittschallminderung und eine relativ hohe Wärmeleitfähigkeit kann durch Einfügen von Wärmeleitblechen erreicht werden.

Donnerstag

Raumakustik (Poster)

### **Heavy/soft Impact Sound Measurement in Small Rooms**

Jeong Ho Jeong

*Fire Insurers Laboratories of Korea*

Floor impact sound measurement method in field condition is standardizing in ISO (ISO/DIS 16283-2). In ISO 16283-2, low frequency measurement method in small rooms on tapping sound was regulated. Also as a heavy/soft impact sound source, rubber ball was standardized. Heavy/soft impact sound using rubber ball was measured in living room of the apartment unit in Korea. The volume of the living room usually is larger than 25 m<sup>3</sup>. Nowadays small apartment with small bedroom is prepared by resident in Korea. In this paper, heavy/soft impact sound using rubber ball in small rooms was conducted.

### **Sitzung „Bauakustik III“**

Do. 11:00 Hörsaal B

Bauakustik III

#### **Formatabhängigkeit der Schalldämmung von Verglasungen**

Lutz Weber, David Dietz und Klaus-Dieter Brandstetter

*Fraunhofer-Institut für Bauphysik*

Schalldämm-Messungen an Verglasungen im Prüfstand erfolgen in aller Regel mit einem genormten Einbaumaß von 1,23 m x 1,48 m. Die Abmessungen am Bau können erheblich hiervon abweichen, was den praktischen Erfahrungen zufolge beträchtliche Auswirkungen auf die Schalldämmung haben kann.

In der Vergangenheit wurden schon mehrere Untersuchungen zu diesem Thema durchgeführt. Die Ergebnisse sind jedoch zumeist wenig aussagefähig und zum Teil sogar widersprüchlich. Der Grund hierfür besteht vor allem darin, dass die Schalldämmung von Verglasungen neben dem Format noch von zahlreichen weiteren Faktoren abhängt, die nur schwer zu kontrollieren sind. Untersuchungen zur Formatabhängigkeit erfordern deshalb höchste experimentelle Sorgfalt, die bei den vorangehenden Messungen teilweise nicht in vollem Umfang gegeben war.

Im Fraunhofer-Institut für Bauphysik wurde nun erstmals eine systematische Messreihe durchgeführt, bei der die experimentellen Randbedingungen exakt konstant gehalten, bzw. - soweit Veränderungen unvermeidlich waren - rechnerisch berücksichtigt wurden. Die für verschiedene Scheibentypen ermittelten Ergebnisse unterscheiden sich erheblich von bisherigen Resultaten und geben neue Einblicke in die Formatabhängigkeit der Schalldämmung von Verglasungen.

---

Do. 11:20 Hörsaal B

Bauakustik III

**Schalldämmende Schiebeläden**Andreas Hackl und Rudolf LieglMöhler + Partner Ingenieure AG

Zur Abschirmwirkung schalldämmender Fensterläden liegen zwischenzeitlich eine Reihe messtechnischer Prüfungen vor, wobei jeweils die Norm-Schallpegeldifferenz nach dem Gesamt-Lautsprecherverfahren nach DIN EN ISO 140-5 festgestellt wurde. Die Messungen beziehen sich auf verschiedene Schiebeladenkonstruktionen und unterschiedliche Mess-Situationen. Hierbei zeigt sich eine Abhängigkeit der Abschirmwirkung von der Fensterstellung (offen - gekippt - geschlossen) und bei geschlossenem Fenster weiterhin eine Abhängigkeit von der Schalldämmung des Fensters. Die Messergebnisse werden vorgestellt und in Bezug zu den verschiedenen Einflussgrößen gesetzt.

---

Do. 11:40 Hörsaal B

Bauakustik III

**Schalldämmung von Außenwänden mit Außenwärmédämmung aus nachwachsenden Rohstoffen**Joachim Hessinger, Andreas Rabold und Stefan Bacherift Rosenheim GmbH

Der Wärmeschutz der äußeren Gebäudehülle ist wegen der zukünftig erforderlichen Energieeinsparungen stark in der öffentlichen Diskussion präsent und wird vom Gesetzgeber über Novellierungen der Energieeinsparverordnung flankiert. Ein großes Potential hinsichtlich der Energieeinsparung steckt dabei in der Sanierung von Altbauten. Hier wird zur Verbesserung des Wärmeschutzes oftmals mit Wärmedämmverbundsystemen oder vorgehängten gedämmten Fassadenverkleidungen gearbeitet. Durch Aufbringen dieser Dämmsysteme wird auch die Schalldämmung der Außenwand beeinflusst. In einem im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau geförderten und beim ift Rosenheim durchgeführten Forschungsvorhaben wurden Untersuchungen der Schalldämmung speziell an Dämmsystemen aus nachwachsenden Rohstoffen auf schweren, mittelschweren und leichten Massivwänden durchgeführt. Die akustische Wirksamkeit dieser Dämmsysteme wurde analysiert und mit der anderer Systeme verglichen. Ein Ziel dieses Forschungsprojekts war die Überprüfung der Übertragbarkeit bestehender schalltechnischer Prognosemodelle auf die Anwendung solcher Dämmsysteme. Ergebnisse aus diesem Forschungsprojekt werden in diesem Beitrag vorgestellt.

**Sitzung „Aktive Systeme“**

Do. 15:40 Hörsaal B

Aktive Systeme

**Aktive akustische Maskierung an einem Büro-Container**

Christian Thyes, Johannes Tschesche, Joachim Bös und Tobias Melz

*TU Darmstadt - SzM*

Ein System zur aktiven akustischen Maskierung, bestehend aus einem Büro-Container und einem adaptiven Maskierungssystem, wird vorgestellt. Das adaptive Maskierungssystem überlagert dem Außengeräusch ein zusätzliches Signal für ein gleichmäßigeres Geräuschniveau im Innern des Containers.

Das Maskierungssystem besteht aus einem Mikrofon, einer Schaltung zur Signalkonditionierung am Ein- und Ausgang, einem Microcontroller, einem Audioverstärker und einem Lautsprecher.

Zur aktiven akustischen Maskierung werden eigens entwickelte Algorithmen verwendet. Diese bewerten ein bestehendes Außengeräusch gehörgerecht und erzeugen in dem kritischen Band der stärksten Anregung ein bandbegrenztes Rauschen. Die Intensität wird dabei dem aktuellen Außengeräusch angepasst. Dieses Rauschen wird dem vorliegenden Außengeräusch überlagert und sorgt so für ein gleichmäßigeres Geräuschniveau, welches sich in seiner zeitlichen Feinstruktur für das menschliche Gehör nicht mehr auflösen lässt.

Das Maskierungssystem wird dabei von einem kostspieligen Hardware-in-the-Loop-System zu einer kostengünstigen, produktnahen Microcontroller-Plattform weiterentwickelt. Mit einer Schaltung, die das Außenmikrofon mit Energie versorgt und die Ein- und Ausgangssignale des Microcontrollers konditioniert, entsteht ein kompaktes Maskierungssystem. Die Bewertung erfolgt als Echtzeitberechnung im Microcontroller. Das erzeugte Signal wird verstärkt, und ein Lautsprecher erzeugt das adaptive Rauschen im Inneren des Büro-Containers. Die Wirksamkeit des Maskierungssystems wird anhand von Messergebnissen aufgezeigt. Verschiedene Anregungsszenarien wie beispielsweise Baulärm werden zur Bewertung der Funktionsweise des Maskierungssystem verwendet.

Do. 16:00 Hörsaal B

Aktive Systeme

**Das LOEWE-Zentrum AdRIA - eine Übersicht über die Projektergebnisse**Thilo Bein<sup>a</sup>, Joachim Bös<sup>b</sup> und Tobias Melz<sup>b</sup><sup>a</sup>*Fraunhofer LBF, LOEWE-Zentrum AdRIA; <sup>b</sup>TU Darmstadt - SzM*

Das LOEWE-Zentrum AdRIA (**A**daptronics - **R**esearch, **I**nnovation, **A**pplication) ist ein großes interdisziplinäres Forschungsprojekt in Darmstadt, das von der hessischen Landesregierung finanziert wird. Neben dem Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit

LBF sind daran auch 21 Fachgebiete aus vier verschiedenen Fachbereichen der TU Darmstadt sowie ein Fachbereich der Hochschule Darmstadt beteiligt.

Ziel des Projektes ist, die Vermarktbarkeit adaptronischer Systeme zur Lärm- und Schwingungsminderung zu steigern, was durch eine ausgewogene Mischung aus Grundlagenforschung, angewandter Forschung und industrieller Anwendung erreicht wird. Dazu gibt es drei sog. Programmberiche ("Adaptives Auto", "Leises Büro" und "Adaptive Tilger"), die als Anwendungsszenarien dienen. Zu den sog. Technologiebereichen, in denen die dazu notwendigen wissenschaftlichen Methoden, Werkzeuge und Technologien entwickelt werden, gehören u.a. "Werkstoffe", "Simulation", "Sensoren und Aktoren", "Embedded Systems", "Regelungstechnik" und "Fertigung".

Das Projekt hat eine Laufzeit von insgesamt 6 Jahren (3 Jahre "Aufbauphase" und - nach einer erfolgreichen Zwischenbegutachtung - 3 Jahre "Betriebsphase") und endet im Sommer 2014. Der Beitrag gibt einen Überblick über die Projektpartner, die Projektstruktur und einige ausgewählte Projektergebnisse.

Do. 16:20 Hörsaal B

Aktive Systeme

### **Optimierung der Position von Aktuatoren und Sensoren für ein aktives Gegenschallsystem**

Colin Hinze<sup>a</sup>, Martin Wandel<sup>b</sup> und Delf Sachau<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg; <sup>b</sup>Airbus Operations GmbH*

Die Lärbekämpfung in der Kabine zukünftiger Flugzeuge kann im niedrfrequenten Bereich mit aktiven Systemen erfolgen. Der Erfolg dieser Methode hängt entscheidend von der räumlichen Anordnung der Lautsprecher und Mikrofone ab. Daraus ergibt sich ein nichtlineares diskretes Optimierungsproblem, welches genetische Verfahren lösen können. Das Ziel dieser Untersuchung ist die Optimierung eines aktiven Systems für den Versuchsstand der Helmut-Schmidt-Universität eines zukünftigen Verkehrsflugzeuges (A30x). Dazu wird ein vorhandener Algorithmus angepasst und weiter entwickelt, um ein robustes Systemverhalten zu erzielen. Außerdem werden die Optimierungsergebnisse durch Versuche validiert.

Do. 16:40 Hörsaal B

Aktive Systeme

### **Sensitivitätsanalyse eines aktiven Gegenschallsystems bei Störungen des Primärfeldes**

Michael Sandner<sup>a</sup>, Martin Wandel<sup>b</sup> und Delf Sachau<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg; <sup>b</sup>Airbus Operations GmbH*

Ein Antriebskonzept zukünftiger Verkehrsflugzeuge ist der CROR (Counter-Rotating-Open-Rotor). Der tonale Triebwerkslärm tritt durch den Rumpf in die Kabine, wo der Komfort der Passagiere beeinflusst werden könnte. Aktive Systeme besitzen gegenüber passiven Schall-dämmmaßnahmen gerade bei großen Wellenlängen Vorteile. Um robust

gegenüber äußeren Störungen zu sein, sind die Algorithmen der Steuerungen aktiver Gegenschallsysteme adaptiv. Die Leistungsfähigkeit des Algorithmus unter Störungen des Primärfeldes hängt jedoch auch entscheidend von der Anordnung der Lautsprecher und Mikrophone in der Kabine ab. In dieser Studie wird deshalb die Sensitivität von zwei ausgewählten Anordnungen von Aktuatoren und Sensoren eines aktiven Gegenschallsystems in einem realistischen Kabinen Mock-Up gegenüber Störungen des Primärfelds bei Änderung der Richtcharakteristik und Verschiebung der Anregungsfrequenz untersucht.

Do. 17:00 Hörsaal B

Aktive Systeme

### **Untersuchungen an einer linienförmigen aktiven Schallbarriere**

Christian Kleinhennrich, Sönke Schäfer und Detlef Krahé

*Bergische Universität Wuppertal*

Ein zweidimensionales Active Noise Control System (ANC) dämpft Störschall innerhalb einer kreisförmigen Anordnung aus Mikrofonen und Lautsprechern. Dabei wirkt sich die geschlossene Anordnung günstig auf die Filtersynthese anhand des Kirchhoff-Helmholtz Integrals aus. In dem vorliegenden Beitrag wird dieser zweidimensionale Ansatz für die Verwendung in einer geradlinigen Anordnung untersucht. Es kann gezeigt werden, dass der Ansatz für den kreisförmigen Aufbau übertragbar auf die Linienanordnung ist und das System eine Dämpfung des Störschalls erzielt. Neben theoretischen Betrachtungen werden Ergebnisse aus Simulationen und Messungen an einem Prototyp des Lehrstuhls für Elektroakustik der Bergischen Universität Wuppertal präsentiert.

Do. 17:20 Hörsaal B

Aktive Systeme

### **Schallintensität im Umfeld eines energiebasierten aktiven Schallreduktionssystems**

Andreas Igelsbach, Uli Krause und Delf Sachau

*Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg*

Die Propellerflugzeuge der neuen Generation erzeugen tonalen Lärm im Bereich von 100 Hz. Passive Maßnahmen erfordern für diesen Frequenzbereich ein hohes Gewicht um, den Schall der in die Kabine transmittiert, zu dämmen. Deshalb werden aktive Maßnahmen entwickelt. Die aktive Minimierung der abgestrahlten Leistung einer Leichtbaustruktur erfordert die genaue Kenntnis der räumlichen Schallabstrahlung. Im Fokus dieser Arbeit steht deshalb die experimentelle Untersuchung der Schallintensität zwischen paarweise angeordneten Lautsprechern mit und ohne Aktivem System. Zur Messung der räumlichen Schallintensität wird eine Messsonde der Firma Microflown verwendet.

**Sitzung „Lehre und Geschichte der Akustik I“**

Do. 8:40 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik I

**Ein neues Raumakustik-Meßwerkzeug für die Architekten-Ausbildung**Detlef Hennings<sup>a</sup> und Karsten Voss<sup>b</sup><sup>a</sup> freiberuflicher Wissenschaftler; <sup>b</sup> Bergische Universität Wuppertal, FB Architektur

Der Zeitrahmen für das Thema Raumakustik in der Architektenausbildung ist knapp. Um dennoch ein vertieftes Verständnis zu erreichen, sollen die Studenten nach einer Einführung in kleinen angeleiteten Gruppen raumakustische Analysen anfertigen. Diesem Zweck dient eine neue Software, die die Studenten-Notebookcomputer zusammen mit einem einfachen Mikrofon in leicht handhabbare Meßwerkzeuge für Raumakustik-Meßgrößen verwandelt und durch den Meßprozeß führt. Impulsanregung für einfache oder Sinus-Sweeps für präzisere Messungen sind wählbar. Aus gemessenen Raumimpulsantworten können analog ISO 3382 Nachhallzeiten sowie Klarheitsmaße abgeleitet werden. Zwischenschritte der Messung sowie die Ergebnisse werden grafisch dargestellt. Auch eine numerische Ausgabe ist möglich.

Ausgehend von den Meßergebnissen kann mithilfe einer integrierten Absorber-Datenbank sowohl die Wirkung zusätzlicher Menschen im Raum berechnet werden als auch eventuell notwendige raumakustischer Verbesserungen bemessen werden. Als Qualitäts-Kriterium dienen dabei die Empfehlungen der DIN 18041. Das Meßinstrument kann zwischen einem vereinfachten Einsteiger-Modus und dem umfangreicheren Fortgeschrittenen-Modus umgeschaltet werden.

In die Entwicklung der Software sind sowohl technische als auch didaktische Tests integriert. Erste Vergleiche der Meßergebnisse mit etablierten Referenzen haben eine gute Übereinstimmung gezeigt. Der erste von zwei geplanten Anwendungstests in der laufenden Semesterarbeit verlief ebenfalls erfolgreich. Erfahrungen und Resultate aus den Tests werden für die weitere Entwicklung genutzt.

Die Funktionsweise der Software wird im Vortrag demonstriert.

Do. 9:00 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik I

**Praktikumsversuche mit einem Demonstrator für indirekte Geräusch-Entstehungsmechanismen**

Wolfgang Foken und Marco Gnauck

*Westsächsische Hochschule Zwickau, Fak. Kraftfahrzeugtechnik*

Indirekte Geräuschentstehungsmechanismen sind im NVH-Bereich von besonderer Bedeutung. Das Verständnis für Entstehung und Weiterleitung von Körperschall erfordert vertiefte Kenntnisse der Strukturdynamik. Der vorgestellte Demonstrator gestattet die realitätsnahe Applikation von zwei unterschiedlichen Körperschallquellen in einem Aggregat mit Hilfe von zwei Miniaturshakern. In unterschiedlichen Praktika kann

zum Beispiel die Wirkung dynamischer Kräfte, der Einfluss unterschiedlicher Koppelimpedanzen sowie die Weiterleitung von Körperschall in Trägerstrukturen auch über elastische Koppelemente demonstriert werden. Gleichzeitig werden typische Elemente der Transferpfadanalyse anschaulich demonstriert. Indirekte Kraftbestimmung und direkte Kraftbestimmung können am praktischen Beispiel demonstriert werden.

Do. 9:20 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik I

DAGA-App - Konferenz-App und Werkzeug für die Akustik

Tilo Westermann und Sebastian Möller

TU Berlin Telekom Innovation Laboratories

Zur Teilnahme an wissenschaftlichen Konferenzen erfreuen sich Smartphone-Apps großer Beliebtheit, insbesondere zur Planung persönlicher Zeitpläne, zum Auffinden von Vorträgen, Postern und Autoren, zur Organisation der Anreise, oder zur Vernetzung der Teilnehmer untereinander. Für die DAGA und andere Konferenzen lagen solche Apps bislang aber noch nicht vor. Aus diesem Grunde wurde am Quality and Usability Lab der TU Berlin im Rahmen studentischer Arbeiten eine App entwickelt, die diese Grund-Funktionalitäten erfüllt. Die App wurde bereits erfolgreich auf der Interspeech-Konferenz 2013 kostenlos zur Verfügung gestellt und von über 700 Teilnehmern genutzt.

Für die DAGA wurde die App nun umgestaltet und an die Struktur der Tagung angepasst. Ziel ist - neben der Unterstützung der Konferenzteilnehmer und zukünftiger Organisatoren - die App zu einem Tool für die Akustik-Community zu entwickeln, welches als offene Software vorliegt. Damit könnten z.B. Sprachaufnahmen von vielen Sprechern in geräuschbehafteter Umgebung gemacht werden, Spracherkennung und Sprachsynthese integriert und evaluiert werden, oder Störgeräuschunterdrückung und Echokompensation in realen Umgebungen getestet werden. Im Vortrag sollen vorhandene Nutzungsdaten analysiert und Vorschläge für eine zukünftige Nutzung gesammelt werden.

Do. 9:40 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik I

## Klangfarbe von Mikrofonen - Praktikumsversuch in der Tonmeisterausbildung

Simon Waloschek und Timo Grothe

*HfM Detmold*

Im Rahmen eines Praktikumsversuchs für Tonmeisterstudenten am Erich-Thienhaus-Institut (ETI) in Detmold wurde ein Hörtest zum Vergleich der Klangeigenschaften verschiedener Mikrofone durchgeführt. Ziel des Praktikums war der objektive Vergleich verschiedener Mikrofontypen.

Der erste Teil des Versuchs umfasste die Messung der Amplitudenfrequenzgänge und des Freifeldübertragungsfaktors in der reflektionsge- minderten Messkammer des Instituts.

Im zweiten Teil wurden mit jedem der Mikrofone Einzelaufnahmen von einem Konzertflügel mit MIDI-basiertem Reproduktionssystem in einem Konzertsaal der Hochschule für Musik Detmold durchgeführt.

Der dritte Versuchsteil bestand aus einem doppelblindigen Hörversuch. Die aufgenommenen Audiodaten wurden zuvor kalibriert, auf gleiche Lautheit normalisiert und während des Versuchs im Mastering-Raum des ETIs mit professionellem Audioequipment abgespielt. Die Studenten wurden gebeten, die Mikrofonaufnahmen anhand eines Semantischen Differentials bezüglich ihrer Klangfarbe zu bewerten.

Die Unterscheidbarkeit der Mikrofone wurde durch die Lautheitsnormalisierung maßgeblich erschwert. Das Praktikum zeigte viele Fragen und Probleme des Layouts eines Hörversuchs auf und die Aussagekraft der Ergebnisse wurde kontrovers diskutiert.

Do. 10:00 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik I

### **Neuer Studiengang 'Media and Acoustical Engineering' an der Hochschule Mittweida**

Detlef Schulz und Jörn Hübelt

*Hochschule Mittweida, Lehrstuhl f. Technische Mechanik u. Akustik*

Mit dem im Wintersemester 2013 gestarteten technisch ausgerichteten Studiengang "Media and Acoustical Engineering" wird die Tradition der Ausbildung von Akustikingenieuren in Mittweida fortgesetzt. Dieses in Kooperation der Fakultäten Medien sowie Mathematik/Naturwissenschaften/Informatik entstandene Studienangebot löst nahtlos die Akustikausbildung im bisherigen Studiengang "Physikalische Technik" ab und bündelt die akustischen Kompetenzen beider Fakultäten. Der neue Studiengang gliedert sich in 4 Studienrichtungen. Neben den Studienrichtungen Akustik bzw. Audio gehören weiterhin Video/Bild sowie Druck zum Studiengang. Es werden insbesondere Akustikinhalte im gemeinsamen Grundstudium (z.B. Grundlagen der Akustik, Signale und Systeme) sowie die Module in der Studienrichtung Akustik vorgestellt: Technischer Schallschutz, Raum- und Bauakustik, Angewandte Maschinenakustik incl. Praktikum sowie Soundengineering incl. Praktikum, Messtechnik.

Do. 10:20 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik I

### **Akustische Experimente und Signalanalyse für Studierende des Maschinenbaus in einer grafischen Programmierumgebung**

Frank Kameier

*FH Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering*

An der FH Düsseldorf lehre ich seit über 10 Jahren mit der Software DasyLab sowohl im Bachelor-Studiengang einige akustische Grundlagen der Akustik als auch im Masterstudiengang wichtige Vertiefungen zur Datenanalyse im Zeit- und Frequenzbereich. Im Masterstudiengang wird mit der zeilenorientierten Programmierung unter Matlab verglichen.

Die Kenntnisse in DasyLab und Matlab erleichtern erheblich den Einstieg in professionelle Anwendersoftware wie z.B. in das Prüfstandakustiksystem PAK von MüllerBBM VibroAkustikSysteme. Mit guten theoretischen Vorkenntnissen lassen sich derartige Systeme leichter sinnvoll bedienen, da Zusammenhänge und Hintergrund präsent sind. Leider ist zu beobachten, dass die gängigen Anwendersysteme immer weiter in der Bedienung vereinfacht werden - theoretische Kenntnisse seien nicht erforderlich, um Geräuschqualität und Lautstärken zu bewerten. Insbesondere werden in der Anwendersoftware die Mittelungsverfahren nicht mehr explizit ausgewiesen. Zur qualitativen Bewertung von Geräuschen eignen sich zwar derartige farbige grafische Darstellungen, zur Quellenlokalisierung in Maschinenbauanwendungen sind quantitative Aspekte aber entscheidender. Verdeutlicht werden soll, wie wichtig das Verständnis mathematischer Hintergründe ist, um sinnvolle technische Analysen bis hin zu psychoakustischen Analysen durchführen zu können.

Do. 11:00 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik I

### **Advanced Design Projects an der TU Darmstadt - studentische Projektarbeiten in Kooperation mit der Industrie**

Joachim Bös und Tobias Melz

*TU Darmstadt - SzM*

Jede(r) Maschinenbau-Studierende im Master-Studiengang "Mechanical and Process Engineering" an der TU Darmstadt muss an mindestens einem sog. Advanced Design Project (ADP) teilnehmen. In studentischen Teams aus 3 bis 7 Mitgliedern sollen die Studierenden in ca. 4 Wochen möglichst selbstständig eine komplexe Problemstellung bearbeiten und dabei konstruktive Lösungen entwickeln.

Obwohl dies nicht vorgeschrieben ist, hat es sich das Fachgebiet Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik SzM zum Ziel gesetzt, die von ihm angebotenen ADPs nach Möglichkeit in Kooperation mit Industrieunternehmen durchzuführen: Die Studierenden verbringen einige Tage vor Ort im Unternehmen und führen dort z. B. akustische Messungen durch. Wieder zurück in Darmstadt nutzen sie die folgenden ca. 3 bis 4 Wochen, um die Messungen auszuwerten und zu interpretieren, Lösungsvorschläge zur Lärm- und Schwingungsminderung zu erarbeiten sowie einen Projektbericht und eine Ergebnispräsentation zu erstellen.

Das am Fachgebiet SzM übliche Vorgehen bei der Durchführung eines solchen ADPs wird exemplarisch an einem ADP mit und bei der Firma fischerwerke GmbH & Co. KG ("fischer-Dübel") geschildert, für das das Fachgebiet SzM mit dem "Athene-Preis für Gute Lehre" der TU Darmstadt ausgezeichnet wurde. Im Rahmen dieses ADPs wurde eine Lärmkarte einer Produktionshalle erstellt, und es wurden Vorschläge zur konstruktiven Lärmreduktion an einigen Maschinen und Anlagen erarbeitet.

---

Do. 11:20 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik I

### Evaluation der Nutzung des DEGA-Mindestkanons Akustik

Jesko Verhey<sup>a</sup> und Malte Kob<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Otto-von-Guericke-Univ., Abt. f. Experim. Audiologie, Magdeburg; <sup>b</sup>HfM Detmold

Der Hochschulbeirat der DEGA hat 2007 Inhalte der Akustik-Ausbildung zusammengestellt, die für eine Grundausbildung im Rahmen eines Bachelorstudiengangs mindestens vermittelt werden sollten. Dieser Mindestkanon: Akustik in der Bachelorausbildung (DEGA-Empfehlung 102) umfasst unverzichtbaren Grundlagen sowohl für zwei- als auch vierstündige Veranstaltungen sowie Vorschläge für ergänzende Themenbereiche. Seit der Verabschiedung des Mindestkanons im Jahr 2009 sind bis zur diesjährigen DAGA fast fünf Jahre vergangen. In diesem Beitrag werden Ergebnisse einer Umfrage vorgestellt, in der die Nutzung des Mindestkanons an deutschen Lehrinrichtungen erfragt wurde.

---

Do. 11:40 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik I

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

### Sitzung „Lehre und Geschichte der Akustik (Poster)“

---

Donnerstag

Lehre & Geschichte der Akustik (Poster)

### Effektives Design für Lehrveranstaltungen in Raumakustik für Studierende der Musikwissenschaft: "Kongressübung/Übungskongress"

Klaus-H. Lorenz-Kierakiewitz<sup>a</sup>, Christoph Reuter<sup>b</sup> und Olivia Vrabl<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Peutz Consult GmbH; <sup>b</sup>Universität Wien, Musikwissenschaftl. Institut  
Lehrveranstaltungen an Universitäten sollen Studierende neben dem Erwerb von Wissen und Kompetenzen auch auf die Realität im Wissenschaftsbetrieb vorbereiten. Dies beinhaltet die Präsentation eigener Forschungsinhalte vor der Fachwelt. Ausgehend von der Prämisse, dass Studierende wissenschaftlichen Fragestellungen mehr Aufmerksamkeit widmen als Vortragsmöglichkeiten, resultierend in unbefriedigenden Ergebnissen klassischer Seminarreferate, bleibt der Erwerb von Vortragskompetenzen für die spätere Laufbahn oft unbeachtet. Zum Sammeln praktischer Erfahrungen der Vortragstechnik als Lernziel bedarf es neuer Wege in Methodik und eines alternativen Konzepts für das Lehrveranstaltungsformat "Vorlesung/Übung". Dieser Beitrag stellt Konzeption, didaktische Analyse und Ergebnisse der im WS2012/2013 am musikwissenschaftlichen Institut der Universität Wien abgehaltenen Lehrveranstaltung "Wechselwirkungen von Raumakustik und Komposition" vor, welche in Form eines "Übungskongresses" durchgeführt wurde. Dazu wurde die Planspielmethode, welche eine Simulation realer Situationen erlaubt, für die akustische Lehre angepasst. Sie ermöglicht, die Teilnehmenden zu überdurchschnittlichen Leistungen zu motivieren, indem

diese im Rahmen einer "Kongressübung" mit Kongressprogramm, TeilnehmerInnenliste und straffem Zeitplan selbst in die Rolle der Vortragenden schlüpfen und die Ergebnisse ihrer Forschungen den KommitonInnen in zeitbegrenzten Kongressbeiträgen auf Vorlesungsniveau vorstellen. Durch die Dokumentation in Form eines "Tagungsbeitrages" wird auch der Leistungsbeurteilung neben dem bloßen Leistungsnachweis für Lehrveranstaltungen zusätzlich Nutzen abgewonnen, da die Studierenden Kompetenzen zur schriftlichen Präsentation eigener Forschungsinhalte erwerben konnten.

Donnerstag

Lehre & Geschichte der Akustik (Poster)

### **Lärm, Aufmerksamkeit und Bildung - Eine technische, psychologische und historische Betrachtung von Lärm in Schule und Universität**

Janina Fels<sup>a,b</sup>, Ramona Bomhardt<sup>b</sup>, Jan-Gerrit Richter<sup>b</sup>, Magali Kreutzfeldt<sup>c</sup>, Iring Koch<sup>c</sup>, Svenja Banken<sup>d</sup> und Harald Müller<sup>d</sup>

<sup>a</sup>*Forschungszentrum Jülich GmbH (INM-1);* <sup>b</sup>*Institut für Techn. Akustik, RWTH Aachen;* <sup>c</sup>*Institut für Psychologie, RWTH Aachen;* <sup>d</sup>*Historisches Institut, RWTH Aachen*

Lärm ist unerwünschter Schall und wirkt sich in vielerlei Hinsicht auf das Wohlbefinden, die Gesundheit und die Leistung von Menschen aus. Lärm kann sich störend auf das Lernen in schulischen und universitären Kontexten auswirken. Dadurch hat Lärm eine starke Implikation für unser Bildungssystem.

