DAGA 2012
DARMSTADT

38. JAHRESTAGUNG FÜR AKUSTIK

19. – 22. März 2012

PROGRAMM



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT





Programmheft

DAGA 2012 – 38. Deutsche Jahrestagung für Akustik

Homepage: www.daga2012.de
E-Mail: info@daga2012.de

Veranstalter:

- Technische Universität Darmstadt
- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA)

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 -
Dr. Martin Klemenz
Voltastraße 5
Gebäude 10-6
13355 Berlin
Telefon: +49 30 46 06 94-63
Fax: +49 30 46 06 94-70
Homepage: www.dega-akustik.de
E-Mail: dega@dega-akustik.de

Kontakttelefon und -fax während der Tagung:

Telefon: +49 6151 7806-801
Fax: +49 6151 7806-856

Druck:

Druckhaus Galrev, Berlin

Inhaltsverzeichnis

Zeitpläne 4
Grußwort der Tagungsleitung 18
Hinweise zur Tagung 20
Preise der DEGA 38
Plenarvorträge 40

Vorkolloquien Montag 43
Fahrzeugakustik 43
Maschinenakustik (inkl. Strömungsmaschinen) 48
Psychoakustik: Überschwellige Messung von Hörempfindungen 53

Fachvorträge und Poster Dienstag 58
Geschichte der Akustik 58
E-Mobilität und Akustik 62
Geräuschbeurteilung 64
Geräuschbeurteilung (Poster) 65
Maschinenakustik 1 67
Bauakustik 1 72
Bauakustik (Poster) 78
Virtuelle Akustik 1 80
Virtuelle Akustik (Poster) 85
Numerische Optimierung in der Akustik 86
Numerische Akustik 1 87
Numerische Akustik (Poster) 91
Strömungsakustik 93
Strömungsakustik (Poster) 98
Strategien zur Minderung des Schienenverkehrslärms 1 . . 99
Psychoakustik 1 103
Psychoakustik (Poster) 108
Elektroakustik 110
Elektroakustik (Poster) 113
Audiotechnik 114
Audiotechnik (Poster) 115
Hydroakustik: Quellenidentifikation, Schallausbreitung, Kommunikation 116
Sprachverarbeitung 121
Sprachverarbeitung (Poster) 126
Physikalische Eigenschaften von Musikinstrumenten 1 . . . 128
Physikalische Eigenschaften von Musikinstrumenten (Poster) 133

Umgebungslärm, Lärmkartierung, Aktionsplanung 134
Lehre der Akustik (Poster) 138

Fachvorträge und Poster Mittwoch 139
Fahrzeugakustik 139
Fahrzeugakustik (Poster) 147
Maschinenakustik 2 148
Raumakustik 1 151
Raumakustik (Poster) 156
Bauakustik 2 157
Virtuelle Akustik 2 166
Räumliches Hören 171
Räumliches Hören (Poster) 174
Numerische Akustik 2 175
Audiologische Akustik 1 182
Audiologische Akustik (Poster) 184
Lärm am Arbeitsplatz 186
Strategien zur Minderung des Schienenverkehrslärms 2 . . 195
Tieffrequenter Schall 201
Psychoakustik 2 204
Akustische Messtechnik 1 212
Akustische Messtechnik (Poster) 221
Lehre der Akustik 222
Kavitation und Leistungsultraschall 223
Signalverarbeitung 230
Körperschall 232
Physikalische Eigenschaften von Musikinstrumenten 2 . . . 237
Robuste Spracherkennung 239
Soundscape 242
Auditive Wahrnehmung und multimodale Interaktion 1 . . . 244
Lärmschutz 1 247
Lärmschutz (Poster) 255
Lärmausbreitung (Poster) 257
Hydroakustik (Poster) 257
Medizinische Akustik (Poster) 258
Physikalische Akustik (Poster) 258
Ultraschall (Poster) 259
Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung (Poster) 261

Fachvorträge Donnerstag 262
Aktive akustische Systeme 262
Raumakustik 2 267
Bauakustik 3 272

Entwurf elektromechanischer Systeme der Mikrotechnik und Mechatronik mit Netzwerk- und Finite-Elemente-Methoden . . . 274
Strömungsinduzierte Strukturschwingungen und deren Abstrahlung . . . 280
Technische Akustik . . . 284
Audiologische Akustik 2 . . . 286
Medizinische Akustik . . . 288
Ultraschall . . . 291
Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung . . . 294
Unterwasserschall bei Errichtung und Betrieb von Offshore-Bauwerken . . . 298
Hydroakustik . . . 301
Psychoakustik 3 . . . 303
Physikalische Akustik . . . 305
Lärmausbreitung . . . 306
Akustische Messtechnik 2 . . . 309
Aeroakustische Messtechnik . . . 311
Sprachakustik in der Telekommunikation . . . 314
Adaptronische Ansätze zur Lärm- und Schwingungsminderung . . . 320
Auditive Wahrnehmung und multimodale Interaktion 2 . . . 328
Lärmschutz 2 . . . 334
Lärmwirkungen . . . 335

Lagepläne . . . 347
Raumpläne für das darmstadtium . . . 347
Lageplan der Innenstadt-Mensa . . . 351
Möglichkeiten zum Mittagessen . . . 352
Anreise zum darmstadtium . . . 353

Verzeichnis der Autoren . . . 355

Sitzungen während der Tagung . . . 366

Anmeldeformular . . . 367

Montag, 19. März 2012

	Vorkolloquium: **Fahrzeugakustik**
	Raum germanium 2 (Zusammenlegung der Räume hassium (3.02) und germanium (3.03))
13:00	Beidl: Begrüßung und Einführung
13:10	Schwarz: Automatische Identifizierung und Analyse von NVH-Phänomenen im Fahrzeug auf dem Rollenprüfstand (43)
13:35	Girstmair: Optimierte Echtzeit- und Offline-Simulationsmodelle zur Analyse der Antriebsstrangdynamik und -akustik (44)
14:00	Helfer: Fahrzeug-Aeroakustik bei turbulenter Anströmung (44)
14:25	Pies: Schallentstehung und -ausbreitung in Fahrzeugklimaanlagen (45)
14:50	Pause
15:10	Krüger: Leichtbau im Automobil mit aktiven Abgas-Schalldämpfern (46)
15:35	Stoewer: Anwendung der Strukturintensität in der effizienten Auslegung von Pkw-Strukturen (46)
16:00	Graf: Sound solutions for downsized powertrains (47)

	Vorkolloquium: **Maschinenakustik (inkl. Strömungsmaschinen**)
	Raum helium 2 (Zusammenlegung der Räume neon (3.08) und helium (3.09))
13:00	Bös/Pelz: Begrüßung und Einführung
13:10	Karstadt: Ventilatorlärm (48)
13:35	Kiesbauer: Kavitationsschall bei Industriearmaturen (48)
14:00	Ewert: Schnelle stochastische Methoden zur Vorhersage des breitbandigen Strömungsgeräusches im aeroakustischen Entwurf (49)
14:25	Sinambari: Geräuschreduzierung durch Körperschallisolierung (50)
14:50	Pause
15:10	Bonhoff: Ansätze zur Analyse und Beeinflussung der Körperschallübertragung von Maschinen (50)
15:35	Carl: Psychoakustische Bewertung der Geräuschanregung von Verzahnungen (51)
16:00	Hering: Von der maschinenakustischen Grundgleichung zur Strukturintensität – Alternative Körperschallanalysen (51)

	Vorkolloquium: **Psychoakustik: Überschwellige Messung von Hörempfindungen**
	Raum titanium 2 (Zusammenlegung der Räume vanadium (2.03) und titanium (2.04))
13:00	Ellermeier: Begrüßung und Einführung
13:10	Müller: Lautheitskonstanz oder Range-Effekt? Ein Experiment zur Differenzierung zwischen Wahrnehmung und Skalierungseffekt (53)
13:35	Oberfeld-Twistel: Die spektrotemporale Gewichtung der Lautheit dynamischer Geräusche (54)
14:00	Ellermeier: Quantifizierung des binauralen Lautheitszuwachses durch die Messung von Reaktionszeiten (54)
14:25	Sottek: Binaurale Lautheitswahrnehmung von zeitvarianten Schallen (55)
14:50	Pause
15:10	Weber: Vergleichende psychoakustische Charakterisierung von Klangunterschieden mit Referenzschallen und der Bestimmung des Punktes der subjektiven Gleichheit (56)
15:35	Wickelmaier: Scalinng sound quality using models for paired-comparison and ranking data (56)
16:00	Verhey: Zeitlich kontinuierliche Bewertung der Tonhaltigkeit instationärer Geräusche (57)

15:30-17:00 Uhr, Raum neben dem Tagungsbüro in Ebene 0 („Bewirtung Firmenausstellung“): **„Young Professionals - Icebreaker“** (28)

17:00 Uhr, Raum germanium 2 (Zusammenlegung der Räume hassium (3.02) und germanium (3.03)): **DEGA-Mitgliederversammlung**

Dienstag, 20. März 2012

Spectrum A

9:00 **Eröffnung und Preisverleihung**
- Grußworte und Musik
- Verleihung der Helmholtz-Medaille an Prof. Dr. Wolfgang Fasold (siehe S. 38)
- Verleihung des Lothar-Cremer-Preises an Dr. Franz Zotter (siehe S. 39 und Vortrag um 11:00 Uhr)
- Verleihung der DEGA-Studienpreise an Dipl.-Ing. Felix Dietzsch und Dipl.-Ing. Martin Kunkemöller (siehe S. 39)

10:30 Kaffeepause

11:00 **Plenarvortrag F. Zotter: „Holofonie für Musikinstrumente“** (40)

anschl. **Sektempfang** im Bereich der Posterausstellung hinter den Räumen Spectrum B und Spectrum C

	Spectrum A	Spectrum B	Spectrum C	chromium	vanadium	titanium
	Geschichte der Akustik	**Geräusch-beurteilung**	**Bauakustik 1**	**Virtuelle Akustik 1**	**Numerische Optimierung**	**Strömungs-akustik**
14:00	Scheuren: Ingenieurakustik nach 1950 (58)	Kropsch: Leitfaden Landwirtschaft (64)	Rabold: Altbausanierung Teil 1 (72)	Weinzierl: The SEACEN project (80)	Kurfeß: Parameterfreie Optimierung (86)	Kaltenbacher: Multi-Model Approach (93)
14:25	Schirmer: Walter Reichardt (58)	Andreis: Haushaltgeräte Sound Label (64)	Hessinger: Altbausanierung Teil 2 (72)	Pelzer: Room acoustics simulation (81)	Moosrainer: Bremsenquietschen (86)	Michels: Strömungsgeräusche EIF (94)
					Numerische Akustik 1	
14:50	Kohlrausch: Elevations-wahrnehmung (59)	Putner: Beurteilung Gebläse (65)	Schöpfer: Altbausanierung Teil 3 (73)	Nowak: Auralisation Arraydaten (81)	Kreuzer: BEM im Zeitbereich (87)	Heinemann: Bewegte FW-H (94)
		Maschinen-akustik 1				
15:15	Möller: Geschichte des E-Modells (59)	Milz: Genauigkeitsklassen (67)	Weber: Regen und Schalldämmung (74)	Spors: Range Extrapolation (82)	Marter: TD-BEM für Innenräume (87)	Scheit: Geräusche in Lüftungsanlagen (95)
15:40	Hoffmann: Mechanische Resonatoren (60)	Meister: Messfehler u. Strukturintensität (68)	Bethke: Ringversuch Leichtbauwände (74)	Erbes: Extraaural headphone system (82)	Burgschweiger: Optimierung MLFMM (88)	Zayani: Axialventilatoren-Sichelung (95)
16:05	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster
16:30	Völker: Mikrofonaufnahme und Studiobau (60)	Tamm: Modell Motoranregung (68)	Späh: Trittschall im Holzbau (75)	Weinzierl: Sind Hörversuche subjektiv? (83)	Keuchel: Halbraum FMBEM (88)	Versümer: Schalldämpfer in durchströmten Rohren (96)

	palladium	aurum	hassium	germanium	radon	neon	helium
	Schienen-lärm 1	**Psycho-akustik 1**	**Elektro-akustik**	**Hydroak.: Identifik.**	**Sprach-verarbeitg.**	**Physik von Musikins. 1**	**Umge-bungslärm**
14:00	Klocksin: Lärmschutz an Schiene (99)	Dau: Auditory stream segregation (103)	Corinth: Franke'sche Maschine (110)	Nissen: EMCON unter Wasser (116)	Rexeis: Sprecher-kennung Dysarthrie (121)	Abel: Organ Pipe Syn-chronization (128)	Hintzsche: Umge-bungslärm-richtlinie (134)
14:25	Sperlich: Lärmsanie-rung Schweiz (100)	Seeber: Precedence effect cues (103)	Häußler: In-strumenten-wiedergabe (111)	Fricke: Sonartrans-ponder (116)	Winkler: TETRA Channel ASR (121)	Trommer: Rauheit bei Lippenorgel-pfeifen (128)	Jäschke: Lärm-Ranking Hessen (135)
14:50	Eberle: Strategien der Bundes-länder (100)	Verhey: Bewegungs-wahrneh-mung (104)	Müller: Monopole / dipole cabinets (111)	Homm: Tief- und Flach-wasser (117)	Kowalski: Schätzung ideale bin. Maske (122)	Angster: Dimensio-nierung Rohrflöten (129)	Mummen-they: Datenerhe-bung (135)
15:15	Reichart: TSI Noise Revision (101)	Lübken: Off-frequency BMLD (104)	Seidler: Induktive Höranlagen (112)	Nejedl: Abstrahlung im Freifeld (117)	Simon: Sprachver-ständlichkeit TV (122)	Preukschat: Expressi-onsuntersu-chung (130)	Zacharias: WFS ODEN (136)
15:40	Lutzenber-ger: Europ. Schienen-fahrzeuge (101)	Ernst: FM bei Schwer-hörenden (105)	Krump: Smartpho-nes (112)	Schäfer: Abstrahlung Schiff (118)	Bruemmer-stedt: Speech Assessment (123)	Rucz: Organ pipe resonators (130)	Rauch: Beispiel eines Akti-onsplans (136)
16:05	Jäcker-Cüppers: Schienen-lärm (102)	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster
16:30	Pause / Poster	Klockgether: Directional Binaural Perception (106)	Hillenbrand: Piezoelek-tretmikrofon-Arrays (113)	Gerdes: Uncertainty quantificati-on (118)	Wilson: Asynchrone audiovis. Sprache (124)	Bamberger: Rollenbart Prinzipal-pfeife (131)	Habermehl: Tempo 30 nachts (137)

Dienstag, 20. März 2012 (Fortsetzung)

	Spectrum A	Spectrum B	Spectrum C	chromium	vanadium	titanium
	Geschichte der Akustik	**Maschinen-akustik 1**	**Bauakustik 1**	**Virtuelle Akustik 1**	**Numerische Akustik 1**	**Strömungs-akustik**
16:55	Költzsch: Seebeck-Sirene (61)	Herold: Elektroma-schinenfehler (69)	Gerhaher: Schallent-kopplung im Holzbau (75)	Wierstorf : Psychoak. Wellenfeldsyn-these (83)	Gehlken: Effizienz 2D-MLFMM (89)	Pardowitz: Breitbandlärm in Statorstufe (97)
	E-Mobilität und Akustik					
17:20	Genuit: Psychoakustik für E-Mobility (62)	Franck: Übertragungs-funktion E-Maschinen (70)	Heinzer: Entkoppelung im Holzbau (76)	Völk: Minimum Audible Distance (84)	Baumgartner: Translation in Time-Domain (90)	Reichenber-ger: Abstimmbarer Absorber (97)
17:45	Marla: Außen-geräuschsi-mulation (62)	Klärner: Nichtlineare Dämpfung Kunstoffver-bunde (70)	Schmidt: Trittschallmin-derung Holz (77)	Völk: MAA in Binauraltech-nik (84)	Anderssohn: 3D-Admittanz-Rekonstruk-tion (90)	Geyer: Poröse Tragflügel (98)
18:10	Gergen: Akustik Elektroauto (63)	Thoden: Finite Elemente Design (71)	Völtl: Modalanalyse von Holzdecken (77)	Marentakis: Latency in Monitoring (85)	Bomhardt: FEM komplexe Modalanalyse (91)	

		Geräusch-beurteilung (Poster)	**Bauakustik (Poster)**	**Virtuelle Akustik (Poster)**	**Numerische Akustik (Poster)**	**Strömungs-akustik (Poster)**
15:15-16:55		Engel: Acoustic descriptors (66)	Tröbs: Einmessung Leichtbauprüf-stand (78)	Helwani: Real-Time MIMO Framework (85)	Thöns-Zueva: Asymptotic acoustic equations (91)	Stein: Strömungs-akustik mit OpenFOAM (98)
15:15-16:55		Anjelo: Fitness-gym noise (66)	Einig: Binaur. Aufnahme Trittschall (78)		Rong: Preconditioner for panels (92)	
15:15-16:55		Engel: Environmental noise university (67)	Rurkowska: 2-schalige Bauteile naturfaser (79)		Kaletta: Acoustic TLM boundaries (92)	
15:15-16:55			Mecking: Nachhall Holzdecke (80)			

20:00 Uhr: **Klassisches Konzert** der Sinfonietta Darmstadt (Spectrum A, siehe S. 29)

	palladium	aurum	hassium	germanium	radon	neon	helium
		Psycho-akustik 1	**Elektro-akustik**	**Hydroak.: Identifik.**	**Sprach-verarbeitg.**	**Physik von Musikins. 1**	**Umge-bungslärm**
16:55	17:00: ALD-Mitglieder-versamm-lung (28)	Nitschmann: Interaurale Phasenun-terschiede (106)	Budde: Gemischt-phasige Filter (113)	Stiller: FMCW-Sonar (119)	Freudenber-ger: BWE with Side-Information (124)	Batke: Bewertung Saxophon-spektren (131)	Stapelfeldt: GIS/Akustik Software (137)
			Audio-technik				
17:20	ALD-Mitglieder-versamm-lung	Schoenma-ker: Cocktailpar-ty listening (107)	Mayer: Kinect Microphone Array (114)	Schaer: Optisches Hydrophon (119)	Yu: Musical Tones Mea-surement (125)	Grothe: Lippenkraft Fagottspiel (132)	17:30: Young Pro-fessionals Meeting (28)
17:45	ALD-Mitglieder-versamm-lung	Reed: Noise source late-ralization (107)	Sukalo: 2-OTA-OV-Topologie (115)	Will: Wasserum-strömter Körper (120)	Pastillé: Rückkopp-lungsredu-zierung (125)	Mores: Violin Vowel Quality (132)	Young Pro-fessionals Meeting
18:10	ALD-Mitglieder-versamm-lung	Klein-Hennig: Demask. in Tonkomple-xen (108)		Abshagen: Turbulente Grenz-schichten (120)	Fodor: SNR Measure-ment (125)	Ziegenhals: Endknopf und Stachel (133)	Young Pro-fessionals Meeting

		Psycho-akustik (Poster)	**Elektro-akustik (Poster)**	**Audio-technik (Poster)**	**Sprach-verarbeitg. (Poster)**	**Physik von Musikinstr. (Poster)**	**Lehre der Akustik (Poster)**
15:15-16:55		Maaßen: Lautheit von Sprache (108)	Jungmann: Listening Room Com-pensation (114)	Ihle: Drahtlose Mikrofon-systeme (115)	Reindl: Two-channel front-end (126)	Klouche: Computatio-nal tuning systems (133)	Dietrich: ITA-Toolbox MATLAB (138)
15:15-16:55		Blauert: Binaural Feedback (109)			Hofmann: Klangbild audiovis. Medien (126)	Kim: Analyse des Hägum (134)	
15:15-16:55		Jürgens: Binaurale Lautheits-kurven (109)			Schoenen-berg: Perceived integral quality (127)		
15:15-16:55					Schubotz: Einhüllen-deninforma-tion (127)		