In dem Projekt "Lärm, Aufmerksamkeit und Bildung - Eine technische, psychologische und historische Betrachtung von Lärm in Schule und Universität" wird in einer Fallstudie des Kaiser-Karls-Gymnasium (Baujahr: 1906) in Aachen gezeigt, wie sich die Lärmsituation im Klassenzimmer im Laufe der Geschichte verändert hat. Dabei werden sowohl die Umgebung der Schule, die Architektur des Klassenraumes, die methodische Großform und die Klassenstärke miteinbezogen. Der Klassenraum wird dazu zu unterschiedlichen Phasen, beispielsweise nach Renovierungen, simuliert und auralisiert.

Die geläufigen akustischen Raumakustik- und Sprachparameter wie die Nachhallzeit, A-bewerteter Schalldruckpegel oder der Sprachverständlichkeitsindex werden für die jeweilige Situation berechnet. Anhand dieser Fallstudie können die technischen Parameter mit psychologischen und historischen Parametern von Lärm in Schule und Universität kombiniert werden.

Donnerstag

Lehre &amp; Geschichte der Akustik (Poster)

**Multimediales Skript zur Vermittlung ingenieurswissenschaftlicher Grundlagen**

Malte Kob, Simon Waloschek, Winfried Hyronimus, Ephraim Hahn, Marc Schettke und Anne Weber-Krüger

HfM Detmold

Für die Vermittlung der Grundlagen in den Ingenieurwissenschaften stehen begleitend zum Unterricht neben den etablierten Lehrbüchern heute auch zahlreiche multimediale Angebote zur Verfügung. Die Kombination von Schriftform, animierten Grafiken und akustischen Beispielen ist jedoch ohne ein didaktisches Konzept nur eingeschränkt außerhalb der Unterrichtseinheit nutzbar. In einem Projekt des Kompetenznetzes der Musikschulen NRW wurde basierend auf dem PM-Wiki der Hochschule Osnabrück ein multimediales Skript entwickelt, das neben einem strukturierten Text in zweispaltigem Layout und automatisierten Verzeichnissen und Verweisen auf weitere relevante Lehrinhalte auch Illustrationen in Form von Formeln, Notenbeispielen, Quellcode, skalierbaren Illustrationen und Audiobeispielen enthalten kann. Ein wesentlicher Aspekt der von Studierenden und Dozenten des Erich-Thienhaus-Instituts entwickelten Plattform ist die didaktisch optimierte Struktur des Skripts und die einheitliche Präsentation der Lehreinheiten, die die Studenten bei der Vor- und Nachbereitung des Unterrichts in mehreren Fächern optimal begleiten sollen. Im Beitrag werden das Konzept und der Einsatz des Skripts anhand einiger Beispiele erläutert.

**Sitzung „Lehre und Geschichte der Akustik II“**

Do. 15:40 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik II

**Geschichte der Akustik an der ETH Zürich und an der Empa Dübendorf**

Kurt Eggenschwiler<sup>a</sup> und Sabine von Fischer<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Empa, Abt. Akustik / Lärminderung; <sup>b</sup>diaphan Architektur und Text

Auf der Basis der 2013 abgeschlossenen Dissertation von Sabine von Fischer "Hellhörige Häuser. Akustik als Funktion der Architektur, 1920 - 1970" erfolgt in diesem Beitrag eine Darstellung der Geschichte der Akustik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich und an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) in Dübendorf. Ein erstes akustisches Labor wurde vom Dozenten Franz Max Osswald an der ETH in Zürich in den 1920er Jahren eingerichtet. Die Arbeiten wurden von Willi Furrer fortgesetzt, der mit Anselm Lauber ein Standardwerk der Akustik verfasste: *Raum- und Bauakustik für Architekten* 1956. In der 2. und 3. Ausgabe als *Raum- und Bauakustik, Lärmabwehr* veröffentlicht). An der ETH konnte sich die

Akustik nie als eigene Disziplin etablieren. An einer Sitzung im September 1944 hielt der Schularat der ETH fest, dass für die Akustik kein eigener Lehrstuhl eingerichtet werden solle, weil sie "sich der wissenschaftlichen Forschung entzieht, da sie hauptsächlich Fragen der praktischen Anwendung und der Empirie behandelt". Seither wurden an der ETH ohne Unterbruch an verschiedenen Fakultäten Lehraufträge für Akustik erteilt, aber ohne eigenes Institut. 1962 wurde an der zum ETH-Bereich gehörenden Empa in Dübendorf eine *Abteilung für Akustik und Lärmbekämpfung* gegründet.

Do. 16:00 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik II

### **Von der Steinzeitflöte bis zum Fluglärm - 40.000 Jahre Strömungsakustik**

Peter Kötzsch

*TU Dresden*

Es wird ein Überblick über die Geschichte des Fachgebietes Strömungsakustik gegeben. Im vorindustriellen Zeitalter sind insbesondere die Blasinstrumente, die menschliche Spracherzeugung sowie lautstarke Naturereignisse (Donner und Wind) von Interesse. Im 18./19. Jahrhundert kommen industrielle Strömungsschallquellen dazu, Aspekte dazu sind die wachsende Mobilität, der Transport von Rohstoffen und Produkten, vielfältige Energiewandlungsprozesse (Turbinen, Windräder), Komforteinrichtungen (Lüftungs-/Klimaanlagen), die Militärtechnik u. a. m. Die 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde von Lighthill als das "goldene Zeitalter" der Strömungsakustik bezeichnet. Als Fragmente aus diesem historischen Streifzug seien genannt: Die Steinzeitflöte von der Schwäbischen Alb (Universität Tübingen), die Posaunen von Jericho, die Aussagen aus dem Corpus Hippocraticum und von Aristoteles zum Sprachapparat sowie von Athanasius Kircher zur Äolsharfe, Chladni und der Strömungsschall, Strouhal und seine "Zahl" (mit Bildmaterial des Enkels Prof. Evžen Strouhal aus Prag), große Physiker und die "Sirene", Ernst Mach und Peter Salcher mit den "Knallwellen", Erich Waetzmann und Ludwig Prandtl zum Flugzeugschall, die russische Aeroakustik mit Guitin/Blochinsev/Judin und der Beginn der wissenschaftlichen Strömungsakustik, der Ausbau der wissenschaftlichen Grundlagen durch die drei angewandten Mathematiker und zugleich Physiker Lord Rayleigh, Horace Lamb und James Lighthill. Literatur: Heft 5, 6 und 7 der DEGA-Schriftenreihe zur Geschichte der Akustik

Do. 16:20 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik II

### **The Imperial Theatre and the Nanki Auditorium. Two early concert venues in Tokyo.**

Clemens Büttner und Stefan Weinzierl

*audio communication group, TU Berlin*

In Meiji era Japan (1868-1912), a concert life similar to European cities did not yet exist, but did steadily develop. While the first concerts took

place in venues not primarily designed for the performance of music, a number of new auditoriums were built during the Taisho era (1912-1926) for a quickly increasing concert audience. The Imperial theatre, a four-story building in Neo-Renaissance style, was opened in 1911. The main hall was designed in a horseshoe shape with a capacity of 1,700 seats, and was the first theatre to introduce an orchestral pit in Japan. Although clearly following a European model, the theatre was used for symphonic music and opera, as well as for the traditional Kabuki theatre. The Nanki Auditorium, opened in 1918, was designed by the British architect Sir Alfred Brumwell Thomas as a hall for Western classical music, with a capacity of 350 seats. Both buildings were severely damaged in the 1923 great Kanto earthquake. Thus, the acoustical characteristics will be examined based on a virtual reconstructions of the two rooms. The historical significance of these buildings from an architectural and acoustical point of view will be discussed, focussing on the influences of traditional Japanese theatre design.

Do. 16:40 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik II

### **Experimente mit einem historischen Kehlkopf-Modell nach Gutzmann**

Rüdiger Hoffmann und Dieter Mehnert

*TU Dresden, Inst. f. Akustik u. Sprachkommunikation*

In der Experimentalphonetik hat die Erforschung der Stimmbildung durch die Stimmlippen stets eine große Rolle gespielt. So entstanden verschiedene mechanische Kehlkopfmodelle, bei denen gespannte Gummimembranen durch einen Luftstrom zum Schwingen gebracht wurden. Die historische akustisch-phonetische Sammlung (HAPS) der TU Dresden besitzt mehrere dieser Modelle, von denen das Modell nach Gutzmann aus dem Jahre 1910 besonders attraktiv ist. Es zeichnet sich dadurch aus, dass das Ende eines Gummischlauches, das die Stimmritze bildet, während des Experiments durch variable Gewichte unterschiedlich gespannt werden kann und dadurch eine Variation des entstehenden Anregungssignals möglich ist. Der supraglottale und orale Raum wird durch ein knieförmiges Holzrohr mit anschließendem Trichter gebildet. Das historische Modell wurde durch Erneuerung der Gummiteile wieder funktionsfähig gemacht. Messungen zeigen den Einfluss der mechanischen Spannung der Nachbildung der Stimmritze sowie der unterschiedlichen Öffnungsgrade des Ansatzrohres.

Do. 17:00 Hörsaal G

Lehre und Geschichte der Akustik II

### **Geschichte des Kondensatormikrophons in der Studiotechnik II - von der Röhre zum Transistor**

Martin Schneider

*Georg Neumann GmbH*

(Teil I in DAGA 2011)

In den 1950er Jahren war das Kondensatormikrophon in Röhrentechnik

der weltweit bevorzugte Schallwandler für die professionelle Aufnahmetechnik geworden. Groß- und Kleinmembranen sowie fernumschaltbare Richtcharakteristiken standen zur Verfügung.

Die folgenden Entwicklungen in den 1960er bis 1970er Jahren betrafen insbesondere

- die Materialoptimierung der Membranen
- die Einführung des Transistors
- die letzten Entwicklungsstufen der Röhre: Miniaturröhre und Nuvistor
- die Neubetrachtung des Hochfrequenzkondensatormikrophons
- die Einführung des Feldeffekttransistors
- die Umstellung der Speisungstechnik: Tonaderspeisung und Phantomspeisung
- die Einführung der Stereotechnik
- die ersten (vergleichbaren) Schritte zur Mehrkanaltechnik

Diese Stationen werden anhand ihrer Erfinder sowie der entstandenen Typen und ihrer Auswirkungen auf die Studiotechnik in Abbildungen, Ton und ggf. Video erläutert.

### **Sitzung „Lärmschutz - Schiene / Fluglärm“**

Do. 9:00 Unikum

Lärmschutz - Schiene / Fluglärm

#### **Technische Spezifikationen für die Interoperabilität des Eisenbahnsystems Lärm - Revision**

René Weinandy<sup>a</sup> und Urs Reichart<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Umweltbundesamt; b DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH*

Im Mai 2011 begannen die Arbeiten zur "großen Revision" der TSI Noise. Die Arbeit der Arbeitsgruppe TSI Noise Revision (WP Noi) ist mittlerweile abgeschlossen. Im nächsten Schritt Anfang 2014 werden die politischen Gremien, das Railway Interoperability and Safety Committee und ggfs. das Europäische Parlament, über die revidierte TSI Noise abstimmen. Zentraler Punkt der TSI Noise sind die darin festgelegten Grenzwerte. Die neue TSI Noise legt eine Grenzwertstufe mit nur geringfügig abgesenkten Grenzwerten fest, was von der deutschen Spiegelgruppe als ungenügend angesehen wird. Die deutsche Spiegelgruppe hatte ein zweistufiges Grenzwertsystem vorgeschlagen, das mittelfristig ambitioniertere Grenzwerte vorsieht. Dies hätte längerfristig die dringend notwendige Geräuschrücknahme für betroffene Menschen und gleichzeitig Planungssicherheit für Hersteller und Betreiber bedeutet. Deutschland hat zudem in der WP Noi vorgeschlagen, ergänzende Anforderungen an das Standgeräusch in die TSI Noise einzuführen, die auch typische Abstellgeräusche erfassen sollen. Diese Anforderungen wurden in die TSI Noise aufgenommen. Die überarbeitete TSI Noise ist gegenüber der alten TSI Noise ein deutlich verständlicheres, übersichtlicheres und transparenteres Regelwerk, das voraussichtlich sehr gut anwendbar sein wird. Sie bringt jedoch keine wesentlichen Verbesserungen für den Lärmschutz.

---

Do. 9:20 Unikum

Lärmschutz - Schiene / Fluglärm

### The STARDAMP method: Generation of input data through laboratory measurements

Benjamin Betgen<sup>a</sup>, Martin Toward<sup>b</sup>, Giacomo Squicciarini<sup>c</sup> und David J. Thompson<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Vibratec; <sup>b</sup> University of Southampton, Consultancy Group-ISVR (UK);

<sup>c</sup> University of Southampton, Dynamics Group-ISVR (UK)

The Stardamp project has developed software that allows the quantification of the efficiency of rail and wheel dampers reducing the need for costly field tests on real track. Laboratory tests can provide most of the needed input data. The scope of this contribution is on measurement procedures to determine rail damper performance from measurements on a 'free' damped rail.

Two methods are proposed to measure the damper performance (decay rates): (i) for long rails, by integrating decay rates derived from FRF's measured at intervals along the rail; and (ii) for short rails, at low frequency from the modal properties of the rail, and at high frequencies directly from point and transfer responses functions (FRFs) at either end of the rail. The two methods show reasonable agreement in vertical and lateral decay rates between 300 Hz and 5 kHz. Further tests on a 32m test track show that decay rates of damped track can be determined reasonably well by summing the decay rates of the 'free' damped rail and the decay rates of the undamped track.

---

Do. 9:40 Unikum

Lärmschutz - Schiene / Fluglärm

### Das sonRAIL webTool zur Eisenbahnlärmberechnung

Christian Czolbe

PROSE AG

In Switzerland Railway Noise emission was calculated according to SEMIBEL method since 1990. Twenty years after sonRAIL a state of the art calculation method was presented in 2010. Basis of sonRAIL are extensive measurements of vehicle and tracks. A high accuracy in the results can be obtained taking additional parameters into account such as transfer functions of vehicles and tracks, individual site parameters e.g. rail roughness and track types. Modular tools for sound emission, sound propagation and environmental noise rating are available within the sonBASE database of Switzerland.

To provide sonRAIL calculations to the community of regarding engineers, planners or manufacturers a web application was developed and the current version will be represented in a workshop. The sonRAIL method is property of the Federal Office of Environment of Switzerland, the website is hosted at <https://sonrail.empa.ch>. Access to the webTool can be requested by public persons and organisations at the EMPA.

---

Do. 10:00 Unikum

Lärmschutz - Schiene / Fluglärm

**Maximal 0,005 Überschreitungen von 55 dB(A). Vergleich von Messdaten mit Berechnungen nach AzB**

Kai Johannsen und Jenny Böhm

*Flughafen Berlin Brandenburg GmbH*

Am 25.04.2013 erging vor dem Oberverwaltungsgericht Berlin Brandenburg ein Urteil bezüglich des zu erreichenden Schutzzieles im Tagschutzgebiet des Flughafens Berlin Brandenburg. Nach dem Urteil sollen Schallschutzmaßnahmen gewährleisten, dass ein Maximalpegel von 55 dB(A) im Rauminnern in den verkehrsreichsten sechs Monaten nicht überschritten wird. Dies entspricht durchschnittlich 0,005 Überschreitungen pro Durchschnittstag.

Anhand der Messwerte der Messstellen in der Umgebung der Berliner Flughäfen wird diskutiert, inwiefern das angewendete Berechnungsverfahren (AzB99) geeignet ist, diese Forderung abzubilden.

---

Do. 10:40 Unikum

Lärmschutz - Schiene / Fluglärm

**Anforderungen an die Schallschutzmaßnahmen für die Anwohner des Hauptstadtflughafens BER im Wandel der Zeit**

Rudi Volz und André Jakob

*Dr. Rudi Volz & Dr. André Jakob GbR, FBB-Verkehrslärm*

Die Anforderungen an die Schallschutzmaßnahmen für die vom Fluglärm betroffenen Anwohner des zukünftigen Hauptstadtflughafens BER haben sich im Laufe der Zeit nach dem Planfeststellungsbeschluss aufgrund von Beschlüssen, Urteilen und Prozesserklärungen während der Verfahren vor dem Bundesverwaltungsgericht, das darauf folgende Plangänzungsverfahren und vor allem aufgrund der Urteile und Beschlüsse vor dem Oberverwaltungsgericht Berlin-Brandenburg immer wieder geändert.

In diesem Vortrag soll beispielhaft für zwei verschiedene Räume mit einer unterschiedlichen Bausubstanz und ausgewählte Standorte gezeigt werden, welche Maßnahmen jeweils notwendig wären, um den im Laufe der Zeit geänderten erforderlichen Schallschutz während des Tages- und Nachtzeitraums einzuhalten.

---

Do. 11:00 Unikum

Lärmschutz - Schiene / Fluglärm

### **Vergleich von Fluglärm-Berechnungsverfahren**

Svenja Veric, Jochen Schaal, Dieter Zollitsch und Gert Braunstein  
*Braunstein + Berndt GmbH*

In Deutschland wird zur Beurteilung des Fluglärms die Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB 2008) angewendet. Außerdem wird fast flächendeckend für die Berechnung von Fluglärm das Integrated Noise Model (INM) verwendet. Dabei handelt es sich um ein von der US-Amerikanischen Federal Aviation Administration (FAA) entwickeltes Rechenprogramm basierend auf der ECAC.CEAC Doc. 29, 3rd Edition, der European Civil Aviation Conference bzw. dem internationale Dokument ICAO 9911. Es gibt Bestrebungen, dieses Verfahren (Doc 29, 3rd Edition) in einer angepassten Form bei der nächsten Aktualisierung der Umgebungslärmrichtlinie verbindlich in der Europäischen Union für die Lärmkartierung einzuführen.

Die Umsetzung der ECAC.CEAC Doc. 29, 3rd Edition in INM, weist teilweise Unterschiede zur Richtlinie auf. Gegenüber der AzB 2008 ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Methoden teilweise große Differenzen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Unterschiede der Berechnungsverfahren dargestellt und durch Simulation konkreter Flugstrecken mit den Programmen SoundPLAN® (AzB 2008 und Doc 29, 3rd Edition) und INM quantifiziert. Ein Vergleich der berechneten Ergebnisse mit Messungen wurde ebenfalls durchgeführt.

---

Do. 11:20 Unikum

Lärmschutz - Schiene / Fluglärm

### **Konzept zur Reduzierung von Hinterkantenlärm**

Johann Reichenberger  
*EADS Innovation Works*

Die effiziente Reduzierung von Flugzeuglärm ist für das kontinuierliche Anwachsen der zivilen Luftfahrt ein wichtiger Punkt. In den letzten Jahrzehnten wurden große Anstrengungen unternommen den Triebwerkslärm zu reduzieren. Im Landeanflug jedoch ist der Umströmungslärm vergleichbar mit dem Triebwerkslärm. Deshalb müssen Maßnahmen zur Minderung der Umströmungslärmquellen, wie Fahrwerk und Hochauftriebssysteme, erarbeitet werden. Die Lärmquellen an den Hochauftriebssystemen werden gewöhnlich in Klappenseitenkantenlärm und Vorflügellärm eingeteilt, wobei letzterer das Thema dieser Arbeit ist. Studien in den letzten Jahren zu den Mechanismen und Modellierung der Hochauftriebslärmquellen ergaben eine Anzahl von numerischen, semi-analytischen Modellierungsansätzen zu lokalen instationären Strömungseffekten, welche die Quellen zur Akustik im Fernfeld darstellen. Einen wesentlichen Beitrag zum Vorflügellärm liefert die Vorflügelhinterkante. An skalierten Modellen konnte durch Optimierung des Hinterkantendesigns oder durch Anbringung von z.B. Bürsten der Hinterkantenlärm an der Quelle reduziert werden. In dieser Arbeit wird ein Konzept

vorgestellt, das die für die Lärmentstehung mitverantwortlichen Turbulenzanteile aus der Strömung noch vor dem Erreichen der Hinterkante absorbiert und bedämpft.

Do. 11:40 Unikum

Lärmschutz - Schiene / Fluglärm

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

### Sitzung „Lärmschutz - Schiene / Fluglärm (Poster)“

Donnerstag

Lärmschutz - Schiene / Fluglärm (Poster)

#### **Akustische Bewertung von Schienenschleifverfahren**

Christian Czolbe, Robert Sieglitz und Dorothea Salz

*PROSE AG*

Schienenverkehrslärm wird vielerorts vom Rollgeräusch dominiert, welches von Rad und Schiene abgestrahlt und durch deren Rauheiten generiert wird. Niedrige Radrauheiten z.B. beim Einsatz von LL-Sohlen im Güterverkehr auf glatten Schienen führen zu geringer Schallabstrahlung. Zur Behandlung der Schienenfahrräumen kommen bei der Bahn verschiedene Schienenschleifverfahren zum Einsatz. Die klassischen Verfahren dienen dabei zur Reprofilierung und Instandhaltung, werden mit rotierenden Schleifkörpern bei geringer Arbeitsgeschwindigkeit durchgeführt und verursachen charakteristische Schleifmuster. Über Zusatzeoptionen wie das "akustische Schleifen" sollen niedrige Rauheiten herbeigeführt werden. Außerdem werden seit mehreren Jahren auch Schleifverfahren mit Betriebsgeschwindigkeiten von etwa 80 km/h angeboten, wie das sogenannte High Speed Grinding. Diese führen zu einem anderen Schleifmuster, welches erstaunlich gute akustische Eigenschaften aufweist. Neben dem Luftschall wurden bei allen untersuchten Schleifverfahren die Schienenrauheiten direkt vor dem Schleifen und bis mindestens 100 Tage nach dem Schleifen erfasst. Unter anderem wurde ein automatisches stationäres System zur kontinuierlichen Erfassung der Zugvorbeifahrten eingesetzt. Die unterschiedlichen Schleifverfahren wurden bewertet.

**Sitzung „Lärmwirkung“**

Do. 15:40 Unikum

Lärmwirkung

**Erhebung und Klassifizierung der akustischen Wirkungen von Infraschall**Christian Eulitz, Fabian Ebner und Ulrich MöhlerMöhler + Partner Ingenieure AG

Seit einigen Jahren klagen Bürgerinnen und Bürger vermehrt über Beeinträchtigungen durch ausgeprägt tieffrequente Geräusche und Infraschall mit sog. Brummtophonomenen. Im Auftrag des Umweltbundesamtes wurde deshalb in den Jahren 2011 bis 2013 eine Machbarkeitsstudie zu Wirkungen von Infraschall erstellt. Bei der Literatur- und Betroffenheitsanalyse über die Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen zeigte sich kein einheitliches Bild. Insbesondere in Deutschland existieren wenige Studien, die sich mit den Auswirkungen von Infraschall auf den Menschen und seine Umwelt beschäftigen. Da die Ursachen der Belästigung im Bereich des Infraschalls vielschichtig sind, wurde im Rahmen der Machbarkeitsstudie ein Erhebungs- und Klassifizierungssystem konzeptioniert, dass eine Unterscheidung des Belästigungspotentials von Infraschallquellen in verschiedenen Klassen ermöglicht. Ziel der Einführung und Weiterentwicklung des Klassifizierungssystems ist eine systematische Sammlung und Aufbereitung von zugänglichen Daten (vorwiegend bewährte akustische Messgrößen, Betriebsbedingungen und baulich-technische Spezifikationen von Komponenten, Geräten und Anlagen), mit deren Hilfe weitergehende Erkenntnisse über Infraschall gewonnen werden können. Diese Erkenntnisse aus der Machbarkeitsstudie werden vorgestellt.

Do. 16:00 Unikum

Lärmwirkung

**Schallpegel exposition bei ausgeprägt tieffrequenten Geräuschen und Infraschall innerhalb von Wohnungen**Fabian Ebner, Christian Eulitz und Ulrich MöhlerMöhler + Partner Ingenieure AG

Nach der aktuellen Rechtsprechung zum Schallimmissionsschutz werden zunehmend Maßnahmen der Immissionsortlenkung als geeignet anerkannt, um bei an Gewerbebetriebe und Anlagen heranrückender Wohnbebauung planerisch auf etwaige Überschreitungen der TA Lärm durch Anlagenlärm zu reagieren. Als Maßnahmen zur Immissionsortlenkung kommen dabei im modernen Städtebau nicht öffentliche Fenster, Grundrissorientierungen (keine Aufenthaltsräume nach DIN 4109) oder auch festverglaste Loggien/ Vorhangsfassaden/ Kastenfensterkonstruktionen mit einer Mindesttiefe von 0,5 m zum Einsatz. Bei konsequenter bautechnischer Umsetzung (Schalldämmung der Außenbauteile, fensrerunabhängige Belüftungen) sollen damit ruhige Wohnverhältnisse geschaffen werden. Problematisch sind dabei jedoch ausgeprägt tieffrequente Geräuschimmissionen und Infraschalle, die durch geschlossene

Fassaden oder Nichtaufenthaltsräume in die Gebäude eindringen und im Inneren verstärkt belästigend wirken können. Zudem kann der maßgebende Immissionsort im Inneren, dies ist der Ort der höchsten Belästigung in der Planung praktisch nicht vorausbestimmt werden. Im Bereich der Bauakustik erfasst auch der erweiterte Frequenzbereich nach DIN EN ISO 717-1 keine Schalle unterhalb der 50 Hz-Terz, so dass die Schalldämmung der Außenbauteile insbesondere der Fenster bei ausgeprägt tieffrequenten Geräuschen weitestgehend unbekannt ist. Bei in-situ-Messungen wurde versucht, Erkenntnisse über die Schalldämmung von Fenstern und den maßgebenden Immissionsort im ausgeprägt tief-frequenten Bereich innerhalb von Wohnräumen zu ermitteln, um mit diesen Erkenntnissen Konflikten planerisch zu entgegnen. Erste Ergebnisse der Untersuchungen werden vorgestellt.

Do. 16:20 Unikum

Lärmwirkung

### **Akustische Schallquelle für die objektive Untersuchung der auditorischen Wahrnehmung von Infraschall mittels MEG und fMRT**

Robert Kühler und Johannes Hensel

*Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Hörschall*

Geräusche unterhalb von 20 Hz werden herkömmlich als Infraschall bezeichnet. Infra bedeutet "unterhalb", in diesem Zusammenhang unterhalb des menschlichen Hörbereiches (ca. 20 Hz - 20 kHz). Es existiert jedoch keine feste untere Hörgrenze, vielmehr verringert sich die Empfindlichkeit des auditorischen Systems mit kontinuierlich abfallender Frequenz. Es ist schon lange bekannt, dass der Mensch in der Lage ist Infraschall unter anderem mit dem Gehör wahrzunehmen. Die Mechanismen dieser Wahrnehmung sind jedoch nicht genau geklärt. Das europäische Metrologie-Forschungsprojekt "EARS" geht unter anderem der Frage nach, wie und unter welchen Bedingungen die Wahrnehmung von Infraschall über das menschliche Ohr erfolgt. Für die objektive Untersuchung der auditorischen Verarbeitung mithilfe bildgebender Verfahren (Magnetoencephalographie und funktioneller Magnetresonanztomographie) wurde eine kompatible Infraschall-Quelle entwickelt, die zum Vergleich auch zur Bestimmung von Hörschwellen eingesetzt wird. Die Quelle basiert auf einem elektrodynamischen Lautsprecher mit starkem Magnetantrieb und ist in der Lage, hohe Schalldruckpegel in Kombination mit sehr geringen harmonischen Verzerrungen im zu untersuchenden Frequenzbereich ( $2 \text{ Hz} \leq f \leq 125 \text{ Hz}$ ) zu erzeugen. Zur Vermeidung von elektromagnetischen Störungen wird die Quelle außerhalb des Erfassungsbereiches der bildgebenden Sensoren platziert und die Schalldarstellung erfolgt über einen Schlauch. In diesem Beitrag werden das Konstruktionsprinzip und Messungen der Hörschwelle bis zu einer unteren Frequenz von 2.5 Hz zur Erprobung und Validierung der Infraschall-Quelle vorgestellt.

---

Do. 16:40 Unikum

Lärmwirkung

### **Pegel und Richtcharakteristik von Luftultraschallquellen**

Christoph Kling

*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Der Lärmbelastung durch Luftultraschall wird zunehmend Beachtung geschenkt. Im Gegensatz zum Hörschallbereich gibt es jedoch bisher keine anerkannten Mess- und Bewertungsverfahren. In der Ausgabe der VDI 3766 von 2012 wurde das derzeitige Wissen um die Wirkung, Erfassung und Beurteilung der Lärmwirkung von Frequenzen jenseits der 20 kHz zusammengetragen. Es liegen derzeit jedoch zu wenige Daten vor, so dass nur grundlegende Anhaltspunkte für eine Vermessung und Bewertung von Ultraschall definiert werden konnten. Grund hierfür ist vor allem das Fehlen einer metrologischen Basis und geeigneter Messtechnik.

An der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) werden daher Verfahren entwickelt, um Messtechnik außerhalb des Hörbereichs zu kalibrieren und Luftultraschall quantitativ zu erfassen. Unter anderem wurde ein Messplatz aufgebaut, um den Schalldruckpegel verschiedener Schallquellen in Größe und Richtwirkung zu bestimmen.

Der Vortrag stellt die Messtechnik und Kalibrierung des Messplatzes vor und zeigt beispielhaft Richtcharakteristiken und Schalldruckpegel verschiedener Ultraschallquellen.

### **Sitzung „Strömungsakustik I“**

---

Do. 8:00 A1 0-006

Strömungsakustik I

### **Schnelle Laufzeitberechnung für die Schallausbreitung in inhomogenen Strömungen**

Ennes Sarradj

*BTU Cottbus - Senftenberg, Lehrstuhl Technische Akustik*

Für die Anwendung von Mikrofonarray-Methoden zur Charakterisierung von Schallquellen ist es notwendig, die Laufzeit von  $M$  Orten potentieller Schallquellen zu  $N$  Mikrofonorten zu bestimmen. Für den Fall, dass die Schallausbreitung durch ein Gebiet mit einer inhomogenen Strömung wie beispielsweise Scherschichten erfolgt, kann es erforderlich sein, deren Einfluss auf die Laufzeit zu berücksichtigen. Während für einfache Scherschichtgeometrien geometrische Verfahren zur Laufzeitberechnung zur Verfügung stehen, muss im allgemeinen Fall die Laufzeit durch ein numerisches Verfahren bestimmt werden. Im Beitrag werden dazu einige prinzipielle Optionen unter der Voraussetzung diskutiert, dass eine große Anzahl verschiedener Laufzeiten ermittelt werden muss, wie es bei der praktischen Anwendung mit  $M > 10^3$  und  $N \approx 10^2$  der Fall ist. Anschließend wird ein speziell angepasstes Verfahren auf Basis der Raytracing-Gleichungen vorgestellt, das eine vergleichsweise schnelle Berechnung einer hohen Anzahl von Laufzeiten ermöglicht. Das Verfahren wird anhand eines Beispiels für eine Mikrofonarraymessung demonstriert.

Do. 8:20 A1 0-006

Strömungssakustik I

**Aeroakustische Validierungsschallquelle für Benchmarktests**

Carsten Spehr und Stefan Kröber

*DLR Göttingen*

Im Entwicklungsprozess des modernen Fahr- und Flugzeugbaus bilden experimentelle und numerische Simulationen eine wichtige Grundlage. Der Vergleich der Ergebnisse dieser beiden Methoden zeigt insbesondere für aeroakustische Fragestellungen häufig deutliche Unterschiede. Eine besondere Herausforderung liegt hier bei aeroakustischen Quellen, die sensitiv auf unterschiedliche Anströmbedingungen reagieren. Für eine Untersuchung, die experimentelle und numerische Ergebnisse vergleichen soll, wird eine aeroakustische Referenzschallquelle benötigt, bei der die Anströmbedingungen klar definiert werden können, so dass sie in verschiedenen Windkanälen reproduzierbare Messergebnisse erzeugt.

Der Vortrag stellt eine aeroakustische Quelle vor, die in verschiedenen Windkanälen getestet worden ist. Die Schallquelle besteht aus einer beidseitig überströmten Platte mit Kavitäten. Die Platte hat einen elliptischen Querschnitt und beinhaltet fünf verschiedene Kavitäten, welche Schallquellen sowohl tonaler als auch breitbandiger Ausprägung mit vergleichsweise gut bekannten Wirkmechanismen darstellen. Diese Schallquellen stellen mit der akustischen Rückkopplung sowohl ein anspruchsvolles Simulationsthema dar und adressieren mit den überströmten Hohlräumen ein bedeutendes industrierelevantes Problem. Da die Quellpositionen und die zu erwartenden Frequenzen unserer Quelle bekannt sind, können entsprechende Experimente mit verhältnismäßig geringem Aufwand nachvollzogen werden.

Der Vortrag stellt erste experimentelle Ergebnisse vor und soll eine Diskussion zu entsprechenden Validierungsexperimenten anregen.

Do. 8:40 A1 0-006

Strömungssakustik I

**Akustische Nahfeldholografie innerhalb von Strömungen**

Tobias Berkefeld, Stefan Kröber und Carsten Spehr

*DLR Göttingen*

Bei der Lokalisierung von aeroakustischen Schallquellen an Modellen in Windkanälen mit offener Messstrecke wird ein Mikrofonarray üblicherweise außerhalb der Strömung platziert und die gemessenen Mikrofon-Signale mit einem Beamforming-Algorithmus ausgewertet. Dabei durchqueren die Schallwellen die Scherschicht des Freistrahls, was aufgrund spektraler Verbreiterung sowie Brechungs- und Streueffekten zu einer Messungenauigkeit führt. Außerdem ist das räumliche Auflösungsvermögen des Mikrofonarrays proportional zur Wellenlänge der Schallwellen. Dies bedeutet, dass das Auflösungsvermögen insbesondere bei tiefen Frequenzen stark eingeschränkt ist.

Als Alternative zum Beamforming in tiefen Frequenzbereichen wurde die Methode der akustischen Nahfeldholografie innerhalb der Strömung

untersucht. Es wurden Schalldruckwerte mit einem traversierbaren Mikrofonrechen sowie einem ortsfesten Referenzmikrofon innerhalb des Potentialkerns des Freistrahls aufgezeichnet und mit der Methode der akustischen Nahfeldholografie unter Verwendung der konvektiven Wellengleichung ausgewertet. Die Untersuchungen wurden an einer künstlichen Schallquelle und einem Hochauftriebsmodell im Aeroakustischen Windkanal Braunschweig (AWB) durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen im tiefen Frequenzbereich ein verbessertes räumliches Auflösungsvermögen im Vergleich zum Beamforming. Anhand der Ergebnisse werden auch der Anwendungsbereich und die sich ergebenden Einschränkungen der akustischen Nahfeldholografie innerhalb von Strömungen bewertet und diskutiert.

Do. 9:00 A1 0-006

Strömungsakustik I

### **Kalter Schall: Aeroakustische Messungen bei Mach- und Reynoldszahlähnlichkeit**

Thomas Ahlefeldt

*DLR Göttingen*

Quellmechanismen bei aeroakustischen Modellen hängen von dimensionslosen Kennzahlen ab, welche das Verhältnis von Kräften und problemcharakteristischen Längen darstellen. Eine aeroakustische Ähnlichkeit ist dann gegeben, wenn die Mach-, die Helmholtz- und die Reynoldszahl von Original und Modell identisch sind. Zur Bestimmung der Schallemission von Verkehrsflugzeugen und Schienenfahrzeugen werden in der Entwicklungsphase Untersuchungen an kleinskaligen Modellen vorgenommen. Bei Messungen in Windkanälen unter normalen Umgebungsbedingungen ist aufgrund der Modellskalierung die aeroakustische Ähnlichkeit nicht gegeben. Eine besondere Herausforderung ist hierbei die Reynoldszahlähnlichkeit. Es werden Mikrofonarray-Messungen vorgestellt, welche im European Transonic Windtunnel (ETW) durchgeführt wurden. Am ETW ist es möglich, durch Erhöhung des statischen Luftdrucks (bis 450 kPa) und der Verringerung der Temperatur (bis 110 K) Reynoldszahlen zu erreichen, welche dem des Originalmaßstabes entsprechen. Am DLR wurde die Mikrofonarray-messtechnik für die Anwendung unter diesen Bedingungen weiterentwickelt und ein Mikrofonarray mit 96 Mikrofonen entworfen und konstruiert. Mit diesem Array wurden Messungen an einem 1:13,6 skalierten Airbus K3DY Flugzeug-Halbmodell für verschiedene Reynoldszahlen bis zu denen des Originalmaßstabes durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Abhängigkeit von der Reynoldszahl für verschiedene aeroakustische Quellen auf dem Flugzeugmodell. Unserer Kenntnis nach wurden bei diesen Messungen weltweit erstmalig aeroakustische Daten eines skalierten Modells bei Reynoldszahlen des Originalmaßstabes erfasst.

Do. 9:20 A1 0-006

Strömungsakustik I

**Arraymessung von Ausbrüchen des Vulkans Stromboli**

Katja Stampka, Jörn Sesterhenn und Christian Graurock

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

In der Vulkanforschung kommt größtenteils Messtechnik zur Erfassung der seismischen Aktivitäten von Vulkanen zum Einsatz. Eine Aussage über die Zustandsgrößen im Inneren eines Vulkans ist damit nur schwer möglich. Aus diesem Grund werden andere Ansätze untersucht, um mehr Informationen über die Eigenschaften eines Vulkanausbruchs zu erhalten.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit einer akustischen Arraymessung an dem Vulkan Stromboli bei Sizilien, dessen Ausbruch durch einen akustisch stark auffälligen Freistahl charakterisiert ist. Mikrofonarraymessungen dienen der Ortung von Schallquellen. Durch die Lokalisierung von Schallquellen des Freistahls kann auf die Ausströmmachzahl des Freistahls geschlossen werden, wodurch Rückschlüsse auf den Innendruck im Vulkan gezogen werden können.

Ziel dieser Messung war es, mit einem kleinen Mikrofonarray erste Daten aufzunehmen und die Schwierigkeiten, die bei einer Messung an einem Vulkankrater entstehen, zu bestimmen. Es werden die geografischen Gegebenheiten, der Messaufbau sowie erste Ergebnisse vorgestellt.

Do. 9:40 A1 0-006

Strömungsakustik I

**Schallentstehung durch anisotrope Zuströmturbulenz**

Thomas Geyer, Ennes Sarradj und Marcus Hobracht

*BTU Cottbus - Senftenberg, Lehrstuhl Technische Akustik*

Die Interaktion einer turbulenten Strömung mit einem Hindernis ist ein dominierender Schallentstehungsmechanismus, zum Beispiel in Rotor-Stator-Anordnungen. Dementsprechend gibt es zu dieser Fragestellung eine Vielzahl von theoretischen und experimentellen Untersuchungen. Zur Schallvorhersage existieren dabei neben numerischen Modellen auch eine Reihe einfacher analytischer Modelle. Diese basieren häufig auf der Annahme einer ebenen Platte in einer ideal homogenen und isotropen Zuströmturbulenz, ein Umstand, der in realen Anwendungen jedoch meist nicht vorausgesetzt werden kann. Es stellt sich daher die Frage, ob diese Annahmen die Gültigkeit der Modelle in der Praxis einschränken.

Im Beitrag werden die Ergebnisse experimenteller Untersuchungen zur Anwendbarkeit eines einfachen Vorhersagemodells für die Schallentstehung in inhomogener, anisotroper Turbulenz vorgestellt. Dazu wurden die Resultate von Hitzdrahtmessungen sowohl in homogener, lokal-isotroper Turbulenz als auch in inhomogener, anisotroper Turbulenz als Eingangswerte für ein analytisches Vorhersagemodell verwendet. Die

Ergebnisse wurden anschließend mit Ergebnissen akustischer Messungen sowohl an einer flachen Platte als auch an einem NACA0012-Tragflügelprofil in einem Freistrahlfwindkanal verglichen.

Do. 10:00 A1 0-006

Strömungsakustik I

### **Modellbildung der Schalldruckverstärkung an einer Zylinder-Platte-Konfiguration**

Robert Heinze<sup>a</sup>, Till Biedermann<sup>a</sup>, Frank Kameier<sup>b</sup> und Oliver Pasche-  
reit<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*FH Düsseldorf; b FH Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering; c TU Berlin*

Ein umströmter Zylinder erzeugt in seinem Nachlauf eine Kármánsche Wirbelstraße. Dabei führen die am Zylinder wirkenden Oberflächenkräfte zu Druckschwankungen, die sich mit Schallgeschwindigkeit ausbreiten und akustisch als Pfeif- oder auch Hiebton wahrgenommen werden können. Die Abstrahlcharakteristik weist die Form eines Dipols auf. Wird nun ein Interferenzkörper, wie z. B. eine Platte, in den Zylindernachlauf eingebbracht, kann die Schallabstrahlung signifikant verstärkt werden. Umfangreiche Messungen an einem leisen Freistrahlf an der Fachhochschule Düsseldorf zeigen, dass abhängig vom jeweiligen Plattenabstand ein Muster in der Schalldruckverstärkung zu erkennen ist, das sich auf die aerodynamische Wellenlänge der Zylinderablösung zurückführen lässt. Immer dann, wenn genau ein, zwei oder auch drei Wirbelablösepaare zwischen Zylinder und Platte passen, ist ein deutlicher Anstieg des Gesamtpegels messbar. Experimentell kann der nötige Abstand als Quotient zwischen Wirbelkonvektionsgeschwindigkeit und Wirbelablösfrequenz definiert werden. Aufgrund der vorherrschenden Interferenz-Effekte gestaltet sich eine präzise Prognose dieses Abstands allerdings als schwierig, da eine Variation des Plattenabstands ein nichtlineares Verhalten der für die Berechnung benötigten Parameter nach sich zieht.

Do. 10:20 A1 0-006

Strömungsakustik I

### **Experimentelle Untersuchung der Schalldruckverstärkung an einer Zylinder-Platte-Konfiguration mit Hilfe statistischer Methoden**

Till Biedermann<sup>a</sup>, Robert Heinze<sup>a</sup>, Frank Kameier<sup>b</sup> und Oliver Pasche-  
reit<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*FH Düsseldorf; b FH Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering; c TU Berlin*

Im Nachlauf eines Zylinders bildet sich abhängig von der Anströmgeschwindigkeit eine periodische Wirbelschleppe aus, die auch als Kármánsche Wirbelstraße bekannt ist. Die Wirbelablösung verursacht Druckschwankungen auf der Zylinderoberfläche, die sich mit Schallgeschwindigkeit ausbreiten und die Charakteristik eines Dipols aufweisen.

Wird nun ein Interferenzkörper wie z. B. eine Platte in den Zylindernachlauf eingebracht, kann die Schallabstrahlung signifikant verstärkt werden. Ein besseres Verständnis der grundlegenden Effekte sollen deshalb Untersuchungen an einem horizontal in der Strömung eingebrachten Kreiszylinders mit einer Plattengeometrie in dessen Nachlauf liefern. Trotz der geringen geometrischen Komplexität der Körper treten bei Variation der Plattengeometrie (Länge, Dicke und Versatz) sowie diverser Strömungsparameter (Anströmgeschwindigkeit und Turbulenzgrad) verschiedene akustische Effekte auf, welche strukturiert erfasst und analysiert werden. Ein Haupteffekt ist die signifikante Erhöhung des Schalldruckpegels, sobald ein kritischer Abstand zwischen Platte und Zylinder überschritten wird. Zur Minimierung des im Normalfall erheblichen Versuchsaufwandes wird sich der statistischen Methodik des Design of Experiments (DoE) bedient. Die Anzahl der notwendigen Versuchspunkte wird in diesem Fall von der dritten auf die erste Potenz reduziert. Unter Verwendung dimensionsloser Kennzahlen und Zielgrößen soll die Gültigkeit der experimentell untersuchten Effekte auf einen weiten Anwendungsbereich sichergestellt werden.

Do. 11:00 A1 0-006

Strömungskustik I

---

### **Comparison of aeroacoustic source term formulations**

Manfred Kaltenbacher und Andreas Hüppe

TU Wien

For low Mach number applications, a separate treatment of fluid and acoustic computations can be performed, and therefore the question of appropriate aeroacoustic analogies arises. An important aspect of the applicability of any formulation is the choice of the numerical method used for the computation of the generated acoustic field, which is in our case the Finite-Element (FE) method. Since the FE method discretizes the whole computational domain, the used source term formulation leads to a spatially dependent right hand side of the wave equation and has to be evaluated on the complete computational domain of the flow. As a consequence, certain practical challenges occur, starting from the interpolation procedure between flow and acoustic grid, over the accuracy of the right hand side computation, up to the computation of the acoustic wave propagation. The selected aeroacoustic source term formulations for the acoustic perturbation equation (APE) as well as the inhomogeneous wave equation of Lighthill are investigated by means of theoretical considerations and numerical examples. A special focus will be on the generated acoustic field, in the vicinity or even inside the flow region.

Do. 11:20 A1 0-006

Strömungsakustik I

**Akustische Schallentstehung und Richtcharakteristik von Axialventilatoren unterschiedlicher Laufradgeometrie**

Florian Zenger und Stefan Becker

*Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentech.*  
Durch die vielfältigen Anwendungsgebiete von Axialventilatoren ist es bei der Auslegung und Neuentwicklung nötig, diese nicht nur als einzelnes Bauteil sondern vielmehr als Teil eines Gesamtsystems zu betrachten. Dabei spielen durch das System aufgeprägte Randbedingungen und Störeinflüsse, wie beispielsweise variierende Einströmbedingungen, eine wichtige Rolle. Diese Parameter haben nicht nur einen Einfluss auf die Energieeffizienz, sondern wirken sich auch maßgeblich auf die akustische Charakteristik aus. Um die Schallentstehungsmechanismen zu analysieren, wird der Einfluss des Drosselzustandes auf die Akustik sowie die Richtcharakteristik von Axialventilatoren untersucht. Zum Einsatz kommt ein Laufrad mit geraden Platten als Laufradschaufeln (Referenzfall), ein ungesicheltes Laufrad, sowie zwei vorwärts-gesichelte Laufräder. Bei beiden gesichelten Laufrädern liegt der maximale Schalldruckpegel im Bereich der stärksten Drosselung - hier ist vor allem ein erhöhtes Breitbandrauschen ab 1 kHz zu beobachten. Das Minimum tritt bei hohen Volumenströmen und mäßiger bis keiner Drosselung auf. Dahingegen liegt bei den ungesichelten Laufrädern der größte Schalldruckpegel bei mittleren Volumenströmen und Drosselung, wobei eine Erhöhung des Spektrums im Bereich von 0,2 bis 1 kHz zu sehen ist. Das Minimum ist bei stärkeren Drosselzuständen zu beobachten. Die gesichelten Laufräder eignen sich aus akustischer Sicht somit besser für typische Betriebspunkte mit hohen Volumenströmen und mäßiger Drosselung.

Do. 11:40 A1 0-006

Strömungsakustik I

**Broadband flow noise prediction of an unducted low speed axial fan with a Zonal LES - FWH approach**

Helmut Kühnelt<sup>a</sup>, Alessandro Zanon<sup>a</sup>, Michele De Gennaro<sup>a</sup>, Daniel Langmayr<sup>b</sup> und Domenico Cardi<sup>c</sup>

<sup>a</sup>AIT Austrian Institute of Technology; <sup>b</sup>ANSYS Germany GmbH; <sup>c</sup>ANSYS Italia S.r.l.

The Zonal LES coupled with the Ffowcs Williams-Hawkins (FWH) acoustic analogy can provide reliable predictions of the broadband noise emitted by an unducted low speed fan in reasonable computational time, as shown by the authors in previous works. The proposed approach consists of a fully resolved LES, which embeds the acoustic generation region, merged with a RANS solution in the outer flow domain. However, the complexity of the phenomena involved requires a careful setup of the numerical simulation (mesh generation, definition of the boundary conditions). The latest developments, presented here, focus on the impact of the mesh topology and the accurate control of inflow turbulence on the

far field noise prediction. Two computational meshes with different topology are investigated, firstly, a fully unstructured-hybrid mesh, targeted on resolving the physical boundary layers over the blade surface, and secondly, a mesh with a structured multi-block hexahedral core close to the blade surface and polyhedral cells filling the bulk domain. Both meshes are designed to adequately resolve the boundary layer, providing LES driven values of  $y_+$ ,  $x_+$  and  $z_+$  on the blade surface for the operating conditions considered. Computational results show a good agreement with aerodynamic and acoustic measurements taken by the authors.

### Sitzung „Strömungssakustik II“

Do. 15:40 A1 0-006

Strömungssakustik II

#### Cut-Cell Immersed Boundary Methode für hybride CFD/CAA Simulationen mit bewegten Körpern

Fabian Kurz<sup>a</sup>, Johannes Kreuzinger<sup>a</sup>, Florian Schwertfirm<sup>a</sup> und Gerhard Dutzler<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Kreuzinger & Manhart Turbulenz GmbH; <sup>b</sup>Virtual Vehicle Research Center

Die Berechnung von Strömungsschall bei inkompressiblen Strömungen wird häufig anhand eines hybriden CFD/CAA Ansatzes durchgeführt. Damit konnten auch mit dem Code MGLET sehr gute Ergebnisse erzielt werden. Für die Berechnung von Körperumströmungen wird in MGLET eine Ghost-Cell Immersed Boundary Methode verwendet. Erste Versuche mit bewegten Körpern zeigten, dass durch das plötzliche Verschwinden und Entstehen von Fluidzellen Druckspitzen entstehen. In Kombination mit dem hybriden Ansatz führen diese Druckspitzen zu einem erhöhten Rauschlevel, dessen Pegel größer als jener des Nutzsignals ist. Dies macht die Ghost-Cell Methode für die Berechnung von aeroakustischen Problemstellungen mit bewegten Körpern in dieser Formulierung unbrauchbar. Daher wird die Ghost-Cell Methode in MGLET durch eine Kombination aus Cut-Cell Methode und Arbitrary Lagrangian Eulerian Methode (ALE-Methode) ersetzt. Die Kombination von Cut-Cell und ALE-Methode ermöglicht ein kontinuierliches Wachsen und Schrumpfen von Fluidzellen, wodurch die Amplitude der entstehenden Druckspitzen verkleinert und somit auch die Schallabstrahlung von bewegten Körpern (zum Beispiel rotierender Lüfter) vorhergesagt werden kann. Die Methode verspricht auch bei groben Rechengittern, welche bei LES-Simulationen von technischen Anwendungen verwendet werden, gute Ergebnisse. Im Rahmen meines Vortrages wird auf die Problematik von Immersed Boundary Methoden in Kombination mit bewegten Körpern eingegangen. Auch werden erste Ergebnisse von Strömung und Strömungsschall eines abstrakten Rotormodells gezeigt.

---

Do. 16:00 A1 0-006

Strömungsakustik II

**Akustische Optimierung der Gebläseabströmung in Fahrzeug-Klimaanlagen**Kerstin Altenhein<sup>a</sup>, Thomas Biermeier<sup>b</sup>, Ralf Blaschke<sup>b</sup> und Stefan Becker<sup>a</sup><sup>a</sup> Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl f. Prozessmasch. u. Anlagentech.;<sup>b</sup> Audi AG

Durch die zunehmende Elektrifizierung von Fahrzeugen, tritt in Zukunft in der Fahrzeugakustik die Klimaanlage immer weiter in den Fokus. Während der Bereich der Ausströmer eine Vielzahl verschiedener Veröffentlichungen existiert, wird die Akustik der Laufradabströmung in der Literatur kaum behandelt. Jedoch ist das Verständnis grundlegenden Mechanismen bei der Entstehung von Geräuschen in Klimaanlagen für die Optimierung der Klimatisierungskustik sowie der Verkürzung der Entwicklungszeiten wichtig. Deshalb liegt in dieser Arbeit der Schwerpunkt auf Untersuchungen der akustischen Quelltermproduktion im Laufrad und deren Anströmbedingungen. Hierfür wurde ein Modell entwickelt, bei dem die Zunge modular austauschbar gestaltet ist und der Diffusorwinkel variiert werden kann. Vor allem in der Gestaltung der Zungengeometrie für Lüftungslaufräder in Klimaanlagen gibt es nur begrenzte Informationen über den Zusammenhang zwischen hydrodynamischer und akustischer Optimierung. Als zusätzlicher Einflussparameter wird der Diffusorwinkel betrachtet. Für die experimentellen Untersuchungen wurden Lasermessverfahren zur Erfassung des Strömungsfeldes korreliert mit Druckmessungen und Akustikmessungen im Fernfeld eingesetzt. Die Ergebnisse belegen, dass hydrodynamische und akustische Optimierung einen getrennten Optimierungsansatz fordern.

---

Do. 16:20 A1 0-006

Strömungsakustik II

**Analyse von Quellen und Skalierung der Schallabstrahlung am Generischen Außenspiegel mittels CFD/CAA**Florian Schwertfirm<sup>a</sup>, Johannes Kreuzinger<sup>a</sup>, Jasmin Dörr<sup>b</sup> und Gerhard Wickern<sup>b</sup><sup>a</sup> Kreuzinger & Manhart Turbulenz GmbH; <sup>b</sup> Audi AG

Ein Ziel aeroakustischer Untersuchungen ist es, Schall-Quellorte zu finden und Quellmechanismen zu verstehen. Validierte aeroakustische Berechnungen bieten dafür die besten Voraussetzungen, da alle Größen im kompletten Feld und nicht nur an einzelnen Messpunkten zur Verfügung stehen. Allerdings existiert hierfür noch kein Standardauswerteverfahren zur Quellanalyse. Betrachtet wird die Schallabstrahlung des generischen Außenspiegels, eines auf einer Platte stehenden Halbzylinders. Für Anströmgeschwindigkeiten von 90, 140 und 220 km/h wurde die Schallabstrahlung mit MGLET simuliert, einem hybriden Verfahren, das Strömung und Schall simultan auf demselben Rechengitter berechnet. Validiert wird die Simulation anhand von gemessenen Druckspektren

an der Spiegeloberfläche und im Fernfeld. Räumliche Felder verschiedener Größen werden analysiert, um Quellorte zu bestimmen: akustische Quellterme, Wechseldrücke und frequenzgefilterte Werte des hydrodynamischen und akustischen Drucks. Die Ergebnisse werden mit den Quellkarten, die ein Beamforming-Algorithmus liefert, verglichen. Eine weitere Aussage über Quellmechanismen liefert die Skalierung des abgestrahlten Schalls mit der Anströmgeschwindigkeit  $U$ . Bekannt sind Skalierungen zwischen  $U^4$  und  $U^8$ . Für den vorliegenden Außenspiegel, einen Fall ohne akustische Resonanzen, kann gezeigt werden, dass sich die unterschiedlichen Skalierungen auf eine mit  $U^6$  für den abgestrahlten Schall und eine mit  $U^4$  in Bereichen, in denen hydrodynamische Druckschwankungen überwiegen, zurückführen lassen.

Do. 16:40 A1 0-006

Strömungsakustik II

### **Windgeräusch eines generischen Fahrzeugmodells: Synchronie Nahfeld-Fernfeld und Fernfeld-Innenraum Messungen sowie Simulationen**

Michael Hartmann<sup>a</sup>, Hironori Tokuno<sup>b</sup>, Jörg Ocker<sup>c</sup>, Friedhelm Decker<sup>d</sup> und Denis Blanchet<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Volkswagen AG; <sup>b</sup> Daimler AG; <sup>c</sup> Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG; <sup>d</sup> Audi AG;

<sup>e</sup> ESI GmbH

Von einem Konsortium der Fahrzeughersteller Audi, Daimler, Porsche und Volkswagen wurden Messungen und Simulationen an einem generischen Fahrzeugmodell durchgeführt, um die Strömungsakustik der am Modell dargestellten Komponenten A-Säule und Spiegel zu untersuchen. Dafür werden Wellenzahlspektren - ermittelt mit 93 Oberflächensensoren in optimierter Anordnung und bündig in ein Seitenscheibenmodul eingebaut - analysiert und mit Simulationen der als kompressibel angenommenen Strömung verglichen.

Besonderes Augenmerk der vorgestellten Untersuchungen gilt dabei der Bestimmung des akustischen Anteils des Druckfeldes im Nahfeld der Seitenscheibe aus den Wellenzahlspektren. Die experimentellen Wellenzahlspektren werden aus den Drucksignalen der 93 nicht äquidistant angeordneten Oberflächensensoren über eine Messzeit von 30 s bestimmt. Demgegenüber beträgt die Simulationszeit nur 0,5 s, allerdings bei einer sehr feinen und äquidistanten räumlichen Auflösung von 1 mm. Die daraus resultierenden Unterschiede werden vorgestellt und diskutiert.

Synchron zu den 93 im akustischen Nahfeld angeordneten Drucksensoren, wurde die Schallabstrahlung ins Fernfeld mit einem Mikrofonarray gemessen. Die akustischen Anteile der Nahfeld-Wellenzahlspektren werden mit Hilfe der Beamforming Ergebnisse des Fernfeldes einzelnen Quelltypen und -orten zugeordnet.

Um eine Gesamtbewertung der Windgeräusche zu ermöglichen, wurde im Modell zudem eine Glasscheibe eingebaut und synchron zum Array im Fernfeld auch die Innenraumakustik sowie die Beschleunigung der Seitenscheibe gemessen.

---

Do. 17:00 A1 0-006

Strömungsakustik II

**Strömungsgeräusche an Flugzeug-Fahrwerken**

Wolfgang Herget und Peter Brandstätt

*Fraunhofer-Institut für Bauphysik*

Die Reduzierung der Lärmbelastung durch Flugzeuge in urbanen Gebieten ist eine der großen Herausforderungen der Luftfahrt. Das EU-Projekt Clean Sky beschäftigt sich u.a. mit diesem Themengebiet, in dem neuartige aerodynamische Konzepte sowie Verfahren und Methoden zur Reduzierung der Geräuschabstrahlung an Regionalflugzeugen untersucht werden. Ein Aspekt ist hierbei die Geräuschentstehung, welche aus der Umströmung der Fahrwerke resultiert. Hierfür wurden Voruntersuchungen im Windkanal am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP an Modellen eines Haupt- und Bugfahrwerks durchgeführt. Die vereinfachten modularen Modelle der Fahrwerke wurden in einem offenen Bereich des Windkanals installiert und bei verschiedenen Anströmgeschwindigkeiten mit einem Beamforming-System hinsichtlich des Geräuschspektrums und der Positionen mit hoher Schallintensität untersucht. Systematische und aufeinander folgende Variationen der Modelle, mit verschiedenen Öffnungen und Komponenten, wurde für die Beurteilung der jeweiligen Geräuschentstehung herangezogen. Die Ergebnisse zeigen, dass dominante Schallquellen an der Klappe und den Rändern der Bucht, sowie dem Rad selbst identifiziert werden können. Die Ergebnisse dieser und weiterer Untersuchungen mit möglichen Lärmminderungsmaßnahmen sind Inhalt des Vortrags.

**Sitzung „Musikalische Akustik“**

---

Do. 8:40 A1 0-007

Musikalische Akustik

**Erstellung und Untersuchung von Langzeitspektren und äquivalenten Rauschsignalen für klassische und populäre Musik in den Dekaden von 1960 bis 2000**

Jens-Alrik Adrian und Joerg Bitzer

*Jade Hochschule Oldenburg*

Die mittleren spektralen Eigenschaften von Sprache sind in Form des LTASS (Long Term Average Speech Spectrum) seit vielen Jahren bekannt und wurden von Byrne et al. (1994) in einem multilingualen Vergleich standardisiert. Rauschsignale, deren spektrale Verläufe dem des LTASS entsprechen, werden zum Beispiel als Maskierer für Sprache in Form von Störsignalen zur Evaluierung automatischer Spracherkennungssysteme oder Hörgerätealgorithmen hinsichtlich ihrer Robustheit gegenüber Störungen verwendet.