Mittwoch, 21. März 2012

	Spectrum A	Spectrum B	Spectrum C	chromium	vanadium	titanium
	Fahrzeug-akustik	**Maschinen-akustik 2**	**Bauakustik 2**	**Virtuelle Akustik 2**	**Numerische Akustik 2**	**Lärm am Arbeitsplatz**
08:30	Foken: Mini-Bike mit Elektroantrieb (139)		Schneider: zweischalige Haustrenn-wände (157)	Zaar: Spherical Phase Unwrapping (166)	Grabinger: FEM rotierende Systeme (175)	Paulsen: Dummejun-genstreiche (186)
08:55	Kühler: Bewertung Elektrofahr-zeug (139)	Laguna: Schallfeld Tur-bomaschinen (148)	Seidel: Raum-in-Raum Lösung (158)	Weinert: RUB-HRIRs als OpenDAFF (166)	Fuß: Analyse strömendes Fluid (176)	Dantscher: Warnsignale Gleisoberbau (186)
09:20	Skoda: Geräusch / Beschleuni-gung (140)	Münsterjo-hann: Struktur-schwingung Gebläse (149)	Dannemann: Textilbewehrte Betonverbun-de (158)	Wefers: Auralisierung Fluglärm (167)	Mayer: Effizienz Suspace Recycling (176)	Telsnig: Lärm im Fahrlei-tungsbau (187)
09:45	Schiller: Fahrzeug-geräuschvaria-tion (140)	Nitsch: Anregung Zahnräder (149)	Scheck: Trittschall Massivtreppen (159)	Melchior: Cinema 3D WFS (168)	Hoge: Berücksicht. Unsicherhei-ten (177)	Waldmann: Hyperbares Hören (187)
10:10	Binder: Abgasanla-gengeräusche (141)	Skowronek: Elliptische Wälzlager (150)	Schmidt: Geräusche Aufzüge (159)	Pomberger: Constant energy ambisonics (168)	Rescheleit: Konvergenz Ray-Tracing (178)	Schmidt: Einhaltung Ex-positionswerte (188)

11:00 Spectrum A: **Plenarvortrag Karlheinz Brandenburg: „Audio-Qualität: Hörtests, psychoakustisch motivierte Messverfahren und wie weiter?“** (40)

11:45 Spectrum A: **Plenarvortrag Harald Naunheimer: „Getriebe- und Systemakustik“** (41)

12:30 Spectrum A: **Produkt-Forum** (27)

13:00 **Mittagspause**

	Spectrum A	Spectrum B	Spectrum C	chromium	vanadium	titanium
		Raum-akustik 1				
14:00	Jung: Tickern bei Benzinmo-toren (141)	Goossens: Schallfeld in Glaskabine (151)	Liegl: Dämmung von Fensterläden (160)	Zotter: Spherical Slepian functions (169)	Opdam: Wave based simulation (178)	Maue: Ultraschall am Arbeitsplatz (189)
14:25	Altinsoy: Auditaktile Sportlichkeit (142)	Lorenz-Kierakiewitz: Raumakustik Hoftheater (151)	Weidlich: Pumpen tieffreq. Geräusche (161)	Rettberg: Microphone Array Calibration (169)	Piscoya: Dämmung dünner Platten (179)	Sickert: Individueller Gehörschutz (189)
14:50	Bahnert: Reifeneigen-schaften (142)	Lorenz-Kierakiewitz: Hoftheater Renaissance (152)	Becker: Kraft-Zeit-Verlauf Geher (161)	Bernschütz: Spherical Data Visualization (170)	Kletschkowski: Dämpfung von Sitzen (179)	Ebersold: Dämmwirkung von Gehörschutz (190)

	palladium	aurum	hassium	germanium	radon	neon	helium
	Schienen-lärm 2	**Psycho-akustik 2**	**Akustische Messt. 1**	**Lehre der Akustik**	**Signal-verarbeitg.**	**Physik von Musikins. 2**	**Lärm-schutz 1**
08:30	Windelberg: Dosis-Wirkungs-Beziehung (195)	Altinsoy: Haushalts-geräte Sound (204)	Simanowski: Bestimmung Modellpara-meter (212)	Bartelt: Vorlesung Aeroakustik (222)	Merkel: Virtuelle Mikrofone (230)	Schiema: Holzalte-rung (237)	Haltenorth: Außenlärm im Vergleich (247)
08:55	Schrecken-berg: Belästigung im Rheintal (196)	Oetjen: Rauigkeit und Einhül-lendenform (204)	Masiero: Optimized HRTF Mea-surement (213)	Stephenson: Definition 'diffuse soundfield' (223)	Ritter: Echtzeit-Demodula-tion (230)	Kerkmann: Accuracy and shifting effects (238)	Myck: Flugrouten-bewertung (248)
				Kavitation		**Robuste Spracherk.**	
09:20	Giering: Schienen-lärmindex (197)	Weber: Einhüllende und Rauigkeit (205)	Pollow: Modal field HRTFs (214)	Jung: Kavitations-rauschen (223)	Korany: Classif. Underwater Signals (231)	Maas: Acoustic Model Matching (239)	Vogelsang: Bewertung Flugrouten (248)
09:45	Möhler: NORAH Schienen-verkehrs-lärm (197)	Fastl: Knall-haftigkeit (206)	Dietrich: Fast HRTF Measure-ment (214)	Eisener: Ultrasonic cavitation emissions (224)	Korany: GMM Recognition Underwater (231)	Kolossa: Speech Recognition (239)	Fischer: Lärmbe-grenzung Eisenbah-nen (249)
10:10	Starnberg: STARDAMP (198)	Schlittenla-cher: Specific loudness (206)	Kling: Ak-zeptanzen nach GUM (215)	Jung: Ultraschall-Reinigung (224)	Geißler: Gesangsde-tektion (232)	Kitzig: Simulation Sprachein-gabe (240)	Windelberg: Lärmminde-rung Güterzüge (249)

	palladium	aurum	hassium	germanium	radon	neon	helium
					Körper-schall		
14:00	Venghaus: Stardamp Rail Dampers (198)	Uppenkamp: fMRT von Lautheits-summation (207)	Müller-Trapet: Unsich. Streugrad Hallraum (215)	Dreyer: Ultraschall-reinigung in CO2 (225)	Arnold: Übertra-gungsmaße Gebäude (232)	Ngouoko: Spectro-Temporal Features (241)	Hirsch: Schießge-räusch (250)
14:25	Sieglitz: Wirksamkeit Schienen-absorber (199)	Laback: Additivity of Masking (207)	Bork: Schallfeld-analyse (216)	Lauterborn: Filtermem-branreini-gung (225)	Mathiowetz: Interface Mobilitäten (233)	Schädler: ASR Modulation Normierung (241)	Fend: Emissionen von Motorrädern (251)
14:50	Czolbe: Lärmminde-rung Schienen-pflege (199)	Töpken: Präferenz bei Multiton-signalen (208)	Fernandez Comesaña: Non-statio-nary sourc. (216)	Ueberle: Ballistic Pressure Pulses (226)	Sayer: Re-duzierung Quellende-skriptor (233)	Müller: VTLN, ASR (242)	Schneuwly: Kampagne lärmarme Reifen (251)

Mittwoch, 21. März 2012 (Fortsetzung)

	Spectrum A	Spectrum B	Spectrum C	chromium	vanadium	titanium
	Fahrzeug-akustik	**Raum-akustik 1**	**Bauakustik 2**	**Virtuelle Akustik 2**	**Numerische Akustik 2**	**Lärm am Arbeitsplatz**
15:15	Hoever: Parameterstudie Rollgeräusch (143)	Lautenbach: Akustik Opernhäuser (152)	Kohrmann: Prognose Geschossdecken (162)	van de Par: Omni-directional source (170)	Waubke: Gaussian Closure (180)	Sukowski: Fragebögen berufl. Schwerhörigkeit (191)
15:40	Philippen: Transiente Störgeräusche (144)	Espig: Musikhochschule Dresden (153)	Hilz: Maßstab Schallschutz Hochbau (162)	Ciba: binaural events classification (171)	Fonseca: Genetic Algorithm Beamforming (181)	Bergström: Arbeitsgedächtnisleistungen (191)
16:05	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster
				Räumliches Hören		
16:30	Virnich: DigitalBus FlexRay (145)	Schärer: Raumakustik und Interpretation (154)	Scholl: Neue ISO 717 (163)	Weitnauer: Leistungsrichtige Interpol. (171)	Hüppe: CAA side mirror (181)	Klatte: Lärm und Leistung (192)
16:55	Herrmann: Kräfte am Chassis (145)	Behrens: Konzertzimmer-Planung (154)	Rümler: R_Living in der Praxis (163)	Ziegelwanger: Signallaufzeiten von HRTFs (172)	Dietzsch: Ausbreitung in Strömungen (182)	Liebl: Merkmale von Bürolärm (193)
					Audiolog. Akustik 1	
17:20	Langhof: Dämmung struktur. Bleche (146)	Witew: Raumakust. Messunsicherheit (155)	Vogel: Schallleistung Empfangsplatten (164)	Meier: CTC mehrere Sweet-Spots (173)	Hudde: Cortiresonator (182)	Schlittmeier: Hintergrund stört Leistung (193)
17:45	Brick: Dämmung Frontscheiben (146)	Teuber: Schule und Kindergarten (155)	Stange-Kölling: Typisch Normhammerwerk (164)	Rasumow: Synthetische HRTFs (173)	Becker: Cochleäre Verstärker (183)	Lamprecht: Kanten-Absorber (194)
18:10	Betgen: Wheel damper testing (147)	Brokmann: Moderne Lernlandschaften (156)	Fichtel: Kleinprüfstand Trittschall (165)		Rader: Modellierung Sprachperzeption (184)	Fuchs: Innovative Kanten-Absorber (195)

	Fahrzeug-akustik (Poster)	**Raumakustik (Poster)**	**Physikal. Akustik (Poster)**	**Räumliches Hören (Poster)**	**Audiolog. Akustik (Poster)**	**Lärmaus-breitung (Poster)**
15:15-16:55	Lindberg: Wind Noise (148)	Drechsler: Anisotropic Reverberation Model (156)	Sokolov: Waves Propagation (258)	Werner: Lokalisierung über WFS (174)	Fischer: Hörgeräteanpassung (184)	Bartolomaeus: CNOSSOS-EU (257)
15:15-16:55		Schmich: Trennwand im Großraumbüro (157)		Sladeczek: Directional Source Synthesis (174)	Rudnicki: Modeling Synaptic Depression (185)	

19:00 Uhr: **Geselliger Abend in der Otto-Berndt-Halle** (Mensa), siehe Seite 29 und 351

	palladium	aurum	hassium	germanium	radon	neon	helium
	Schienen-lärm 2	**Psycho-akustik 2**	**Akustische Messt. 1**	**Kavitation**	**Körper-schall**	**Sound-scape**	**Lärm-schutz 1**
15:15	Stiebel: Lärm an Eisenbahn-brücken (200)	Bierbaums: Zeitvariante Lautheit (208)	Fellner: Low-Cost System (217)	Buschschlüter: Therm. Endothel-schädigungen (226)	Bauer: Streuung von Betriebskräften (234)	Raffaseder: Klang.Land. Schaften (242)	Schlachter: EU-Emissions-vorschriften (252)
15:40	Lehming: Schienen-lärm Berlin (201)	Wächtler: Lautheit realer Signale (209)	Klein: Variable Source Directivities (217)	Mettin: Horn tip cavitation (227)	Hudelmaier: Inverse blocked force (234)	Drechsler: Klang.Reise (243)	Ritterstaedt: Flüsteras-phalt innerstädtisch (252)
16:05	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster	Pause / Poster
	Tieffreq. Schall					**Auditive Wahrn. 1**	
16:30	Krahé: Überarbeitung DIN 45680 (201)	Hots: Lautheit subkrit. Geräusche (210)	Fedtke: Unsicherheit Konformität (218)	Söhnholz: Laserblasen thermische Effekte (228)	Höller: Indirect source mobility (235)	Ehlig: Variable Haptiken (244)	Beckenbauer: Straßenverkehrslärm (253)
16:55	Krahé: DIN 45680 Fallstudien (202)	Epp: Cochlea Feinstruktur (210)	Wang: Temperature Variance (219)	Cairós Barreto: Cavitation electrochemistry (228)	Abele: Koppelbedingungen EFEM (235)	Stamm: Akustik Force-Feedback (244)	Hettig: Koronagegeräusche (253)
17:20	Kamp: Lautheitswahrnehmung (202)	Ascherl: Anwendung von PEAQ (211)	Kuipers: Sound absorption meas. (219)	Han: Simulation of bubbles (228)	Greussing: Körpersch.-Nahfeldholographie (236)	Altinsoy: Modulationswahrnehmung (245)	Friebe: Kinderlärm Hörversuch (254)
17:45	Sottek: Rauigkeitsempfindung (203)	Seiler: Schiffsakustik (211)	Gregor: Transducer parameters (220)	Frommhold: Cleaning by cavitation (229)	Guettler: Dämpfung Verbundplatten (236)	Merchel: Der Konzertsaal bebt (246)	Hantschk: Industrielärmbekämpfung (254)
18:10	Niepenberg: Beispiele tieffreq. Gewerbelärm (203)	Steffens: Interaktion als Einflussgröße (212)	Liebig: Loudspeaker Distortion (220)	Nowak: Acoustic Streaming Kavitation (229)	Pott: Integrated Adaptive Absorber (237)	Rosenkranz: Multimodale virt. Umgebungen (246)	Kolbe: Leichtbaudeckel Großgetriebe (255)

	Hydro-akustik (Poster)	**Medizin. Akustik (Poster)**	**Akustische Messtechn. (Poster)**	**Ultraschall (Poster)**		**Zerstörg.fr. Prüfung (Poster)**	**Lärm-schutz (Poster)**
15:15-16:55	Kreimeyer: Merkmale von Klicklauten (257)	Bschorr: Cochlea-Modell (258)	Dietrich: Reflection Factors with pu-Probes (221)	Dapp: Bildgebung für Tomographie (259)	Jamshidi Rad: Field II Simulation (260)	Avelar: Tap-test without Tapping (261)	Fiedler: Study of road system (256)
15:15-16:55			Burstika: Loudspeaker Defects (221)	Windisch: Laser-Akustische Quellen (259)	Kohout: 3D-Ultraschall-Tomographie (260)		Behler: Insitu-Mess. Lärmschutzwände (256)

Donnerstag, 22. März 2012

	Spectrum A	Spectrum B	Spectrum C	chromium	vanadium	titanium
	Aktive Systeme	**Raum-akustik 2**	**Bauakustik 3**	**Ström.-induz. Schwing.**	**Audiolog. Akustik 2**	**Ultraschall**
08:30	Schirmacher: Aktive Schallfeldbe-einflussung (262)	Angelbeck : Krankenhaus-akustik (267)	Wittstock: Unsicherheit Bemessung-kurven (272)	Gabriel: Simulation Fahrgastzelle (280)	Völk: MAA mit Vocoder (286)	Waschkies: Luftultraschall-prüfung (291)
08:55	Kletschkowski: Globale aktive Lärmminde-rung (262)	Eilers: Restaurant-akustik (267)	Schmelzer: Verlustfaktor-messungen (273)	Müller: Vibration an Fahrzeugmo-dell (280)	Sankowsky-Rothe: Entzerrung Hörgeräte (287)	Bessonova: Mittelung von Hydrophonen (292)
09:20	Hölker: Schwingungs-unterdrückung (263)	Schnelle: Raumakustik Sporthallen (268)	Bietz: Installations-geräuschmes-sung (273)	Businger: Strömungsin-duzierte Anregung (281)	Pazen: Bogengangs-dehiszenz (287)	Olfert: Phasen Schlierenauf-nahmen (292)
			Elektromech. Systeme		**Medizinische Akustik**	
09:45	Bruhnken: Feedback-Regleraus-legung (263)	Shabalina: LF-absorption of audience (268)	Werthschütz-ky: Leis-tungsfähige Entwickl.-methode (274)	Marburg: Mul-tipolmoment (282)	Albrecht: OAS Kollektorflä-che (288)	Hempel: Dispersions-analyse (293)
10:10	Buckert: Inten-sitätsbasierte Regelung (264)	Guski: Positionsbed. Unsicherhei-ten (269)	Starke: Effiziente Modellierung (275)	Blanchet: Fluctating Surface Pressure (282)	Weißgerber: Audiologie und WFS (288)	Lippert: Ultraschallrei-nigung Halbleiter (294)

11:00 Spectrum A: **Plenarvortrag Reinhard Lerch: „Computational Acoustics: Ausgewählte Anwendungen im industriellen Umfeld“** (41)

11:45 Spectrum A: **Plenarvortrag Manfred Zollner: „Physik der Elektrogitarre“** (42)

12:30 Spectrum A: **Produkt-Forum** (27)

13:00 **Mittagspause**

	Spectrum A	Spectrum B	Spectrum C	chromium	vanadium	titanium
						Zerstörungs-fr. Prüfung
14:00	Wensing: Aktive Schwing.-unterdrückung (265)	Vercammen: Praxis Kanteneffekt (269)	Marschner: Zweischicht-Biegeelemente (275)	Mezni: Hybrid FE/SEA (283)	Schmelter: Akustik in Weichgewebe (289)	Bause: Geklebte Pie-zokeramiken (294)
14:25	Priese: ANC-Ohrkanalhörer (265)	Eggenschwi-ler: Schallabsorb. Vorhänge (270)	Ballas: Piezoelektri-sche Biegeelemen-te (276)	Beck: Einleitung Po-romaterialien (283)	Jamshidi Rad: Ultrasonic bone cutting (289)	Rahman: Lambwellen-ausbreitung EFIT (295)

	palladium	aurum	hassium	germanium	radon	neon	helium
	Offshore-Bauwerke	**Psycho-akustik 3**	**Akustische Messt. 2**	**Sprache in Telekomm.**	**Adaptron. Ansätze**	**Auditive Wahrn. 2**	**Lärm-schutz 2**
08:30	Lübben: Unterwas-serschallsi-tuation (298)	Rennies: Zeitlich-räuml. Wahrneh-mung (303)	Klippel: Aging of loudspeaker suspension (309)	Lepage: Speech quality mobile ph. (314)	Bös: LOEWE-Zentrum AdRIA (320)	Imbery: Schall und Vibration (328)	Piorr: Windvor-rangzonen (334)
08:55	Reimann: Ramminduzierter Hydroschall (299)	Schepker: Höranstren-gung und STI (304)	Späh: Modell für Modalanaly-se (310)	Skowronek: Umfrage Telefonkon-ferenzen (315)	Sabirin: Aktive virtuelle Tilger (321)	Biberger: Vibroakusti-sche Stimuli (328)	Meloni: 25 Jahre LSV Schweiz (334)
09:20	Grießmann: Schallmin-derung im Modell (299)	Frank: Listening Panel Review (304)	Kunkemöl-ler: RIR spherical harmonics (311)	Gierlich: Speech quality perception (315)	Atzrodt: Aktive Lager (322)	Kohlrausch: Zeitlicher Ventriloquis-mus (329)	Dilba: Dämmmaß evakuierter Paneele (335)
		Physikal. Akustik	**Aeroakust. Messtech.**				**Lärm-wirkungen**
09:45	Markiewicz: Wirkung Blasen-schleier (300)	Krump: Schallaus-breitung (305)	Funke: Quellmodel-lierung SODIX (311)	Wältermann: Wahrneh-mungsraum Qualität (316)	Ringwelski: Reduktion Motor-schwingun-gen (322)	Majdak: Training der Lokalisation (329)	Prölß: Hintergrund-geräusche (335)
10:10	Schmidtke: Schockwel-lendämp-fung (300)	Vokurka: Spark generated bubbles (305)	Haufe: Optische Schnelle-messung (312)	Heese: BWE Intelligibility Assessment (317)	Li: Sensitiv.-analyse aktive Systeme (323)	Maempel: Methods audio-visual perception (330)	Ellermeier: Irrelevant sound effect (336)

	palladium	aurum	hassium	germanium	radon	neon	helium
	Hydro-akustik	**Lärmaus-breitung**					
14:00	Pérez Kaiser: Normung Hydroakus-tik (301)	Talasch: Emissionen für Lärmkarten (306)	Sarradj: Vorderkan-tenschall (312)	Raake: Sprachqua-lität Verzöge-rung (317)	Tschesche: Wolfston-Demonstra-tor (324)	Szycik: Integration in Synästhesie (331)	Schrecken-berg: NORAH-Studie (337)
14:25	Schulze: Echounter-drückung (302)	Probst: Schall in Straßen-schluchten (306)	Riegel: Mikrofon-Array Hohlspiegel (313)	Hinterleit-ner: Evaluation TTS Hörbü-cher (318)	Klaus: Adapt. Helmholtz Resonator (324)	Colonius: Auditory-visual interaction (331)	Fiebig: Geräusche von Zweirädern (337)

Donnerstag, 22. März 2012 (Fortsetzung)

	Spectrum A	Spectrum B	Spectrum C	chromium	vanadium	titanium
	Aktive Systeme	**Raum-akustik 2**	**Elektromech. Systeme**	**Technische Akustik**	**Medizinische Akustik**	**Zerstörungs-fr. Prüfung**
14:50	Jungblut: Semi-aktive Anbindungs-impedanz (266)	Stephenson: Scattering dependent reverberation (270)	Kassner: Teleoperati-onssysteme (277)	Pause	Balzer: Visualisierung Lungenbelüf-tung (290)	Gravenkamp: Dispersion in Platten (296)
15:15	Pause	Pause	Pause	Ertl: Messme-thoden im Nahfeld (284)	Tessendorf: Survey Hearing Instruments (291)	Pause
15:40		Moritz: Eigenschaften Wand- und Deckenpanee-le (271)	Krause: Mittel-ohrhörgerät (278)	Horn: Lärm in Lüftungsanla-gen (284)	Pause	Höhne: SAFT Bildverbesse-rung (296)
16:05		Pohl: Higher Order Diffraction (272)	Neupert: Netzwerkge-stütztes Gewebemo-dell (278)	Klesa: Poröse Materialien Schmutz (285)		Hirsekorn: US-zfP von CFK (297)
16:30			Salun: Cha-rakterisierung eines Injektsystems (279)	Boonen: Annular tail pipe (286)		Kolkoori: Anisotropic Raytracing (298)

17:00 Uhr: **Abschlussveranstaltung** (Spectrum A)

	palladium	aurum	hassium	germanium	radon	neon	helium
	Hydro-akustik	**Lärmaus-breitung**	**Aeroakust. Messtech.**	**Sprache in Telekomm.**	**Adaptron. Ansätze**	**Auditive Wahrn. 2**	**Lärm-wirkungen**
14:50	Brosig: Hochauflö-sender Beamformer (302)	Hoislbauer: Tunnelpor-tale (307)	Blumrich: Eigenge-räusch Windkanal (313)	Norren-brock: Speech Quality (319)	Kletsch-kowski: Regelung Impedanzen (325)	Widmann: Contradicto-ry predictions (332)	Notbohm: Lärm im Kranken-haus (338)
15:15	Pause	Pause	Hu: Geräusch-quellen Kabinen-lärm (314)	Pause	Pause	Pause	Pause
15:40		Probst: Simul. Hüllflächen-berechnung (308)	Pause	Withopf : Low Delay Filterbank (319)	Philipp: Simulation FPGA AVC (326)	Getzmann: Bewegungs-wahrneh-mung (332)	Kasess: Lästigkeit von Schie-nenlärm (339)
16:05		Hirsch: Vergleich Ausbrei-tungsmodell (308)		Serafimov: Echo simulation (319)	Pondrom: Piezoelek-tret modale Sensoren (326)	Haverkamp: Geräusch und Bewegung (333)	König: Meridian-Feedback-Messung (339)
16:30		Batko: 0 dB + 0 dB (309)		Lüke: Beamformer postfilter system (320)	Thyes: Adap-tronische Maskierung (327)	Reiter: Content Classifica-tion (333)	

Grußwort der Tagungsleitung

Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer der DAGA 2012,

wir begrüßen Sie ganz herzlich zur 38. Deutschen Jahrestagung für Akustik in Darmstadt. Nach der 10. DAGA im Jahre 1984 findet nun mit der 38. Akustik-Jahrestagung die DAGA zum zweiten Mal in Darmstadt statt. Hier hat sich seitdem vieles verändert: In unmittelbarer Nähe zur Technischen Universität Darmstadt entstand vor wenigen Jahren mitten im Stadtzentrum ein modernes Kongresszentrum, das genau für solche Tagungen konzipiert wurde und in dem nun folgerichtig auch unsere DAGA stattfindet. Darmstadt trägt inzwischen den Beinamen „Wissenschaftsstadt“, der angesichts mehrerer Universitäten und Hochschulen, dreier Fraunhofer-Institute, des GSI Helmholtzzentrums für Schwerionenforschung, des Europäischen Raumflugkontrollzentrums ESOC sowie zahlreicher innovativer Hightech-Unternehmen begründet ist. Weiterhin hat Darmstadt aber auch kulturell viel zu bieten: Es ist Zentrum des Jugendstils und stolz auf sein Residenzschloss, das Landesmuseum, das Staatstheater oder die von Friedensreich Hundertwasser gestaltete „Waldspirale“.

Darmstadt ist aber auch ein Zentrum der Akustik: Innovative Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Elektroakustik an der TU Darmstadt haben zu weltweit verbreiteten Anwendungen geführt. Der Begriff „Maschinenakustik“ wurde vor etwa 40 Jahren in Darmstadt definiert und geprägt. Die Psychoakustik spielt eine zunehmend wichtigere Rolle, und auch Fragestellungen der Strömungs- und Fahrzeugakustik werden in Darmstadt untersucht. Darmstadt und DAGA — das passt also sehr gut zusammen.

Es freut uns, dass es uns gemeinsam mit Ihnen auch in diesem Jahr wieder gelungen ist, ein attraktives Tagungsprogramm auf die Beine zu stellen: Am Montag werden drei Vorkolloquien mit insgesamt 21 Vorträgen stattfinden. Von Dienstag bis Donnerstag bieten fünf Plenarvorträge namhafter Akustiker einen vertieften Einblick in spezielle Themengebiete der Akustik. Es wird 447 mündliche Vorträge in 21 Strukturierten Sitzungen und 26 regulären Sitzungen geben. Zur Posterausstellung wurden 44 Poster angekündigt – einige „Late Poster“ werden bis zum Tagungsbeginn sicherlich noch hinzukommen. Und schließlich haben sich mehr als 33 Unternehmen mit Informationsständen zur tagungsbegleitenden Ausstellung angemeldet.

Auch die Kultur und das Miteinander werden nicht zu kurz kommen: Für den Dienstagabend laden wir zu einem klassischen Konzert der „Sinfonietta Darmstadt“ ein, für den Mittwochabend steht der traditionelle gesellige Abend auf dem Programm. Die Kaffee- und Mittagspausen bieten vielfältige Gelegenheiten für Meinungsaustausch, Diskussionen

sowie Fach- und Networking-Gespräche. Die Möglichkeit zur Teilnahme an diversen Führungen und Besichtigungen in und um Darmstadt rundet das abwechslungsreiche Tagungsprogramm ab.

Schon jetzt möchten wir uns bei allen, die durch Vorträge, Poster, Grußworte, Musik, Sponsoring, Spenden, Organisation, tatkräftige Unterstützung, viel Engagement oder auch einfach nur durch ihre Tagungsteilnahme zum Gelingen der DAGA 2012 beitragen, ganz herzlich bedanken. Wir wünschen Ihnen und uns allen eine interessante Akustik-Tagung mit vielen neuen Erkenntnissen und guten Gesprächen in angenehmer Atmosphäre!

Für den wissenschaftlichen Beirat

Holger Hanselka

(wissenschaftlicher Tagungsleiter)

Hinweise zur Tagung

Die

DAGA 2012 – 38. Deutsche Jahrestagung für Akustik

findet vom

19. bis 22. März 2012

in **Darmstadt** statt.

Veranstaltungsort

darmstadtium – Wissenschafts- und Kongresszentrum
Schlossgraben 1
64283 Darmstadt
Telefon: + 49 6151 7806-0
Fax: + 49 6151 7806-119
Homepage: www.darmstadtium.de
E-Mail: info@darmstadtium.de

Veranstalter

- Technische Universität Darmstadt
- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
- Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA)

unter Mitwirkung von

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

Wissenschaftliche Tagungsleitung

- Holger Hanselka

Wissenschaftlicher Beirat

- Christian Beidl
- Wolfgang Ellermeier
- Holger Hanselka
- Peter Pelz
- Stephan Rinderknecht
- Gerhard Sessler
- Roland Werthschützky

Organisationsteam

- Joachim Bös
- Marie-Hélène Haußels
- Joachim Hillenbrand
- Roman Karsten
- Florian Kattner
- Daniel König
- Lothar Kurtze
- Andreas Stein
- Till Weber

Kontakt

Frau Marie-Hélène Haußels
Fachgebiet Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik SzM
Technische Universität Darmstadt
Magdalenenstraße 4
64289 Darmstadt
Telefon: +49 6151 16-75175
Fax: +49 6151 16-6928
E-Mail: info@daga2012.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, Schwingungstechnik, Signalverarbeitung, Soundscape, Sound Design, Sprachverarbeitung, Strömungsakustik, Technische Akustik, Ultraschall, Virtuelle Akustik und alle anderen Gebiete der Akustik

Vorkolloquien

Am Montag, den 19. März 2012, finden drei Vorkolloquien zu folgenden Themen statt:

- **Fahrzeugakustik** (Christian Beidl), siehe S. 43
- **Maschinenakustik (inkl. Strömungsmaschinen)** (Joachim Bös, Peter Pelz), siehe S. 48
- **Psychoakustik: Überschwellige Messung von Hörempfindungen** (Wolfgang Ellermeier), siehe S. 53

Eröffnung

Die Eröffnung der DAGA 2012 beginnt am Dienstag, den 20. März 2012, um 9:00 Uhr im Plenarsaal „Spectrum A“ (siehe S. 348) und umfasst Grußworte und Musik. Es folgen die Preisverleihungen; hierzu finden Sie

auf den Seiten 38-39 und auf Seite 6 ausführliche Informationen. Im Anschluss an den Plenarvortrag des Lothar-Cremer-Preisträgers möchte das Organisationsteam Sie bei einem Glas Sekt im Bereich der Posterausstellung hinter den Räumen „Spectrum B“ und „Spectrum C“ (siehe S. 348) willkommen heißen.

Plenarvorträge

Im Rahmen der DAGA 2012 finden fünf Übersichtsvorträge zu aktuellen Themen der Akustik statt:

- Franz Zotter (Empfänger des Lothar-Cremer-Preises):
  „Holofonie für Musikinstrumente“ (S. 40)
- Karlheinz Brandenburg:
  „Audio-Qualität: Hörtests, psychoakustisch motivierte Messverfahren und wie weiter?“ (S. 40)
- Harald Naunheimer:
  „Getriebe- und Systemakustik“ (S. 41)
- Reinhard Lerch:
  „Computational Acoustics: Ausgewählte Anwendungen im industriellen Umfeld“ (S. 41)
- Manfred Zollner:
  „Physik der Elektrogitarre“ (S. 42)

Strukturierte Sitzungen

- Adaptronische Ansätze zur Lärm- und Schwingungsminderung (Joachim Bös, Dirk Mayer), S. 320
- Aeroakustische Messtechnik (Lars Koop), S. 311
- Auditive Wahrnehmung und multimodale Interaktion (Ercan Altinsoy), S. 244 und 328
- E-Mobilität und Akustik (Klaus Genuit), S. 62
- Entwurf elektromechanischer Systeme der Mikrotechnik und Mechatronik mit Netzwerk- und Finite-Elemente-Methoden (Günther Pfeifer, Roland Werthschützky), S. 274
- Geschichte der Akustik (Peter Költzsch), S. 58
- Hydroakustik: Quellenidentifikation, Schallausbreitung, Kommunikation (Jan Abshagen, Ingo Schäfer), S. 116
- Kavitation und Leistungsultraschall (Thomas Dreyer, Robert Mettin), S. 223
- Lärm am Arbeitsplatz (Reimer Paulsen), S. 186
- Maschinenakustik (Joachim Bös, Lothar Kurtze), S. 67 und 149
- Numerische Optimierung in der Akustik (Joachim Bös), S. 86

- Physikalische Eigenschaften von Musikinstrumenten (Judit Angster), S. 128 und 237
- Robuste Spracherkennung (Martin Heckmann, Dorothea Kolossa), S. 239
- Sprachakustik in der Telekommunikation (Sebastian Möller, Alexander Raake, Marcel Wältermann), S. 314
- Strategien zur Minderung des Schienenverkehrslärms (Michael Jäcker-Cüppers), S. 99 und 195
- Strömungsinduzierte Strukturschwingungen und deren Abstrahlung (Alexander Peiffer), S. 280
- Tieffrequenter Schall (Detlef Krahé), S. 201
- Umgebungslärm, Lärmkartierung, Aktionsplanung (Klaus Habermehl, Martin Jäschke), S. 134
- Unterwasserschall bei Errichtung und Betrieb von Offshore-Bauwerken (Tanja Grießmann, Stephan Lippert), S. 298
- Virtuelle Akustik (Sascha Spors), S. 80 und 166
- Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung (Jens Prager), S. 294

Mündliche Vorträge

Der Stundenplan des Hauptteils der Tagung richtet sich streng nach folgendem 25-Minuten-Raster:

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

Nur wenn dieses Zeitraster ausnahmslos eingehalten wird, ist bei der großen Zahl von Parallelsitzungen ein geordneter Tagungsablauf gesichert. Der zeitliche Ablauf wird durch signalgebende Uhren in den Vortragsräumen gesteuert; Zeitüberschreitungen sind nicht möglich. Die Sitzungsleiter werden Vorträge, die zu lange dauern, abbrechen. 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 6. Februar 2012 per E-Mail an info@daga2012.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. Eine Vorab-Überprüfung im Tagungsbüro ist möglich.

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 vortragsfreien 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 in Ebene 1 hinter den Räumen „Spectrum B“ und „Spectrum C“ (siehe S. 348) präsentiert. Es wird zwei Postersitzungen geben; die erste von Beginn der Tagung am Dienstagmittag bis Mittwochmittag und die zweite von Mittwochmittag bis zum Tagungsende am Donnerstagnachmittag um 17 Uhr. Die Aufteilung der Poster auf die beiden Tage erfolgt weitgehend so, dass sie thematisch zu den jeweils am Dienstag oder Mittwoch stattfindenden Sitzungen passen.
Wir bitten die Autoren der ersten Sitzung, die Poster **am Dienstag bis spätestens 11:30 Uhr aufzuhängen** und sie am Mittwoch zwischen 12 und 13 Uhr wieder abzuhängen. Die Autoren der zweiten Sitzung bitten wir, die Poster **am Mittwoch zwischen 12:30 und 13:30 Uhr aufzuhängen** und am Ende der Tagung abzuhängen. Poster, die am Donnerstag nach 18 Uhr noch hängen, werden entsorgt. Die **Präsenzzeiten** für beide Postersitzungen (Dienstag und Mittwoch) sind jeweils von zwei Zeitblöcken vor der Nachmittagskaffeepause bis zwei Zeitblöcke danach, also von 15:15 bis 16:55 Uhr.

Die Poster sind in der tabellarischen Übersicht am Dienstag (S. 8/9) und am Mittwoch (S. 12/13) integriert. 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 2011 abgelaufen ist. Wie in den letzten Jahren besteht aber die Möglichkeit, ein „Late Poster“ anzumelden, und zwar bis zum 15. Februar 2012. Dies beinhaltet – wie für Vorträge und Poster auch – einen zweiseitigen Beitrag im Tagungsband. Die Anmeldung und Koordination läuft per E-Mail an info@daga2012.de.

Informationen zur Abgabe der Manuskripte

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

www.daga2012.de

vor, während oder kurz nach der Konferenz bis **spätestens zum 30. März 2012** 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 LaTeX stehen auf der Webseite www.daga2012.de unter „Autoren → Hinweise Manuskript“ zur Verfügung. Für Benutzer von Microsoft Word und LaTeX 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 2012 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 2012 in Form von Sach- und Geldspenden bedanken:

- **Platin-Sponsor:**

  Müller-BBM, Planegg bei München



- **Gold-Sponsor:**

  HEAD acoustics GmbH, Herzogenrath



- **Silber-Sponsoren:**
  - Brüel & Kjær GmbH, Bremen



  - BSW Berleburger Schaumstoffwerk GmbH, Bad Berleburg



  - MOOG Partnerschaftsgesellschaft, Darmstadt



- **Sponsoren:**
  - OVALO GmbH, Limburg
  - Stadt- und Kreis-Sparkasse Darmstadt

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 20. bis zum 22. März 2012 auf Ebene 0 (Foyer; siehe S. 347) und Ebene 1 (rund um die Räume „Spectrum A“, „Spectrum B“ und „Spectrum C“; siehe S. 348) statt.
Wenn Sie als Firma daran teilnehmen möchten, wenden Sie sich bitte bis zum 1. Februar 2012 an Frau Haußels (Kontakt: siehe „Tagungsorganisation“).
Nähere Informationen, Lagepläne und Anmeldeformulare stehen unter www.daga2012.de → „Ausstellung“ zur Verfügung.

Bis zum 31. Dezember 2011 haben sich folgende Firmen zur tagungsbegleitenden Ausstellung angemeldet:

- Acoustics Engineering
- Akustikbüro Rahe-Kraft GmbH
- BASF SE
- BASWA acoustic AG
- Braunstein + Berndt GmbH
- Brüel & Kjær GmbH
- BSW Berleburger Schaumstoffwerk GmbH
- CAE Software & Systems GmbH
- Colbond GmbH & Co. KG
- DataKustik GmbH
- deBAKOM GmbH
- ESI Engineering System International GmbH
- Free Field Technologies
- gfai tech GmbH
- GfS-Hofheim – Gesellschaft für Sonder-EDV-Anlagen mbH
- G.R.A.S. Tippkemper GmbH & Co. KG
- HEAD acoustics GmbH
- IAC GmbH – Industrial Acoustics Company GmbH
- Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF / Fachgebiet Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik SzM
- mageba GmbH
- Microflown Technologies BV
- Müller-BBM VibroAkustik-Systeme GmbH
- Norsonic-Tippkemper GmbH
- Novicos GmbH
- OptoMET GmbH
- Pinta Acoustic GmbH
- Polytec GmbH
- Schalltechnik Süd & Nord GmbH
- Soundtec GmbH
- SPEKTRA Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden
- Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH
- SVANTEK Deutschland 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 Mittwoch und Donnerstag jeweils direkt im Anschluss an den Plenarvortrag von 12:30 bis 13:00 Uhr im Plenarsaal „Spectrum A“ 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 10. Februar 2012, mit Angabe des Sprechers (Vor- und Nachname) per E-Mail an info@daga2012.de bei der Tagungsorganisation an.

Stellenanzeigen

Am Tagungsort, d.h. im darmstadtium 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 19. März 2012, findet um 17:00 Uhr die DEGA-Mitgliederversammlung im Raum germanium 2 (Zusammenlegung der Räume hassium (3.02) und germanium (3.03)) 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 366; die zugehörigen Einladungen werden im nächsten DEGA-Sprachrohr bekannt gegeben.

Mitgliederversammlung des ALD

Am Dienstag, den 20. März 2012, findet um 17:00 Uhr die Mitgliederversammlung des Arbeitsrings Lärm der DEGA (ALD) im Raum palladium (2.05) 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 20. März 2012, ab 17:30 Uhr in Raum helium (3.09) stattfinden.
- Young Professionals – Icebreaker:
  Zusätzlich zum „Young Professionals Meeting“ wird es am Montag, den 19. März 2012, in der Zeit von 15:30 bis 17:00 Uhr im Raum neben dem Tagungsbüro in Ebene 0 („Bewirtung Firmenausstellung“) 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 2012 wird es zwei Abendveranstaltungen geben:

- Am Dienstag, den 20. März 2012, findet ab 20:00 Uhr im Plenarsaal „Spectrum A“ des darmstadtium (siehe S. 348) ein **klassisches Konzert** der „Sinfonietta Darmstadt“ (siehe www.sinfonietta-darmstadt.de) statt.
- Der **gesellige Abend** der DAGA 2012 findet am Mittwoch, den 21. März 2012, ab 19:00 Uhr in der Otto-Berndt-Halle (Innenstadt-Mensa der TU Darmstadt) in Gehweite vom darmstadtium statt. Eine Wegbeschreibung ist auf S. 351 zu finden. Aus sicherheitstechnischen Gründen werden wir die Mensa leider nur bis 24 Uhr nutzen können. DAGA-Teilnehmer, die ihre Instrumente mitgebracht haben, dürfen sich gern zur traditionellen DAGA-Jam-Session auf der Bühne einfinden. Technische Anforderungen und Voraussetzungen dafür sind bitte bis spätestens 15. Februar 2012 mit der Tagungsorganisation (E-Mail an info@daga2012.de) zu klären und abzustimmen.