Für die Evaluation von Algorithmen, die für Musiksignale konzipiert sind, kann solch ein Maskierer als Störsignal mit spektralen Eigenschaften eines LTAMS (Long Term Average Music Spectrum) von Interesse sein. So werden beispielsweise in der Audiorestauration Methoden zur Signal-aufbereitung, wie z. B. Entrauschungsalgorithmen, angewendet, deren

Leistungsfähigkeit für Musik mit einem LTAMS-Rauschen evaluiert werden können. Ebenso kann bei der Schätzung von akustischen Parametern wie Nachhallzeit oder Direct-To-Reverberant-Ratio die Robustheit mit einem LTAMS-Rauschen untersucht werden.

In dieser Arbeit werden Langzeitspektren aus populärer und klassischer Musik aus jeder Dekade zwischen den Jahren 1960 und 2000 erstellt und auf ihre spektralen Eigenschaften untersucht. Weiterhin werden aus dem Musikmaterial Rauschsignale mit zum LTAMS äquivalenter Rauschleistungsdichte generiert. Die Analysen und Signale werden für Forschungsprojekte öffentlich zugänglich gemacht.

Do. 9:00 A1 0-007

Musikalische Akustik

**Die "Techno-Schwelle": Zur Bedeutsamkeit von Lautsprecherwiedergabe und Knochenleitung für die vestibulare Wirkung lauter Bassklänge im EDM-Clubkontext**

Harald Joachim Kern<sup>a</sup> und Steffen Lepa<sup>b</sup>

<sup>a</sup> TU Berlin; <sup>b</sup> audio communication group, TU Berlin

Laut These der "Rock'n'Roll-Schwelle" (Todd & Cody, 2000) kann der besondere Reiz hoher Lautstärken beim Hören von Populärmusik in Clubs oder Diskotheken durch zusätzliche Anregungen des Vestibularsystems erklärt werden, welche erst bei den für diese Rezeptionssituation typischen, hohen Lautstärken im Bassbereich (50-100Hz-Band) ab etwa 90 dB(A) SPL (impulsgewichtet) entstehen. Die dadurch im menschlichen Gleichgewichtssinn evozierten Bewegungsempfindungen liefern psychophysiologische Erklärungen für "Entrainment"-Phänomene (Madison, 2006) und den affektiven Genuss beim Rezipieren besonders lauter elektronischer Tanzmusik (EDM). Bislang wurde dies laborexperimentell demonstriert, in dem während der Darbietung repetetiver, Bassdrum-artiger Stimuli mittels Kopfhörern bei unterschiedlichen Lautstärken vestibulär evozierte myogene Potentiale (VEMPs) am Musculus Sternocleidomastoideus abgeleitet wurden (Todd, 2001).

Die vorliegende Studie kann über den Forschungsstand hinaus aufzeigen, dass sich nahezu identische Schwellen für "Roland 909"-Bassdrum-Samples auch mittels des weitaus weniger obstrusiven Verfahrens der Ableitung von VEMPs am Musculus Oblique Superior ermitteln lassen. Ferner konnte über signifikante Anregungsunterschiede bei pegelidentischer Kopfhörer- und Lautsprecherstimulation demonstriert werden, dass für die Vestibularanregung im untersuchten "Technoclub-Szenario" vibrotaktile Schallübertragung mittels Knochenleitung eine weitaus größere Rolle spielt, als bislang angenommen. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass zukünftige Forschungsarbeiten in diesem Bereich die Rolle des jeweils verwendeten Emittersystems bzw. die mögliche vibrotaktile Propagation niedrigfrequenter Stimuli bei der Untersuchungsplanung stärker berücksichtigen sollten.

Do. 9:20 A1 0-007

Musikalische Akustik

**Der Einfluss von Vibrationen auf den bevorzugten Basspegel bei der Musikdarbietung**

Sebastian Merchel, André Caspari und Ercan Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Kommunikationsakustik

In Diskotheken, auf Konzerten oder im Kraftfahrzeug wird Musik oft mit hohem Pegel wiedergegeben. Dabei regt der Schall nicht nur die Haarzellen des Innenohres, sondern auch die Körperoberfläche zum Schwingen an. Sogar während eines klassischen Sinfoniekonzertes im Konzertsaal können überschwellige Vibrationen nachgewiesen werden. In einer vorangegangenen Studie konnte gezeigt werden, dass Vibrationen für die Qualität des Konzerterlebnisses von Bedeutung sind. In einem anderen Experiment wurde nachgewiesen, dass Vibrationen die wahrgenommene Lautheit tieffrequenter Töne beeinflussen. Ein Ton wurde dabei als lauter empfunden, bei zeitgleicher Darbietung von Schwingungen über einen Sitz. Die Vermutung liegt nahe, dass Vibrationen auch die Wahrnehmung der Bassintensität in einem Musikwiedergabesystem verändern. Dieser Beitrag untersucht daher den Einfluss von Ganzkörperschwingungen auf den bevorzugten Basspegel für Musik. Es stellt sich die Frage, ob durch zusätzliche Vibrationswiedergabe, beispielsweise in einer Diskothek, der Schalldruckpegel reduziert werden kann um so Hörschäden zu vermeiden.

Do. 9:40 A1 0-007

Musikalische Akustik

**Mediatisierte Stimmung: Experimentelle Belege für die Bedeutsamkeit der verwendeten Wiedergabetechnologie für den empfundenen emotionalen Ausdruck medial rezipierter Musik**Steffen Lepa<sup>a</sup>, Stefan Weinzierl<sup>a</sup>, Hans-Joachim Maempel<sup>b</sup> und Elena Ungeheuer<sup>c</sup><sup>a</sup> audio communication group, TU Berlin; <sup>b</sup> Staatliches Institut f. Musikforschung; <sup>c</sup> Universität Würzburg, Institut für Musikforschung

Beim alltäglichen Musikhören verändern situativ verwendete Abspieltechnologie und Wiedergaberaum was unsere Ohren tatsächlich erreicht. Jene Veränderungen werden im direkten Vergleich wahrgenommen bzw. bei gewohnten "Anordnungen" ungestützt erinnert. Aber spielen sie wirklich eine Rolle für das emotionale Erleben von Musik, oder gehen etwaige Unterschiedsempfindungen nicht vielmehr auf Qualitäts erwartungen zurück, die mit bestimmten Technologien assoziiert sind? Diese Frage wurde in einem Laborexperiment mit 306 Versuchspersonen systematisch untersucht. Jene rezipierten dazu vier Musikstücke unterschiedlicher Genres und beurteilten diese im Hinblick auf den emotionalen Ausdruck und die Qualität der Klangwiedergabe. Dabei wurde die Form der technologischen Spatialisierung "between groups" und "blind" variiert: Mit dynamischer Binauralsynthese wurde nach halbfreies Quellspurmaterial der musikalischen Stimuli im Sinne einer von drei prototypischen mediatisierten Rezeptionssituationen auralisiert

("Kopfhörer-Stereo", "HiFi-Anlage im Wohnzimmer", "Live-Konzert im Konzertsaal"). Zusätzlich wurde mit Hilfe einer Instruktionsmanipulation bei der Hälfte der Teilnehmenden die Erwartung an eine "hochwertige neue Art der räumlichen Wiedergabe" induziert. In den statistischen Ergebnissen dokumentiert sich, dass die generierten Qualitätserwartungen zwar akustische Qualitätsbeurteilungen, nicht jedoch den empfundenen emotionalen Ausdruck beeinflussten. Umgekehrt ließ sich jedoch zeigen, dass dieser auf allen erfragten Emotionsdimensionen signifikant vom jeweils simulierten Abspielmedium abhing. Die Befunde weisen auf eine unterschiedliche Funktion verschiedener räumlicher und sozialer Cues für die mediatisierte Musikrezeption hin.

Do. 10:00 A1 0-007

Musikalische Akustik

### **Musikinstrumentenspezifische Spielarten und Fehler - Eine Lern- und Prüfplattform**

Siegbert Versümer und Jörg Becker-Schweitzer

*FH Düsseldorf, Institute of Sound and Vibration Engineering*

An der Fachhochschule Düsseldorf wurde eine umfangreiche Lernplattform für angehende Ton- und Bildingenieure entwickelt. Diese Plattform beinhaltet unter anderem Module zu physikalischen Grundlagen, insbesondere Schwingungen und Wellen, sowie zu Hauptmikrofonanordnungen. In diesem Beitrag wird das Modul zu musikinstrumentenspezifischen Spielarten und -fehlern vorgestellt, die die Studierenden sich aneignen sollen. Hierzu lernen die Studierenden in einem ersten Schritt, durch Beschreibung und Klangbeispiel, die Spiel- und Fehlerarten verschiedener Musikinstrumente kennen. In einem zweiten Schritt sind, genau wie bei einer Musikproduktion, anhand eines Musikstückes, welches als Tonaufnahme und Notenmaterial dargeboten wird, die den Musikern unterlaufenen Fehler zu erkennen und zu benennen. Im Rahmen mehrerer aktueller studentischer Projekte wurden nun zum einen die Inhalte überarbeitet und vereinheitlicht. Zum anderen werden diese Inhalte jetzt auf einer neuen Plattform präsentiert, welche die Nutzung von beliebigen Endgeräten, vor allem auf mobilen Geräten mit Touch-Display, ermöglicht. Als besondere Neuerung ist hier das "Mark-Up-Tool" zu nennen. Durch den Admin können vorbereitend Masken über das Notenblatt gelegt werden, so dass anschließend durch Klick auf das Notenblatt einer Übung System, Notenzeile und Takt automatisch berechnet werden. Dadurch wird den Studierenden die Bestimmung der Fehlerposition bei der Eingabe eines Fehlers wesentlich erleichtert.

Do. 10:20 A1 0-007

Musikalische Akustik

**Simulations- und Versuchsleitereffekt bei vibroakustischen Signalen einer Klangschale**

Julia Habicht<sup>a</sup>, Christina Imbery<sup>b</sup>, Johanna Stever<sup>c</sup> und Reinhard Weber<sup>b</sup>

<sup>a</sup> CvO Universität Oldenburg; <sup>b</sup> CvO Universität Oldenburg, AG Akustik;

<sup>c</sup> HNO Uniklinik Köln

Durch die Messung physiologischer Reaktionen und psychologischer Eindrücke konnte bisher eine entspannende Wirkung auf das körperliche und seelische Empfinden von Probanden bei Klang- und Vibrationsdarbietung mithilfe einer Klangschale gezeigt werden. Lässt sich die Wirkung der vibroakustischen Signale einer Klangschale auch bei einer synthetisierten, vibroakustischen Darbietung über Lautsprecher und Aktuator beobachten? Falls ja, ließen sich zukünftig signalabhängige Entspannungsreaktionen kontrollierter erforschen. Von besonderem Interesse ist auch, ob der Entspannungseffekt durch die An- bzw. Abwesenheit des Versuchsleiters begünstigt wird. So wird der Einfluss natürlicher und synthetisierter vibroakustischer Reize, sowie der Einfluss des Versuchsleiters auf die psychologischen und physiologischen Reaktionen untersucht. Als natürliche vibroakustische Signalquelle wird eine Klangschale verwendet. Für die synthetisierte Darbietung dieser Signale wird ein vibroakustischer Simulator entwickelt. Von 31 Probanden werden die subjektiven Eindrücke über ein standardisiertes Interview und die physiologischen Messgrößen (Hautleitwert, Hauttemperatur, Herzfrequenz, Herzfrequenzvariabilität, Atemfrequenz) bei der Darbietung von natürlichen und synthetisierten vibroakustischen Stimuli erfasst und verglichen. Die Antworten der physiologischen Messgrößen und subjektiven Empfindungen auf die natürlichen und synthetisierten Darbietungen werden vorgestellt.

Do. 11:00 A1 0-007

Musikalische Akustik

**Spectral directivity of singing bowls**

Christina Imbery, Britta Jensen und Reinhard Weber

CvO Universität Oldenburg, AG Akustik

Singing bowls originate from the Far East (e.g. China or Tibet) and they produce a bell-like sound. As a result of the handcrafted production by hammering and bending, a singing bowl gets its characteristic beating sound due to paired partial tones, so called modal pairs. These modal pairs often have a distinct amplitude and decay pattern. In addition to these spectro-temporal characteristics, the spectral directivity also influences the temporal variation of the acoustical impression at a specific listening position.

To determine the directivity at different positions, the sound of a singing bowl is recorded under free-field conditions in an anechoic room. The singing bowl is placed on a rotating platform with nine microphones placed on a semicircle vertically above the singing bowl. The angle

between neighbouring microphones is approx.  $30^\circ$  and the radius of the microphone array is approx. 1 m. Eigen-modes are excited with an impulse excitation by a rubber stick at a defined location and the sound is recorded through the microphone array. This measurement is repeated for different orientations of the bowl while keeping the excitation point fixed. A spectral analysis of the recordings shows the complex directivity pattern of the singing bowl for different frequencies.

---

Do. 11:20 A1 0-007

Musikalische Akustik

### **Using Linear Mixed Models for Audio Feature-based Prediction of Continuous Emotional Responses to Music**

Christoph Graefe und Hauke Egermann

*audio communication group, TU Berlin*

Previous research indicates that prediction of emotion in music is possible based on linear regression models and a few interval-scaled time series representing psychoacoustic audio features. This work will present analyses based on six stimuli of classical solo flute music presented to 25 music listeners using a new type of linear autoregressive mixed effects modeling. The following emotional response components were continuously measured during music listening: subjective feeling (valence/pleasantness, arousal), physiological measurements of peripheral arousal (skin conductance), and expressive facial movements (via electromyography). The audio features RMS (representing loudness), Spectral Flux, Brightness, Roughness and Spectral Centroid (all 5 were extracted using the MIRtoolbox 1.5 for Matlab), as well as Tempo and Melodic Contour (extracted manually using the software Sonic Visualiser 2.2) were used as response predictors. Preliminary results indicate that among others, RMS and Tempo are significantly positively related to subjective and physiological arousal. These findings illustrate how digital signal processing and psychoacoustic approaches can be used successfully to predict experiences of music listeners.

---

Do. 11:40 A1 0-007

Musikalische Akustik

**Präsentation der Poster**, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 299)

**Sitzung „Musikalische Akustik (Poster)“**

Donnerstag

Musikalische Akustik (Poster)

**Testing the Validity of Web-Based Auditory Perception Experiments**

Andreas Pysiewicz und Hauke Eggermann

*audio communication group, TU Berlin*

Although web-based survey techniques have become well-established tools in many research fields, there is still a general caveat against online studies in the field of auditory perception research. This methodological scepticism is mainly based on the lack of control over the presentation modalities that is suspected to compromise the internal validity of such experiments. In order to identify the effect of uncontrollable independent variables occurring in web-based studies (like specific listening conditions) an online music perception experiment ( $n=1800$ ) was replicated under laboratory conditions. Here, 100 participants were compared to a subsample of the web-based dataset employing a statistical matching algorithm. Participants listened to 20 randomly assigned musical pieces and rated various perceptual qualities using a semantic differential with 27 items. Preliminary analyses showed no significant differences between web- and laboratory-based music ratings. Future analyses will test if certain audio features of diverse musical pieces are similarly influential to perceptual ratings in both experiments. Reduced impact of audio features on ratings in the web-based group might indicate reduced internal validity through an increased number of uncontrolled variables influencing perceptual assessments as well. Taken together, these results will contribute to a deeper understanding of the validity of uncontrolled web-based auditory perception experiments.

**Sitzung „Hydroakustik: Quellenidentifikation, Schallausbreitung, Kommunikation“**

Do. 8:00 A1 0-008

Hydroakustik

**Internationale Standardisierung zur Vermessung des abgestrahlten Wasserschalls von Handelsschiffen**

Anton Homm

*Wehrtechnische Dienststelle 71, FWG*

Die Entwicklung des Umgebungsgeräusches in den Weltmeeren hat gezeigt, dass durch den massiven Anstieg des Schiffsverkehrs in den vergangenen Jahrzehnten auch der Pegel des Hintergrundgeräusches stark angestiegen ist. Wegen der besonderen Schallausbreitungsbedingungen unter Wasser gilt dies nicht nur entlang der vielbefahrenen Schiffahrtsrouten sondern in nahezu allen Seegebieten. Dadurch werden schwerwiegende Folgen für die Meerestiere, insbesondere Säugertiere, erwartet, die häufig auf die akustische Unterwasserkommunikation angewiesen sind. Vor diesem Hintergrund haben Umweltverbände eine Initiative im "Marine Environment Protection Committee" (MEPC) der IMO (International Maritime Organization) ins Leben gerufen, um

mittel- bis langfristig die Schallabstrahlung ziviler Schiffe zu reduzieren. Notwendige Voraussetzung für Aktivitäten in dieser Richtung ist jedoch zunächst ein allgemein anerkannter Standard (Norm) zur reproduzierbaren Vermessung der Wasserschallabstrahlung von zivilen Schiffen. Bisher existieren Anlagen hierzu nahezu ausschließlich im militärischen Bereich, welche letztlich zwar auch für Sonderschiffe genutzt werden, für den Großteil anderer ziviler Fahrzeuge jedoch nicht optimal geeignet sind. Innerhalb der ISO (International Organization for Standardization) gibt es zwei Initiativen zur Entwicklung von Normen zur Vermessung des abgestrahlten Wasserschalls von Schiffen. In diesem Beitrag soll zum einen präsentiert werden, welche Parameter diesen Ansätzen zugrunde liegen und zum anderen worin sich die beiden Entwürfe unterscheiden und wie sie sich gegeneinander abgrenzen lassen.

Do. 8:20 A1 0-008

Hydroakustik

### **Modifizierte TPA für die Prognose der Schallabstrahlung von Überwasser-Schiffen**

Carsten Zerbs und Ingmar Pascher

Müller-BBM GmbH

Die akustische Signatur ist ein wichtiges Kriterium zur Detektion und Klassifikation von Schiffen. In vielen Situationen ist eine zeitnahe Information über die akustische Signatur des eigenen Schiffes notwendig. Mögliche Anwendungsgebiete sind beispielsweise spezielle Anforderungen in der Marine oder die Bewertung des Einflusses von Lärm auf die maritime Umwelt.

Für solche Zielsetzungen wurde ein auf der operationellen Transferpfadanalyse (OTPA) basierendes Verfahren entwickelt und in der Anwendung optimiert. Vom Schiff abgestrahlter Schall wird aus an Bord gemessenen akustischen Größen wie z. B. Körper-, Luft- oder Fluidschall berechnet. Die Sensoren hierfür sitzen an Bord auf Geräuscherzeugern, Plattformen und auf der Außenhaut des Schiffes.

Es werden die Modellerstellung und die nötigen Messverfahren beschrieben. Anwendungsbeispiele sind Systemuntersuchungen, Troubleshooting und die Integration in Online-Überwachungssysteme. Es werden Modifikationen des Verfahrens für unterschiedliche Anwendungsfälle beschrieben.

Do. 8:40 A1 0-008

Hydroakustik

### **Betriebs-TPA zur Trennung von körper- und wasserschallinduzierten Eigenbootgeräuschen in Antennen**

Stephan Schulze

Atlas Elektronik GmbH

Für die Entwicklung hydroakustischer Empfangsantennen ist die Erzielung einer maximalen akustischen Entkopplung gegenüber dem emittierten Eigengeräusch der Trägerplattform ein entscheidendes Designkriterium. Insbesondere im Bereich niederfrequenter Sonaranwendungen

( $\leq 2\text{kHz}$ ) stellt das in die Antennen eingekoppelte Eigenbootgeräusch eine limitierende Größe für die realisierbare Detektionsleistung dar. Die Kenntnis pegeldominanter Schallübertragungspfade ist hinsichtlich der Erzielbarkeit einer wirkungsvollen Störschallentkopplung daher von immensem Interesse. Eine essentielle Fragestellung ist die spektrale Verteilung des von den Antennen empfangenen Eigenbootgeräusches in seine körper- und wasserschallinduzierten Anteile.

Möglichkeiten zur Beantwortung bieten die verschiedenen Methoden der Transferpfadanalyse (TPA). "Klassische" TPA-Methoden setzen die messtechnische Ermittlung von Übertragungsfunktionen voraus. Für Unterwasseranwendungen ist dieser Ansatz messtechnisch nicht praktikabel.

Ein Verfahren, welches die messtechnischen Einschränkungen der "klassischen" TPA umgeht, ist die Betriebs-TPA. Der Hauptunterschied zur "klassischen" TPA liegt darin, dass sie auf eine Berechnung von Betriebsgrößen an den Schalleinleitungsstellen verzichtet und somit nicht auf einer messtechnischen Ermittlung von Übertragungsfunktionen basiert. Alle benötigten Messungen werden ohne zwischenzeitlichen Teilausbau oder sonstigen baulichen Veränderungen durchgeführt.

Die Betriebs-TPA wurde hinsichtlich der Trennbarkeit von körper- und wasserschallinduzierten Geräuschanteilen in Antennen anhand von Prinzipversuchen an einem Flank Array, montiert auf einer U-Boots-Minisektion, validiert. Das Verfahren, der Messaufbau und die Untersuchungsergebnisse werden erläutert und hinsichtlich der Einsatzfähigkeit bei Störschalluntersuchungen auf Plattformen bewertet.

Do. 9:00 A1 0-008

Hydroakustik

## Akustik anders in subtropischen Gewässern?

Stefan Schäl

Wehrtechnische Dienststelle 71, Akustik Zentrum

Messkampagne in Subtropischen Gewässern Die Bewertung einer akustischen Unterwasserabstrahlung von Schiffen und Booten erfolgt in festgelegten Betriebseinstellungen und vorgeschriebenen Geschwindigkeiten an einer hydroakustischen Messstelle. Zum Aufbau und Einrichten einer solchen Messstelle ist zuvor ein geeignetes Seegebiet mit entsprechenden Eigenschaften zu erkunden. Die ROYAL THAI NAVY (RTN) plant umfangreiche Modernisierungen an einigen ihrer Booten. Eine deutsche Werft steht als Hauptauftragnehmer in Verhandlungen mit Thailand. Vertraglich werden keine negativen Veränderungen der Unterwassersignatur nach dem Umbau akzeptiert. Der Nachweis soll durch die Vermessungen vor und nach dem Umbau im vorgeschlagenen Seegebiet erfolgen. Die WTD 71 (Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung) wurde zur Vorbereitung der Abnahme vor und nach Umbau beauftragt, ein zuvor festgelegtes Seegebiet auf Eignung zum Einrichten einer akustischen Messtelle zu prüfen. Die WTD 71 verschiffte hierzu ein mobiles Messsystem zum Einsatzort und führte mit Unterstützung der RTN eine

Messkampagne in diesen subtropischen Gewässern durch. Der Einsatz und die überraschenden Ergebnisse dieser Aktion werden präsentiert.

Do. 9:20 A1 0-008

Hydroakustik

### **Tankexperiment des Projektes "Virtueller Ozean" - Aufbau und erste Versuche**

Arne Stoltenberg

*Wehrtechnische Dienststelle 71, FWG*

Ziel des Projektes "Virtueller Ozean" ist die Erstellung und Validierung eines phasengenauen Schallausbreitungsmodells im Meer. Um das Simulationsmodell mit Wasserschallmessungen unter definierten Bedingungen zu validieren, wurde ein Experimentaufbau im Wassertank im Maßstab 1:100 realisiert. Mit diesem Experimentaufbau können einzelne relevante Parameter gezielt variiert werden und die unter den jeweiligen Bedingungen gewonnenen Messdaten mit den Ergebnissen des numerischen Modells "PESSim" (Parabolic Equation Sound Simulation) verglichen werden. Der Aufbau erlaubt eine hochgenaue Positionierung der Schallempfänger und kann auch für andere Fragestellungen wie zum Beispiel der richtungsabhängigen Schallrückstreuung oder für Kommunikationsversuche eingesetzt werden.

Do. 9:40 A1 0-008

Hydroakustik

### **Green's Functions of the Convective Wave Equation for an Infinite Circular Cylinder with Acoustically Rigid and Soft Walls**

Andriy Borisyuk

*Institute of Hydromechanics, Kiev (UA)*

Green's functions of the convective wave equation for an infinite circular cylinder with acoustically rigid and soft walls are found. These functions are written in terms of series of the corresponding cylinder acoustic modes. Each term of the series is a sum of the direct and back waves. In the functions, the 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 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. In obtaining the Green's functions, the combinations of appropriate mathematical operations are found, which allow one to reduce the convective Klein-Gordon equation to its classical counterpart, and, on the basis of the known solution of the later equation, obtain the solution of the former one.

---

Do. 10:00 A1 0-008

Hydroakustik

**BEAM, Teil I: Mathematisch-physikalische Grundlagen eines strahlenbasierten Lösers zur approximativen Ermittlung der Schallrückstreuung dünnwandiger Objekte**Ingo Schäfer<sup>a</sup>, Ralf Burgschweiger<sup>b</sup> und Bodo Nolte<sup>a</sup><sup>a</sup> Wehrtechnische Dienststelle 71, FWG; <sup>b</sup> Beuth Hochschule für Technik Berlin

Obwohl die BEM- und FEM-Verfahren zur Ermittlung der Schallabstrahlung dünnwandiger Objekte unter Wasser bereits seit längerem existieren und eingesetzt werden, erfordern die Berechnungen im mittleren und höheren Frequenzbereich und bei größer dimensionierten Körpern Rechenkapazitäten, die derzeit noch nicht in der Praxis verfügbar sind. Dementsprechend ist hier der Einsatz approximativer Verfahren sinnvoll. Eine Möglichkeit ist ein strahlenbasiertes Lösungsverfahren, welches ausgehend von einer gegebenen Plane-Wave-Schallquelle die auf eine Struktur auftreffenden "Strahlen" ermittelt und unter Berücksichtigung von Schalenrandbedingungen die transmittierten und reflektierten inneren bzw. äußeren Strahlen und deren komplexe Druckanteile berechnet, eine entsprechende Nachlaufrechnung liefert die sich daraus ergebende Schallrückstreuung zurück. Der Beitrag zeigt die mathematisch-physikalischen Grundlagen des Verfahrens, welches geschichtete Strukturen, materialabhängige Brechung und Mehrfachreflektion, z.B. an spiegelartigen Strukturen, berücksichtigen kann.

---

Do. 10:40 A1 0-008

Hydroakustik

**Messungen zum Zielmaß von Testkörpern**

Edgar Schmidtke

Wehrtechnische Dienststelle 71, FWG

Die Vermessung des akustischen, frequenzabhängigen Echos von Testkörpern zur Bestimmung des Zielmaßes erfordert bei Frequenzen bis hinunter zu 1 kHz ein Versuchsbecken mit Kantenlängen von 10 m und mehr. Die WTD 71 kann solche Experimente in einer Bootshalle wettergeschützt durchführen. Der Aufbau eines Experiments zur Bestimmung des Zielmaßes von Kugeln, die mit absorbierenden Materialien beschichtet wurden, und erste Ergebnisse werden vorgestellt.

---

Do. 11:00 A1 0-008

Hydroakustik

**Strömungsakustische Grenzschichtuntersuchungen unter Seebedingungen**

Jan Abshagen, Dennis Küter und Volkmar Nejedl

Wehrtechnische Dienststelle 71, FWG

Der durch turbulente Umströmung eines Körpers im Inneren entstehende Schall ist in der Unterwasserakustik von großer Bedeutung, da dieser als sogenanntes Eigenstörgeräusch die Leistungsfähigkeit von SONAR-Systemen maßgeblich bestimmt. Dieser im Inneren eines SONAR-Systems am Hydrophon auftretende strömungsinduzierte Schall entsteht dabei durch die Übertragung und die Wechselwirkung der turbulenten Wandruckschwankungen mit der äußeren Hülle des Systems. Es werden Ergebnisse eines Seeversuchs vorgestellt, der im Rahmen eines europäischen Projekts zur Strömungsakustik turbulenter Grenzschichten von wasserumströmten Körpern durchgeführt wurde. Die mit einem Schleppkörper gewonnenen experimentellen Ergebnisse werden mit denen aus einem Wassertunnelexperiment verglichen.

---

Do. 11:20 A1 0-008

Hydroakustik

**Verbesserung der Detektion von Tauchern durch die Nutzung von Zieleigenschaften**

Dietmar Stiller

Wehrtechnische Dienststelle 71, FWG

Schiffe und Einrichtungen in Häfen können durch Angreifer aus dem Unterwasserbereich bedroht werden. Mögliche Angreifer sind Taucher mit und ohne Schwimmhilfe oder auch autonome Unterwasserfahrzeuge (AUVs). Zwei gemeinsame Eigenschaften dieser Zieltypen sind die geringe Zielgeschwindigkeit und das geringe Zielmaß. Diese Eigenschaften erschweren die Detektion neben den sich örtlich und zeitlich verändernden Ausbreitungsbedingungen, die wesentlich durch die vertikal inhomogene Schallgeschwindigkeit beeinflusst werden. Zudem tritt im Hafenbereich ein im Vergleich zum freien Ozean in weiten Frequenzbereichen hohes Umgebungsgeräusch auf, das z.B. durch Schiffsgeräusche und Hafeneinrichtungen verursacht wird. Da die Bedrohung durch Angreifer aus dem Unterwasserbereich eine durchgehende Überwachung erforderlich macht, ist eine geringe Falschalarmrate bei gleichzeitig hoher Detektionswahrscheinlichkeit notwendig. Neben dem Einsatz von hochentwickelten Zielverfolgungsalgorithmen, die eine starke Reduzierung der Falschalarme ermöglichen, ist für die Reduktion der verbleibenden Falschalarme auf Trackebene eine Betrachtung der Eigenschaften der Ziele notwendig. Dazu bietet sich zuerst die Betrachtung von Zieleigenschaften auf Kontakt ebene an. In diesem Beitrag wird der Unterschied zwischen Trackingergebnissen mit und ohne Verwendung der Zieleigenschaften an Daten aus Hafenversuchen mit Tauchern vorgestellt.