Begleitprogramm

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

- Dienstag, 20. März 2012, von 15:00 bis 16:30 Uhr: **Stadtführung**
  Die Stadtführung wendet sich vor allem an alle Besucher der Stadt, die in Geschichte und Gegenwart vorgestellt wird. Die Teilnehmer lernen zunächst die Sehenswürdigkeiten der Innenstadt, wie Luisenplatz und Schloss, kennen, anschließend steht ein Rundgang über die Mathildenhöhe auf dem Programm. Der Rundgang für maximal 50 Personen dauert ca. 90 Minuten.
  - Treffpunkt: 14:50 Uhr vor dem Tagungsbüro
  - Ende: ca. 16:30 Uhr im/am darmstadtium
  - Anmeldung: möglichst vorab per E-Mail an info@daga2012.de, ansonsten im Tagungsbüro (in der Reihenfolge der Anmeldungen, maximal 50 Personen)
- Dienstag, 20. März 2012, von 15:00 bis 16:30 Uhr: **Mathildenhöhe-Führung**
  Ein Rundgang über die Mathildenhöhe, der die Geschichte der 1899 gegründeten Künstlerkolonie erläutert. Dabei wird das Gesamtensemble mit Atelierhaus, Ausstellungshallen und Künstlerhäusern vorgestellt. Ein Besuch der Häuser Glückert und Olbrich gibt einen Eindruck der Wohnsituation des experimentellen Jugendstils. Der Rundgang für maximal 50 Personen dauert ca. 90 Minuten.
  - Treffpunkt: 14:50 Uhr vor dem Tagungsbüro
  - Ende: ca. 16:30 Uhr im/am darmstadtium
  - Anmeldung: möglichst vorab per E-Mail an info@daga2012.de, ansonsten im Tagungsbüro (in der Reihenfolge der Anmeldungen, maximal 50 Personen)

- Mittwoch, 21. März 2012, von 10:00 bis 11:30 Uhr: **Führung durch das Sammlungsdepot des Museums für Kommunikation Frankfurt (früher „Bundespostmuseum“) in Heusenstamm**
  Exponate, die nicht in einem der Museen für Kommunikation in Frankfurt, Berlin oder Nürnberg gezeigt werden können, lagern gut archiviert im Sammlungsdepot in Heusenstamm in der Nähe von Darmstadt (Schwerpunkt: Telekommunikationshistorie und Fahrzeuge). Liebhaber der Elektroakustik und Nachrichtentechnik, aber auch sonstige Interessierte (maximal 25 Teilnehmer) erhalten in einem vom Kurator persönlich geführten Rundgang durch das Depot einen tiefen Einblick in die Historie der Telekommunikation mit der Möglichkeit, individuelle Fragen zu stellen und Hintergründe zu erfahren. Achtung: Es handelt sich hierbei nicht um ein Museum mit ansprechend präsentierten Exponaten, sondern um Lagerhallen mit langen Regalreihen, in denen der Kurator einzelne Gegenstände aus dem Schrank oder Regal holt und erläutert.
  In dem Depot befinden sich neben Fernschreib- und Fernsprechtechnik viele Objekte der Rundfunktechnik im weitesten Sinn, wie Mikrofone, Lautsprecher und Kopfhörer, Fernseh- und Rundfunkgeräte ab den ersten Anfängen in Deutschland, alte Funktechnik, Sendertechnik, Seefunk, Elektronenröhren usw., praktisch das gesamte Spektrum, für das die ehemalige Deutsche Bundespost und Deutsche Reichspost im Fernmelde- und Funkwesen zuständig war. Dazu kommt die Fernsehübertragungs- und Studiotechnik der Deutschen Post in der ehemaligen DDR. Die Sammlung gehört zu den ältesten und wertvollsten Sammlungen auf diesem Gebiet in Europa und enthält auf 15.000 Quadratmetern über 375.000 verschiedene Exponate, darunter viele Glanzstücke, die es sonst nirgends zu sehen gibt, etwa das erste Telefon von Philipp Reis von 1861, eine Farnsworth-Kamera von den Olypischen Spielen 1936 und anderes mehr.
  - Adresse: Philipp-Reis-Str. 4–8, 63150 Heusenstamm, Telefon: +49 6104 4977-210
  - Treffpunkt: 9 Uhr am Tagungsbüro
  - Anfahrt: Fahrt vom darmstadtium nach Heusenstamm und zurück mit Großraumtaxis (für die Teilnehmer kostenlos)
  - Ende: ca. 12:30 Uhr im/am darmstadtium
  - Anmeldung: möglichst vorab bis zum 15. März 2012 per E-Mail an info@daga2012.de, ansonsten im Tagungsbüro bis Dienstag, 20. März 2012, 18 Uhr (in der Reihenfolge der Anmeldungen, insgesamt maximal 25 Personen)
- Mittwoch, 21. März 2012, von 14:00 bis 15:30 Uhr oder von 15:30 bis 17:00 Uhr: **Führungen durch das ESOC (European Space Operations Centre)**
  Den Besuchern wird die Chance eines Rundganges über das Gelände des Europäischen Raumflugkontrollzentrums ESOC gegeben. Das Gebäude, in dem sich der Hauptkontrollraum und verschiedene

Satellitenmodelle befinden, wird besichtigt. Die beiden Rundgänge für jeweils maximal 40 Personen dauern jeweils ca. 90 Minuten. Vor Beginn der Führung muss ein **gültiger Personalausweis oder Reisepass** vorgelegt werden!

- Treffpunkt: 13:50 bzw. 15:20 Uhr vor dem ESOC-Haupteingang (Robert-Bosch-Str. 5, 64293 Darmstadt)
- Anfahrt: ab der Haltestelle Schloss (siehe Lageplan auf S. 353) mit den Buslinien F, H oder K oder mit den Straßenbahnlinien 2, 3 oder 9 zum Hauptbahnhof, von dort ca. 10 Minuten zu Fuß; angemeldete Teilnehmer erhalten eine detaillierte Wegbeschreibung per E-Mail oder im Tagungsbüro
- Ende: ca. 15:30 bzw. ca. 17:00 Uhr am ESOC-Haupteingang
- Anmeldung: möglichst vorab per E-Mail an info@daga2012.de, ansonsten im Tagungsbüro (in der Reihenfolge der Anmeldungen, insgesamt maximal 80 Personen)

- Donnerstag, 22. März 2012, von 10 bis 12 Uhr: **Führung durch die GSI (Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung)**
  In einem Einführungsvortrag erhalten die Besucher einen Überblick über die Anlagen und die Forschung bei der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI). Anschließend werden Sie auf einem Rundgang zu ausgewählten Forschungsstationen geführt. Der Rundgang für maximal 50 Personen hat eine Gesamtdauer von etwa zwei Stunden.
  - Treffpunkt: 9:50 Uhr vor dem GSI-Haupteingang (Planckstr. 1, 64291 Darmstadt-Wixhausen)
  - Anfahrt: vom Luisenplatz (siehe Lageplan auf S. 352) mit den Straßenbahnlinien 6, 7 oder 8 in Richtung Arheilgen Dreieichweg; Ausstieg an der Endstation „Arheilgen Dreieichweg“; Umsteigen in den GSI-Werkverkehr (Bus fasst bis zu 80 Personen); die angemeldeten Teilnehmer erhalten eine detaillierte Wegbeschreibung per E-Mail oder im Tagungsbüro
  - Ende: ca. 12 Uhr am GSI-Haupteingang
  - Anmeldung: **vorab erforderlich** per E-Mail **bis spätestens 15. März 2012** an info@daga2012.de

Hinweise zur Verpflegung

Im darmstadtium selbst bietet das Restaurant/Café „Calla“ (siehe www.calla-darmstadt.de) im Foyer (Ebene 0) eine Auswahl an Speisen und Getränken an. Hier ist vielleicht das sog. „Speed Lunch“ ab 6,90 € in der Zeit von 11:30 bis 14 Uhr erwähnenswert.

Die nahegelegene Mensa und das Bistro/Cafeteria der TU Darmstadt (2 bis 3 Gehminuten, siehe Lageplan auf S. 351) stehen auch den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der DAGA 2012 offen. Die Mensa ist von 11:15 bis 14 Uhr geöffnet, das Bistro/ Cafeteria von 8 bis 16 Uhr. Studierende (auch anderer Universitäten) müssen bei den Hauptgerichten

in der Mensa gegen Vorlage ihres Studierendenausweises nur den ermäßigten Studierendenpreis zahlen. Weitere Informationen finden Sie unter www.studentenwerkdarmstadt.de/essen/essen.html.

Direkt neben dem darmstadtium befindet sich das „Karo 5“, das Empfangsgebäude der TU Darmstadt (Karolinenplatz 5). Hier betreibt das Studentenwerk eine Bar mit Snacks, Kaffee und Getränken. Öffnungszeiten: 7:30–17:30 Uhr.

Unmittelbar neben dem „Karo 5“ ist das „Welcome Hotel“ (Karolinenplatz 4) mit dem Restaurant „Herrngarten“ (Öffnungszeiten: 6–10:30 und 12–14:30 Uhr) und dem Bistro „Moller“ (Öffnungszeiten: 11:30–1 Uhr).

Darüber hinaus finden sich im näheren Umkreis um das darmstadtium zahlreiche Möglichkeiten, sich in der Mittagspause und auch sonst zwischendurch oder am Abend zu stärken oder den Durst zu stillen. Ein Übersichtsplan ist auf S. 352 zu sehen. Die folgende Auswahl ist weder vollständig noch soll sie irgendeine Art von Empfehlung ausdrücken, sondern lediglich als Anregung dienen. Alle Angaben ohne Gewähr, Stand: Dezember 2011.

Im Bereich ② (siehe Lageplan auf S. 352):

- „bacio“ (Eiscafé), Lauteschlägerstr. 1, Öffnungszeiten: 8–20 Uhr
- „Havana“ (Restaurant/Bar, lateinamerikanisch), Lauteschlägerstr. 42, Öffnungszeiten: Mo: 11–1 Uhr, Di–Fr: 17–1 Uhr
- „Hobbit“ (Studentenkneipe, auch Pizzen und Salate), Lauteschlägerstr. 3, Öffnungszeiten: 11:30–1 Uhr
- „Hot Spot Kebap“ (Döner, griechischer Imbiss), Lauteschlägerstr. 3, Öffnungszeiten: 11–22 Uhr
- „Zum Hotzenplotz“ (Studentenkneipe, auch Pizzen, Fladenbrot, Salate), Mauerstr. 34, Öffnungszeiten: ab 18 Uhr
- „Ireland Pub“ (Studentenkneipe, auch Pizzen, Flammkuchen, Baguettes), Mauerstr. 22, Öffnungszeiten: ab 19 Uhr
- „Bäckerei Müller“, Lauteschlägerstr. 8, Öffnungszeiten: 6:30–18 Uhr
- „The Parliament of Rock“ (Studentenkneipe), Mauerstr. 20, Öffnungszeiten: 18–3 Uhr
- „Metzgerei Volz“, Lauteschlägerstr. 4, Öffnungszeiten: 7:30–13 und 15–18 Uhr, Mittwochnachmittag geschlossen

Im Bereich ③ (siehe Lageplan auf S. 352):

- „603 qm“ (Studentencafé/-kneipe/-disco), Alexanderstr. 2, Öffnungszeiten: Café: 11–16:30 Uhr, Kneipe: 21–3 Uhr, Klub/Disco: ab 23 Uhr
- „Al-salam“ (arabischer/orientalischer Imbiss), Dieburger Str. 14, Öffnungszeiten: 9–23 Uhr
- „Bayrischer Hof“ (Gasthaus, gutbürgerliche Küche), Alexanderstr. 33, Öffnungszeiten: 12–14 und 17–23 Uhr
- „Bormuth“ (Bäckerei), Dieburger Str. 30, Öffnungszeiten: 7–20 Uhr
- „Bosporus“ (Café), Dieburger Str. 10, Öffnungszeiten: 6–18 Uhr
- „Cadde Snack-Bar“ (Restaurant/Café), Alexanderstr. 39, Öffnungszeiten: 11–23 Uhr

- „Da Nino“ (Ristorante, Pizzeria), Alexanderstr. 29, Öffnungszeiten: Mo: 18–23 Uhr, sonst 12–14 und 18–23 Uhr
- „Durmaz“ (Döner- und Pizzahaus), Dieburger Str. 10–12, Öffnungszeiten: 12–23 Uhr
- „Eiseles Weinschmecker“ (Weinbar, Bistro, Vinothek), Dieburger Str. 19, Öffnungszeiten: 16–24 Uhr, Bistroküche ab 17 Uhr
- „Grashüpfer – Nudeln und mehr“ (Restaurant/Café), Alexanderstr. 39, Öffnungszeiten: 11–22 Uhr
- „Joey's“ (Pizza zum Mitnehmen), Dieburger Str. 18, Öffnungszeiten: 11–23 Uhr
- „my back – SB-Bäckerei“, Alexanderstr. 26, Öffnungszeiten: 6–18 Uhr
- „PENNY Markt“ (Supermarkt), Heinheimer Str. 7, Öffnungszeiten: 8–21 Uhr
- „REWE“ (Supermarkt), Dieburger Str. 24, Öffnungszeiten: 7–22 Uhr
- „Taksim Döner Kebap Haus“, Dieburger Str. 2, Öffnungszeiten: 10:30–24 Uhr

Im Bereich ④ (siehe Lageplan auf S. 352):

- „An Sibin“ (Irish Pub), Landgraf-Georg-Str. 25, Öffnungszeiten: täglich ab 18 Uhr
- „Asia-Kim“ (Asia-Restaurant), Holzstr. 2, Öffnungszeiten: 11–23 Uhr
- „Bockshaut“ (Restaurant, Weinhaus), Kirchstr. 7–9, Öffnungszeiten: 12–15 und 18–22:30 Uhr
- „Bormuth“ (Bäckerei), Marktplatz 5, Öffnungszeiten: 7:30–19 Uhr
- „Dinar Kebap-Imbiss“ (Döner-Imbiss), Holzstr. 1, Öffnungszeiten: 12–1 Uhr
- „Efendis“ (Döner, Pizza), Landgraf-Georg-Str. 13, Öffnungszeiten: 10–3 Uhr
- „El Cid“ (spanisches Tapas-Restaurant), Landgraf-Georg-Str. 19, Öffnungszeiten: 17:30–1 Uhr
- „Erbil“ (Döner, griechischer Imbiss), Landgraf-Georg-Str. 17, Öffnungszeiten: 10–24 Uhr
- „Extrablatt“ (Café), Marktplatz 11, Öffnungszeiten: 8:30–1 Uhr
- „Mini Nest“ (Party-Kneipe), Landgraf-Georg-Str. 7, Öffnungszeiten: ab 21 Uhr
- „Netto Marken-Discount“ (Supermarkt), Kirchstr. 4, Öffnungszeiten: 7–20 Uhr
- „Ratskeller“ (Restaurant, Hausbrauerei), Marktplatz 8, Öffnungszeiten: 10–1 Uhr, Küche: 12–22 Uhr
- „Scoozi“ (italienisches Restaurant), Marktplatz 12, Öffnungszeiten: 11:30–23 Uhr
- „Saray Bäckerei“, Marktplatz 14, Öffnungszeiten: 7–20 Uhr
- „Saray Grillhaus“, Marktplatz 14, Öffnungszeiten: 10–2 Uhr
- „Sausalitos“ (Cocktails, Snacks, Party), Landgraf-Georg-Str. 25, Öffnungszeiten: 17–1 Uhr
- „tegut“ (Supermarkt), Ludwigstr. 2–4, Öffnungszeiten: 7–21 Uhr

Im Bereich ⑤ (Innenstadt allgemein, siehe Lageplan auf S. 352):
viel zu viele, um sie alle aufzuzählen:

- Restaurants
- Cafés, Bistros
- Bäckereien, Metzgereien
- diverse Imbiss-Stände
- Döner-Restaurants, Pizzerien
- Fast-Food-Restaurants
- Lebensmittelmärkte usw.

Teilnahmegebühren

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

[a]: Mitglied in DEGA, VDI, DPG, ITG, VDT, EAA-Mitgliedsgesellschaft

[b]: Die Teilnahmegebühren für Rentner oder Pensionäre gelten auch für Erwerbslose. Teilnehmer aus dieser Kategorie, die nicht Mitglied[a] sind, zählen zu Klasse 2.

[c]: Gebühr bis einschließlich 31. Januar 2012

[d]: Gebühr ab dem 1. Februar 2012

[e]: *Paketangebot:* Tagungsteilnahme *plus* Neu-Mitgliedschaft in der DEGA im Jahr 2012

[f]: *Paketangebot:* Tagungsteilnahme *plus* Neu-Mitgliedschaft als Studierende(r) in der DEGA im Jahr 2012

Das *Paketangebot* für Nicht-DEGA-Mitglieder umfasst neben der Tagungsteilnahme die volle persönliche Mitgliedschaft in der DEGA inklusive des Mitgliedsbeitrags für das Jahr 2012. Es ist aufgrund der geringen Differenz zur regulären Teilnahmegebühr sehr attraktiv. Nach Ablauf des Jahres 2012 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.

Anmeldung zur Teilnahme an der Tagung

Die Anmeldung zur Teilnahme soll vorzugsweise im Internet unter

www.daga2012.de

(und dort unter „Anmeldung“) erfolgen. Für die schriftliche Anmeldung als Teilnehmer können Sie das entsprechende Anmeldeformular ebenfalls von der Webseite herunterladen oder das Formular auf Seite 367 verwenden.

Zahlungsweise

Zahlungen innerhalb Deutschlands sollten vorzugsweise per Lastschrifteinzug 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:
Konto-Inhaberin: DEGA e.V.
Oldenburgische Landesbank, BLZ: 280 200 50
Konto-Nr.: 108 372 01 00
(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 2012. 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).

Online-Tagungsplaner

Ab etwa Mitte Februar 2012 wird auf der DAGA-Webseite

www.daga2012.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.

Hotels und Tourismus

Alle wesentlichen Angaben zu Unterkünften und Hotels finden Sie auf der DAGA-Webseite www.daga2012.de unter dem Stichwort „Tagungsort → Unterkunft“. Dort gibt es auch einen Link zu einer Übersichtskarte, die alle Hotels anzeigt, in denen wir Zimmerkontingente für Sie reserviert haben (über 1000 Betten in verschiedenen Preislagen). Diese Kontingente sind bis zum 15. Februar 2012 buchbar, in der Jugendherberge Darmstadt nur bis zum 31. Januar 2012.

Darüber hinaus finden Sie auch über die Webseiten der Darmstadt Marketing GmbH (www.darmstadt-marketing.de) Informationen zu Übernachtungsmöglichkeiten in Darmstadt und Umgebung.

Anreise

Ausführliche Informationen zur Anreise mit dem Pkw, mit öffentlichen Verkehrsmitteln oder mit dem Flugzeug erhalten Sie auf S. 353.

Stadtinformation, Veranstaltungskalender

Informationen zur Wissenschaftsstadt Darmstadt und ihren Sehenswürdigkeiten finden Sie auf den Webseiten der Stadt Darmstadt (www.darmstadt.de → „Darmstadt erleben“) oder der Darmstadt Marketing GmbH (www.darmstadt-marketing.de → „Darmstadt erleben“).

Eine allgemeine Touristeninformation, der sog. „Darmstadt Shop“ (www.darmstadt-marketing.de/darmstadt-shop), befindet sich am zentralen Luisenplatz (siehe Lageplan auf S. 352) links neben dem Eingang des Luisencenters. Öffnungszeiten: Mo bis Fr: 10–18 Uhr, Sa: 10–16 Uhr.

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

- Luisenplatz: de.wikipedia.org/wiki/Luisenplatz_(Darmstadt)
- Residenzschloss Darmstadt: de.wikipedia.org/wiki/Residenzschloss_Darmstadt
- Schlossmuseum Darmstadt: www.schlossmuseum-darmstadt.de
- Staatstheater Darmstadt: www.staatstheater-darmstadt.de
- Mathildenhöhe: www.mathildenhoehe.info
- Hochzeitsturm: de.wikipedia.org/wiki/Hochzeitsturm
- Park Rosenhöhe: www.park-rosenhoehe.de
- Waldspirale: de.wikipedia.org/wiki/Waldspirale
- Jagdschloss Kranichstein: www.jagdschloss-kranichstein.de
- Sehenswürdigkeiten in Darmstadt: de.wikipedia.org/wiki/Sehenswürdigkeiten_in_Darmstadt
- Veranstaltungehinweise:
  - www.darmstadt.de/sonderseiten/veranstaltungskalender
  - veranstaltungen.meinestadt.de/darmstadt-wissenschaftsstadt
  - www.partyamt.de/
  - venyoo.de/Darmstadt

Außerdem kommt für die Abendgestaltung eventuell auch die eine oder andere Lokalität (Restaurant, Hausbrauerei, Weinstube, Studentenkneipe, Cocktailbar, ...) im Abschnitt „Hinweise zur Verpflegung“ (siehe S. 31 ff) in Frage.

Wichtige Termine zur DAGA 2012

- 31. Januar 2012: letzter Termin für die Anmeldung mit den günstigeren („frühen“) Teilnahmegebühren
- 19. März 2012: Vorkolloquien, DEGA-Mitgliederversammlung
- 19.-22. März 2012: DAGA 2012-Tagung
- 30. März 2012: letzter Termin zur Manuskript-Einreichung (siehe S. 25)
- Frühjahr/Sommer 2012: Versand der CD-ROM sowie der zusätzlich bestellten (kostenpflichtigen) gedruckten Tagungsbände

Preise der DEGA

Helmholtz-Medaille für Prof. Wolfgang Fasold

Die Helmholtz-Medaille der Deutschen Gesellschaft für Akustik für das Jahr 2012 wird im Rahmen der DAGA-Tagung in Darmstadt an Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Fasold verliehen. Er erhält die Medaille als Anerkennung für sein herausragendes Lebenswerk zur Bau- und Raumakustik und zum städtebaulichen Schallschutz.

Nach Wolfgang Kraak (1994), Arno Lenk (2000), Werner Schirmer (2007) und Peter Költzsch (2009) ist Wolfgang Fasold damit schon der fünfte Helmholtz-Preisträger, der an der Technischen Hochschule Dresden promovierte und die Geschicke der Akustik in Ostdeutschland maßgeblich mitgeprägt hat. Seine wichtigste Wirkungsstätte war die Bauakademie der DDR in Berlin, an der er von 1962 bis 1991 tätig war und ab 1970 die Abteilung Bau- und Raumakustik mit zuletzt 18 Mitarbeitern geleitet hat. 1975 wurde er an der Bauakademie zum Professor ernannt. Er war auch an Hochschulen und Universitäten, zuletzt an der Universität Stuttgart als Gastdozent tätig. Nach der Auflösung der Bauakademie wechselte er 1992 an das Stuttgarter Fraunhofer-Institut für Bauphysik, wo er bis zu seiner Pensionierung stellvertretender Institutsleiter war.

In seiner langjährigen beruflichen Tätigkeit hat sich Wolfgang Fasold vor allem mit dem Ausbau von Forschungskapazitäten, der Standardisierung und der projektbezogenen Beratungstätigkeit beschäftigt, z.B. im Bereich Raumakustik (einschließlich raumakustischer Modellmesstechnik), im städteplanerischen Schallschutz oder in der internationalen Zusammenarbeit. Daneben fand er immer Zeit, sich selbst bei Forschungsarbeiten einzubringen, anfangs hauptsächlich in der Bauakustik, z.B. bei der Untersuchung und Entwicklung leichter Trennwände. Später hat er als raumakustischer Berater u.a. den Palast der Republik, das neue Gewandhaus in Leipzig, das Schauspielhaus (heute Konzerthaus) in Berlin oder das Atatürk Kulturzentrum in Ankara maßgeblich mitgeprägt.

Nicht nur mit seinen zahlreichen Publikationen, sondern auch als Mitautor des „TGL-Handbuch für das Bauwesen“ (Fasold, Kleber 1966-76) sowie als Mitherausgeber des „Taschenbuch Akustik“ (Fasold, Kraak, Schirmer, 1984) und des Buches „Bauphysikalische Entwurfslehre / Bau- und Raumakustik“ (Fasold, Sonntag, Winkler, 1972-1987) hat er sich einen besonderen Namen gemacht. Diese Bücher gelten bis heute als gefragte Standardwerke. Auch in Fachgremien war er immer sehr aktiv – u.a. in der DEGA als Begründer und erster Leiter des Fachausschusses Bau- und Raumakustik.

An dieser Stelle möchten wir Wolfgang Fasold nochmals zu seinem 80. Geburtstag herzlich gratulieren. Da er aus gesundheitlichen Gründen während der DAGA 2012 leider nicht anwesend sein kann, wird sein

Enkel, Martin von Berg, den Preis entgegennehmen. Die Deutsche Gesellschaft für Akustik freut sich, Wolfgang Fasold für sein umfangreiches Lebenswerk mit der Helmholtz-Medaille auszeichnen zu können.

Der Vorstand der DEGA

Lothar-Cremer-Preis für Dr. Franz Zotter

Der Lothar-Cremer-Preis der Deutschen Gesellschaft für Akustik für das Jahr 2012 wird im Rahmen der DAGA-Tagung in Darmstadt an Dr. rer. nat. Franz Zotter verliehen. Herr Zotter erhält diesen Preis für junge Nachwuchswissenschaftler als Anerkennung für seine herausragenden Arbeiten auf den Gebieten der räumlichen Audiotechnik und der musikalischen Akustik.

Nach seinem Diplom im Fachgebiet Elektrotechnik-Toningenieur an der Technischen Universität Graz und der Kunstuniversität Graz (2004) schloss er ein Doktoratsstudium am Institut für Elektronische Musik und Akustik (IEM) der Kunstuniversität Graz an, welches er mit der Promotion zum Thema „sphärische Mikrofon- bzw. Lautsprecherarrays“ 2009 mit Auszeichnung abschloss. Herr Zotter hat hierbei nicht nur die theoretischen Grundlagen vertieft, sondern auch mehrere praktische Umsetzungen entwickelt, die in der Fachwelt bereits zur Anwendung kommen – z.B. die Imitation der Abstrahlung von Musikinstrumenten durch Kugellautsprecher oder deren Einsatz bei der Vermessung raumakustischer Eigenschaften. Seit 2008 hat er seine Forschungsarbeiten als „Senior Scientist“ am IEM auf die Gebiete der akustischen Holografie und der Ambisonics-Technologie ausgeweitet und hält derzeit vier Lehrveranstaltungen für die interuniversitäre Studienrichtung Elektrotechnik-Toningenieur in Graz ab. Mit Daniel Deboy erhielt einer der von ihm betreuten Diplomanden im Jahre 2011 den DEGA-Studienpreis.

Die DEGA freut sich, mit Franz Zotter einen jungen, vielversprechenden Nachwuchswissenschaftler auszeichnen zu können. Er hat sich auf seinem Fachgebiet bereits zu einem international gefragten Experten entwickelt, und in den kommenden Jahren sind von ihm sicherlich weitere wertvolle Impulse zu erwarten.

Der Vorstand der DEGA

DEGA-Studienpreise

- **Dipl.-Ing. Felix Dietzsch** für seine Diplomarbeit:
  „Numerical Investigations for Sound Propagation in Moving Flows“ (Technische Universität Dresden), siehe Vortrag auf S. 182
- **Dipl.-Ing. Martin Kunkemöller** für seine Diplomarbeit:
  „Entwicklung eines Analyse- und Syntheseverfahrens von mehrkanalig gemessenen Raumimpulsantworten für variable Quellcharakteristiken“ (RWTH Aachen), siehe Vortrag auf S. 311

Plenarvorträge

Di. 11:00 Spectrum A Plenarvortrag Dienstag

Holofonie für Musikinstrumente

F. Zotter (Empfänger des Lothar-Cremer-Preises)
Institut für Elektronische Musik und Akustik, KU Graz

Musikinstrumente geben ihre Klangbestandteile mit rundum uneinheitlicher Stärke in den Raum ab. Demnach benötigen wir für eine perfekte Wiedergabe von Musikinstrumenten einen räumlichen ”Schallprojektor”, dessen Wiedergabelautstärke für alle Richtungen getrennt eingestellt wird. Die Idee dazu wurde in den Neunzehnsiebziger-Jahren in künstlerischen Kreisen geboren - die aktuelle Forschung demonstriert ihre theoretische und praktische Umsetzung. Dabei werden aber auch wesentliche Fragen aufgeworfen:
Wie erreicht ein kugelförmiger ”Schallprojektor” angemessene Richtungsauflösung und Frequenzbandbreiten? Wie wird ein Hologramm eines Musikinstrumentes aufgenommen und in Klangbestandteile zerlegt? Ohne alle Fragen beantworten zu können, demonstriert der Vortrag, was heute schon möglich ist und welche Dinge die Zukunft für uns bereithält. Dazu werden kompakte und umgebende kugelförmige Anordnungen aus Mikrofonen und Lautsprechern vorgestellt und deren Einsatzbereiche gezeigt.

Mi. 11:00 Spectrum A Plenarvorträge Mittwoch

Audio-Qualität: Hörtests, psychoakustisch motivierte Messverfahren und wie weiter?

K. Brandenburg
Technische Universität Ilmenau

Unter der Überschrift ”Hifi” wird schon seit vielen Jahren alles Mögliche verkauft - von hochwertigen Produkten bis hin zu teuren Wundermitteln, deren Wirkung höchstens psychologisch erklärt werden kann. Der Vortrag geht auf das gesamte Umfeld des subjektiven Hörerlebnisses von gespeicherter Musik im persönlichen Umfeld ein. Es beginnt mit einigen Bemerkungen zu den Fähigkeiten von Gehör und Gehirn. Akustische Täuschungen zeigen, dass kognitive Prozesse ganz wesentlich daran beteiligt sind, was wir hören und was wir zu hören meinen. Audioqualität wird heute anhand von Hörtests beurteilt. Auch hier gibt es sehr viele Möglichkeiten für Fehler und falsche Aussagen. ITU, ISO/IEC und andere haben über Jahrzehnte Methoden entwickelt und verfeinert, die insbesondere valide und wiederholbare Ergebnisse liefern sollen. Heute werden diese Verfahren durch Testmethoden aus den Sozialwissenschaften oder der Lebensmittelindustrie ergänzt, die ganz ähnliche Probleme haben, wiederholbare Ergebnisse z. B. bei Geschmackstests zu ermitteln. Der Vortrag gibt auch einen Überblick über die Möglichkeiten und Grenzen objektiver Maße wie PESQ (für Sprache) und PEAQ (für

allgemeine Audiosignale). Abschließend zeigen einige aktuelle Ergebnisse wie limitiert unser aktuelles Wissen über räumliches Hören ist und wo noch erheblicher Forschungsbedarf besteht.

Mi. 11:45 Spectrum A Plenarvorträge Mittwoch

Getriebe- und Systemakustik

H. Naunheimer
ZF Friedrichshafen AG

Bereits die Firmengründung der ZF Friedrichshafen AG 1915 hatte einen ”akustischen” Hintergrund. Bei den Zeppelin-Luftschiffen war eine Geräuschoptimierung notwendig geworden. Im Automobilsektor schaffte ZF mit dem Aphon-Getriebe den Erfolg: Die hohe Laufruhe dieses ersten schrägverzahnten Getriebes konnten Kunden ab 1929 in hochpreisigen Automobilen erleben.

Kontinuierlich beschritt ZF den Weg vom Getriebebauer zum Systemlieferanten der Antriebstechnik; mit der Fahrwerktechnik wurde ein weiteres wichtiges Kompetenzfeld erschlossen. In allen Geschäftsbereichen ist ein optimales NVH-Verhalten von Komponenten und Systemen zentrales Entwicklungsziel: In gleichem Maße wie die Komfortansprüche des Autofahrers steigen, müssen störende Geräusche aus dem ”Fahr-Ambiente” beseitigt werden. Komfort im Pkw-Innenraum bedeutet daher nicht ”Sound Design”, sondern ”Sound Cleaning”.

Die aktuellen Herausforderungen der Systemakustik beschränken sich jedoch keineswegs auf den Pkw-Innenraum. Im Zuge des Lärmschutzes werden Fahrgeräuschgrenzwerte kontinuierlich abgesenkt - das macht eine gezielte Geräuschoptimierung aller Teilschallquellen beispielsweise bei Nutzfahrzeugen notwendig. Die wachsende Bedeutung der Elektromobilität bietet zudem Anlass, über die Akustik zukünftiger E-Fahrzeuge nachzudenken. Wenn die Rede von neuen Märkten ist, muss bedacht werden, dass jegliches Geräuschempfinden subjektiv und damit von der Erwartungshaltung der Zielgruppe abhängig ist. Auch beispielsweise im Bereich der Windenergie wird es zukünftig darum gehen, die Geräuschemissionen von Windenergieanlagen zu minimieren.

Do. 11:00 Spectrum A Plenarvorträge Donnerstag

Computational Acoustics:
Ausgewählte Anwendungen im industriellen Umfeld

R. Lerch
Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik

Im Rahmen des Vortrags wird ein kurzer Überblick über das Gebiet der Numerischen Akustik gegeben. Darüber hinaus werden grundlegende Verfahren, wie beispielsweise Finite-Elemente- sowie Boundary-Elemente-Methoden, vorgestellt. Der Schwerpunkt des Vortrages liegt bei der praktischen Anwendung dieser Verfahren im Zuge industrieller

Entwicklungsprojekte. Mit Hilfe der auf ”Computational Acoustics” basierenden Entwicklungsmethodik wird die Vorhersage des akustischen Verhaltens von technischen Komponenten und Systemen in der frühen Designphase ermöglicht. Beispielsweise können präzise Computersimulationen dazu dienen, einzelne Komponenten oder auch komplexe Gesamtsysteme hinsichtlich der akustischen Eigenschaften zu optimieren, ohne dass kostspielige Prototypen aufgebaut werden müssen.
Ziel des Vortrages ist es auch, Grenzen der vorgestellten Entwicklungsmethodik aufzuzeigen und Hinweise zu geben, was beim Einsatz solcher Verfahren zu beachten ist. Unter anderem wird ausführlich diskutiert, in welchem Umfang begleitende messtechnische Untersuchungen notwendig bzw. unverzichtbar sind.
Die vorgestellten Anwendungsbeispiele stammen aus den Gebieten Medizintechnik, Automobiltechnik, Elektrische Energieversorgung, Klima- und Belüftungstechnik, Unterhaltungselektronik sowie Automatisierungstechnik.

Do. 11:45 Spectrum A Plenarvorträge Donnerstag

Physik der Elektrogitarre

M. Zollner
Hochschule Regensburg

Die Elektrogitarre wird gerne als eine Art Akustikgitarre mit Tonabnehmer angesehen - und da über jene vielfältige Literatur existiert, scheint sie vertraut. So überrascht es nicht, dass über die Elektrogitarre kaum wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt und publiziert wurden. Die Unterschiede beginnen aber schon bei den Saiten, die gitarrenspezifische Schwingungen ausführen. Transversal, longitudinal, auf Stege aufprellend, und nur selten so einfach wie im Physikbuch beschrieben. Bei der Akustikgitarre sollte ein möglichst großer Teil der Schwingungsenergie als Schall abgestrahlt werden, bei der Elektrogitarre ist dieser ”Verlust” unerwünscht - die Anforderungen an die Auflagerimpedanzen sind folglich unterschiedlich, die Wirkungen der verwendeten Hölzer auch.
Mit dispersiven Leitungsmodellen kann die Saitenschwingung ausreichend gut modelliert werden, und hiermit ist auch eine Beschreibung der Tonabnehmer-Eingangsgröße möglich. Beim Magnettonabnehmer wird die Saitenschnelle in eine elektrische Spannung gewandelt, beim Piezo-Tonabnehmer die Auflager-Kraft. Der Tonabnehmer selbst wirkt - zusammen mit dem Gitarrenkabel - als klangformendes Filter. Magnetapertur, Richtcharakteristik, Resonanzfrequenz und Güte sowie Nichtlinearitäten definieren ein nicht ganz triviales Übertragungsverhalten, das nur durch subjektive Bewertung optimiert werden kann - eine verzerrungsfreie Übertragung wäre hier deplaziert. Erst die Kombination mehrerer Disziplinen, erst das Zusammenspiel von Mechanik, Elektrotechnik, Akustik und Psychoakustik ermöglicht eine tragfähige Funktionsbeschreibung der Elektrogitarre.

Vorkolloquium Fahrzeugakustik

Mo. 13:00 germanium 2 (3.02+3.03) Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

Begrüßung und Einführung
C. Beidl
TU Darmstadt, Inst. für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe

Mo. 13:10 germanium 2 (3.02+3.03) Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

Automatische Identifizierung und Analyse von NVH-Phänomenen im Fahrzeug auf dem Rollenprüfstand
A. Albers, A. Schwarz, R. Hettel und M. Behrendt
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), IPEK
Das NVH-Verhalten von Fahrzeugen wird für den Kunden immer wichtiger. Dabei stellen vor allem Antriebsstrangkonzepte wie hybride oder vollelektrische Antriebsstränge neue Herausforderungen an die Entwicklung und Validierung des NVH-Verhaltens. In modernen Antriebssträngen können dabei über 100 NVH-Phänomene auftreten.
Dieser Beitrag stellt eine Methode vor, die diese Phänomene automatisch während einer Messfahrt anhand von Sensorsignalen automatisch identifiziert und analysiert. Dabei wird dem Testingenieur ausgegeben um welches Phänomen es sich handelt und in welchem Abschnitt der Messung es aufgetreten ist. Zusätzlich werden Informationen zur Art und Auswirkung, wie zum Beispiel der Frequenzbereich und Schalldruckpegel, abhängig vom Phänomen ausgegeben.
Die Methode nutzt dafür die Information, dass Phänomene nur in bestimmten Fahrzuständen auftreten können. Ein Lastwechselschlag (clonk) kann beispielsweise nur auftreten, wenn ein Lastwechsel stattgefunden hat. Dabei wird der Fahrzustand mit Hilfe von CAN-Signalen bestimmt. Außerdem werden Informationen wie Motor- und Raddrehzahlen genutzt um den Frequenzbereich in dem sich das Phänomen äußert zu bestimmen (z.B. Motordrehzahl für die Motorordnungen). Grundlage für diese Methode ist eine NVH-Matrix in der zu ca. 100 Phänomenen neben der Phänomenbeschreibung Ursache, Frequenzbereich, Dauer, Bandbreite, CAN-Signale zur Detektion, Maßnahmen zur Behebung, Literaturquellen die Fahrmanöver bzw. Fahrzustände aufgelistet sind.

Mo. 13:35 germanium 2 (3.02+3.03) Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

Optimierte Echtzeit- und Offline-Simulationsmodelle zur Analyse der Antriebsstrangdynamik und -akustik

J. Girstmair, H.-H. Priebsch, E. Nijman und F. Reich
Kompetenzzentrum - Das Virtuelle Fahrzeug, Graz

Eine präzise Vorhersage von Antriebsstrangschwingungen bereits in frühen Entwicklungsphasen ermöglicht es zukünftige PKW Antriebssysteme noch effizienter zu entwickeln. Dabei werden einerseits sehr präzise Simulationsmodelle benötigt, um komfortmindernde NVH-Phänomene von der Entstehung bis zur Übertragung zum Fahrer im Detail verstehen und damit optimieren zu können. Echtzeitfähige Antriebsstrangmodelle werden auf speziellen Prüfständen mit realer Hardware kombiniert und erlauben so eine effiziente Abstimmung des dynamischen Verhaltens durch ein optimiertes Zusammenspiel von virtueller und realer Testumgebung.

Diese Veröffentlichung gibt einen Überblick über verschiedene Modellansätze für nichtlineare Übertragungselemente im Antriebsstrang wie z.B. ZMS und Aggregatlager. Insbesondere wird dabei auf die Modellbildung und Parametrierung für Echtzeit- und detaillierte Offline-Simulationen eingegangen und hierfür erläutert welche nichtlinearen Effekte bei der Simulation nicht zu vernachlässigen sind. Mit einer speziell für akustische Problemstellungen optimierten systematischen Vorgehensweise zur Parameteridentifikation können Parameter einzelner nichtlinearer Elemente im Gesamtsystem bestimmt werden, für die Herstellerangaben oder Anhaltswerte aus der Literatur unzureichend sind.

Die Verifikation der verschiedenen Ansätze und Methoden wird für einen 4WD PKW gezeigt. Mittels Messungen am Gesamtfahrzeug an einem akustischen Rollenprüfstand und nichtlinearer Optimierung werden die unbekannten Werte in realistischen Grenzen bestimmt. Damit kann die Abweichung zwischen Messung und Simulation deutlich verbessert werden.