---

Do. 11:40 A1 0-008

Hydroakustik

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

**Sitzung „Hydroakustik: Quellenidentifikation, Schallausbreitung, Kommunikation (Poster)“**

---

Donnerstag

Hydroakustik (Poster)

**BEAM, Teil II: Implementierung und Ergebnisse**

Ralf Burgschweiger<sup>a</sup>, Ingo Schäfer<sup>b</sup>, Martin Ochmann<sup>a</sup> und Bodo Nolte<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Beuth Hochschule für Technik Berlin; <sup>b</sup>Wehrtechnische Dienststelle 71, FWG

Die Implementierung des in Teil I beschriebenen BEAM-Verfahrens zur approximativen Ermittlung der Schallabstrahlung dünnwandiger Objekte unter Wasser erfordert schnelle und komplexe Verfahren zur Ermittlung der betroffenen Oberflächenanteile und der Nachverfolgung der transmittierten und reflektierten Strahlen. Da primär monostatische Berechnungen benötigt werden, bei denen sich die Schallquelle analog zum betrachteten Feldpunkt bewegt, sind hier entsprechende Optimierungen erforderlich.

Da das Verfahren 3D-Randelemente von diskretisierten Oberflächen verwendet und um den Vergleich mit anderen Lösungsmethoden zu erleichtern, wurde es in einen bereits vorhandenen BEM-Code (bestehend aus Pre-/Postprozessor und Calculator) integriert und getestet.

In dem Beitrag werden einige spezielle Aspekte der Implementierung des Verfahrens näher beleuchtet (parallelisierter Hit- und Verfolgungsalgorithmus, Multifrequenz-Optimierung etc.) und erste Ergebnisse an Objekten mit dünnwandigen Außen- und Innenkörpern vorgestellt.

---

Donnerstag

Hydroakustik (Poster)

**Elektronikentwicklung für die akustische Ortung und Umfelderkundung einer Sonde im Eis**

Dmitry Eliseev<sup>a</sup>, Dirk Heinen<sup>a</sup>, Peter Linder<sup>b</sup>, Sebastian Verfers<sup>a</sup>, Stefan Wickmann<sup>a</sup>, Christopher Wiebusch<sup>a</sup> und Simon Zierke<sup>a</sup>

<sup>a</sup>RWTH Aachen, III. Physikalisches Institut; <sup>b</sup>Fachhochschule Aachen, Institut für Bioengineering

Im Rahmen des Enceladus Explorer Projekts wird eine Eisschmelzsonde (IceMole) für eine spätere extraterrestrische Anwendung entwickelt. Die Sonde kann sich in Wassereis zielgerichtet bewegen. Das Ziel der Navigation ist Hindernisse zu umfahren und Zielregionen anzusteuern. Dabei bestehen die Aufgaben der Ortung der Sonde und Erkundung des Vorfeldes. Die hierbei verwendeten akustischen Messmethoden umfassen Multilateration und Sonografie mit phasengesteuerten Ultraschallsignalen. Zur Erprobung und Optimierung des Akustiksystems im bestehenden Sondenprototypen bedarf es einer hohen Flexibilität in der dafür

entwickelten Elektronik. FPGA-basierte Systeme in Kombination mit einem Embedded-PC erfüllen diese Anforderung und bieten zugleich ausreichend Rechenleistungsressourcen bei kompakter Bauform. In diesem Beitrag wird die Architektur der Elektronik und die konkreten Lösungen zur Synchronisation, Signalgenerierung, Datenerfassung und Vorverarbeitung präsentiert.

Donnerstag

Hydroakustik (Poster)

### **Messungen zur Abschwächung von Ultraschall in Wasser und Eis für das Enceladus Explorer Projekt**

Johannes Kirchmair<sup>a</sup>, Dmitry Eliseev<sup>a</sup>, Dirk Heinen<sup>a</sup>, Richard Lensing<sup>a</sup>, Peter Linder<sup>b</sup>, Franziska Scholz<sup>a</sup>, Christopher Wiebusch<sup>a</sup>, Marvin Willam<sup>a</sup> und Simon Zierke<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*RWTH Aachen, III. Physikalisches Institut; <sup>b</sup>Fachhochschule Aachen, Institut für Bioengineering*

Seit dem Nachweis von flüssigem Wasser unter der Eisdecke des Saturnmondes Enceladus, ist dieser ein mögliches Ziel für eine Raumfahrtmission zur Suche nach extraterrestrischem Leben. Das Enceladus Explorer Projekt entwickelt einen Prototypen zur Entnahme einer subglazialen Flüssigkeitsprobe in einem terrestrischen Testszenario. Hierfür wird eine steuerbare Bohr- und Schmelzsonde entwickelt, die mit Hilfe von Schall durch Eis navigiert. In Analogie zur medizinischen Ultraschallbildgebung wird das Vorfeld der Sonde auf Strukturen untersucht. Hierfür werden phasengesteuerte Ultraschallsignale mit einer Frequenz von 750 kHz verwendet. Zur Optimierung des Designs ist das Wissen über die akustischen Eigenschaften des Mediums essenziell. In diesem Beitrag wird ein Verfahren zur Bestimmung der Abschwächlänge in Eis und Wasser vorgestellt. Des Weiteren werden erste Ergebnisse dieser Messungen präsentiert.

Donnerstag

Hydroakustik (Poster)

### **Acoustic in-ice positioning in the Enceladus Explorer project**

Franziska Scholz, Dmitry Eliseev, Dirk Heinen, Sebastian Verfers, Christopher Wiebusch und Simon Zierke

*RWTH Aachen, III. Physikalisches Institut*

The Enceladus Explorer project is a DLR funded feasibility study for a future space mission to the Saturn moon Enceladus. The aim of this mission is to search for life by probing liquid water pockets below the icy surface. As a terrestrial test scenario it is planned to probe water from a liquid crevasse in Antarctica. Therefore the IceMole, a maneuverable melting probe is in development. The accomplishment of a precise navigation system requires accurate knowledge of the IceMole position as well as the fore-field. For this purpose an acoustic positioning system based on multilateration is being developed. This system consists of emitters on the surface and receivers integrated into the IceMole head. It

uses ultrasonic signals with frequencies around 20 kHz. This poster focuses on the optimization of the acoustic receivers as well as improved methods for the precise determination of the arrival times.

### Sitzung „Psychoakustik und Modelle II“

Do. 15:40 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle II

#### Nutzung auditiver Vorinformation bei der Bewältigung des "Cocktailparty"-Problems: Elektrophysiologische Befunde bei älteren und jüngeren Erwachsenen

Stephan Getzmann, Jörg Lewald und Michael Falkenstein

*Leibniz-Institut für Arbeitsforschung*

Sprachverstehen in komplexen Hörsituationen hängt zum einen von der auditiven Szenenanalyse, also der auditiven Objektbildung und -gruppierung, zum anderen von der Fokussierung der Aufmerksamkeit auf ein relevantes auditives Zielobjekt ab. Es wird vermutet, dass altersbedingte Veränderungen in beiden Prozessen zu Schwierigkeiten beim Sprachverstehen führen können. Ziel dieser Studie war die Analyse des zeitlichen Zusammenspiels von Objektbildung und Aufmerksamkeitsfokussierung beim Sprachverstehen unter realitätsnahen "Cocktailparty"-Bedingungen. Dazu wurden unmittelbar vor einem Sprachereignis spezifische sprachliche oder räumliche Vorinformationen dargeboten und das Sprachverstehen bei 24 jüngeren und 24 älteren Probanden in einer simulierten Börsenszenerie (Getzmann & Falkenstein, Brain Res 1415:8-22, 2011) überprüft. Es wurden kurze Sprachreize (Kombinationen von Firmennamen und Kurswerten) simultan von vier Sprechern dargeboten und die Detektion und Differenzierung relevanter Informationen erfasst. Ältere zeigten insgesamt schlechtere Leistungen als Jüngere. Die Analyse der evozierten Potentiale deutete auf eine verlangsamte und reduzierte Verarbeitung der Sprachreize gegenüber Jüngeren hin. Vorinformationen, die der Objektbildung und Aufmerksamkeitsfokussierung dienen, wurden allerdings von Älteren und Jüngeren gleichermaßen genutzt. Vor allem räumliche Vorinformationen verbesserten das Sprachverstehen gegenüber einer Bedingung ohne Vorinformation. Insgesamt sprechen die Befunde für einen differenziellen Einfluss sprachlicher und räumlicher Vorinformation auf die Objektbildung und Aufmerksamkeitsfokussierung innerhalb einer auditiven Szenerie, jedoch gegen altersabhängige Unterschiede in der Nutzung dieser Informationen.

Do. 16:00 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle II

#### Wahrnehmung von singulären impulsiven Geräuschen

Marius Höchstetter<sup>a</sup>, Ulrich Gabbert<sup>b</sup> und Jesko Verhey<sup>c</sup>

<sup>a</sup>BMW AG; <sup>b</sup>Otto-von-Guericke-Univ., Institut für Mechanik, Magdeburg;

<sup>c</sup>Otto-von-Guericke-Univ., Abt. f. Experim. Audiologie, Magdeburg

In the automotive industry the auditory perception decides increasingly on product quality. Acoustic sensation is mainly influenced by the sound characteristics of doors, switches and controllable functions, particularly

in case the engine is shut down. Precedent to a customer related development of a sound one needs to know how to meet individual expectations. This study investigates the potential of physical and psychoacoustic parameters to judge the quality feeling of noises. The aim is to predict and make a point on influencing them in future development. Therefore, singular impulsive door lock noises from different car manufacturers are used in this case study. In paired comparison listening tests, the subjects are asked to assess the impression of quality of these noises. The data is analyzed according to the approach of Bradley, Terry and Luce (BTL-model). The result of which is an interval scaled ranking. Evaluating the quality of either physical or psychoacoustic parameters to predict this ranking, multiple regression models are therefore separately fed. Besides loudness, frequency distribution and sharpness show a high correlation to the investigated, singular impulsive sounds. Based on the analyzed use case, the psychoacoustic model gives a better prediction compared to the physical one.

Do. 16:20 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle II

### **Wahrnehmung der Klangqualität von Produktgeräuschen - Eine subjektive Studie mit semantischem Differential**

David Hülsmeier<sup>a</sup>, Lena Schell-Majoor<sup>b</sup>, Jan Rennies<sup>b</sup> und Steven van de Par<sup>c</sup>

<sup>a</sup> *Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie; CvO Universität Oldenburg;* <sup>b</sup> *Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie;*

<sup>c</sup> *CvO Universität Oldenburg, AG Akustik*

Wie kann die Qualität von Produktgeräuschen gemessen werden? Diese Frage wurde anhand der Geräusche von Rasierapparaten, Staubsaugern und Spraydosen untersucht. Die Geräusche wurden nach DIN45631 in der Lautheit angeglichen und mehreren Probanden getrennt präsentiert. Durch eine offene Befragung wurden die Geräuschempfindungen der Probanden ermittelt und eine Liste mit Wortpaaren erstellt. Diese wurde als Grundlage für ein semantisches Differential genutzt, das als Messinstrument diente. Den N normalhörenden Probanden wurden die Geräusche zur Bewertung separat für jede Geräuschkategorie in Hörkabinen vorgespielt. Die Ergebnisse lieferten Daten für Polaritätsprofile und Faktorenanalysen der Geräusche. Es konnten Gruppierungen in den Geräuschklassen und den Wortpaaren gefunden werden. Aus den Wortpaaren wurde jeweils ein Faktor als Qualitätsfaktor bestimmt. Anhand des Faktors, der Faktorladungen und der Probandenbewertungen wurde ein lineares Modell erstellt, welches darauf hindeutet, dass für Spraydosen insbesondere die spektralen und temporalen Eigenschaften mit der Qualitätswahrnehmung korrelieren. Gleichmäßige Sprays werden im Gegensatz zu stotternden als hochwertig wahrgenommen. Für Staubsauger hingegen sind funktionale Attribute für die Qualität entscheidend (z.B. "kraftvoll" und "funktionstüchtig"). Für die Rasierapparate werden präzise, schneidende und schnelle Geräte als

hochwertig wahrgenommen. Die Ergebnisse werden anhand auditorischer Modelle diskutiert.

Do. 16:40 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle II

### **The role of precursor in tone detection with Schroeder-phase complex maskers**

Bernhard Laback, Hisaaki Tabuchi, Piotr Majdak und Thibaud Necciari  
*Österr. Akademie d. Wissenschaften, Inst. f. Schallforschung*

Phase effects with Schroeder-phase harmonic complex maskers have been related to the phase response of the cochlea. It has been postulated that the masker phase effect relies on fast-acting compression of the masker representation in the cochlea. We tested this explanation by measuring masker phase effect as a function of the phase curvature, C, with and without a precursor designed to elicit the medial olivocochlear reflex (MOCR). Activation of the MOCR is thought to reduce compression. The results were very similar for the off-frequency and no-precursor conditions. Masked thresholds decreased by about 10 dB as C varied from -1 to 0.5 and increased by the same amount as C varied from 0.5 to 1. For the on-frequency precursor condition thresholds were relatively constant across C. Compared to the off-frequency and no-precursor conditions, the on-frequency precursor generally raised the thresholds; the greatest relative increases (about 10 dB) were found around C of 0, while the increase diminished as C approached +1 or -1. Results were generally similar for two masker levels tested (60 and 90 dB SPL). The loss of phase effect when adding an on-frequency precursor is consistent with an explanation of the masker phase effect based on peripheral compression.

Do. 17:00 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle II

### **Harmonische Tonkomplexe mit Infraschall-Grundfrequenz**

Jonas Lochner<sup>a</sup>, Johannes Hensel<sup>b</sup> und Brigitte Schulte-Fortkamp<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*TU Berlin, Institut für Strömungsmechanik u. Technische Akustik;*

<sup>b</sup>*Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Hörschall*

Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurden an der PTB Hörschwellenmessungen zur Tieftonwirkung und Hörbarkeit harmonischer Tonkomplexe mit Infraschall-Grundfrequenz durchgeführt. Besonders wurde der Einfluss unhörbarer Obertöne auf die Hörschwelle untersucht. Im Folgenden wird ein Grundton mit harmonischen Obertönen als harmonischer Tonkomplex und ein Signal mit harmonischen Obertönen ohne Grundton als harmonischer Obertonkomplex bezeichnet.

Der Mittelwert der Reintonhörschwellen von zehn Versuchspersonen im Frequenzbereich von 8 bis 125 Hz entsprach weitgehend den genormten Kurven im tieffrequenten Bereich und den geschätzten Kurven anderer Studien im Infraschallbereich. Ein zweiter Hörversuch zeigte, dass der Mittelwert der Hörschwellen eines reinen Tones um mehrere dB höher lag als der Mittelwert der Hörschwellen eines harmonischen Tonkomplexes, der diesen als Grundton einschließt. Dies gilt nicht nur für

harmonische Tonkomplexe mit Obertönen, welche als Einzeltöne unterhalb ihrer Reintonhörschwelle liegen, sondern auch für harmonische Tonkomplexe mit Obertönen, welche auch als Obertonkomplex insgesamt nicht gehört werden.

Die reinen Infraschalltöne wurden mehrheitlich als angenehm empfunden und als nicht tonhaltig beschrieben. Dies kann ein Grund dafür sein, dass Tonhöhenunterschiede zwischen (a) Grundton, (b) harmonischem Tonkomplex mit Obertönen unter der jeweiligen Reintonhörschwelle und (c) harmonischem Obertonkomplex kaum wahrgenommen wurden. Man kann daher vermuten, dass ein schwellennaher harmonischer Obertonkomplex eine Infraschall- ähnliche Wahrnehmung hervorrufen kann.

Do. 17:20 A1 0-008

Psychoakustik und Modelle II

### **Blinde hören besser: Ist es ein Irrtum oder eine Tatsache?**

Ercan Altinsoy, Jürgen Landgraf und Margitta Lachmann

*TU Dresden, Lehrstuhl für Kommunikationsakustik*

Um viele Alltagssituationen zu meistern, verlassen Blinde und Sehbehinderte sich auf das Gehör und auf den Tastsinn. Diese Sinne kompensieren einen großen Teil des nicht oder wenig vorhandenen Sehvermögens. Deswegen wird öfter spekuliert, ob die Blinden besser als sehende Personen hören. Als Messkriterien für das "Besser Hören" werden die Wahrnehmungsschwelle, die Reaktionszeit, die Unterschiedsschwellen, das Tonhöhengedächtnis, die Zeit, die Versuchspersonen für die Erledigung einer Aufgabe benötigt, oder die Fehleranzahl, die sie dabei machen, benutzt. Natürlich bleibt "Besser Hören" ein schwer definierbarer und komplexer Begriff. In dieser Studie wurde die Reaktionszeit, die eine Versuchsperson benötigt, um auf die auditive Erkennung eines sich nähernden Fahrzeuggeräusches (Fahrzeuge mit konventionellem- und alternativem Antrieb) gegenüber einem Hintergrundgeräusch zu reagieren, gemessen. Am Hörversuch nahmen 24 Probanden teil. 12 Personen der Gruppe sind normal sehend, 12 Personen sind blind oder sehbehindert. Ziel ist der Vergleich der Ergebnisse beider Gruppen. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse vorgestellt und die Gründe für die Erkennungszeitunterschiede diskutiert.

### **Sitzung „Kavitation“**

Do. 8:00 A14 1-112

Kavitation

### **Bestimmung der Reinigungswirkung von Ultraschallbädern mit einer Quarzkristall-Mikrowaage**

Matthias Jüsckhe und Christian Koch

*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

Ultraschallreinigungsbäder sind in der Industrie und im Gewerbe seit langem weit verbreitet. Trotzdem gibt es bisher kein einheitliches Verfahren, mit dem die erzielte Reinigung von Gütern durch verschiedenen Geräte, oder auch die Reinigungswirkung eines Gerätes in verschiedenen Betriebszuständen verglichen werden kann. In dem Vortrag wird

ein Sensor vorgestellt, der die Reinigungswirkung quantitativ bestimmen kann. Der Sensor basiert auf einer Quarzkristall-Mikrowaage. Der Kristall wird mit einer Testschicht beaufschlagt. Die Änderung der Masse die auf der Quarzoberfläche aufgebrachten Testschicht steht im Zusammenhang mit der Änderung seiner Resonanzfrequenz, die für eine Wägung bestimmt wird. Der Quarz wird extern mit einem Signal angeregt, wobei die Frequenz um die Resonanzfrequenz des Quarzes von 10 MHz variiert wird. Die HF-Spannung am Quarz wird gleichgerichtet und tiefpassgefiltert, um die Amplitude der Resonanzkurve zu messen und die Resonanzfrequenz zu bestimmen. So ist es auch bei starker Dämpfung in flüssiger Umgebung möglich, diese Frequenz zu messen. Um keine akustische Welle abzustrahlen und Einflüsse durch in der Umgebung reflektierte Wellen zu vermeiden, wird ein Quarz im AT-Schnitt verwendet. Im Reinigungsbad wird die aufgebrachte Masse nach und nach abgetragen. Die zugehörige Frequenzänderung wird gemessen. Aus einem Vergleich mit einer Referenzmessung in einem bekannten Reinigungsbad kann auf die Reinigungswirkung geschlossen werden.

Do. 8:20 A14 1-112

Kavitation

**Messung der "Färbung" des Kavitationsrauschen**Reinhard Sobotta, Andreas Hertz-Eichenrode und Christoph JungElma GmbH & Co. KG

Transiente Kavitation kann u. a. durch eine akustische Messung des Kavitationsgeräusches charakterisiert werden. Das Geräusch wird durch einzelne Frequenzen - subharmonische und harmonische der Ultraschallfrequenz - und ein breitbandiges Rauschen bestimmt. Häufig wird das Kavitationsrauschen als bandbegrenztes, weißes Rauschen betrachtet. Diese Annahme und ihre Grenzen sollen nun durch Messungen genauer beschrieben werden. Es wird ein Messverfahren vorgestellt, mit dem das Geräusch von ultraschallinduzierter transiente Kavitation getrennt von einzelnen subharmonischen und harmonischen Frequenzen in einem weiten Frequenzbereich gemessen werden kann. Das auf diese Weise berechnete breitbandige Geräusch wird auf seine Frequenzabhängigkeit bzw. Färbung hin untersucht. Diese Untersuchungen werden bei verschiedenen Ultraschallfrequenzen und Leistungen oberhalb und unterhalb der Kavitationsschwelle durchgeführt. Die Ergebnisse werden diskutiert und mit Modellen für das Kavitationsgeräusch verglichen. Außerdem wird auf den Einfluss der Geometrie und Oberflächenbeschaffenheit des Hydrophones eingegangen.

Do. 8:40 A14 1-112

Kavitation

**Verhalten des Rauschpegels bei der Kavitationsschwelle für unterschiedliche Frequenzen**

Andreas Hertz-Eichenrode, Christoph Jung und Reinhard Sobotta

Elma GmbH &amp; Co. KG

Transiente Kavitation ist für Reinigungsanwendungen mit Ultraschall besonders geeignet. R.E Apfel beschreibt eine Schwelle für transiente Kavitation. Oberhalb dieser Schwelle besteht eine Korrelation zwischen eingetragener Ultraschallleistung und des Kavitationsrauschens.

In einer Messung werden bei unterschiedlichen Frequenzen die Schwellen für transiente Kavitation in einer Struktur ermittelt.

Des Weiteren wird untersucht, ob die unterschiedlichen Frequenzen gemeinsame proportionale Geraden oberhalb der Kavitationsschwelle vorweisen und ob diese in Ihren Amplituden verschoben sind. Die Messergebnisse werden mit dem Modell von R.E Apfel verglichen. Die Messungen ergeben die notwendige Intensität, die benötigt wird, um diese Kavitationsschwellen bei den jeweiligen Frequenzen zu überschreiten. Abschließend wird diskutiert, was zu einem Verschieben der Geraden oberhalb der Kavitationsschwelle führen kann.

Do. 9:00 A14 1-112

Kavitation

**Correlation of cavitation bubble ensemble dynamics and acoustic emission spectra**Julian Eisener, Julia Schneider, Carlos Cairós Barreto und Robert Mettin  
Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut

The sound emitted from cavitating liquids is a valuable tool for analysis and diagnostics of such systems. However, the link of spectral features to the underlying microscopic bubble dynamics is still not completely understood. Here we report on measurements of acoustic emission synchronous with high-speed imaging of smaller and larger bubble ensembles driven around 25 kHz. One set-up is a bubble trap where single bubbles and small clusters of bubbles occur. Here, numerical simulations are compared to our findings. Another experiment investigates larger bubble groups in an ultrasonic bath reactor. There we put emphasis on the appearance of the subharmonic line (half of the fundamental) in connection with synchronization of the bubble oscillations.

---

Do. 9:20 A14 1-112

Kavitation

## **Experimentelle Untersuchungen des Einflusses der Schwingungsphase und des Wandeinflusses auf das Blasenspektrum Ultraschall induzierter Kavitation**

Jeanette Hussong, Saskia Müller, Stephan Mottyll und Romuald Skoda  
*Ruhr-Univ. Bochum, Lehrstuhl f. Hydraul. Strömungsmaschinen*

Im Rahmen einer experimentell-numerischen Kollaborationsarbeit sollen statistisch aussagekräftigen Versuchsparameters zur Vorhersage beginnender Kavitationserosion erarbeitet werden. Hierfür werden die Einflüsse wesentlicher Aktuierungs- und Randparameter auf die Ausbildung Ultraschall induzierter Dampfblasenverteilungen untersucht. Im Schattenverfahren werden Dampfblasenverteilungen aufgenommen und Ihre Größen und Häufigkeitsverteilung mittels Matlab Bildauswertung bestimmt. Durch phasenstarre Messungen konnte der Einfluss der Schwingungsphase auf die Häufigkeitsverteilung der Dampfblasen untersucht werden. Eine steigende Schwingungsamplitude oder eine Zunahme der Fluidspaltbreite unterhalb des Ultraschallhorns erhöht die Anzahl insbesondere kleiner Kavitationsblasen. Während die absolute Häufigkeitsverteilung des Blasenspektrums eine starke Abhängigkeit zu gegebenen Randparametern zeigt, ändert sich die Verteilung des kumulativen Blasenvolumens über der Blasengröße nur unmerklich. Momentan werden Messungen in engen Spalten von ca. 5mm ausgewertet. Messungen in Spalten bis zu 0,5 mm sind für die Untersuchung des Einflusses wandnaher Kavitation auf das Erosionsverhalten geplant.

---

Do. 9:40 A14 1-112

Kavitation

## **Bubbles as hydrophones**

Robert Mettin, Carlos Cairós Barreto und Julian Eisener  
*Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut*

Acoustic pressure measurements in cavitating liquids are notoriously difficult: the presence of bubbles is an inherent inhomogeneity which leads to high fluctuations of the sound field in space and time. Furthermore, pressure sensors are typically invasive, and the presence of a hydrophone can disturb the bubble field significantly - and thus the measurement result. To cope with this, spatial and temporal averaging is often employed to obtain useful pressure data. However, sometimes less or non-invasive pressure sensors of high spatial and temporal resolution are wanted, for example to determine the true pressure acting on individual bubbles. For some types of problems, a way out could be the direct fitting of acoustic pressure to the high-speed observations of individual bubble oscillations. Attractive sides of this idea to use the cavitation bubbles themselves as hydrophones are the non-invasiveness and the high resolution, and this method has already been applied successfully in single-bubble traps. However, the use in multi-bubble environments might have some pit-falls due to an anharmonic sound field, neighbor

bubbles, translation dynamics, non-spherical distortions, or other influences. Still, the idea is very attractive, and this work investigates in some examples how bubbles can be used as hydrophones in cavitating liquids.

Do. 10:20 A14 1-112

Kavitation

### Numerische Untersuchung der kaviterenden Strömung und Kavitationserosion an einer Sonotrode

Stephan Mottyl<sup>a</sup>, Saskia Müller<sup>a</sup>, Philipp Niederhofer<sup>b</sup>, Jeanette Hussen<sup>a</sup>, Stephan Huth<sup>b</sup> und Romuald Skoda<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Ruhr-Univ. Bochum, Lehrstuhl f. Hydraulische Strömungsmaschinen;*

<sup>b</sup>*Ruhr-Univ. Bochum, Lehrstuhl f. Werkstofftechnik*

In einer numerischen Studie wird ultraschallinduzierte Kavitation an einer Sonotrode analysiert, um Einflussfaktoren auf die Kavitationserosion zu ermitteln und langfristig eine Simulationsmethode zur Vorhersage von Kavitationserosion zu entwickeln. Zur Simulation der kaviterenden Strömung wird ein CFD-Strömungslöser basierend auf einer kompressiblen, dichtebasierter Finite-Volumen-Methode mit einer speziell für niedrige Mach-Zahlen konzipierten Flussfunktion und explizitem Zeitintegrationsverfahren verwendet. Der dichtebasierter Algorithmus bildet Kavitation rein über die Zustandsänderung, also im thermodynamischen Gleichgewicht ab (barotropes Kavitationsmodell). Zur Bewertung erosionssensitiver Regionen wird eine statistische Analyse der transienten Wandbelastung angewendet. Zudem wird eine Analysemethode zur Detektion kollabierender, isolierter Dampfgebiete ("Collapse Detektor") verwendet, mit der Ort und Zeitpunkt des Auftretens sowie der Kollapsdruck ermittelt werden können. In einer Parameterstudie wurde der Spaltabstand zwischen Sonotrodenspitze und Gegenprobe untersucht. Um die Qualität der Simulations- und Analysemethode zu bewerten, wurde die experimentell ermittelte qualitative Varianteneinordnung für verschiedene Spaltabstände reproduziert. Hierbei konnte eine gute Übereinstimmung für die Bewertung erosionssensitiver Regionen sowie für die Reproduktion der Dampfwolkenstrukturen erzielt werden. Des Weiteren soll Kavitationserosion über ein Materialmodell für duktile Werkstoffe bewertet werden, bei dem die Inkubationszeit bis zur ersten Materialschädigung aus der Wandbelastung abgeschätzt wird.

Do. 10:40 A14 1-112

Kavitation

### High-speed measurement of bubble-surface interaction

Fabian Reuter<sup>a</sup>, Carlos Cairós Barreto<sup>b</sup> und Robert Mettin<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Univ. Göttingen, CDLaboratory for Microerosion and Cavitation; <sup>b</sup>Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut*

In this work we present an electrochemical measurement method that is able to resolve changes in liquid flows very fast ( $f_{Nyquist} > 150$  kHz) and very locally, measuring flows in a distance of less than 15  $\mu\text{m}$  from the sensor surface. With this electrochemical method employing an electrode embedded in a glass boundary, the induced flows from single laser

induced bubbles are recorded directly at a surface for different stand-off distances. Thus, the strength of the respective bubble phenomena (such as radial in/out-flows, jets, shockwaves, vortices, contact line movement etc.) can be compared. To associate the observed flows with bubble dynamics and to clearly identify the respective potentials of surface interaction resulting from the possible phenomena high-speed videography of the bubble is carried out simultaneously and additionally the acoustic emission from the bubble is measured with a hydrophone.

Do. 11:00 A14 1-112

Kavitation

### **LIF temperature measurements on cavitation bubble collapse**

Hendrik Söhnholz und Thomas Kurz

*Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut*

Single laser-induced cavitation bubbles in water are investigated. At the instant of collapse very high temperatures occur inside the bubble. In order to estimate the heat transport across the liquid-vapour interface the temperature in the vicinity of the collapsing bubble is measured using the laser-induced fluorescence method (LIF). Therefore, a fluorescent dye with a temperature dependent fluorescence intensity is solved in the water. A bubble is produced by focussing a laser pulse into a cuvette filled with the dye solution. A second laser pulse is used to form a light sheet which excites the fluorescent dye. The fluorescent light is recorded using a camera with a short exposure time. The acoustic emissions (shock waves) are measured with a hydrophone. The experiments yield the spatial distribution of the temperature in the liquid close to the bubble. The temperature is measured at various instants of the bubble oscillation. Selected results of the temperature profile close to the bubble and its temporal evolution are presented.