Mo. 14:00 germanium 2 (3.02+3.03) Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

Fahrzeug-Aeroakustik bei turbulenter Anströmung

M. Helfer
FKFS Stuttgart

Zur messtechnischen und subjektiven Beurteilung der Windgeräuschanregung werden seit einigen Jahren vermehrt aeroakustische Windkanäle eingesetzt. Diese zeichnen sich durch ein sehr gleichförmiges und stationäres Strömungsprofil aus, was im Fahrzeug zu einem stetigen Höreindruck führt. Auf der Straße hingegen ändert sich die Anströmung aufgrund von klimatischen und örtlichen Einflüssen (zum Beispiel durch vorausfahrende Verkehrsteilnehmer und durch Bepflanzungen beziehungsweise Bauwerke am Fahrbahnrand) zeit- und ortsabhängig in Betrag und Richtung. Dies führt zu einem sich zeitlich in Lautstärke und

Frequenzzusammensetzung ändernden Umströmungsgeräusch. Derartige zeitliche Strukturen im Geräusch werden häufig als unangenehm empfunden.
Steigende Komfortansprüche erfordern es daher, künftig neben der klassischen stationären Umströmungsgeräuschoptimierung im Windkanal auch das instationäre Windgeräusch im Fahrzeugentwicklungsprozess zu berücksichtigen. Um die Untersuchungen hierzu nicht auf öffentlichen Straßen durchführen zu müssen, gibt es unterschiedliche Ansätze zur Simulation des durch Turbulenzen modulierten Windgeräusches mithilfe von Windkanalmessungen. Diese umfassen sowohl stationäre und aktive Böengeneratoren vor dem Fahrzeug als auch Methoden zur Geräuschsynthese.

Mo. 14:25 germanium 2 (3.02+3.03) Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

Schallentstehung und -ausbreitung in Fahrzeugklimaanlagen

K. Pies[a], S. Sentpali[b], M. Böhle[c] und M. Fallen[c]
[a] *Ingenieurbüro Pies;* [b] *Hochschule München, Fahrzeugtechnik;* [c] *TU Kaiserslautern, Lehrstuhl für Ström.-mechanik und -maschinen*

Die Innengeräuschqualität eines Fahrzeugs wird heutzutage maßgeblich durch die von der Klimaanlage erzeugten Geräusche mitbestimmt. Neben dem Gebläse als primärer Schallquelle entsteht jedoch auch an Einbauten, Klappen, Krümmern und dem Ausströmer strömungsinduzierter Lärm, der zur Beschreibung des Gesamtgeräusches berücksichtigt werden muss. Die Übertragung des Schalls von den Quellen zur Mündung wird durch die Transfereigenschaften der Strömungsführungskanäle/-einheiten bestimmt. Bei überwiegend eindimensionaler Schallausbreitung in akustisch engen Kanälen kann für die Simulation der Übertragungseigenschaften das Modell des akustischen Vierpols in Form von Transfermatrizen genutzt werden. Eine Berücksichtigung der Teilschallquellen der Übertragungselemente ist hierbei nicht möglich. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der Implementierung eines Quellenansatzes in die Transfermatrizenbeschreibung von Kanal- bzw. Rohrsystemen. Die Bestimmung der Transfermatrizen verschiedener Kanalabschnitte und Einbauten findet an einem Transfermatrizenprüfstand statt. Für die benötigten Quelleigenschaften ist ein separater Prüfstand entwickelt worden, der eine definierte Durchströmung mit leiser Luft und eine Durchschallung durch eine künstliche Geräuschquelle ermöglicht. Die so gewonnenen Emissionskennwerte können in Abhängigkeit von Parametern wie Strömungsgeschwindigkeit oder z.B. Klappenstellungen in das Berechnungsmodell integriert werden.

Mo. 15:10 germanium 2 (3.02+3.03) Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

Leichtbau im Automobil mit aktiven Abgas-Schalldämpfern

J. Krüger, M. Pommerer und M. Conrath
Eberspächer GmbH & Co. KG

In den letzten Jahren sind aktive Schalldämpfer in prototypischen Abgasanlagen für unterschiedliche Motorenkonzepte an diversen Fahrzeugen entwickelt und erprobt worden. Dabei wurden jeweils die Endschalldämpfer durch Aktoren ersetzt, die elektrodynamische Lautsprecher als aktive Elemente enthielten. Vervollständigt wurde das System durch einen an den CAN-Bus angeschlossenen Controller, auf dem der ANC-Regelalgorithmus appliziert ist. Ergebnisse von Rollenprüfstandsmessungen zeigen an einigen Demonstratorfahrzeugen die enorme Wirksamkeit des aktiven Schalldämpfungsprinzips unter realistischen Randbedingungen. Mit Hilfe eines besonders kompakten Aktoraufbaus kann zudem eine Bauraumintegration in mehrere Fahrzeugplattformen gelingen. Darüber hinaus wird gezeigt, wie durch die hohe Effizienz der aktiven Schalldämpfung das gesamte Volumen der Abgasanlage verringert werden kann. Bei der Reduktion einer zweiflutigen Abgasanlage auf einen Strang entsteht zudem erhebliches Leichtbaupotential ohne dabei das Mündungsgeräusch oder den Gegendruck der Anlage wesentlich zu verschlechtern. Der mögliche Einfluss auf zukünftige Fahrzeugarchitekturen soll anhand einer extrem kompakten Abgasanlage erläutert werden.

Mo. 15:35 germanium 2 (3.02+3.03) Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

Anwendung der Strukturintensität in der effizienten Auslegung von Pkw-Strukturen

T. Stoewer[a], H. Schneeweiß[a], T. Hering[b], J. Bös[b] und H. Hanselka[b,c]
[a] *BMW Group;* [b] *TU Darmstadt, Systemzuverläss. und Maschinenakustik SzM;* [c] *Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt*

Fahrzeuge von Automobilherstellern der Premiumklasse unterliegen höchsten Anforderungen an die umfassende Qualität der verkauften Produkte. Ein hervorragendes akustisches und schwingungstechnisches Verhalten wird als selbstverständlich vorausgesetzt, wobei die fahrdynamischen Eigenschaften in keiner Weise beeinträchtigt werden dürfen. Zur Realisierung von weiter verbessertem Schwingungs- und Akustikverhalten in diesen Fahrzeugen ist daher eine genaue Kenntnis der dynamischen Vorgänge zwischen Anregung und Abstrahlen der Struktur erforderlich.

Die Methode der Strukturintensität (STI) ermöglicht es, Fahrzeugstrukturen in ihren Schwingungseigenschaften detailliert zu analysieren und effizient zu optimieren. Basis der Untersuchungen stellt eine Erweiterung bestehender Finite-Elemente-Simulationsprogramme dar. Mit dieser lässt sich der Körperschallleistungsfluss in flächigen Strukturen lokalisiert und in seinen Anteilen (Longitudinal-/Biegewellenanteil, reale/imaginäre Strukturintensität) im Frequenz- wie auch im Zeitbereich

betrachten, um den größtmöglichen Rückschluss auf das Systemverhalten zu ziehen.
Anhand einiger Beispiele werden Schwingungstransferpfade in Fahrzeugstrukturen mittels der STI berechnet und Strukturänderungen zur Optimierung des Schwingungsverhaltens vorgeschlagen. Als letztes Glied der betrachteten Wirkkette werden die Ergebnisse der STI-Berechnung mit den Simulationsergebnissen der äquivalenten abgestrahlten Schallleistung (ERP) verglichen, um die Auswirkung der konstruktiven Änderungen an den untersuchten Strukturen auf den Luftschall quantifizieren zu können.

Mo. 16:00 germanium 2 (3.02+3.03) Vorkolloquium: Fahrzeugakustik

Sound Solutions for Downsized Powertrains

B. Graf, S. Brandl und A. Rust
AVL List GmbH

Future CO2 scenarios represent a great challenge to the automotive industry. The mainstream solutions for CO2 reduction and fuel economy improvement are downsizing by means of deactivating cylinders in part load operation, or reducing the engine displacement with reduced numbers of cylinders. In order to deliver a usual and known acoustic feedback it is necessary to put a special focus on the development of the NVH relevant attributes vibration, speed fluctuation and sound character.
This publication focuses on two sound solutions for vehicles with downsized engines. The first example shows a vehicle equipped with a four cylinder engine with a simple electrical cylinder deactivation system. In terms of fuel consumption this measure leads to a reduction of up to 5%. By application of a low weight and low cost solution it was possible to bring back the baseline four cylinder sound character even in cylinder deactivation mode.
The second example discussed in this paper shows how active noise generation can be used to change the sound characteristic to a typical standard four cylinder engine. This leads to improved sound quality and a reduction of real life fuel consumption by positive effects on driving behavior.

Vorkolloquium Maschinenakustik (inkl. Strömungsmaschinen)

Mo. 13:00 helium 2 (3.08+3.09) Vorkolloquium: Maschinenakustik

Begrüßung und Einführung
J. Bös[a] und P. Pelz[b]
[a] *TU Darmstadt, Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik SzM;*
[b] *TU Darmstadt, Fluidsystemtechnik*

Mo. 13:10 helium 2 (3.08+3.09) Vorkolloquium: Maschinenakustik

Ventilatorlärm
S. Karstadt und P. Pelz
TU Darmstadt, Fluidsystemtechnik
Strömungsmaschinen spielen in unserem alltäglichen Leben eine große Rolle. Einem unbestrittenen Nutzen steht neben einem großen Energieverbrauch auch eine erhebliche Schallemission gegenüber. Daher werden am Institut für Fluidsystemtechnik der Technischen Universität Darmstadt experimentelle Untersuchungen mit dem Ziel der akustischen und aerodynamischen Optimierung am Beispiel von Axialventilatoren an einem nach DIN 5136 konstruierten Prüfstand durchgeführt. Hier können primäre Maßnahmen zur Schallreduktion in Form von Schaufeldesign und Gehäuseoptimierung sowie sekundäre Maßnahmen wie Schalldämpfung durchgeführt werden. Die experimentellen Untersuchungen zeigen die aerodynamischen und akustischen Auswirkungen der Optimierung des Schaufeldesigns sowie den Einfluss des Schaufelspitzenspalts sowie einer konturierten Oberfläche eines Axialventilators. Zusätzlich zu den primären werden auch sekundäre Maßnahmen, wie die Installation eines Schalldämpfers über dem Rotor des Ventilators untersucht. Der Vortrag gibt einen Einblick in die betriebspunktabhängige Lärmemission sowie in Möglichkeiten der Lärmreduktion mit primären und sekundären Maßnahmen.

Mo. 13:35 helium 2 (3.08+3.09) Vorkolloquium: Maschinenakustik

Kavitationsschall bei Industriearmaturen
J. Kiesbauer und D. Vnucec
Samson AG in Frankfurt/Main
In der Industrie werden Stellgeräte oft mit Flüssigkeiten durchströmt, wobei die Strömung vorwiegend turbulent ist. Zusätzlich können sich aber auch kritische Betriebszustände als Folge von Kavitation ergeben. Dies äußert sich beispielsweise in erhöhter Schallemission, in Erosion an Ventil- und Rohrleitungsbauteilen oder in einer Schwingungsanregung des Drosselkörpers und des gesamten Ventils.
Der Strömungszustand Kavitation hat seinen Ursprung in Ausdampfungen in der Flüssigkeit im Bereich der Drosselstelle. Die entstandenen Dampfblasen zerfallen wiederum im Ventil in Gebieten höheren Druckes

und erzeugen je nach Kavitationsintensität maximale Schalldruckpegel von 100 dB(A). Die Differenz zwischen turbulentem Schall und Kavitationsschall kann hierbei durchaus 30 dB(A) betragen. Der Zustand der Kavitation ist prinzipiell abhängig von den Prozessdaten aus der Anlage sowie der Ventilausführung. Insbesondere die Ausführung des Drosselkörpers hat einen erheblichen Einfluss auf den Kavitationsbeginn und somit auf die Höhe der Schallemission.
Die Bestimmung des Kavitationsschalls erfordert somit eine möglichst genaue Kenntnis des Kavitationsbeginns, der nur zuverlässig aus entsprechenden Messungen entnommen werden kann. Mithilfe der internationalen Schallberechnungsnorm für Flüssigkeiten, der EN 60534-8-4, können letztendlich die Schalldruckpegel mit einer entsprechend hohen Genauigkeit vorausberechnet werden.

Mo. 14:00 helium 2 (3.08+3.09) Vorkolloquium: Maschinenakustik

Schnelle stochastische Methoden zur Vorhersage des breitbandigen Strömungsgeräusches im aeroakustischen Entwurf
R. Ewert
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Braunschweig
Der aktuelle Status eines Simulationsansatzes zur Vorhersage des breitbandigen Strömungsgeräusches wird präsentiert. Die Simulationsmethode wurde für Umströmungslärmprobleme der zivilen Luftfahrt entwickelt, für die hohe Reynoldszahlen im Bereich zehn Millionen charakteristisch sind. Ziel ist eine Anwendbarkeit auf aeroakustische Fragestellung im aerodynamischen Entwurf. Ein Simulationsverfahren im industriellen Entwurfsprozess muss hinreichend kurze Simulationszeiten aufweisen, um eine große Anzahl von Konfigurationen berechnen zu können. Die untersuchte Methode basiert auf einer statistischen Beschreibung turbulenter Quellen. Entsprechend der statistischen Zielbeschreibung werden fluktuierende Quellen stochastisch generiert und zur Anfachung akustischer Störungsgleichungen für die Simulation der Wellenausbreitung in Zeit und Raum genutzt. Für die zeitgenaue Simulation akustischer Störungen werden partielle Differenzialgleichungen erster Ordnung mit Dispersion erhaltenden numerischen Verfahren hoher Ordnung auf strukturierten oder unstrukturierten Netzen gelöst (Computational Aeroacoustics, CAA). Im Rahmen der Random Particle Methode (RPM) wurden neue stochastische Ansätze entwickelt, die eine effiziente und hochgenaue räumlich lokale Realisation verschiedener Zielstatistiken ermöglichen.
Der Vortrag gibt eine Übersicht über den Kontext der stochastischen Quellmodellierung und deren Grundlagen. Simulationsergebnisse zur Verifizierung der Methodik werden für Strahlmischungslärm und anhand der Schallabstrahlung von Hochauftriebsprofilen demonstriert und durch Vergleich mit experimentellen Daten validiert.

Mo. 14:25 helium 2 (3.08+3.09) Vorkolloquium: Maschinenakustik

Geräuschreduzierung durch Körperschallisolierung

G.R. Sinambari

FH Bingen / IBS GmbH, Frankenthal

Die durch Körperschallübertragung verursachte Geräuschentwicklung von angeschlossenen bzw. gekoppelten Bauteilen und/oder Strukturen an einer Maschine (Erregerquelle) lassen sich durch geeignete Körperschallisolierungen deutlich reduzieren. Im Gegensatz zur Schwingungsisolierung, bei der man eine unendliche Anschlussimpedanz voraussetzt, kann man bei der Körperschallisolierung, f $>$ 100 Hz, nur für idealisierte Randeinspannungen, z.B. ideale Platte, ein rein analytisches Berechnungsverfahren angeben. Dies liegt einerseits daran, dass im Bereich höherer Frequenzen die Struktur- bzw. Fundamentimpedanzen endliche Werte haben und die angeschlossenen Strukturen zahlreiche Eigenfrequenzen aufweisen. Andererseits existieren für die Federelemente keine allgemein zugänglichen Daten bezüglich ihres dynamischen Verhaltens im hochfrequenten Bereich. Darüber hinaus ist die Annahme, dass die Federelemente massenlos sind, wie man es bei der Schwingungsisolierung voraussetzt, bei der Körperschallisolierung nicht zulässig [1].

Im Rahmen dieses Beitrages wird, aufbauend auf die theoretischen Grundlagen, ein vereinfachtes Nährungsverfahren für die Körperschallisolierung mit Hilfe von elastischen Elementen, unter Berücksichtigung der Anschlussimpedanz, zusammen mit einigen Ergebnissen der experimentellen Modelluntersuchungen, angegeben.

[1] Sinambari, Gh. R.: Ein erweiterter Ansatz zur Schwingungs- und Körperschallisolierung:
Teil 1: Z. Lärmbekämpfung, Bd. 6, 2011, Nr. 2,
Teil 2: Z. Lärmbekämpfung, Bd. 6, 2011, Nr. 3

Mo. 15:10 helium 2 (3.08+3.09) Vorkolloquium: Maschinenakustik

Ansätze zur Analyse und Beeinflussung der Körperschallübertragung von Maschinen

H. Bonhoff

TU Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Techn. Akustik

Maschinen können als Lärmquellen betrachtet werden, welche sowohl Luftschall in die umgebene Luft als auch Körperschall in angekoppelte Strukturen übertragen. Aufgrund des Luft- und Körperschalls ergibt sich Lärm im Raum der Maschine sowie in angrenzenden Räumen. Die maschinenakustische Grundgleichung bietet eine Möglichkeit, den von einer Maschine abgestrahlten Luftschall zu analysieren und zu beeinflussen. Die Körperschallübertragung hingegen kann anhand des Quellendeskriptors und der Kopplungsfunktion behandelt werden. Der Ansatz des Quellendeskriptors und der Kopplungsfunktion wurde ursprünglich für Installationen mit einem Freiheitsgrad definiert, ermöglicht aber

bereits in dieser Form einen Einblick in die zugrundeliegenden Mechanismen der Körperschallübertragung. Anhand von Erweiterungen dieses Ansatzes für Maschinen mit mehreren Freiheitsgraden kann zudem eine Rangfolge der verschiedenen Übertragungswege erstellt werden. Unter Verwendung einer Fourier-Reihenentwicklung der Daten an den Kontaktpunkten lässt sich die Körperschallübertragung des Weiteren in Form von elementaren Schwingungsformen darstellen. Verschiedene Ansätze zur Erweiterung des Quellendeskriptors und der Kopplungsfunktion werden vorgestellt und auf deren Anwendbarkeit zur Analyse und gezielten Beeinflussung der Körperschallübertragung untersucht.

Mo. 15:35 helium 2 (3.08+3.09) Vorkolloquium: Maschinenakustik

Psychoakustische Bewertung der Geräuschanregung von Verzahnungen

C. Brecher, M. Brumm und C. Carl
Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen

Moderne Antriebsstrangsysteme werden infolge von Einsatz- und Konstruktionsbestrebungen zunehmend sensibler gegenüber der Geräuschentwicklung von einzelnen Funktionselementen. Hierzu zählt insbesondere das Zahnradgetriebe, das als Teil des Hauptleistungsflusses vieler Antriebsstränge zur Funktionserfüllung beiträgt. Das im Zuge der mechanischen Leistungsübertragung in Form von Schallleistung abgestrahlte Getriebegeräusch tritt zunehmend in den Vordergrund. Dies bedeutet, dass die steigenden Anforderungen seitens der Zertifizierung oder des Kunden an die Akustikqualität des Antriebsstrangsystems nicht zuletzt über die gesteigerte Qualität des Getriebegeräusches erreicht werden müssen. Die bisherige akustische Auslegung von Zahnradgetrieben beruht jedoch auf der rein physikalischen Bewertung ohne die Aspekte der menschlichen Wahrnehmung zu berücksichtigen. Dieser Beitrag behandelt daher die Übertragung der gehörbezogenen Bewertung von Geräuschen in Form der Psychoakustik auf Zahnradgetriebe und dabei insbesondere auf die Anregung im Zahneingriff, die die Ursache für das Getriebegeräusch darstellt. Dabei wird anhand von experimentellen und simulativen Untersuchungen die psychoakustische Bewertung der verzahnungsspezifischen Geräuschanregung diskutiert.

Mo. 16:00 helium 2 (3.08+3.09) Vorkolloquium: Maschinenakustik

Von der maschinenakustischen Grundgleichung zur Strukturintensität - Alternative Körperschallanalysen

T. Hering[a], J. Bös[a] and H. Hanselka[a,b]

[a] *TU Darmstadt, Systemzuverläss. und Maschinenakustik SzM;* [b] *Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt*

Im Fokus der Maschinenakustik steht die Beschreibung und Beeinflussung des von technischen Strukturen abgestrahlten Luftschalls. Die Wirkkette der Schallentstehung vom Spektrum der Erregerkräfte bis hin zur abgestrahlten Luftschallleistung wird von der maschinenakustischen

Grundgleichung modellhaft beschrieben. Hierbei wird jedoch das Körperschalltransferverhalten, also der Fluss der Schwingungsenergie von der Erregung durch die Struktur, als ”Black Box” betrachtet. Der Maschinenakustik fehlt sowohl in der wissenschaftlichen Analyse als auch bei der ingenieurmäßigen Konstruktion akustisch gestalteter Produkte ein Werkzeug zur Beurteilung und Ableitung von konstruktiven Maßnahmen. Dafür ist eine Betrachtung der Strukturintensität, welche den Energietransport im Festkörper von der Quelle zur Senke beschreibt, geeignet. Erste Arbeiten zum Körperschalltransfer bei unterschiedlichen Konstruktionsalternativen wie z. B. Rippen und Sicken weisen prinzipiell nach, dass solche Maßnahmen Auswirkungen auf die eingebrachte Schwingungsenergie sowie ihre Ausbreitung innerhalb der Struktur haben. Diese Analysen sind jedoch rein deskriptiver Natur, während eine Rückkopplung der gewonnenen Informationen zur Ableitung von konstruktiven Maßnahmen ausbleibt. Es wird ein methodisches Vorgehen zur gezielten Gestaltung lokaler Impedanzen und Dämpfungsverteilung innerhalb dünnwandiger flächiger Strukturen hergeleitet, welches auf der mittels FEM berechneten Strukturintensität beruht. Mit seiner Hilfe ist es möglich, akustische konstruktive Maßnahmen systematisch auszuwählen und auszulegen.