Do. 11:20 A14 1-112

Kavitation

### **Studies with a sonicated liquid jet**

Eric Kristkeitz, Robert Mettin und Carlos Cairós Barreto

*Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut*

We study a Sonosys system where a sonicated water jet is directed vertically from top onto a flat glass substrate. At the ultrasonic frequency of 1 MHz, we investigate the visual appearance and geometry of the flow, sound propagation in the liquid, location of cavitation, sono- and sonochemiluminescence, and surface cleaning action. Parameters like flow speed and impingement height are varied, and their influence is highlighted.

Do. 11:40 A14 1-112

Kavitation

### **Präsentation der Poster, die dieser Sitzung zugeordnet sind (S. 316)**

**Sitzung „Kavitation (Poster)“**

Donnerstag

Kavitation (Poster)

**Numerical simulations of laser cavitation bubbles by the Volume of Fluid method**

Max Koch<sup>a</sup>, Karsten Köhler<sup>a</sup>, Christiane Lechner<sup>b</sup>, Fabian Reuter<sup>c</sup>, Robert Mettin<sup>a</sup> und Werner Lauterborn<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut; <sup>b</sup>TU Wien, Institute of Fluid Mechanics & Heat Transfer; <sup>c</sup>Univ. Göttingen, CDLaboratory for Microerosion and Cavitation*

The numerical simulation of non-spherical bubble dynamics and collapse is a significant challenge because of the liquid-gas interface, the large variation of spatial and temporal scale, the partially extreme conditions inside the bubble, and, last but not least, the potential change of topology due to jetting and/or splitting. In particular the topological issue is a main difficulty of the Boundary Element (or Integral) Method, which is hitherto the most common numerical platform. In our study, we wanted to include such transformations of the gas domain and thus selected the Volume of Fluid method, which is inherently robust against domain deformation and splitting. Based on code from the open source software OpenFOAM, we present numerical results on laser induced cavitation bubbles in various geometries.

Donnerstag

Kavitation (Poster)

**Exploring the mechanism of cleaning with soft cavitation bubbles**

Miquel Banchs-Piqué<sup>a</sup>, Carlos Cairós Barreto<sup>b</sup>, Philipp Frommhold<sup>a</sup>, Christiane Lechner<sup>c</sup>, Alexander Lippert<sup>a</sup> und Robert Mettin<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Univ. Göttingen, CDLaboratory for Microerosion and Cavitation; <sup>b</sup>Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut; <sup>c</sup>TU Wien, Institute of Fluid Mechanics & Heat Transfer*

Cleaning of sensitive surfaces with cavitation bears the danger of damage, even at higher ultrasonic frequencies. Recently it has become clear that for micro- and nano- particulate contaminations also "soft" cavitation bubbles could be efficient cleaning agents: gently driven surface attached bubbles that do not undergo strong oscillations and collapse. Here the motion of the three-phase boundary (contact line) plays a crucial role, and we designed a micro-flow channel to explore in more detail its cleaning power. At the same time, a standard method for measurement of stickiness of particles should be developed. We present first results and comparison to flow simulations. Preliminary observations show enhanced cleaning by an avalanche effect produced by looser particles carried in the flow and a large amount of particles stored in the air-water interface. This increases cleaning efficiency with flow velocity.

Donnerstag

Kavitation (Poster)

**Sonoluminescence activity and multi-bubble dynamics**

Carlos Cairós Barreto<sup>a</sup>, Robert Mettin<sup>a</sup>, Julia Schneider<sup>a</sup> und Rachel Pflieger<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut; <sup>b</sup> Marcoule Institute for Separation Chemistry (F)

The connection of microscopic bubble dynamics and sonoluminescence emission is investigated in a multi-bubble system at various frequencies from 34 kHz to 945 kHz. Particular interest is put on Na<sup>\*</sup> line emission in NaCl solution under argon atmosphere. We employ high-speed videography, high-resolution color photography and uv-vis emission spectroscopy. In the sonoluminescence patterns, a strong dependence is seen for variation of frequency, driving amplitude, and, in particular, dissolved rare gas. We observe a change in bubble cloud characteristics under addition of argon, which changes the distribution of bubbles sizes and their velocities. An increase in the argon flow produces an enhancing of the sodium emission versus the continuum emission. An increase in the electrical power, on the other hand, results in a decrease of this relation. The bubble velocities show the same trends as the total emission when increasing the power. Low frequencies favour sodium emission vs. continuum emission, while at 945 kHz the Na<sup>\*</sup> line dismissed drastically. The results suggest that the cavitation regimes can be optimized with respect to chemistry in the hot gas phase (continuum) or chemistry in the injected liquid phase (Na<sup>\*</sup>).

**Sitzung „Physikalische Akustik“**

Do. 15:40 A14 1-112

Physikalische Akustik

**Ein neues Modell zur Beschreibung der thermo-akustischen Schall-erzeugung**

Maxim Daschewski, Jens Prager, Marc Kreutzbrück und Reiner Boehm  
*BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung*

In unserem Beitrag präsentieren wir ein verallgemeinertes physikalisches Modell der thermischen Schallerzeugung. Im Gegensatz zur existierenden analytischen Näherungen erlaubt es eine exakte analytische Vorhersage des thermisch generierten Schalldrucks in Fluiden und Festkörpern, berücksichtigt die akustischen Nahfeld- und Schallschwächungseffekte und ist anwendbar für beliebige thermische Energiequellen, wie stromdurchflossene elektrische Leiter aber auch chemische Reaktionen, Plasmabrennen oder Laseranregung. Zur Verifikation des Modells vergleichen wir die analytischen Ergebnisse mit experimentellen Schalldruckmessungen an thermo-akustischen Emittoren in Luft in einem Frequenzband von 4 kHz bis 1 MHz. Zusätzlich wurde die Effizienz der Wandler mit der von konventionellen piezoelektrischen Luftultraschallwandlern verglichen. Da die Schallerzeugung ohne mechanisch bewegliche Komponenten auskommt, arbeiten die thermo-akustischen Emitter

resonanzfrei. Somit ist es möglich, beliebig geformte Schallsignale exakt und frei von Nachschwingen zu erzeugen. Thermo-akustische Schallmitter haben damit das Potenzial für eine breite Anwendung in der angewandten Akustik als leistungsfähige und resonanzfreie Schallsender mit einer Bandbreite bis in den Subgigahertz-Bereich.

Do. 16:00 A14 1-112

Physikalische Akustik

### **Acoustic damping of an annular tail-pipe under mean flow conditions**

Rene Boonen, Paul Sas und Eric Vandenbulck

*KULeuven PMA*

A damping device, consisting of an annular tail-pipe, has been developed. It is applicable in situations wherein acoustic damping is required in combination with low flow resistance. The device consists of a central tube surrounded by a narrow slit. The central tube has an acoustic mass which impedance increases with frequency while the slit resistance remains constant. When the frequency has been increased sufficiently, a considerable part of the acoustic flow passes through the slit where it will be damped. In this way, acoustic energy can be dissipated while the flow experiences a low flow resistance. The acoustic properties of the device will be investigated using an electrical equivalent circuit. The impedance will be measured using an impedance measurement duct. The damping mechanism will be investigated qualitatively. The resulting slit resistance consists of a linear part depending on the air viscosity, and a non-linear part, the loss of kinetic energy of the fluidum through the slit. The presence of a laminar mean flow does not effect the acoustic performance of the annular tailpipe, only some minor effects are observed in the low frequency range. Even with a mean turbulent flow, the acoustic damping mechanism still remains intact.

Do. 16:20 A14 1-112

Physikalische Akustik

### **Analytische und numerische Untersuchung der Schallabstrahlung eines Primärnormals in den Halbfreifeldraum**

Katharina Völkel, Martin Schmelzer und Volker Wittstock

*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*

In dieser Studie wurde ein mit einem Shaker betriebener kreisförmiger starrer Kolben analysiert. Dabei wurden die Schallabstrahlung in den Halbfreifeldraum sowie Charakteristika des Schallfelds betrachtet. Analytische und numerische Ansätze wurden verfolgt. Die Schallabstrahlung des analytischen Modells wurde sowohl über ein Modell mit konzentrierten Parametern als auch über die Nutzung des Rayleigh Integrals mit vorgegebenen Schnelleverteilungen auf der Quellenoberfläche berechnet. Dabei wurde auch eine Untersuchung der ersten Eigenmoden durchgeführt. Als Charakteristika des Schallfeldes wurden der Nahfeldeffekt, definiert als Phasenverschiebung zwischen Schallschnelle und -druck auf verschiedenen Hüllflächen, sowie Bündelungsgrad und Richtungsfaktor untersucht. Freifeldbedingungen wurden als Annahme zu

Grunde gelegt. Die numerischen Untersuchungen mit selbigem Schwerpunkt wurden über eine finite Elemente Software durchgeführt. Dabei wurden auch Variationen der Einflussgrößen modelliert. Hauptaugenmerk wird im Beitrag auf die Erkenntnisse aus den numerischen Analysen gelegt, wobei neben einem Überblick der analytischen Rechnungen insbesondere Unterschiede und Gemeinsamkeiten dieser beiden Herangehensweisen vorgestellt und erörtert werden. Diese Studie ist Teil des von der PTB Braunschweig koordinierten EMRP Projektes SIB56 Sound Power, welches die Realisierung der Einheit Watt über ein Primärnormal zum Ziel hat. In bisherigen Versuchen wurde der untersuchte kreisförmige starre Kolben als Primärnormal verwendet.

Do. 16:40 A14 1-112

Physikalische Akustik

### **Die inhomogene Galbrun-Gleichung: Herleitung und Ansätze zur numerischen Lösung.**

Marcus Guettler und Steffen Marburg

*Universität der Bundeswehr München*

Die Aeroakustik ist durch die voranschreitende Entwicklung in der Rechentechnik zunehmend ein interessantes Forschungsgebiet. Sowohl Wissenschaftler in Forschung und Lehre als auch Entwicklungsabteilungen in der Industrie interessieren sich vermehrt für die Entstehungs- u. Ausbreitungsmechanismen von akustischen Phänomenen in strömenden Fluiden. In der Vergangenheit hat es zahlreiche Bestrebungen gegeben, die physikalischen Zusammenhänge der Aeroakustik theoretisch zu formulieren. Am bekanntesten sind die Analogien von Lighthill, Curle und Ffowcs Williams und Hawkins, die neben den Störungsgleichungen und den linearisierten Euler-Gleichungen die theoretische Basis der Aeroakustik bilden. Einen anderen Ansatz verfolgte Galbrun, der mithilfe einer Euler-Lagrange'schen Betrachtung das Problem in Bezug auf die oszillatorische Partikelverschiebung formulierte, um die Schallausbreitung in Strömungen zu untersuchen. Durch diese Beschreibungsweise ist es möglich, die Freiheitsgrade gegenüber den linearisierten Euler-Gleichungen zu reduzieren. Bei der numerischen Umsetzung treten zahlreiche Schwierigkeiten auf, wie sie schon in der Maxwell'schen Theorie über Elektromagnetismus oder dem inkompressiblen Materialverhalten in der Strukturmechanik bekannt sind. In der vorliegenden Arbeit wird die Galbrun-Gleichung erweitert, um Quellen mitzubetrachten. Zusätzlich werden Möglichkeiten der numerischen Umsetzung diskutiert.

**Sitzung „Schallausbreitung im Freien und Immissionsberechnung“**

Do. 8:00 S 2-206

Schallausbreitung im Freien

**Comparison of 3 engineering methods for outdoor sound propagation**

Guillaume Dutilleux, Cédric Foy and David Ecotière

*Cerema, PCI Acoustique et Vibrations, Straßburg*

Several models of outdoor sound propagation can be used to predict transportation noise for noise mapping or transportation noise studies. For terrestrial noise sources, the current propagation part of the reference report on CNOSSOS-EU candidate harmonized method to be used in the framework of the 2002/49/EC Environmental Noise Directive is based on NMPB 2008. However, two other models are still considered by the European Union as potential replacements for NMPB 2008 : a) the engineering model elaborated in the European Harmonoise/Imagine projects, b) the model described in ISO 9613-2 standard. We present here a comparison of noise attenuations predicted by the three methods. The comparison is first done by comparing the deviations between models for calculated sound attenuation for both homogeneous and downward propagation conditions and for seven experimental site configurations. A comparison between calculated and experimental sound attenuations is also presented for models Harmonoise and NMPB, on the basis of five road noise experimental campaigns, where each site is representative of different common topographies. No statistically significant deviations between means, standard deviation, precision and trueness are observed between Harmonoise and NMPB.

Do. 8:20 S 2-206

Schallausbreitung im Freien

**The measured influence of meteorology to sound propagation in comparison with the Harmonoise sound propagation model**

Dieter Hohenwarter

*Versuchsanstalt TGM, Wien*

The ground effects on sound propagation are described with the models of Keith Attenborough since approximately 20 years in the scientific community. This was a scientific revolution concerning the calculation of the ground effects. In contrast to this in Germany and Austria an older sound propagation model (ISO 1996-2) is used for the calculation of the noise maps. At AIA-DAGA 2013 we showed that the propagation method of ISO 1996-2 could not be used to perform a sufficient precise classification into favorable and unfavorable sound propagation conditions while new models (e.g. IMAGINE) gives a better agreement with measurements. Frequency dependent sound propagation measurements compared with the Harmonoise sound propagation model corresponds quite good in the case of downwind and stable propagation conditions but at unstable meteorological situations the agreement is

improvable. The description of the atmosphere should include the Obukhov Length†. In the case of upwind sound propagation the stability of the atmosphere is essential†. It is necessary to find the fundamentals for a further scientific revolution concerning the calculation of outdoor sound propagation with respect to the meteorological effects. † Hohenwarter, Mursch-Radlgruber: Nocturnal boundary layer profiles and measured frequency dependent influence on sound propagation, accepted in applied acoustics.

Do. 8:40 S 2-206

Schallausbreitung im Freien

---

**The assessment and quality-assured implementation of methods for the calculation of sound-propagation outside**

Wolfgang Probst

*DataKustik GmbH*

The quality of software-implemented prediction methods for the noise from planned infrastructure projects can be described by properties like accuracy, precision, transparency and performance. Unfortunately it is often neglected that the optimization of one of these properties at the cost of the others may reduce the quality of the final result. From the implementation in software and the application with complex environments follow requirements that are often outside the professional view of noise experts being more interested in physical aspects of sound propagation. Especially with engineering methods where the propagating sound waves are approximated by few geometrically well defined ray paths the geometric and numeric strategies applied are of large influence on the accuracy of the final result. To ensure an acceptable balance between the above mentioned properties with a calculation method implemented in different software-platforms some measures have been developed and shall be standardized in the frame of an ISO-project about quality assurance of software for the calculation of sound outside. These methods are presented and discussed.

Do. 9:00 S 2-206

Schallausbreitung im Freien

---

**From Theory to Practice: Advanced calculation methods applied in outdoor sound propagation software product (Invited)**

Panos Economou und Panagiotis Charalampous

*P.E. Mediterranean Acoustics Research & Development Ltd (CY)*

The path from a noise source to a receiver involves complicated mechanisms such as diffractions and reflections from obstacles, ground and material properties, as well as meteorological conditions. In this paper, we present the methodology applied by P.E. Mediterranean Acoustics Research & Development for outdoor sound propagation applying advanced calculation methods for prediction and simulation purposes in a software application. The methodology makes use of the image source method combined with visibility tracing techniques to implement a novel method of multiple path-detection, taking into account reflections from

finite impedance surfaces and finite-sized objects applying Fresnel zone corrections as well as diffractions of unlimited orders from edges. These advanced methods are no longer used only in the laboratory but are now available to engineers in the field, making theory available in practice. Some examples are also presented.

**Keywords** Environmental acoustics, geometrical acoustics, diffraction, prediction, simulation, computational acoustics, noise barrier, ground effect, surface impedance.

Do. 9:20 S 2-206

Schallausbreitung im Freien

### **Is aircraft sound propagation independent from weather conditions?**

Berthold M. Vogelsang<sup>a</sup> und Dietrich Kühner<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Nds. Umweltministerium; <sup>b</sup>Vereidigter Sachverständiger

The models used to describe the sound propagation of noise emitted by aircrafts, as given in the german AzB or internationally used Doc29, have the special feature - with the exception of atmospheric absorption - not to account for weather conditions or ground absorption. It is obvious, if an aircraft is operated on the ground that differences of summer/ winter or day/night or up and downwind conditions will produce considerable variations. Using a wave theoretical model where the wind and temperature profiles are used, as given by the german TA-Luft and the Harmonoise Project, the influence of the weather and ground conditions are examined.

Do. 9:40 S 2-206

Schallausbreitung im Freien

### **Meteorological influences on the noise reduction potential of forests**

Astrid Ziemann<sup>a</sup> und D. Keith Wilson<sup>b</sup>

<sup>a</sup>TU Dresden, Professur Meteorologie; <sup>b</sup>U.S. Army Engineer Research and Development Center, Hanover

The influence of forests on sound propagation is currently discussed to reduce noise as one of the most important environmental problems. Previous investigations provide a mixed picture of sound attenuation within forested areas, in particular for the temporally and spatially variable meteorological influence. Thus, a validated model chain of atmospheric and acoustic models was developed and adapted to several meteorological and vegetation-specific conditions. A coupled vegetation-atmosphere model was applied to simulate temperature and wind fields in and around vegetation belts and forest clearings. The meteorological quantities are then used as input data for a sound propagation model using Crank-Nicolson method to solve the parabolic sound wave equation. Additionally, the simulations are adapted to experiments which were carried out in 2011 and 2012 at the Anchor station Tharandter Wald near Dresden (Germany). Thereby, the sound propagation of artificial signals was measured along sound paths of up to 200 m length through a clearing as

well as through an old spruce stand. Beside the acoustic measurements the meteorological conditions were investigated using 40 m masts. The simulated results demonstrate that forests significantly influence the atmospheric structure and therewith change the sound exposure in comparison to grassland sites already on short propagation distances.

Do. 10:00 S 2-206

Schallausbreitung im Freien

### **Sound propagation above porous media**

Jörn Hübel

*Hochschule Mittweida, Lehrstuhl f. Technische Mechanik u. Akustik*

In a study the sound propagation at flat angles of incidence above the open porous road surface was examined. First, predictions were carried by use of the "Theory of the Inhomogeneous Plane Waves" in combination with the "Saddle Point Integral Method". According to the examinations carried out the "head wave" and the "surface wave" in the sound field above the porous road surface can be neglected. So, for the second model stage, the assumption of the concept of the "Effective Impedance" and the model of "Weyl von de Pool" has been approved.

Do. 10:20 S 2-206

Schallausbreitung im Freien

### **Schallausbreitungsmodelle mit konstanten Krümmungsradius und Ray-Tracing Modelle - Ein Vergleich bei bekannter, realer Atmosphäre**

Till Kühner<sup>a</sup>, Werner Bertels<sup>b</sup> und Karl-Wilhelm Hirsch<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Cervus Consult; <sup>b</sup>Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition - WTD91*

Schallausbreitungsmodelle berücksichtigen den brechenden und dämpfenden Einfluss der Atmosphäre in unterschiedlicher Weise. In technischen Modellen, z.B. im Immissionsschutz, werden konstante Krümmungsradien für vorgegebene Ausbreitungsbedingungen angenommen (z.B. ISO 9613-2) oder wetterabhängige Krümmungsradien aus bodennahen Wetterbeobachtungen abgeleitet (z.B. ISO 1996). Andere Modelle unterstellen Schallgeschwindigkeitsprofile, die sich klassiert aus meteorologischen Modellen ergeben (z.B. Harmonoise). Weitergehende Ray-Tracing-Modelle berücksichtigen beliebig geschichtete Atmosphären, um über lokale Strahlverfolgungsalgorithmen die Brechung und Luftabsorption in besserer Näherung nachzubilden. Die Zuverlässigkeit der Ray-Tracing-Modelle hängt dabei direkt von der Unsicherheit der Kenntnis der realen atmosphärischen Schichtung ab. Alle Modelle berücksichtigen die Luftabsorption nach Maßgabe der Luftfeuchte in Bodennähe. Bei Entferungen deutlich kleiner als 500 m bleibt der Schall in Bodennähe. Bei größeren Entfernen oder besonderer Topografie oder besonderer Ausbreitungssituation mit großen Unterschieden der Höhen von Quelle und Empfangsort erreichen die Strahlen größere Höhen. Deshalb werden Windgeschwindigkeits-, Windrichtungs-, Temperatur- und Luftfeuchteprofile dort immer mehr an Bedeutung gewinnen. Der Beitrag nutzt eine besonders entwickelte Profilprognose der

MeteoMedia , die im kleinzelligen Bereich (4 km x 4 km) stundenspezifische Vorhersagen dieser Profile liefert. Es wird ermittelt, in welchen Schallausbreitungssituationen Modelle mit konstantem Krümmungsradius hinreichend zuverlässig den Strahlenverlauf nachbilden und wann Ray-Tracing-Modelle signifikant bessere Prognosen der Brechung und der Luftabsorption liefern.

Do. 11:00 S 2-206

Schallausbreitung im Freien

### **Schallwetter**

Karl-Wilhelm Hirsch

*Cervus Consult*

Wetterberichte zählen zu den am häufigsten gehörten Nachrichtensendungen. Sie sind für viele gewerbliche Tätigkeiten im Freien genauso wichtig wie für die Planung von Aktivitäten für die nächsten Tage im Freizeitbereich. Wie 'laut' es morgen wird, gehört nicht zum Standardangebot der Wetterdienste. Dabei ist es für Anlagenbetreiber bei der Planung besonders geräuschstarker Betriebssituationen (im Rahmen eines Beschwerde- oder Lärmanagements beispielsweise) genauso wie für die Nachbarschaft hilfreich zu wissen, ob morgen eine besonders günstige Schallausbreitungssituation vorliegen wird oder eben gerade nicht. Eine solche Vorhersage ist das so genannte ‚Schallwetter‘; eine Vorausberechnung der Eigenschaften der Schallausbreitungsbedingungen auf der Basis vorausgesagter atmosphärischer Bedingungen. Nur bei geringen Entfernungen lassen sich die Schallausbreitungsbedingungen aus Beobachtungen des Bodenwetters abschätzen. Bei größeren Entfernungen prägen immer mehr die Profile der Windstärke, der Windrichtung, der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit die Schallausbreitung. Das Schallwetter ist also richtungs- und entfernungsabhängig. Das hier vorgestellte ‚Schallwetter‘ nutzt eine besonders entwickelte Profilprognose der MeteoMedia, die im kleinzelligen Bereich (4 km x 4 km) stundenspezifische Vorhersagen der Profile mit einem Vorlauf von 48 Stunden bereitstellt. Der Beitrag beschreibt die Ermittlung und Darstellung des Schallwetters und diskutiert weitere Anwendungen solcher profilorientierter Wettervorhersagen im Immissionsschutz, beispielsweise für die Ermittlung des  $C_{met}$  der DIN ISO 9613.

Do. 11:20 S 2-206

Schallausbreitung im Freien

### **Reflexionen in der DIN ISO 9613-2 - Wann ist ein Objekt "senkrecht"?**

Karl-Wilhelm Hirsch und Frank Hammelmann

*Cervus Consult*

Die DIN ISO 9613-2: "Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien" legt ein Verfahren zur Vorausberechnung von Geräuschimmissionen von Punktschallquellen fest. Diese Norm hat eine große Bedeutung im Immissionsschutz, weil die Anwendung ihrer Verfahren in der TA Lärm im Rahmen von Beurteilungsverfahren für Gewerbe- und Industrielärm vorgeschrieben ist. Eine qualitätsgesicherte Anwendung der

DIN ISO 9613-2 setzt eine sachgerechte und zuverlässige bzw. "präzise" Interpretation ihrer Vorschriften voraus. In diesem Zusammenhang bedeutet "präzise" eine stets in gleicher Weise erfolgende Auslegung der Regeln mit der Zielsetzung, dass Ergebnisse reproduzierbar ,richtigé sind im Sinne der Norm DIN 45687: "Akustik - Software-Erzeugnisse zur Berechnung der Geräuschimmission im Freien - Qualitätsanforderungen und Prüfbestimmungen". Um dieses Ziel zu erreichen, ist der Interpretationsspielraum, den die DIN ISO 9613-2 bei einigen Regelungen anbietet, so klein wie möglich zu halten. In ihrem Abschnitt 7.5 zur Berücksichtigung von Reflexionen eröffnet die DIN ISO 9613-2 einen erheblichen Interpretationsspielraum; Zitat: "... Reflexionen entstehen an Decken/Dächern im Freien und an mehr oder weniger senkrechten Oberflächen ...". Der vorliegende Beitrag leitet in enger Anlehnung an die Konzepte der Norm ein objektives Entscheidungskriterium für die nicht präzise Aussage "mehr oder weniger senkrecht" ab. Die abgeleitete ,Reflexionsbedingungé folgt ausschließlich allein aus der Geometrie der Schallausbreitung.

Do. 11:40 S 2-206

Schallausbreitung im Freien

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

**Sitzung „Schallausbreitung im Freien und Immissionsberechnung (Poster)“**

Donnerstag

Schallausbreitung im Freien (Poster)

**Akustische Fassaden: Dokumentation des Reflexionsverhaltens eines 120m Hochhauses, vom Beginn des Abrisses, bis hin zum vollständigen Verschwinden**

Jochen Krimm und Holger Techel

*Fachhochschule Frankfurt am Main*

Hochhausfassaden beeinflussen in ihrer Umgebung das akustische Habitat der Stadt. Doch trotz der steigenden Hochhausdichte in Großstädten, fehlt bei den Planenden und Bauenden nicht nur das Bewusstsein für diesen Sachverhalt, sondern es fehlen auch Daten die diesen Effekt beschreiben. Die auf Basis der Richtlinie 2002/49/EG ermittelten dB(A) Werte der Lärmkartierungen reichen als Planungsgrundlage nicht aus. Als Eingangsgrößen für eine akustisch ausgerichtete Planung von Hochhausfassaden werden Frequenz bezogene Pegelwerte benötigt, die das Reflexionsverhalten einer großflächigen Fassade, im dazu assoziierten Stadtraum, abbilden. Durch temporäre akustische Messungen wird eine Vorher- Nachher- Dokumentation eines, sich im Abbruch befindlichen, 120m hohen Turmhochhauses in Frankfurt am Main erstellt. Die Messungen beziehen sich auf Fluglärmereignisse, die über Flighttracker Daten nachvollziehbar sind. Die so mögliche, kombinierte Auswertung der zeitgleichen Ergebnisse, temporärer und stationärer Messungen soll zeigen welche Daten hiervon als Planungsgrundlage für zukünftige Hochhausprojekte verwendet werden können.

Donnerstag

Schallausbreitung im Freien (Poster)

**Schätzung der Messunsicherheit der überwachten Schallpegel beim Auftreten von Korrelation in Messergebnissen**

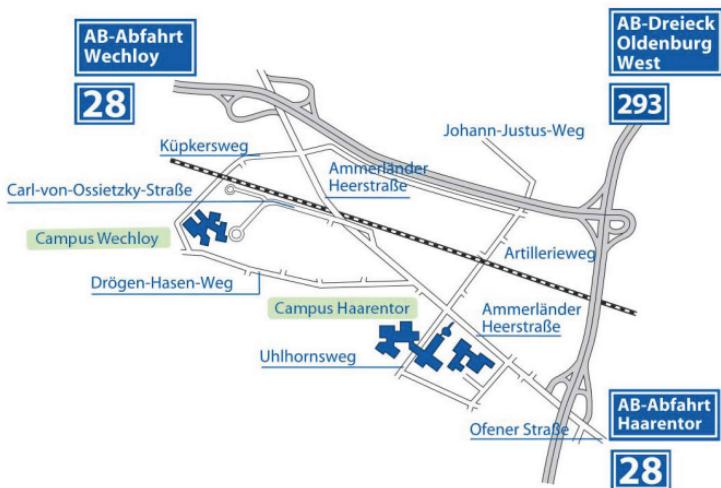
Wojciech Batko

*AGH University of Science and Technology Cracow*

In diesem Artikel wird Vorgehensweise bei der Bewertung von Unsicherheiten bei der Schätzung von überwachten Schallpegeln präsentiert. Die Versuche beziehen sich auf Messdatensätze, wo Korrelation auftritt. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden Anregungsmechanismen und deren Einfluss auf Mittelwertbewertung untersucht. Insbesondere wurde genaue Evaluierung der Erhöhung von Messproben durch Steigerung der Abtastfrequenz durchgeführt. Für die analysierten Bedingungen wurde notwendige Korrektur der bisherigen Bewertungen von Unsicherheiten  $u_A$  gegeben. Sie wurde durch Ermittlung von effektiver Zahl der unkorrelierten Kontrollmessungen  $n_{eff}$  realisiert, die von Autokorrelationsfunktion abhängt. Die Korrekturvorschläge und Formel für die Ermittlung der Schätzung Typ A wurden mit den Berechnungsergebnissen in der Forschungsarbeit vorgestellt, die als Ergänzung der existierenden Lösungen betrachtet werden können. Die präsentierten Überlegungen wurden mit Hilfe von Beispielen mit Zeitverläufen von äquivalenten Schallpegeln  $L_{Di}$ ,  $L_{Wi}$ ,  $L_{Ni}$  bei verschiedenen Uhrzeiten (am Tag, am Abend und in der Nacht) dargestellt. Diese Messdaten beziehen sich auf ganzjährige Verkehrslärmüberwachung.

## Anreise zur Universität Oldenburg, Campus Haarentor

### BAB Anfahrt



### Anreise mit dem Pkw:

- Vom Autobahnkreuz Oldenburg-Ost kommend fahren Sie auf der A28 in Richtung Emden/Leer.
- An der BAB-Abfahrt Haarentor fahren Sie ab und biegen an der Ampel rechts auf die Ammerländer Heerstraße ab.
- Bei der zweiten Ampelkreuzung nach ca. 800 Metern biegen Sie links in den Uhlhornsweg ein.

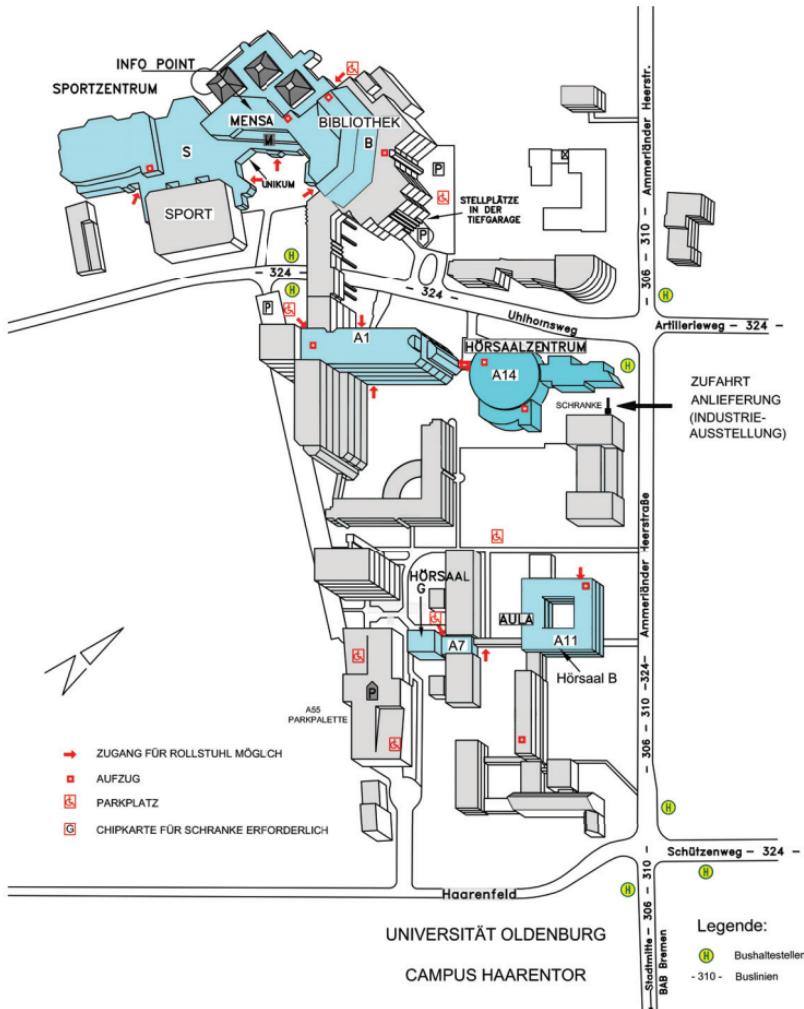
Die Universität Oldenburg verfügt über kostenfreie Parkplätze, die aber sehr stark frequentiert sind. Die nächsten Pkw-Parkmöglichkeiten befinden sich neben dem Bibliothekstrakt bzw. in der dortigen Tiefgarage sowie am Gebäudetrakt A3 (siehe S. 333). Falls dort keine Parkplätze zur Verfügung stehen, so empfehlen wir, auf den etwas weiter entfernt liegenden Parkplatz des Universitätsstandorts Wechloy (Carl-von-Ossietzky Straße 9-11) auszuweichen.

### Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln:

- Gegen Vorlage Ihres Tagungsausweises können Sie die öffentlichen Verkehrsmittel (VWG) kostenlos nutzen.
- Vom Oldenburger Hauptbahnhof (ZOB) können Sie mit der Linie 306 (Richtung „Carl-von-Ossietzky-Str.“) und 310 (Richtung „Wehnen/Familia-Center“) bis zur Haltestelle „Universität“ fahren. Direkt gegenüber der Haltestelle befindet sich das Veranstaltungsgelände mit dem Audimax.
- Eine elektronische Fahrplanauskunft finden Sie unter:  
<http://www.uni-oldenburg.de/kontakt/oepnv/e-fahrplan/>

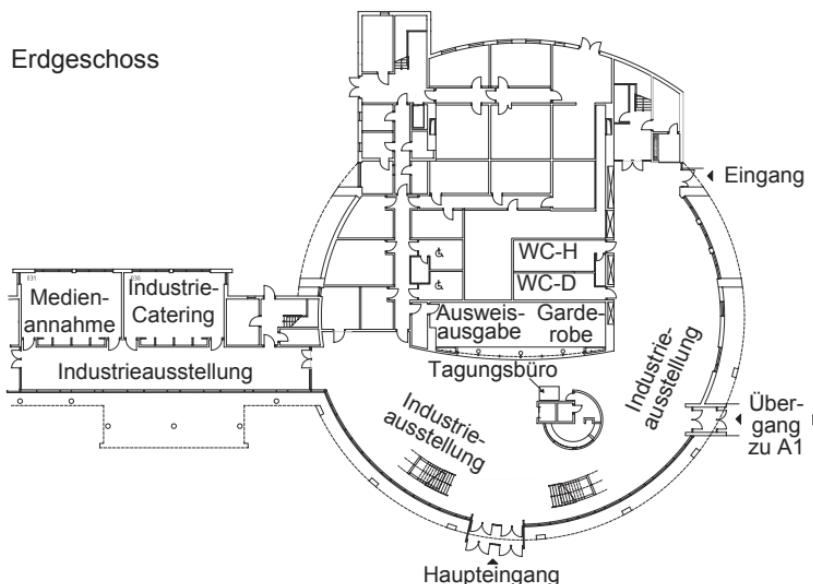
## Lage- und Raumpläne

### Campusplan der Universität Oldenburg

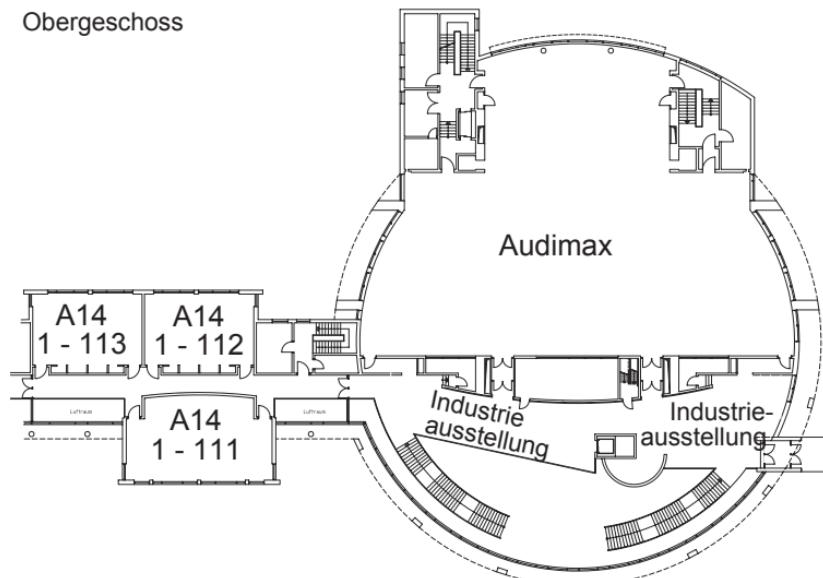


## Gebäude- und Raumpläne der Universität Oldenburg

### Gebäude A14 (Hörsaalzentrum)

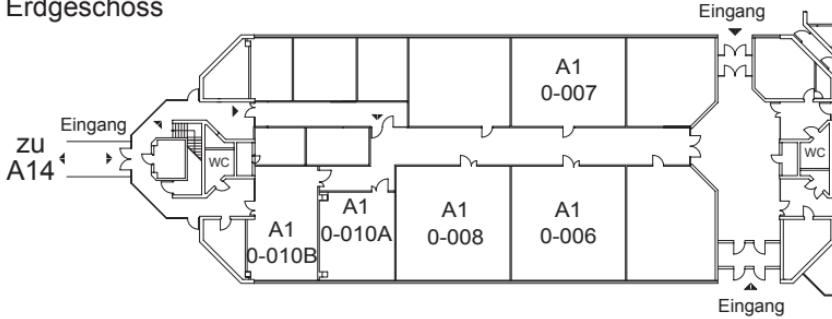


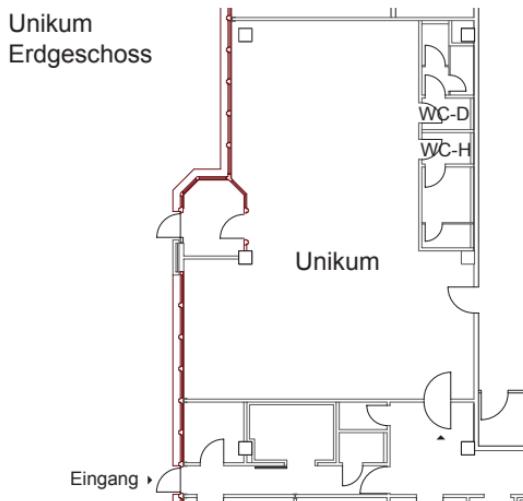
### Obergeschoss



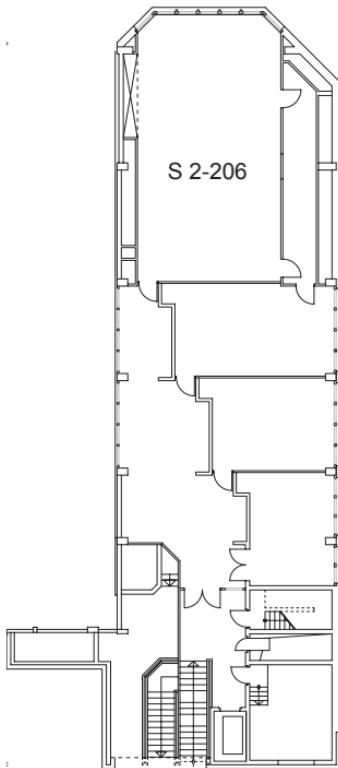
**Gebäude A1**

Erdgeschoss

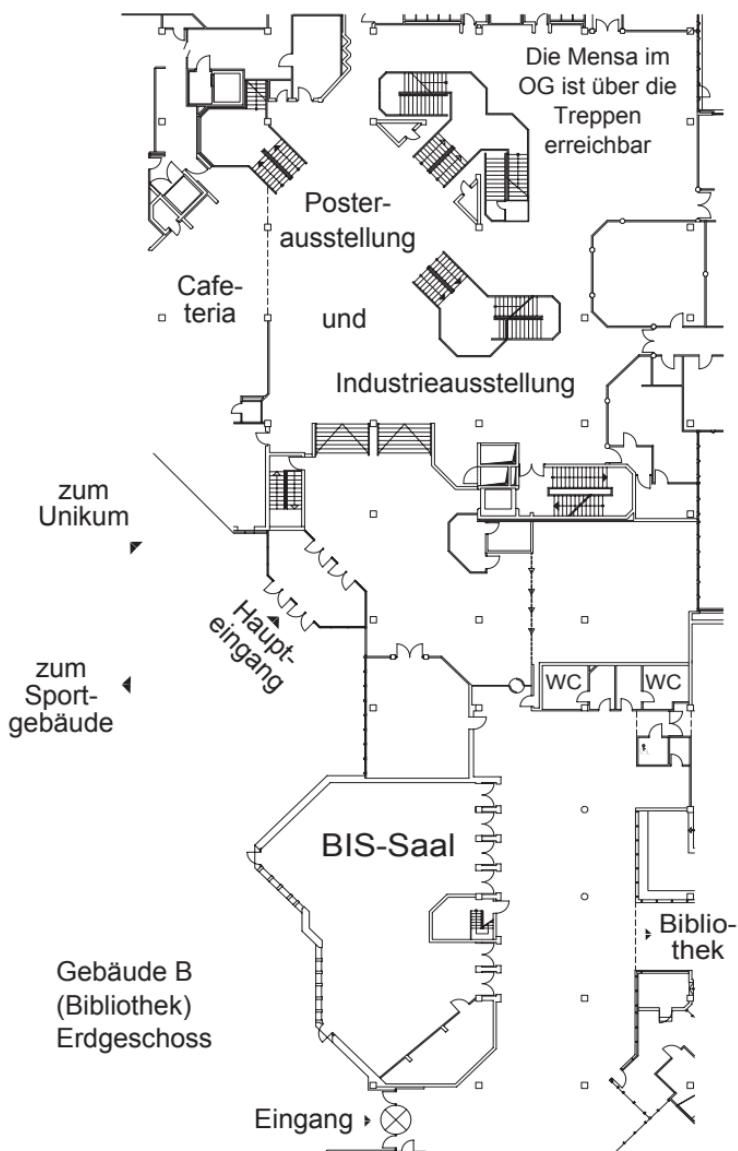


**Bereich Mensa / Bibliothek / Unikum / Gebäude S (Sport)**

Gebäude S (Sport)  
2. Obergeschoss

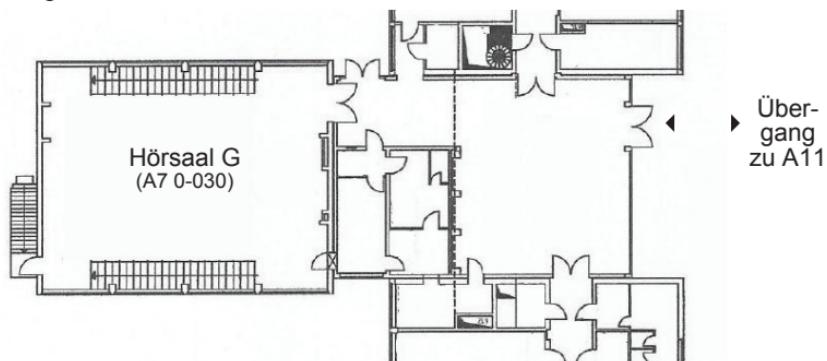


## Mensa-Foyer (Erdgeschoss)



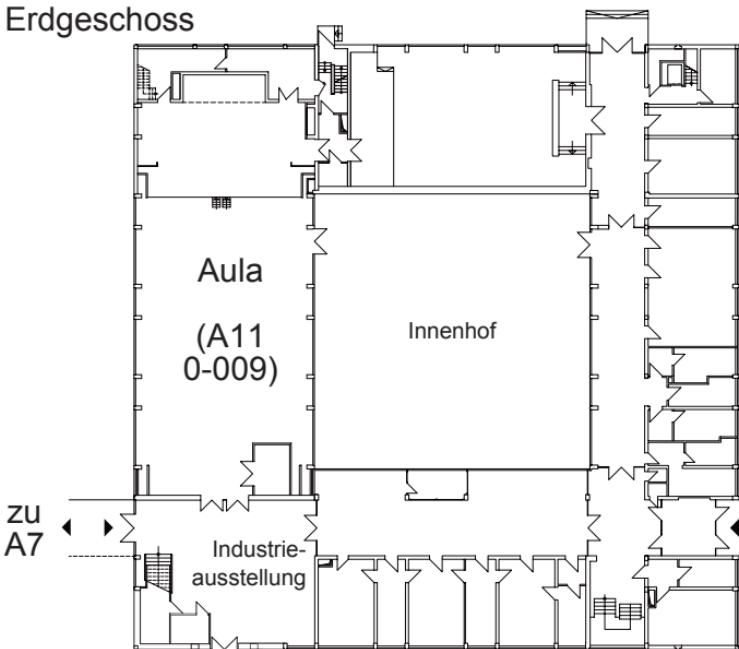
**Gebäude A7 - Hörsaal G**

Erdgeschoss

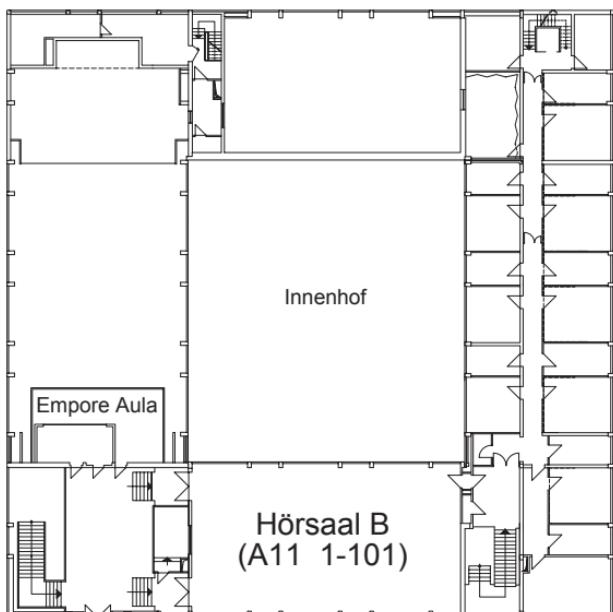


**Gebäude A11 - Aula und Hörsaal B**

Erdgeschoss



1. Obergeschoss



## **Wegbeschreibung zum Staatstheater**

### **Mit Bus**

Von der Universität aus die Bushaltestelle Universität/ Ammerländer Heerstraße nutzen, mit der Buslinie 306 oder 310 (Richtung ZOB) zur Haltestelle Julius-Mosen-Platz. Rechts auf den Theaterwall und nach ca. 250 m befindet sich auf der rechten Straßenseite das Staatstheater. Alternativ: Ulhornsweg ca. 700m Richtung Süden zur Haltestelle Uhlhornsweg/ Bloherfelder Str., mit der Buslinie 309 (Richtung Ohmstede oder Wahnbek) zur Haltestelle Theater oder mit der Buslinie 324 (Ostring) zur Haltestelle Pulverturm.

Vom ZOB aus (Hbf. Ausgang Stadtmitte) mit den Buslinien 306 (Richtung Universität), 308 oder 310 (Richtung Wehnen) bis zum Julius-Mosen-Platz, oder mit Nr. 309 bis zur Haltestelle Theater, oder mit den Buslinien 301, 322 oder 324 bis zur Haltestelle Pulverturm.

### **Zu Fuß oder mit dem Auto**

Von der Universität aus die Ammerländer Heerstraße Richtung Süd-Osten nehmen, welche nach ca. 1,4 km zur Ofener Straße wird. Dieser folgen Sie ca. 2,5 km bis zum Julius-Mosen-Platz und biegen dann rechts auf den Theaterwall ein. Auf der rechten Seite sehen Sie dann nach ca. 230 m das Staatstheater Oldenburg. Laufzeit ca. 30 Minuten. Parkmöglichkeiten finden Sie u.a. in der Tiefgarage gegenüber dem Staatstheater.

Vom Hauptbahnhof aus ca. 15 Gehminuten: Geradeaus in die Kaiserstraße abbiegen, dann rechts den »Stau« entlang, an der Fußgängerampel die Straße nach links überqueren, dann in die Fußgängerzone und immer geradeaus (Staustraße, Schüttingstraße, Gaststraße) bis zum Staatstheater.

## Verzeichnis der Autoren

Abdelaziz, Ahmed Hussen	185	Becker-Schweitzer, Jörg	132, 165, 166, 167, 296
Abele, Martin	193	Behler, Gottfried	47, 157
Abshagen, Jan	304	Behrens, Tobias	257
Achs, Günther	100	Beilfuss, Ivo	93
Adam, Frank	232	Bein, Thilo	60, 264
Aderhold, Jacob	93	Belis, Robrecht	118
Adrian, Jens-Alrik	181, 293	Belleville, Virginie	61
Ahlefeldt, Thomas	285	Bellmann, Michael	228, 233
Ahnert, Wolfgang	257	Belschner, Torsten	115
Altenhein, Kerstin	291	Bendixen, Alexandra	209
Altinsoy, Ercan	45, 295, 310	Berkefeld, Tobias	284
Anagiotos, Andreas	254	Berning, Simon	93
Anemüller, Jörn	172	Bernschütz, Benjamin	71
Angster, Judit	83, 84, 255	Bertels, Werner	323
Aoki, Yohko	196	Berwein, Angelika	112
Arend, Johannes	143	Betgen, Benjamin	277
Argentieri, Sylvain	207	Bethke, Christian	247
Arndt, Randolph	149	Betke, Klaus	227, 227
Arnold, Benjamin	147	Beutner, Dirk	254
Arsic, Dejan	110, 247	Beyer, Michael	222
Artmann, Gerhard	223	Bharadwaj, Hari	202
Ascherl, Eva-Maria	78	Biberger, Thomas	212
Asendorf, René	91	Biedermann, Till	148, 287, 287
Aspöck, Lukas	71	Biermann, Jan	190
Augsburg, Klaus	119	Biermeier, Thomas	111, 291
Augusztinowicz, Fülöp	84, 192	Bierögel, Christian	169
Aydoun, Racha	59	Bietz, Heinrich	66
Bacher, Stefan	263	Bitzer, Joerg	68, 93, 181, 293
Bader, Nicki	169	Blanchet, Denis	58, 292
Balon, Ben	261	Blaschke, Ralf	111, 291
Banchs-Piqué, Miquel	316	Blau, Matthias	47, 73, 90, 91, 146
Banken, Svenja	272	Blauert, Jens	138, 207
Barti, Endre	60	Bodden, Markus	115
Bartolomaeus, Wolfram	163	Böck, Dennis	241
Baschke, Manuel	193	Böhmk, Jenny	278
Batko, Wojciech	326	Boehm, Reiner	317
Bauer, Beat	172	Bös, Joachim	86, 98, 99, 114, 116, 246, 249, 264, 264, 270
Bauer, Juergen	159	Bomhardt, Ramona	134, 272
Baumann, Uwe	89	Boonen, Rene	318
Baumgart, Johannes	88	Borisuk, Andriy	302
Baumgartner, Robert	203	Bork, Ingolf	131
Beck, Silja C.	197	Bortels, Leslie	118
Becker, Klaus	62	Bouvet, Pascal	59, 61, 226
Becker, Sebastian	201, 202	Bovtun, Viktor	253
Becker, Stefan	108, 111, 151, 289,		
	291		

Braasch, Jonas .....	207	Czuka, Martin .....	114
Brabandt, Ines .....	100, 260	Dahlhaus, Frank .....	232
Brand, Carl Robert .....	153	Dalga, Derya .....	48
Brand, Thomas ....	175, 239, 208	Danès, Patrick .....	207
Brandao, Eric .....	72	Dannemann, Martin ...	66, 99, 161
Brandes, Moritz .....	170	Dantscher, Sandra .....	79
Brandstätt, Peter .....	293	Daschewski, Maxim .....	317
Brandstetter, Klaus-Dieter ....	262	Dau, Torsten ...	135, 207, 207, 242
Brantner, Bernd .....	149	De Gennaro, Michele .....	289
Braunstein, Gert .....	279	de Leeuw, Dick .....	259
Brendel, Andreas .....	183	De Silva, Angelo .....	138
Brezas, Spyros .....	225	de Vries, Diemer .....	189
Brinkman, Arjen .....	252	de Weer, Dirk .....	250
Brinkmann, Fabian .....	133, 144	Decker, Friedhelm .....	292
Brokmann, Holger .....	256	Demenescu, Liliiana Ramona .	136
Brown, Guy .....	207	Deng, Zhiyong .....	217
Bruns, Tobias .....	91, 173	Deppermann gen. Esser, Matthias	
Bschorr, Oskar .....	95, 215		188
Buchschmid, Martin ....	124, 195	Diederichs, Ansgar .....	232
Budde, Christian .....	210	Dietrich, Pascal .....	224
Büchel, Joachim .....	132	Dietz, David .....	262
Büttner, Clemens .....	274	Dietz, Mathias .....	203, 242
Buhl, Mareike .....	243	Dilba, Boris .....	190
Burgschweiger, Ralf ....	303, 305	Doclo, Simon .	47, 48, 56, 92, 244,
Busch, Henning .....	147		245
Caillet, Arnaud .....	58	Döbler, Dirk .....	107
Cairós Barreto, Carlos ..	312, 313,	Dörr, Jasmin .....	291
	314, 315, 316, 317	Dolde, Kai .....	83
Carbonelli, Alexandre .....	61	Dombrowski-Daube, Katja ...	232
Caridi, Domenico .....	289	Domitrović, Hrvoje .....	258
Carolus, Thomas .....	152	Drossel, Welf-Guntram .....	80
Carpentier, Thibaut .....	142	Droste, Volker .....	258
Carrillo Pousa, Graciano ....	246	Duddeck, Fabian .....	192
Caspari, André .....	295	Dupont, Jean-Baptiste .....	59
Cauchi, Benjamin .....	179	Dutilleux, Guillaume .....	320
Charaf, Lalla Amina .....	185	Dutzler, Gerhard .....	290
Charalampous, Panagiotis ...	321	Duvigneau, Fabian .....	118
Châteauvieux-Hellwig, Camille ....	123	Dvorzak, Michaela .....	210
Chen, Haibo .....	196	Ebner, Fabian .....	281, 281
Chen, Jinfeng .....	116	Economou, Panos .....	321
Chen, Leilei .....	196	Ecotière, David .....	320
Christner, Matthias .....	104	Egermann, Hauke .....	298, 299
Ciba, Simon .....	91	Eggenschwiler, Kurt .....	273
Collin, David Jonathan .....	117	Egger, Katharina .....	211
Conter, Marco .....	114, 224, 235	Eilers, Ina .....	131
Cubick, Jens .....	135	Eilers, Thorben .....	217
Czolbe, Christian .....	277, 280	Eisener, Julian .....	312, 313
		Eliseev, Dmitry	223, 305, 306, 306

Ellermeier, Wolfgang	116, 117	Gauterin, Frank	106
Elmer, Karl-Heinz	234	Gebauer, Detlef	105
Engel, Margret Sibylle	164	Gehlken, Malte	190
Engelen, Justus	150	Genuit, Klaus	160
Epe, Christian	148, 156, 171	Gerdes, Frank	231, 231
Epp, Bastian	200	Gerhard, Tom	152
Erbes, Vera	144	Germann, Timo	177
Erdmann, Stefan	169	Gerlach, Stephan	171, 179
Ernst, Daniel	191	Getzmann, Stephan	307
Ernst, Stephan M.A.	243	Geyer, Christoph	121, 123
Escher, Andreas	157	Geyer, Thomas	286
Eulitz, Christian	281, 281	Giering, Kerstin	105
Ewert, Stephan D.	70, 172, 175, 205, 205, 212, 212	Gierlich, Hans Wilhelm	176
Fabris, Christian	237	Gigla, Birger	103
Falkenstein, Michael	307	Gleine, Wolfgang	197, 198
Falquez, Carlos	199	Glöckner, Mandy	161
Fastl, Hugo	46, 109, 129, 172	Gnauck, Marco	267
Favrot, Sylvain	243	Göbl, Michael	100
Feldes, Stefan	177	Görler, Max	231, 231
Fellner, Maria	178, 210	Goetze, Stefan	170, 171, 179, 188
Fels, Janina	134, 136, 137, 272	Goossens, Sebastian	174
Fender, Gesche	192	Gostian, Antoniu-Oreste	254
Feneberg, Gregor	255	Grabinger, Jens	151, 151
Fennel, Florian	149	Grabner, Gottfried	107
Fernandez Comesaña, Daniel	246	Graefe, Christoph	298
Fiala, Péter	72, 188, 192	Graf, Franz	83, 221, 251
Filippatos, Angelos	99	Grams, Philipp	110, 247
Fingscheidt, Tim	187	Graurock, Christian	286
Fink, Michael	219	Grebel, Antje	249
Firtha, Gergely	72	Grimm, Giso	48
Fischer, Heinz-Martin	65, 127	Groh, Jens	174
Fischer, Rosa-Linde	93	Groß, Julia	99
Fišer, Moritz	178	Grosse, Julian	69
Foken, Wolfgang	267	Großmann, Jochen	232
Foy, Cédric	320	Grothe, Timo	88, 268
Frank, Matthias	139	Grützmacher, Volker	42
Frank, Melchior	144	Grzella, Ralf	237
Freese, Nils	131	Grzeszkowski, Mateusz	222
Freigang, Claudia	94	Gündert, Siegfried	228
Frey, Sebastian	129	Guettler, Marcus	97, 319
Frommhold, Philipp	316	Guski, Martin	130
Fuchs, Anna	182	Gutmann, Christian	106
Fuchs, Ingrid	256	Haak, Christian	147
Gaal, Mate	253	Habel, Ute	136
Gabbert, Ulrich	118, 307	Habelt, Bettina	236
Gadermaier, Thassilo	85	Habicht, Julia	297
Gas, Bruno	207	Hackl, Andreas	263
		Häberle, Jürgen	169