Vorkolloquium Psychoakustik: Überschwellige Messung von Hörempfindungen

Mo. 13:00 titanium 2 (2.03+2.04) Vorkolloquium: Psychoakustik

Begrüßung und Einführung
W. Ellermeier
TU Darmstadt, Institut für Psychologie

Mo. 13:10 titanium 2 (2.03+2.04) Vorkolloquium: Psychoakustik

Lautheitskonstanz oder Range-Effekt? Ein Experiment zur Differenzierung zwischen Wahrnehmung und Skalierungseffekt
F. Müller und D. Giesecke
Leuphana-Universität Lüneburg
Mit Range-Effekt wird die Tendenz von Versuchspersonen (Vpn) beschrieben, bei der Beurteilung von Reizen unterschiedlicher Intensität, die vorgegebene Skala vollständig zu nutzen. Range-Effekte setzen den Vergleich der dargebotenen Reize voraus. Bei der Lautheitsskalierung von Schallreizen aus unterschiedlichen Entfernungen können Range-Effekte als Beleg für Lautheitskonstanz fehlinterpretiert werden. In einem Hörsaal bestimmten 139 Vpn die Wahrnehmungsschwelle von Rauschsignalen. Die Schwellenwerte variierten zwischen 36 dB(A)für Hörer in der Nähe der Schallquelle und 41 dB(A)für die entfernteren Vpn. Im anschließenden Skalierungsversuch wurde die Lautheit der gleichen Rauschsignale, mit Intensitäten zwischen 30 dB(A) und 90 dB(A), mit dem Kategorien-Unterteilungsverfahren beschrieben. Die Serienreize wurden ohne Pause zwischen den Durchgängen noch zweimal (jeweils in unterschiedlicher Abfolge) dargeboten. Die Ergebnisse sind, unabhängig von der Entfernung zur Schallquelle, nahezu identisch, wie es bei vollständiger Lautheitskonstanz zu erwarten wäre. Unabhängig von der Entfernung wurde die Skala vom ersten bis zum 3. Durchgang im Sinne eines Range-Effekts stärker ausgenutzt. Um abschätzen zu können, welcher Anteil der beobachteten Effekte der Lautheitskonstanz zugeschrieben werden können, werden die Vpn in den folgenden Vorlesungen jeweils die Lautheit nur eines Serienreizes beschreiben.

Mo. 13:35 titanium 2 (2.03+2.04) Vorkolloquium: Psychoakustik

Die spektrotemporale Gewichtung der Lautheit dynamischer Geräusche

D. Oberfeld-Twistel[a], W. Heeren[b], J. Verhey[b] und J. Rennies[c]
[a] *Joh.-Gutenberg-Universität Mainz, Psychologisches Institut;* [b] *Abteilung für Experimentelle Audiologie, Universität Magdeburg;* [c] *Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie, Oldenburg*

Viele Geräusche in unserer Umwelt verändern sich während ihrer Darbietungsdauer im Pegel bzw. Spektrum. Studien zeigen, dass Hörer bei der Beurteilung der Lautheit nicht allen spektralen Komponenten bzw. zeitlichen Abschnitten eines Geräusches dieselbe Bedeutung zumessen, so wie dies etwa Leq-basierte Lautheitsmaße annehmen. Im vorliegenden Experiment wurde zum ersten Mal die spektrotemporale Gewichtung von Lautheit untersucht. Dazu wurden Lautheitsurteile für ein aus drei Frequenzkomponenten bestehendes Geräusch erhoben. Die Pegel der drei Frequenzkomponenten veränderten sich unabhängig voneinander über eine Darbietungsdauer von 1 s hinweg. Aus den Trial-by-trial Daten wurden spektrotemporale Lautheitsgewichte bestimmt. Diese wurden mit spektralen bzw. zeitlichen Lautheitsgewichten in Kontrollbedingungen verglichen, in denen sich die Geräusche entweder nur spektral oder nur zeitlich im Pegel veränderten. In der Bedingung mit spektrotemporaler Variation fand sich für jede Frequenzkomponente ein Primacy-Effekt: die Lautheitsurteile wurden wesentlich stärker von den ersten 300 ms der Geräusche beeinflusst als von den nachfolgenden zeitlichen Abschnitten. Zudem hatte die Komponente mit der niedrigsten Frequenz einen stärkeren Einfluss auf die Lautheitsurteile als die restlichen Komponenten. Wir diskutieren, in welchem Ausmaß sich die spektrotemporalen Gewichte aus den in den Kontrollbedingungen geschätzten spektralen bzw. zeitlichen Gewichten vorhersagen lassen. Außerdem gehen wir auf die Relevanz der Befunde für Modelle der Lautheit dynamischer Geräusche ein.

Mo. 14:00 titanium 2 (2.03+2.04) Vorkolloquium: Psychoakustik

Quantifizierung des binauralen Lautheitszuwachses durch die Messung von Reaktionszeiten

W. Ellermeier, J. Schlittenlacher und J. Arseneau
TU Darmstadt, Institut für Psychologie

Beidohrig dargebotene Schalle werden lauter wahrgenommen als solche, die nur einem Ohr dargeboten werden. Wie groß jedoch dieser Lautheitszuwachs ist, konnte bisher weder durch den subjektiven Abgleich binauraler und monauraler Reize noch durch direkte Skalierungsversuche unstrittig geklärt werden. Die hier vorgestellt Untersuchung wählt deshalb einen anderen Zugang, indem sie einfache auditive Reaktionszeiten als Indikator binauraler und monauraler Lautheit untersucht. Vierzehn Versuchspersonen wurden instruiert, so schnell wie möglich

auf das Einsetzen eines 1-kHz-Sinustons zu reagieren, der von Durchgang zu Durchgang im Pegel (45-85 dB SPL) variierte und zufällig mal dem linken, dem rechten oder beiden Ohren dargeboten wurde. Es ergab sich ein nahezu lineares Absinken der Reaktionszeit mit wachsendem Schalldruckpegel (in dB). Binaurale Reaktionszeiten waren signifikant schneller als monaurale und der errechnete Pegelunterscheid zum Erreichen gleicher Reaktionszeiten betrug 3-6 dB. Damit stützen die Versuchsergebnisse neuere Arbeiten, die deutlich weniger als eine Lautheitsverdopplung mit binauraler Darbietung fanden. Gleichzeitig zeigen sie eine Möglichkeit auf, Lautheit auf einer frühen, sensorischen Ebene, unbeeinflusst durch potentielle Urteilsverzerrungen, zu messen.

Mo. 14:25 titanium 2 (2.03+2.04) Vorkolloquium: Psychoakustik

Binaurale Lautheitswahrnehmung von zeitvarianten Schallen

R. Sottek[a], T. Bierbaums[b] und A. Fiebig[a]
[a] *HEAD acoustics GmbH;* [b] *Institut für Techn. Akustik, RWTH Aachen*

Zurzeit werden verschiedene Erweiterungen bestehender Lautheitsnormen diskutiert. Es existieren teilweise seit Jahrzehnten verschiedene Ansätze (ANSI, ISO und DIN) für die Lautheitsberechnung stationärer Signale, seit 2010 in der DIN 45631/A1 auch für instationäre Signale. Im Rahmen der ISO werden auch Modelle von Moore und Glasberg für die binaurale Lautheitsberechnung zeitvarianter Schalle diskutiert. Des Weiteren existieren auch andere Gehörmodelle, die eine Lautheitsberechnung ermöglichen. Insbesondere hinsichtlich tiefer Frequenzen und der Berücksichtigung binauraler Effekte sind hier noch viele Fragen offen. Um diesen Fragestellungen nachzugehen, wurden Sprachaufnahmen in halliger Umgebung sowohl mit als auch ohne Störgeräusch aufgenommen, mit dem Ziel adäquates Testmaterial bestehend aus Nutzschall und Störschall zu erzeugen. Mit diesen Signalen wurden verschiedene Szenarien in mehreren Hörversuchen getestet, die das beidohrige Hören beeinflussen, z.B. um die Fähigkeit des selektiven Hörens zu stören. In einer zweiten Versuchsreihe wurden darüber hinaus auch Verhältnisse der Lautheit von Kunstkopfaufnahmen technischer Schalle und der Lautheit des Referenzschalles ”Gleichmäßig Anregendes Rauschen” geschätzt. Dieses Experiment soll u.a. als Diskussionsgrundlage für die in den verschiedenen Modellen verwendeten Nichtlinearitäten zur Berechnung der spezifischen Lautheit dienen. Dieser Beitrag beschreibt die Durchführung und Auswertung der Hörversuche zur binauralen Lautheitswahrnehmung zeitvarianter Schalle und soll zur Diskussion und Optimierung derzeit eingesetzter bzw. neuer Lautheitsberechnungsverfahren anregen.

Mo. 15:10 titanium 2 (2.03+2.04) Vorkolloquium: Psychoakustik

Vergleichende psychoakustische Charakterisierung von Klangunterschieden mit Referenzschallen und der Bestimmung des Punktes der subjektiven Gleichheit

R. Weber, A. Oetjen und S. Töpken
Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik

Bei Präferenzurteilen im Paarvergleich ”gewinnt” oft das Geräusch, das leiser ist. Die Präferenz und die Lautheit sind häufig hoch (negativ) miteinander korreliert. Gibt es dennoch einen Unterschied zwischen der beurteilten Lautheit und der Präferenz? Im Falle eines Multitonsignals führen Variationen von Signalparametern zu sehr unterschiedlichen Klangwahrnehmungen, die mit einem Rauschsignal als Referenz gemessen werden. Mit einem adaptiven AFC-Verfahren werden die Punkte der subjektiven Gleichheit jeweils für Lautheit und Präferenz zwischen dem Multitonsignal und dem Referenzrauschen eingestellt. In diesem Falle war der Rauschpegel konstant und der Pegel des Multitonsignals wurde in Abhängigkeit von der Antwort des Probanden eingestellt, um einmal Lautheit und zum anderen die Präferenz zu verändern. Die Ergebnisse zeigten deutliche Unterschiede zwischen den Punkten der subjektiven Gleichheit für die Lautheit und für die Präferenz.
Durch die Verwendung von Referenzschallen, kombiniert mit dem Einstellen des Punktes der subjektiven Gleichheit, lassen sich auch andere Empfindungsgrößen messen. Beispielhaft wird die Methodik auf die Rauigkeitsmessung bei verschiedenen Einhüllendenformen von amplitudenmodulierten Schallen dargestellt. Aufgrund der hohen Präzision lassen sich solche Messungen gut zur Validierung von psychoakustischen Berechnungsverfahren verwenden.

Mo. 15:35 titanium 2 (2.03+2.04) Vorkolloquium: Psychoakustik

Scaling sound quality using models for paired-comparison and ranking data

F. Wickelmaier, N. Umbach, K. Sering und S. Choisel
Universität Tübingen, FB Psychologie

The goal of the present study was to compare three response-collection methods and associated psychometric models that may be used in sound quality evaluation. Fifty-two listeners took part in an experiment where they assessed the audio quality of musical excerpts and six processed versions thereof. For different types of program material, participants performed (a) a direct ranking of the seven sound samples, (b) pairwise comparisons and (c) a novel procedure, called ranking by elimination. The latter requires subjects on each trial to eliminate the least preferred sound; the elimination continues until only the sample with the highest audio quality is left. The methods are compared with respect to the resulting ranking/scaling and the time required to obtain results.

Mo. 16:00 titanium 2 (2.03+2.04) Vorkolloquium: Psychoakustik

Zeitlich kontinuierliche Bewertung der Tonhaltigkeit instationärer Geräusche

J. Verhey[a], A. Oetjen[b] und R. Weber[b]
[a] *Abteilung für Experimentelle Audiologie, Universität Magdeburg;* [b] *Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik*

Viele technische Schalle sind tonhaltig, d.h. sie enthalten tonale Komponenten, die üblicherweise in einem rauschhaften Hintergrund eingebettet sind. Mit dem derzeitigen Trend zu alternativen Fahrzeugantrieben (Hybrid, rein elektrisch) und die einhergehende Forderung nach Warnsignalen bei niedrigen Geschwindigkeiten könnte die Anzahl tonhaltiger Geräusche im Alltag noch zunehmen. Tonhaltige Geräusche werden im Allgemeinen als störender empfunden als Geräusche ohne tonale Komponenten. Zur Abschätzung dieser erhöhten Störung kann für stationäre Signale die DIN 45681 herangezogen werden. Für instationäre Signale ist die DIN jedoch nur in engen Grenzen anwendbar. Einen Zugang zur Tonhaltigkeit dieser Geräusche kann eine zeitlich-kontinuierliche subjektive Bewertung bezüglich dieser Empfindung liefern. Der vorliegende Beitrag stellt eine zeitlich kontinuierliche Bewertung von synthetischen Schallen und Fahrzeuggeräuschen auf einer kategorialen Skala mit einer hierfür entwickelten Oberfläche vor. Die zeitlich kontinuierlichen Tonhaltigkeitsbewertungen werden mit subjektiven Gesamtbewertungen der Tonhaltigkeit einzelner Abschnitte der Geräusche und Vorhersagen eines kommerziell erhältlichen Berechnungsverfahren verglichen. Der Vergleich von zeitlich kontinuierlicher Bewertung und Gesamtbeurteilung einzelner Abschnitte bezüglich der Tonhaltigkeit zeigt für die Mehrheit der getesteten Geräusche eine hohe Korrelation. Die Korrelation zwischen Modellvorhersage und den Messdaten ist deutlich geringer.

Fachvorträge und Poster am Dienstag, den 20.03.2012

Sitzung „Geschichte der Akustik“

Di. 14:00 Spectrum A Geschichte der Akustik

Entwicklung und Bedeutung der Ingenieurakustik nach 1950

J. Scheuren
Müller-BBM GmbH

Nach der geschlossenen Darstellung einer fortgeschrittenen Theorie des Schalls durch Lord Rayleigh und der rasanten Entwicklung elektroakustischer Technologien in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts war es der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts vorbehalten, die weitere Durchdringung akustischer Zusammenhänge an den Erfordernissen einer zunehmenden Technisierung auszurichten. Die so entstandene Ingenieurakustik gewann nach den Zerstörungen des 2. Weltkriegs in den 50er Jahren schlagartig an Bedeutung, als immer effizientere Bau- und Produktionsmethoden (schnell und billig) gestiegene Qualitätsansprüche (Haltbarkeit und Komfort) erfüllen mussten. In der Folgezeit hat sich die Ingenieurakustik von einer vereinzelt hinzugezogenen Spezialdisziplin zu einer weit verbreiteten, notwendigen Querschnittsdisziplin entwickelt, ohne die der optimierte Betrieb, die Umweltverträglichkeit und akzeptierte Klangattribute technischer Produkte und Prozesse kaum noch erreichbar sind. Obwohl eine wachsende Standardisierung und Mechanisierung akustischer Planungs- und Entwicklungstätigkeiten deren breite Anwendung möglich gemacht haben, bedarf es einer kontinuierlichen Fortschreibung des ingenieurakustischen Stands der Technik durch innovative Forschung und Entwicklungen, um die fortschreitende Technisierung und Mobilisierung unserer Welt anspruchsvoll und umweltkompatibel gestalten zu können.

Di. 14:25 Spectrum A Geschichte der Akustik

Walter Reichardt - Nestor der Dresdner Schule der Akustik

W. Schirmer[a] und R. Dietzel[b]
[a] *Schirmer Beratende Ingenieure;* [b] *TU Dresden, Institut für Akustik und Sprachkomm.*

Nach seiner Promotion an der TH Dresden im Jahre 1930 mit Heinrich Barkhausen, dem Schöpfer von Phonskala und erstem Lautstärkemessgerät, als Doktorvater und Tätigkeiten im Bereich Technik des Rundfunks ging Walter Reichardt nach Ende des 2. Weltkrieges an die TH Dresden und installierte dort ab 1950 in der Fakultät Elektrotechnik das Fachgebiet Akustik. Bis zu seiner Emeritierung im Jahr 1968 und weiter bis zu seinem Lebensende im Jahre 1985 entwickelte Walter Reichardt zusammen mit herausragenden Schülern vielfältige, weithin anerkannte Aktivitäten in der Lehre, der Forschung und der praktischen Anwendung der Akustik , so dass von einer Dresdner Schule der Akustik gesprochen werden kann. Durch sein beharrliches Wirken in ISO und DIN - im AEF

weit über die Akustik hinaus - und durch seine Pflege von Kontakten mit Instituten und Fachkollegen bewirkte Walter Reichardt über die seinerzeit trennenden Grenzen hinweg, das diese Dresdner Schule bekannt wurde, ein reger fachlicher und persönlicher Austausch stattfand und eine Art familiärer Verbindung der Akustiker entstand. Er selbst sprach gern von der Familie der Akustiker. Die Autoren hatten das große Glück, über einige Jahre die großen fachlichen und menschlichen Qualitäten von Walter Reichardt miterlebt zu haben.

Di. 14:50 Spectrum A Geschichte der Akustik

Vorstellungen zur Elevationswahrnehmung beim räumlichen Hören und ihr Einfluss auf den Entwurf der ersten Kunstköpfe

A. Kohlrausch

Philips Research Europe, Eindhoven

In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts waren die Vorstellungen zur Richtungswahrnehmung in der Horizontalebene dahingehend konvergiert, dass diese durch die Kombination von interauralen Zeit- und Pegeldifferenzen ausreichend erklärt werden kann. Bei der Elevationswahrnehmung, wozu als Spezialfall auch vorn-hinten Vertauschungen zu rechnen sind, haben sich unterschiedliche Vorstellungen dagegen länger gehalten. Einerseits gab es die Erklärung, dass die Form der Ohrmuschel für hochfrequente Signale als richtungsabhängiges Filter wirkt, wodurch bei bekanntem Quellenspektrum auf die Richtung der Schallquelle geschlossen werden kann. Andererseits gab es die eher geometrische Vorstellung, dass durch kleine Kopfbewegungen eine Änderung in interauralen Parametern entsteht, die systematisch von der Elevation der Quelle abhängt (für Quellen direkt über dem Kopf ist diese Änderung z. B. gleich Null). Zusammen mit der Information über den Azimut (horizontaler Winkel) der Quelle lässt sich damit, bis auf oben-unten Vertauschungen, die Schallrichting in zwei Dimensionen eindeutig bestimmen. Interessanterweise spiegeln sich diese beiden unterschiedlichen Sichtweisen auch in zwei frühen Realisierungen von Kunstköpfen Ende der dreißiger Jahre wieder, der von K. de Boer (Philips) sowie der von A. Wilska (Helsinki).

Di. 15:15 Spectrum A Geschichte der Akustik

Zur “Geschichte” des E-Modells

S. Möller und M. Wältermann

Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin

Das sogenannte E-Modell in ITU-T-Empfehlung G.107 ist das aktuelle Planungswerkzeug zur Vorhersage der Sprachqualität von Telefonnetzen. Es schätzt auf der Basis einer parametrischen Beschreibung der gesamte Übertragungsstrecke Mund-zu-Ohr die Gesamtqualität, wie sie ein “mittlerer” Nutzer der betrachteten Telefonverbindung bewerten würde. Die Vorhersage fußt auf 19 Eingangsparametern, die mittels komplexer nichtlinearer Zusammenhänge über eine sog. Psychologische Skala

auf einen skalaren Qualitätsschätzwert transformiert werden. Aufgrund der Entwicklung des Modells in verschiedenen Standardisierungsgremien über einen Zeitraum von über 20 Jahren bleibt der Ursprung vieler Zusammenhänge leider im Dunkeln.
In diesem Vortrag soll ein komprimierter Überblick über die historischen Grundlagen des Modells gegeben werden. Aufbauend auf dem Fletcher'schen Lautheitsmodell, welches die Grundlage für die Loudness Ratings als Eingangsparameter des Modells liefert, über die Alnatt'sche Hypothese der Additivität von Störungen auf der genannten Psychologischen Skala aus den 1960er Jahren führt der Weg über die Vorgängermodelle von Bellcore, British Telecom, France Télécom und NTT, aus denen das Modell im Rahmen der ETSI-Standardisierung zusammengesetzt wurde. Schlussendlich werden neuere Erweiterungen zu Paketverlusten, zu Breitbandssprache sowie zu perzeptiven Qualitätsdimensionen diskutiert, die bewirken, dass das Modell trotz seiner über 80-jährigen Geschichte auch bei modernsten paketorientierten und mobilen Vermittlungstechniken höchste Akzeptanz genießt.