---

Haeder, Kristina .....	214	Hohls, Silke .....	111
Häußler, Andreas .....	128	Hohmann, Beat W. ....	75
Hagmüller, Martin .....	182, 210	Hohmann, Volker ...	48, 172, 173,
Hahn, Ephraim .....	273		209, 212, 242, 244
Hahn, Nara .....	135	Hoislbauer, Heinz .....	235, 236
Haltenorth, Ivo .....	260	Hollosi, Danilo .....	171
Haluf, Christopher .....	108	Holstein, Peter .....	119, 169
Hammelmann, Frank .....	324	Holube, Inga .....	89, 214
Hansen, Martin .....	47, 82	Homann, Patrick Tobias .....	222
Hartmann, Michael .....	292	Homm, Anton .....	299
Hartmann, Tino .....	260	Horvat, Marko .....	258
Haverkamp, Michael .....	56, 169	Hots, Jan .....	57, 214
He, Mu .....	217	Hudde, Herbert .....	201, 202
Heckmann, Martin .....	184	Hübelt, Jörn ..	236, 237, 253, 269,
Heeren, Wiebke .....	216		323
Heinen, Dirk ..	223, 305, 306, 306	Hülsmeier, David .....	308
Heinze, Michael .....	167	Hüppé, Andreas .....	151, 288
Heinze, Robert .....	148, 287, 287	Hufenbach, Werner .....	161
Heisterkamp, Alexander .....	44	Humbert, Louis .....	226
Heitmann, Kristof .....	229, 230	Hussong, Jeanette .....	313, 314
Hemmert, Werner .....	95, 206	Huth, Stephan .....	314
Hengst, Klaudius .....	68	Hyronimus, Winfried .....	273
Henning, Bernd .....	218	Iben, Carolin T. ....	205, 205
Hennings, Detlef .....	267	Igelsbach, Andreas .....	266
Hensel, Johannes .....	282, 309	Imbery, Christina ....	86, 297, 297
Herget, Wolfgang .....	293	Jäcker-Cüppers, Michael .....	158
Herhold, Johannes .....	236	Jäschke, Martin .....	102
Herold, Gert .....	245	Jahangir, Payam .....	62
Hertz-Eichenrode, Andreas ..	311, 312	Jakob, André .....	278
Hessinger, Joachim .....	263	Jambrošić, Kristian .....	258
Hettler, Steffen .....	158	Jany, Jörg .....	107
Hey, Lisette .....	125	Jeglitzka, Thomas .....	63
Hiipakka, Marko .....	49	Jensen, Britta .....	86, 297
Hillenbrand, Joachim ..	154, 154	Jeong, Jeong Ho .....	262
Himmelbauer, Johannes .....	221	Johannsen, Kai .....	278
Hintzsche, Matthias .....	105	John, Sebastian .....	99
Hinze, Colin .....	265	Josupeit, Angela .....	209
Hirsch, Hans-Günter .....	52, 185	Jüscké, Matthias .....	310
Hirsch, Karl-Wilhelm ..	323, 324, 324	Jung, Christoph .....	311, 312
Hirsekorn, Sigrun .....	220	Jung, Oliver .....	54
Hládek, L'uboš .....	241	Jungmann, Jan Ole .....	180, 180
Hobracht, Marcus .....	286	Käsbach, Johannes .....	242
Höchstetter, Marius .....	307	Kaltenbacher, Manfred .	151, 151,
Hoever, Carsten .....	61		249, 288
Hoffmann, Rüdiger .....	51, 275	Kameier, Frank ....	148, 167, 269,
Hohenwarter, Dieter .....	320		287, 287
		Karger, Marius .....	194
		Karimi, Roozbeh .....	104

---

Kasess, Christian .....	191	Krause, Ralph .....	237
Kayser, Hendrik .....	172	Krause, Uli .....	266
Kellermann, Walter .....	183	Krauss, Oliver .....	106
Kern, Harald Joachim .....	294	Krawczyk, Martin .....	177
Kettler, Frank .....	82, 94, 174	Kremer, Frank .....	185
Keuchel, Sören .....	190	Kreutzbrück, Marc .....	253, 317
Kidd, Jr., Gerald .....	243	Kreutzfeldt, Magali .....	272
Kirchmair, Johannes ....	223, 306	Kreuz, Ulrich .....	80
Kissner, Sven .....	68	Kreuzer, Wolfgang .....	134
Klein, Johannes .....	47, 141	Kreuzinger, Johannes ...	290, 291
Klein-Hennig, Martin .....	242	Kriegisch, Martin .....	235
Kleinhennrich, Christian .....	266	Krimm, Jochen .....	325
Kletschkowski, Thomas ..	248, 248	Krini, Mohamed .....	182
Kling, Christoph .....	283	Kristkeitz, Eric .....	315
Klockgether, Stefan .....	145	Kröber, Stefan .....	284, 284
Klouche, Timour .....	88	Kropp, Wolfgang .....	61
Kluth, Sebastian .....	237	Kropsch, Michael .....	165
Kob, Malte .....	271, 273	Kubiak, Aleksandra .....	179
Koch, Christian .....	310	Kubin, Gernot .....	182
Koch, Iring .....	137, 272	Kühler, Robert .....	282
Koch, Max .....	316	Kühnelt, Helmut .....	289
Köhler, Joachim .....	186	Kühner, Dietrich .....	322
Köhler, Karsten .....	316	Kühner, Till .....	323
Koehler, Mark .....	120, 125	Küter, Dennis .....	304
Köhler, Simon .....	90, 91, 73	Kunze, Holger .....	80
Köhnecke, Felix .....	234	Kurz, Fabian .....	290
Költzscht, Peter .....	274	Kurz, Thomas .....	315
Köster, Friedemann .....	181	Laback, Bernhard ..	203, 211, 309
Kogel, Michael .....	78	Lachmann, Margitta .....	310
Kohlrausch, Armin .....	207	Lam, Yiu. W. ....	144
Kohnen, Michael .....	70	Landgraf, Jürgen .....	310
Kolbe, Frank .....	66, 161	Langer, Patrick .....	97
Kolk, Raphael .....	189	Langer, Sabine .....	122, 197
Kollmannsberger, Stefan ....	121	Langfeldt, Felix .....	197, 198
Kollmeier, Birger ....	49, 179, 187, 208, 243	Langmayr, Daniel .....	289
Kolossa, Dorothea ..	52, 185, 207	Langner, Nomen .....	65
Koomen, Wim .....	252	Lattacher, Sandra .....	178
Kopčo, Norbert .....	241	Laugesen, Søren .....	135
Korany, Noha .....	176	Lautenbach, Margriet ...	130, 250
Korbasiewicz, Marcin .....	246	Lauterborn, Werner .....	316
Kornadt, Oliver .....	125	Lawo, Vera .....	137
Kortlang, Steffen .....	205	Le Goff, Nicolas .....	207, 242
Kostka, Paweł .....	99	Lechner, Christiane .....	316, 316
Krämer, Ewald .....	147	Lechner, Christoph .....	165
Krahé, Detlef .....	160, 266, 217	Leckschat, Dieter .....	156, 171
Kranzusch, Paul .....	171	Lecuru, Sylvestre .....	226
Kraus, Benjamin .....	177	Lensing, Richard .....	306
		Lenz, Karl .....	161

- Lepa, Steffen ..... 144, 294, 295  
Lepage, Marc ..... 82  
Lerch, Reinhard ..... 219, 219  
Letens, Uwe ..... 55, 115  
Lewald, Jörg ..... 307  
Liebl, Andreas ..... 64, 120  
Liegl, Rudolf ..... 263  
Lindau, Alexander ..... 133, 144  
Lindemann, Jutta ..... 253  
Linder, Peter ..... 223, 305, 306  
Linke, Moritz ..... 80  
Linner, Florian ..... 122  
Lins De Souza, Jessica ..... 72  
Lins, Marcia ..... 134  
Lippert, Alexander ..... 316  
Lippert, Stephan .. 197, 198, 229,  
230  
Lippert, Tristan ..... 229, 230  
Lochner, Jonas ..... 309  
Lohrmann, Martin ..... 109  
Lorenz-Kierakiewitz, Klaus-H. 259,  
271  
Lübken, Björn ..... 239  
Lücke, Jörg ..... 53  
Lüers, Jan-Christoffer ..... 254  
Luegmair, Marinus ..... 58, 59  
Luft, Tommy ..... 57, 118  
Lutz, Thorsten ..... 147  
Lutzenberger, Stefan ..... 106  
Machner, Rainer ..... 257  
Maempel, Hans-Joachim 144, 295  
Mändl, Matthias .... 113, 113, 241  
Maiberger, David ..... 206  
Majdak, Piotr . 134, 138, 203, 211,  
309  
Marburg, Steffen 97, 97, 192, 196,  
319  
Marinova, Polina ..... 197, 198  
Marquardt, Daniel ..... 244, 245  
Marquardt, Torsten ..... 203  
Marston, David ..... 144  
Martinez, Sergio ..... 149  
Mason, Christine R. ..... 243  
Mathiak, Klaus ..... 136  
Matuschek, Rainer ..... 227, 227  
Matzura, Felix ..... 174  
Maue, Jürgen ..... 79  
Mauer, Günter ..... 176  
Mauermann, Manfred ..... 212  
May, Tobias ..... 207, 207, 242  
Maysenhölder, Waldemar .... 196  
Mazur, Radoslaw ..... 180, 180  
McAlpine, David ..... 203  
Mecking, Simon ..... 124, 195  
Mehnert, Dieter ..... 275  
Melián Hernández, Amabel .. 123  
Mellert, Volker ..... 47, 74  
Melz, Tobias 86, 98, 99, 114, 116,  
246, 249, 264, 264, 270  
Meng, Fanyu ..... 162  
Menzer, Fritz ..... 132  
Merchel, Sebastian ..... 295  
Mertins, Alfred .... 180, 180, 183  
Mertins, Hans-Christoph ..... 170  
Mettin, Robert 312, 313, 314, 315,  
316, 316, 317  
Metzger, Jochen ..... 249  
Meyer, Andy ..... 107  
Meyer, Bernd T. ..... 51, 184  
Meyer, Tiedo ..... 131  
Miklós, András ..... 83, 84, 255  
Minck, Olivier ..... 226, 226  
Mittag, Gabriel ..... 181  
Mócsai, Tamás ..... 192  
Modler, Niels ..... 66, 99, 161  
Möhler, Ulrich ..... 104, 281, 281  
Möller, Sebastian ..... 268, 181  
Möser, Michael ..... 42  
Mohamady, Samira ..... 195  
Moll, Annika ..... 64  
Mommertz, Eckard ..... 129  
Moritz, Karsten .... 116, 116, 246  
Moritz, Niko ..... 188  
Mottyll, Stephan ..... 313, 314  
Müller, Andreas ..... 121, 123  
Müller, Andreas ..... 234  
Müller, Gerhard ..... 124, 195  
Müller, Gregor ..... 107  
Müller, Harald ..... 272  
Müller, Julia ..... 101  
Müller, Markus ..... 258  
Müller, Menno ..... 245  
Müller, Saskia ..... 313, 314  
Müller, Silvie Yvonne ..... 210  
Müller-Giebel, Mark ..... 128  
Müller-Trapet, Markus ... 157, 225

Münch, Hannes .....	58	Philippen, Bernd .....	109
Murta, Bernardo .....	72	Pichler, Josef .....	123
Myck, Thomas .....	102	Pieper, Iko .....	212
Nagy, Attila Balazs .....	192	Pike, Chris .....	144
Naranjo, José Lucio .....	136	Piorr, Detlef .....	148
Naumann, Kai .....	67	Piscoya, Rafael .....	196
Necciari, Thibaud .....	309	Plotz, Karsten .....	68
Nehls, Georg .....	232	Podlaszewski, Natalia .....	74
Nejedl, Volkmar .....	304	Podolski, Claudia .....	230
Nicoletti, Michele .....	95, 206	Pokorny, Florian .....	83, 251
Niederhofer, Philipp .....	314	Pollow, Martin .....	47, 139, 141, 224
Nocke, Christian .....	131, 258	Pondrom, Perceval .....	114
Nogueira Vazquez, Waldo .....	96	Popko, Reinhild .....	133
Noisternig, Markus .....	142	Prager, Jens .....	222, 317
Nolte, Bodo .....	303, 305	Preukschat, Tim .....	84, 255
Nopp, Peter .....	95	Pritz, Balazs .....	199
Notbohm, Gert .....	80, 167	Probst, Christian .....	119
Oberem, Josefa .....	137	Probst, Fabian .....	103
Oberhauser, Andreas .....	100	Probst, Wolfgang .....	76, 321
Obermayer, Klaus .....	207	Pünder, Tim .....	113
Ochmann, Martin .....	196, 305	Püschel, Dirk .....	44, 47
Ochs, Steffen .....	99, 116, 249	Putner, Jakob .....	109
Ocker, Jörg .....	292	Pysiewicz, Andreas .....	299
Öhler, Sven .....	126	Raabe, Armin .....	251
Oetjen, Arne ...	55, 115, 216, 217	Raake, Alexander ...	138, 204, 207
Oetjen, Henning .....	216	Rabbel, Wolfgang .....	230
Oetting, Dirk .....	91, 173	Rabold, Andreas ...	121, 122, 123,
Olfert, Sergei .....	218		263
Opdam, Rob .....	189	Rader, Tobias .....	89
Ortscheid, Jens .....	102	Raffel, Knut .....	118
Paillasseur, Sébastien ...	226, 226	Rainer, Harald .....	210
Pantle, Iris .....	199	Rank, Ernst .....	121
Papsdorf, Gunther .....	253	Rasumow, Eugen .....	47, 73, 146
Pascher, Ingmar .....	300	Receveur, Simon .....	187
Paschereit, Oliver .....	287, 287	Reed, Darrin K. ....	240
Paul, Stephan .....	72	Rehr, Robert .....	177
Pazen, David .....	254	Reichart, Urs .....	276
Pelzer, Sönke .....	70, 71, 136	Reiche, Martin .....	209
Perez Palacios, Ander Gaspar	141	Reichenberger, Johann .....	279
Pernkopf, Franz .....	83	Reimes, Jan .....	176
Peschel, Ulrich .....	235	Reinhold, Steffi .....	127
Petović, Antonio .....	258	Remmers, Patrick .....	233
Petrenko, Johannes .....	165	Rennies, Jan	56, 82, 91, 173, 179,
Peusch, Andreas .....	237		208, 214, 308
Pfeil, Florian .....	154, 154	Retka, Stefanie .....	200
Pfleiderer, Klaus .....	54	Rettberg, Till .....	142
Pflieger, Rachel .....	317	Reuter, Christoph .....	85, 87, 271
Phan, Huy .....	183	Reuter, Fabian .....	314, 316

Rexeis, Susanne .....	221	Schmidt, Jan-Henning .....	122
Richardt, Stefan .....	236, 237	Schmidt, Katharina .....	68
Richter, Jan-Gerrit .....	136, 272	Schmidt, Manfred .....	75
Riesberg, Florian .....	100	Schmidtke, Edgar .....	303
Ritterstaedt, Uwe .....	112	Schmoch, Hinrich .....	129
Rodemer, Klaus .....	182	Schneider, Julia .....	312, 317
Roegiers, David .....	138	Schneider, Martin .....	275
Rose, Armin .....	232	Schneider, Martin .....	65
Rottengruber, Hermann ..	57, 118	Schoenmaker, Esther .....	239
Rucz, Péter .....	83, 84, 188	Schoenwald, Stefan .....	67
Rudnicki, Marek .....	206	Scholl, Werner .....	66, 119, 125
Rudolf, Michael .....	122	Scholz, Franziska ..	223, 306, 306
Rümmler, Norbert .....	100, 260	Schorer, Edwin .....	78
Ruhnau, Marcel .....	230	Schrader, Peter .....	118
Ruhnau, Mirko .....	237	Schramm, Markus .....	122, 123
Rupitsch, Stefan J. ....	219, 219	Schröder, Jens .....	170
Rurkowska, Katherina .....	197	Schubotz, Wiebke .....	175
Sachau, Delf ..	193, 265, 265, 266	Schuldt, Burkhard .....	232
Sachse, Daniel .....	63	Schulte-Fortkamp, Brigitte ...	159,
Sadra, Daniel .....	248, 248		309
Saft, Merle .....	82, 179	Schultz, Frank .....	140
Salz, Dorothea .....	280	Schultz, Tanja .....	50
Sanavi, Ali .....	123	Schulz, Alexander .....	193
Sandner, Michael .....	265	Schulz, Detlef .....	269
Sankowsky-Rothe, Tobias ..	90, 91	Schulz, Jan .....	108
Santurette, Sébastien .....	135	Schulze, Christian ..	236, 237, 253
Sarradj, Ennes .....	245, 283, 286	Schulze, Stephan .....	300
Sas, Paul .....	318	Schwarz, Andreas .....	183
Satongar, Darius .....	144	Schwarzer, Michael .....	60
Savitski, Dzmitry .....	119	Schwertfirm, Florian ..	290, 291
Schaal, Clarissa .....	98	Seeber, Bernhard U. ....	94
Schaal, Jochen .....	104, 279	Seidel, Jochen .....	68
Schädler, Marc René ..	205, 187	Seidler, Hannes .....	155
Schäfer, Ingo .....	303, 305	Seifert, Jonathan .....	260
Schäfer, Sönke .....	266	Serafimov, Radi .....	94, 174
Schäl, Stefan .....	301	Sessler, Gerhard M. ....	154, 154
Schafberger, Jürgen	113, 113, 241	Sesterhenn, Jörn .....	286
Schanda, Ulrich .....	123, 124, 195	Seuken, Peer .....	156
Scharrer, Thomas .....	219	Seume, Jörg .....	153
Scheck, Jochen .....	127	Shabtai, Noam R. ....	224
Scheit, Christoph .....	151	Shera, Christopher .....	202
Schell-Majoore, Lena .....	308	Shinn-Cunningham, Barbara ..	202
Schepker, Henning ..	56, 92, 214	Sickert, Peter .....	77
Schettke, Marc .....	273	Siddiq, Saleh .....	87
Schleich, Peter .....	95	Siegel, André .....	74
Schlittenlacher, Josef ..	116, 116,	Siegitz, Robert .....	280
	117	Siegmund, Silvester .....	80
Schmelzer, Martin .....	318	Simon, Lars Hendrik .....	222

Skjellerup, Peter .....	229	Thyes, Christian .....	86, 264
Skoda, Romuald .....	313, 314	Tijs, Emiel .....	252
Skoda, Sabrina .....	166, 167	Töpken, Stephan .....	213
Skowronek, Adam .....	246	Tokuno, Hironori .....	292
Skowronek, Janto .....	138	Tomczyszyn, Thomas .....	179
Sobisch, Marius .....	117	Tomoriová, Beáta .....	241
Sobotta, Reinhard .....	311, 312	Torres, Julio Cesar Boscher ..	136
Söhnholz, Hendrik .....	315	Toward, Martin .....	277
Søndergaard, Peter .....	138	Trinkl, Klaus .....	59
Sottek, Roland .....	54	Tröbs, Hans-Martin .....	67
Späh, Moritz .....	64, 120, 125	Troge, Jan .....	80
Spehr, Carsten .....	284, 284	Trutin, Mirko .....	117
Spille, Constantin .....	184	Tschesche, Johannes ...	86, 114,
Spors, Sascha	135, 140, 140, 142,		264
	204, 207	Ungeheuer, Elena .....	295
Squicciarini, Giacomo .....	277	van de Par, Steven	47, 55, 69, 70,
Stache, Martin .....	97		73, 74, 77, 115, 128, 145, 157,
Stade, Philipp .....	143		162, 206, 228, 239, 239, 240, 245,
Stadtschnitzer, Michael .....	186		308
Stahl, Simon .....	199	van Dijk, Pim .....	200
Stalder, Michael .....	147	Vandenbulck, Eric .....	318
Stampka, Katja .....	286	Vartanian, Christian .....	226
Stange-Kölling, Sylvia .....	63, 66	Vercammen, Martijn .....	250, 259
Stark, Wolfgang .....	253	Verfers, Sebastian .	223, 305, 306
Steffens, Jochen ..	132, 165, 166,	Verhey, Jesko ...	55, 57, 214, 216,
	167		239, 271, 307
Stein, Daniel .....	186	Verhulst, Sarah .....	202
Stever, Johanna .....	86, 297	Veric, Svenja .....	279
Stiller, Dietmar .....	304	Versümer, Siegbert .....	296
Stirnemann, Alfred .....	90, 91	Vietoris, Aurel .....	108
Stockmann, Erich .....	80	Vincent, Emmanuel .....	162
Stoltenberg, Arne .....	302	Völk, Florian .....	46, 76
Stritzelberger, Bernd .....	194	Völkel, Katharina .....	318
Sukalo, Drazenko .....	155	Völkerling, Jan .....	146
Sukowski, Helga .....	77, 206	Völtl, Raphael .....	124
Surlykke, Annemarie .....	43	Vogel, Albert .....	125
Sutor, Alexander .....	219	Vogelsang, Berthold M. ....	322
Szpruch, Tal .....	142	Vogt-Sädler, Dagmar .....	112
Tabuchi, Hisaaki .....	309	Volgenandt, Andreas .....	91
Tauchert, Aylin .....	117	Volz, Rudi .....	278
Tchorz, Jürgen .....	103	von Estorff, Otto ...	190, 190, 193,
Techen, Holger .....	325		194, 194, 197, 198, 199, 229, 230
Telle, Aulis .....	111	von Fischer, Sabine .....	273
Tenenbaum, Roberto Aizik ...	136	von Gablenz, Petra .....	89
Tharandt, Andreas .....	119, 169	Vorländer, Michael ....	47, 70, 71,
Thiele, Jan .....	100		128, 130, 136, 139, 141, 145, 189,
Thiemann, Joachim .....	162, 245		195, 224, 224, 225
Thompson, David J. ....	277	Vorländer, Tobias .....	82

Voss, Karsten .....	267	Wilk, Eva .....	174
Vrabl, Olivia .....	271	Wilken, Dennis .....	230
Wahl, Tim .....	148	Wilkens, Volker .....	222
Waloschek, Simon .....	268, 273	Willam, Marvin .....	306
Wandel, Martin .....	265, 265	Willhaus, Jan .....	181
Warusfel, Olivier .....	142	Wilson, D. Keith .....	322
Warzybok, Anna .....	208	Windelberg, Dirk .....	163
Waubke, Holger .....	191	Winter, Christoph .....	124, 195
Weber, Johannes .....	151	Wirtz, Christian .....	95, 206
Weber, Lutz ...	64, 120, 125, 126, 262	Wit, Hero .....	200
Weber, Reinhard	55, 86, 115, 157, 213, 216, 297, 297	Witew, Ingo .....	128
Weber, Steffen .....	168	Wittstock, Volker	63, 66, 122, 125, 225, 247, 252, 318
Weber-Krüger, Anne .....	273	Wolf, Susann .....	253
Wefers, Frank .....	145	Wolff, Andrea .....	81
Wehr, Reinhard ....	114, 224, 235	Wolff, Matthias .....	51
Weinandy, René .....	276	Wolff, Oliver .....	127
Weinzierl, Stefan ...	46, 133, 144, 274, 295	Xu, Xiao .....	127
Weißenberger, Tobias .....	89	Yang, Lifang .....	162
Wellmann, Jan .....	188	Yilmaz, Cem .....	117
Wellner, Frohmut .....	253	Zaleski, Olgierd .....	190
Wendt, Torben .....	70	Zannin, Paulo H. Trombetta ..	164
Westermann, Tilo .....	268	Zanon, Alessandro .....	289
Westphal, Torsten .....	64	Zeiler, Steffen .....	185
Wickern, Gerhard .....	291	Zemp, Armin .....	67
Wickmann, Stefan .....	223, 305	Zenger, Florian .....	289
Widmann, Andreas .....	209	Zerbs, Carsten .....	234, 300
Wiebusch, Christopher .	223, 305, 306, 306	Ziegelwanger, Harald .....	134
Wierstorf, Hagen .....	140, 204	Ziegenhals, Gunter .....	85
Wiesenegger, Michael .....	107	Ziemann, Astrid .....	322
		Zierke, Simon .	223, 305, 306, 306
		Zollitsch, Dieter .....	104, 279
		Zuleeg, Ralf .....	104, 172

## Sitzungen während der Tagung

Vorläufige Terminübersicht; die Angaben können sich ggf. noch ändern.  
Die endgültigen Anfangszeiten und Räume der Sitzungen werden im nächsten DEGA-Sprachrohr veröffentlicht.

### Montag, 10. März 2014

16:00 - 17:00	„Young Professionals - Icebreaker“	A1 0-010b
17:00	DEGA-Mitgliederversammlung	Aula

### Dienstag, 11. März 2014

12:30 - 14:30	Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD)	Unikum
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Elektroakustik	Hörsaal B
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Musikalische Akustik	A1 0-007
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Strömungsakustik	A1 0-006
18:00	„Young Professionals Meeting“	A1 0-008

### Mittwoch, 12. März 2014

13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Bau- und Raumakustik	Aula
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Fahrzeugakustik	Audimax
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Hörakustik	A1 0-008
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Sprachakustik	A1 0-006
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Ultraschall	A14 1-112

### Donnerstag, 13. März 2014

13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz	Unikum
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Lehre der Akustik	Hörsaal G
13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Physikalische Akustik	A14 1-112

**DAGA 2014 - Anmeldung zur Teilnahme**

Für jede teilnehmende Person bitte jeweils ein Formular verwenden.

Titel, Vorname, Name: \_\_\_\_\_

Anschrift: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

E-Mail: \_\_\_\_\_

**Tagungsgebühr**

Zutreffende Klasse gemäß Tabelle auf Seite 34 wählen und ankreuzen:

Klasse:  1  2  3  4  5  6  7

Früh-/Spätbucher:  früh  spät

Tagungsband zusätzlich gedruckt:  (Aufpreis 80,- €)

Tagungsgebühr: \_\_\_\_\_ €

**Zahlungsweise** (Zutreffendes bitte ankreuzen):

per SEPA-Lastschriftmandat

Zahlungsempfänger: DEGA e.V., Voltastraße 5, Gebäude 10-6, 13355 Berlin  
Gläubiger-ID: DE39ZZZ00000147774

Mandatsreferenz: wird in der Rechnung mitgeteilt

Ich ermächtige die DEGA e.V., die Zahlung von meinem Konto mittels Lastschrift einzuziehen. Zugleich weise ich mein Kreditinstitut an, die von der DEGA e.V. auf mein Konto gezogene Lastschrift einzulösen. Hinweis: Ich kann innerhalb von 8 Wochen, beginnend mit dem Belastungsdatum, die Erstattung des belasteten Betrages verlangen. Es gelten dabei die mit meinem Kreditinstitut vereinbarten Bedingungen.

IBAN: \_\_\_\_\_

BIC: \_\_\_\_\_ Kontoinhaber: \_\_\_\_\_

Ich überweise den Beitrag auf das Konto der DEGA e.V.

Hierzu wird Ihnen eine Rechnung als PDF an Ihre E-Mail-Adresse zugeschickt (oder - falls keine E-Mail angegeben: per Post).

Ausland: Zahlung per Kreditkarte:

Eurocard/Mastercard  Visa  American Express

Karten-Inhaber: \_\_\_\_\_ Verfallsdatum: \_\_\_\_\_

Karten-Nummer: \_\_\_\_\_

Ich akzeptiere die allgemeinen Geschäftsbedingungen

(siehe [www.dega-akustik.de/aktuelles/dokumente/daga\\_agb\\_d.pdf](http://www.dega-akustik.de/aktuelles/dokumente/daga_agb_d.pdf))

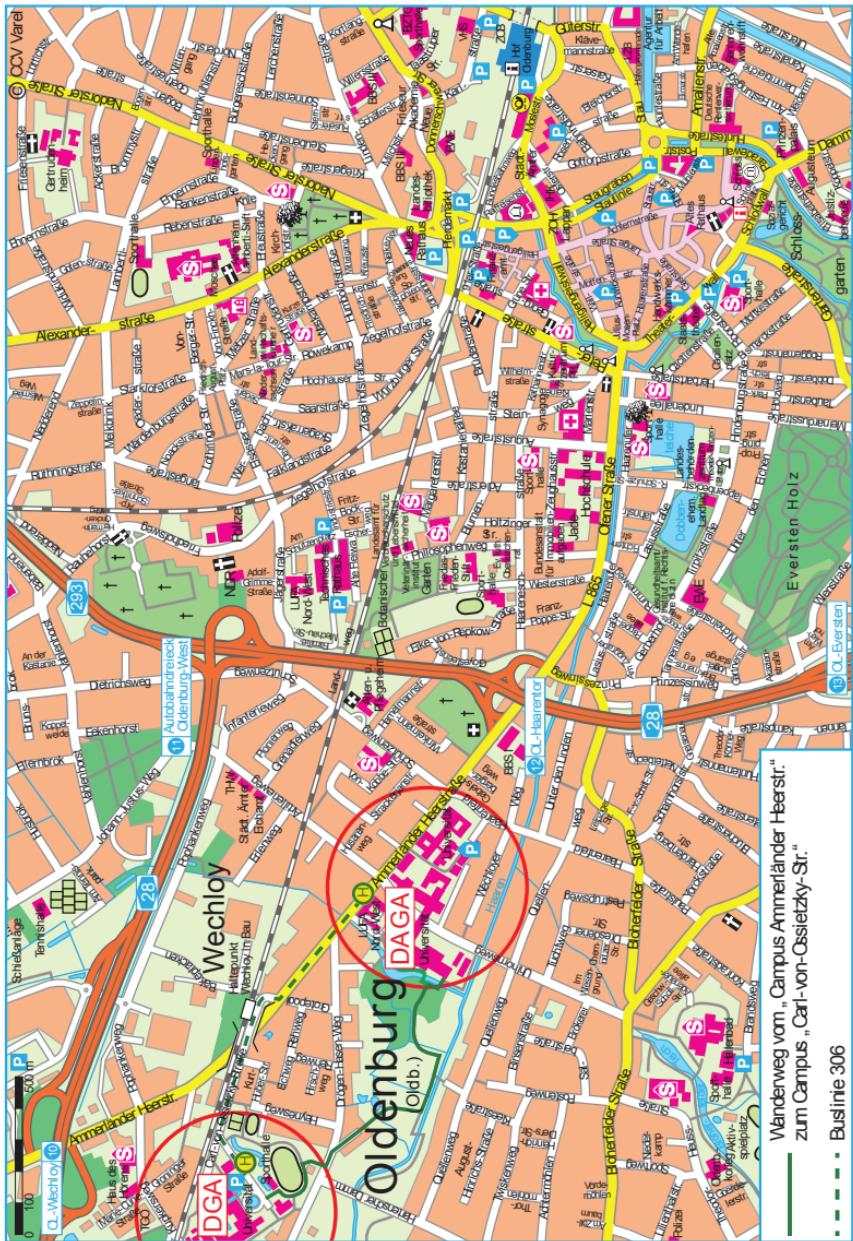
und melde mich verbindlich zur Jahrestagung DAGA 2014 an:

Datum und Unterschrift: \_\_\_\_\_

**Senden Sie bitte das ausgefüllte Formular an:**

DEGA e.V., Geschäftsstelle, Voltastr. 5, Geb. 10-6, 13355 Berlin

Fax: +49 (0)30 340 60 38-10



Wanderweg vom „Campus Ammerländer Heerstr.“ zum Campus „Carl-von-Ossietzky-Str.“