Di. 15:40 Spectrum A Geschichte der Akustik

Mechanische Resonatoren als historische Schallquellen und Messmittel in der experimentellen Akustik

R. Hoffmann, R. Dietzel, D. Mehnert und D. Richter
TU Dresden, Institut für Akustik und Sprachkomm.

In der Sammlung historischer akustisch-phonetischer Geräte (HAPS) der TU Dresden befinden sich zahlreiche Exponate aus jener Zeit, in der die experimentell arbeitenden Akustiker und Phonetiker ohne elektroakustische oder elektromechanische Geräte bereits bemerkenswerte Ergebnisse erzielten. Als mechanische Resonatoren verwendeten sie Stimmgabeln, Klangstäbe, schwingende Saiten. Sie werden meist durch einen kurzen Anschlag mit einem Klöppel, d. h. impulsförmig, angeregt. Der erzeugte Ton oder Klang (bei der Saite) klingt mehr oder weniger lange nach. Man kann ihn deshalb zu Messzwecken oder für Demonstrationsversuche einsetzen. Beispielsweise dienten Stimmgabeln als Frequenz-Normal, Hilfsmittel für Zeitmaßstäbe bei kymografischen Schallaufzeichnungen oder als Schallquellen für die Gehörprüfung. Mit der Präsentation derartiger Geräte wird die schrittweise Vorstellung der Sammlungsbestände anlässlich der DAGA fortgesetzt.

Di. 16:30 Spectrum A Geschichte der Akustik

Mikrofonaufnahme und Studiobau - Erfahrungen beim Hessischen Rundfunk in Frankfurt/Main

E.-J. Völker
Institut für Akustik und Bauphysik Oberursel

Eine turbulente Zeit des Studiobaues begann in den 50er Jahren. Für die Beteiligten gab es nur Neuland. Prof. Hermann Scherchen hatte in Gravesano unter Beteiligung vieler namhafter Akustiker die Tür geöffnet

zu einer vielfältigen Mikrofonaufnahmetechnik mit verzögerten Signalen und raumakustischen Änderungen im Studio. Für den Konzertsaal kam es auf die natürliche Hallbalance an, bei der mit Entfernung des Mikrofons der Raumeinfluss zugemischt wurde. Für viele Studios wurde den störenden Schallreflexionen mit einer ”gezielten Akustik” der Kampf angesagt. Studios mussten zum Teil aufwendig umgebaut werden, wie z. B. das Studio 2 des Hessischen Rundfunks. Es ist dem Einfluss dieser Schallreflexionen zuzuschreiben, dass störende Klangfärbungen auftraten, wenn zwischen Tagesschau und Wetterkarte umgeschaltet wurde. Die Qualität des Abhörens im Regieraum war ebenfalls abhängig von störenden Schallreflexionen sowohl auf dem Regietisch als auch an Wand und Decke. Die Arbeitskommission 1 der Rundfunkanstalten arbeitete intensiv an der Einbeziehung der Stereophonie, um die Trennung der einzelnen Gruppen bei der Aufnahme im Studio zu ermöglichen. Es ging um den geeigneten Regielautsprecher (O85) und den Einsatz der Hallplatte. Die Angaben zur Mikrofonaufnahme und zum Studiobau beziehen sich überwiegend auf Erfahrungen, die der Autor während seiner Tätigkeit beim Hessischen Rundfunk gesammelt hat.

Di. 16:55 Spectrum A Geschichte der Akustik

Die ”Seebeck-Sirene” – Wer war ihr Erfinder?

P. Költzsch
TU Dresden

August Seebeck (1805 - 1849), der Sohn des berühmten Physikers Thomas Seebeck (”Seebeck-Effekt”), war als Akustiker Mitglied der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin und der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Seebeck baute eine einfache Sirene, führte damit Untersuchungen zur Wahrnehmung von Tönen durch, des Weiteren befasste er sich mit der Schallreflexion, mit thermoakustischen Phänomenen, mit den Schwingungen von Saiten und Stäben. Seebeck publizierte etwa 25 Abhandlungen in Poggendorff’s Annalen der Physik und Chemie und in der Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Seebeck war ein glänzender Vertreter des öffentlichen fachlichen Meinungsstreites, er disputierte zu akustischen Problemen mit Ohm (”Ohm-Seebeck-Kontroverse”), Doppler, den Gebrüdern Savart, Duhamel, Herschel u. a. August Seebeck war ab 1832 Oberlehrer/Professor an Berliner Schulen, ab 1842 Direktor der technischen Bildungsanstalt Dresden (heutige Universität) und gleichzeitig Lehrer für höhere Physik und mechanische Naturlehre. Er war Mitglied einer Kommission zur Reform des Schulwesens in Sachsen, Vorsitzender der naturwissenschaftlichen Gesellschaft und Observator des ”Mathematisch-physikalischen Salons” in Dresden. Er starb im März des Jahres 1849 an den Pocken, mit 43 Jahren, gerade, als sich für ihn mit der Berufung zum ordentlichen Professor der Physik in Leipzig ein Lebenswunsch mit einem universitären Wirkungskreis erfüllt hatte.

Sitzung „E-Mobilität und Akustik“

Di. 17:20 Spectrum A E-Mobilität und Akustik

Die Relevanz der Psychoakustik für die E-Mobility

K. Genuit
HEAD acoustics GmbH

Das Elektrofahrzeug bietet umfangreiche Anlässe, über die Akustik im Inneren des Fahrzeuges wie auch des nach außen wahrzunehmenden Schalls nachzudenken. Nach 125 Jahren kontinuierlicher Entwicklungen bezüglich des Verbrennungsmotors steht nun ein Paradigmawechsel an: Was ist der neue Sound des Innen- wie auch Außengeräusches eines Elektrofahrzeuges? Ist es sinnvoll, den neuen Antrieb akustisch so zu gestalten, dass er Erinnerungen an den bekannten Sound gewährleistet oder brauchen wir einen neuen, authentischen Sound des E-Antriebes? Eine zunehmende Elektrifizierung der Kraftfahrzeuge hat auch zur Folge, dass das bekannte Verbrennungsgeräusch des Motors durch ein kaum wahrnehmbares Surren, Pfeifen und Heulen des Elektroantriebes abgelöst wird. Mit anderen Worten: es wird deutlich leiser. Das bedeutet einerseits, dass eine akustische Maskierung entfällt und bislang nicht so relevante Geräuschbeiträge wie Reifen-Fahrbahn-, Wind- und diverse Hilfsaggregategeräusche wahrnehmbar werden, andererseits neue Klänge und Störgeräusche sich präsentieren. Ferner entsteht eine Reduzierung des Straßenverkehrslärms, was einerseits sehr zu begrüßen ist, andererseits birgt diese Entwicklung aber auch Gefahren: Elektrisch angetriebene Fahrzeuge sind bei langsamen Geschwindigkeiten so leise, dass sie kaum von Passanten akustisch wahrgenommen werden. Von daher kommt die Forderung nach Warnsignalen. Hier ist die Psychoakustik gefragt, Warnsignale so zu gestalten, dass sie für Passanten wahrnehmbar, lokalisierbar und informativ sind und dennoch angenehm klingen.

Di. 17:45 Spectrum A E-Mobilität und Akustik

Außengeräuschsimulation von Elektrofahrzeugen

P. Marla, A. Fiebig und R. Sottek
HEAD acoustics GmbH

Die Ära der Elektrofahrzeuge hat begonnen und damit verbunden ergibt sich auch die Möglichkeit für eine akustische Verbesserung der Verkehrsgeräuschsituation. Dabei sind noch viele Fragen offen: Ist die Elektrifizierung eine Chance für die Lärmbekämpfung? Brauchen wir Warnsignale für einen erhöhten Schutz von Fußgängern? Wie sollte sich ein solches Warnsignal anhören? In welchen Situationen sind die akustischen Veränderungen relevant? Diese Fragestellungen lassen sich momentan nicht adäquat in Feldversuchen untersuchen, da der Anteil von Elektrofahrzeugen auf den Straßen noch zu gering ist. Damit solche Fragen dennoch im Vorfeld untersucht und abgeschätzt werden können, ist man auf Simulations- und Syntheseverfahren angewiesen. Im Rahmen

der EU Forschungsprojekte QuietCity und CityHush wurde ein Analyse- und Syntheseverfahren entwickelt mit dem die Geräuscherzeugung von Fahrzeugen modelliert und die resultierenden Verkehrsgeräusche auralisiert werden können. Im Vortrag werden die neuen Verfahren vorgestellt und die gewonnenen Erfahrungen diskutiert. Dabei wird im Besonderen auf die Außengeräusche von Elektrofahrzeugen eingegangen.

Di. 18:10 Spectrum A E-Mobilität und Akustik

Messtechnische Untersuchung der Akustik eines Elektroautos

S. Gergen, C. Grautstück und R. Martin
Ruhr-Universität Bochum, Institut für Kommunikationsakustik

Die Akustik eines Elektroautos unterscheidet sich durch das Fehlen eines Verbrennungsmotors von der Akustik konventioneller Automobile. Die entstehenden Veränderungen sind in Hinsicht auf ihre Auswirkungen im Bereich der Sicherheit und des Nutzerkomforts zu analysieren. Bei der Sicherheitsfrage sind insbesondere die Schallemissionen nach außen zu untersuchen, da das vertraute Geräusch des Verbrennungsmotors als Warnsignal eines herannahenden Fahrzeugs für andere Verkehrsteilnehmer entfällt. Die akustische Situation im Innenraum des Fahrzeugs während der Fahrt bestimmt das Komfortempfinden für Fahrzeuginsassen und hat Einfluss auf technische Anwendungen wie Sprachsteuerungen und Freisprechtelefonie. Das Geräusch eines Verbrennungsmotors ist zwar einerseits störend, es kann aber auch andere Geräusche maskieren, die nun bei Verwendung eines Elektromotors deutlicher in den Vordergrund treten können. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die Schallemissionen von Fahrzeugen des gleichen Automodells, eines Fiat 500, jeweils mit Elektromotor und mit Verbrennungsmotor bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Fahrsituationen analysiert. Untersucht wurden Vorbeifahrten und Innenraumaufnahmen der Autos.

Bei niedrigen Fahrgeschwindigkeiten sind Roll- und Windgeräusche relativ leise, so dass besonders in der Anwesenheit weiterer maskierender Geräusche das Elektrofahrzeug ein Risiko für andere Verkehrsteilnehmer darstellen kann. Bei Beschleunigungs- und Bremsvorgängen fallen beim Elektrofahrzeug schmalbandige Geräuschanteile auf, deren Einfluss auf das Komfortempfinden der Fahrzeuginsassen und im Hinblick auf technische Anwendungen untersucht werden muss.

Sitzung „Geräuschbeurteilung“

Di. 14:00 Spectrum B Geräuschbeurteilung

Praxisleitfaden Landwirtschaft

M. Kropsch[a] und C. Lechner[b]

[a] *LFZ Raumberg-Gumpenstein;* [b] *Amt der Tiroler Landesregierung*

Landwirtschaftliche Betriebe stehen als potentielle Emittenten von Geräuschen und Lärm vermehrt im Blickfeld des öffentlichen Interesses. Dies betrifft in erster Linie technische Anlagen und den landwirtschaftlichen Verkehr - zunehmend richtet sich jedoch der Fokus auch auf die Nutztierhaltung. Im Bereich der Tierhaltung fehlen indes abgesicherte Basisdaten zur Emissionsmodellierung. Eines der wesentlichen Ziele des Projektes ”Praxisleitfaden Landwirtschaft” besteht infolgedessen darin, Lärmemissionsdaten von landwirtschaftlichen Nutztieren (Rinder, Schweine, Geflügel, Schafe, Ziegen und Pferde) zu ermitteln. Weitere Projekteckpunkte stellen schallmesstechnische Erhebungen zu landwirtschaftlichen Kraftfahrzeugen und technischen Anlagen (z.B. Melkstände) sowie die Ermittlung der Richtwirkungscharakteristik von Abluftkaminen und die Untersuchung der Schallabsorptionsfähigkeit von Nutztieren dar.

Mit dem - in Kooperation mit dem österreichischen Umweltbundesamt und dem Forum Schall durchgeführten - Projekt werden erstmals verlässliche Daten für Berater, Planer und Behörden verfügbar. Das Regelwerk wird eine Anleitung für den Umgang mit Schallimmissionen aus der Landwirtschaft bieten und abgesicherte Berechnungsgrundlagen für Emissionsmodelle zur Verfügung stellen. Landwirtschaftliche Lärmbeurteilungen, sowohl für bestehende Betriebe als auch für zukünftige Bebauungen, sollen dadurch erleichtert und standardisierter werden. Der Abschluss des Projektes ist für Ende 2012 geplant. Im Anschluss erfolgt die Publikation des Leitfadens über das österreichische Umweltbundesamt.

Erste Ergebnisse der Projektarbeit sollen im Rahmen des Vortrages vorgestellt werden.

Di. 14:25 Spectrum B Geräuschbeurteilung

Entwicklung subjektiver Geräuschklassen für Haushaltgeräte mit dem Ziel der Einführung eines Sound Labels

R. Andreis

SLG Prüf- und Zertifizierungs GmbH

Die Bestimmung der Geräuschemission von Haushaltsgeräten erfolgt mit standardisierten Messverfahren. Sogenannte Grundnormen (A-Normen) z.B. EN ISO 3744 beschreiben die Anforderungen an die akustische Umgebung während der Messung. Für Haushaltsgeräte im privaten Bereich werden mit der Gruppennorm EN 60704-1 (B-Norm) weitere allgemeine Anforderungen an die Messung der Geräuschemission festgelegt und mit zusätzlichen Produktnormen (C-Normen) weiter

konkretisiert. Letztere Normen definieren die Prüfbeladung, das Prüfprogramm und die Ermittlung der akustischen Kenngrößen. Seit vielen Jahren orientieren diese Messungen ausschließlich auf die Bestimmung der abgestrahlten Schallenergie, die Angabe erfolgt als A-bewerteter Schallleistungspegel in dB. Nicht in jedem Fall geben diese Messwerte die typischerweise beim Benutzer auftretende Geräuschbelastung wieder. Psychoakustische Aspekte der Geräuschempfindung werden mit den ausschließlich energierichtig ausgerichteten, normativen Messverfahren nicht erfasst. Im Rahmen des Forschungsprojektes "Hausgeräte Sound-Label" wird eine zusätzliche Kenngröße zur Beschreibung der Geräuschcharakteristik entwickelt. Ausgehend von der gesamten Untersuchungsbreite hinsichtlich gehörrichtiger Kunstkopfaufnahmen und normativer Geräuschmessungen mit definierten Mikrofonpositionen zur Schallleistungspegelbestimmung werden die Einfluss- und Zielgrößen qualitativ und quantitativ beschrieben und derart fokussiert, dass im Ergebnis eine Beschränkung auf die wesentlichen Randbedingungen zur Abbildung auf die angestrebten Geräuschklassen erreicht werden kann. Dies bildet die Grundlage für die Überführung der Werte in ein konkretes Soundlabel. Im Beitrag werden die ersten Ergebnisse vorgestellt.

Di. 14:50 Spectrum B Geräuschbeurteilung

Psychoakustische und instrumentelle Beurteilung typischer Geräusche von Gebläsen

J. Putner[a], H. Fastl[a] und R. Dittmar[b]

[a] *AG Technische Akustik, MMK, TU München;* [b] *Gardner Denver Deutschland GmbH*

Bei der Auslegung von Gebläsen sind typischerweise Druckdifferenz und Volumenstrom maßgebliche Faktoren. Die technische Weiterentwicklung wird vor allem durch steigende Anforderungen an Wirkungsgrad, Geräuschpegel und Klangqualität der Gebläse vorangetrieben. Für die Optimierung der Geräusche ist die Berücksichtigung der Wahrnehmung durch den Menschen von essentieller Bedeutung.

In diesem Beitrag wurde die Wahrnehmung typischer Geräusche von Gebläsen anhand ausgewählter Hörempfindungen betrachtet. In Hörversuchen wurde die Psychoakustische Lästigkeit sowie die Lautheit - von der die Psychoakustische Lästigkeit maßgeblich abhängt - untersucht. Da die für Geräusche von Gebläsen typischen tonalen Anteile die Psychoakustische Lästigkeit beeinflussen können, wurde die Hörempfindung "Ausgeprägtheit der Tonhöhe" ebenfalls berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Hörversuche zur Psychoakustischen Lästigkeit werden mit den Ergebnissen zur Lautheit und Ausgeprägtheit der Tonhöhe verglichen. Diese werden instrumentellen Analysen nach den entsprechenden Normen, DIN 45631/A1 zur Lautheit und DIN 45681 zur Tonhaltigkeit, gegenübergestellt, um deren Anwendbarkeit für die Beurteilung der Wahrnehmung der Geräusche von Gebläsen zu überprüfen.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Geräuschbeurteilung (Poster)

A study of acoustic descriptors for an Environmental Impact Assessment: a case study in Curitiba, Brazil

M. Engel, F.H. Ferraz und P.H.T. Zannin
Federal University of Parana, Brazil

An analysis was made of acoustic descriptors for the preparation of an Environmental Impact Study. The parameters evaluated were: noise measurement time, the need for triplicate noise measurements, and determination of the grid spacing for noise mapping. The noise measurements for this study were taken at two distinct points on an avenue with intense vehicle traffic, for time periods of 10, 15 and 30 min. The statistical analysis indicated that a measurement time of 10 min was adequate for the Environmental Impact Assessment. A linear regression yielded regression coefficients of 0.94 and 0.97 for the two measured points, indicating that triplicate measures are unnecessary for the noise measurements of this case study. Maps were created with 10x10 m, 15x15 m, 20x20 m, and 30x30 m grids in order to determine the best grid spacing for the noise map of this study. The results indicated that a grid size of 10x10 m is the most representative, since the area under evaluation is located in a densely populated region.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Geräuschbeurteilung (Poster)

Fitness gyms - Evaluation of noise and its perception

K.L.H. Anjelo, C.R.M. Passero und P.H.T. Zannin
Federal University of Parana, Brazil

OBJECTIVE: Evaluate the noise levels generated in fitness gym classes and identify the auditory and extra-auditory complaints of gym users. METHOD: The measurements were taken with BK 2238 and BK 2260 sound level meters. A questionnaire was applied to ascertain the auditory and extra-auditory complaints and questions regarding noise frequency and permanence time. Sampling comprised 24 users divided among six fitness gyms. RESULTS: The sound pressure levels varied from 73.9 to 94.2dB(A), indicating that the noise levels in some fitness gyms exceed the limit established by Brazilian legislation on occupational noise, which is Leq = 85dB(A). Of the total number of interviewees who answered the questionnaire, 88% reported that high sound levels are stimulating for physical exercising. Only 12% claimed that the noise level is disturbing, stating that they have a headache at the end of their workout. CONCLUSIONS: Although most of the gym users did not report being disturbed by the noise levels in the fitness gym, these levels should be lowered urgently, since the cases evaluated here revealed measured noise levels similar to those found in industrial environments.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Geräuschbeurteilung (Poster)

Characterization of environmental noise on a university campus based on noise measurements and interviews

M. Engel, F.H. Ferraz und P.H.T. Zannin
Federal University of Parana, Brazil

This work involved an evaluation of environmental noise on the campus of the Polytechnic Center of the Federal University of Paraná (Curitiba, Brazil). The methodology was divided into: 1) Subjective part - preparation and application of a questionnaire to a sample of 389 people from the campus population to gather information about their reactions to noise, as well as behavioral and demographic data; and 2) Objective part - involving equivalent sound pressure level (LAeq) measurements at 58 points on campus, using B&K 2250 and B&K 2260 sound level meters. The LAeq data were compared with the noise emission limits for external environments proposed by Maschke (1999): LAeq = 65 dB(A). The results indicated that 87% of the measured points were below the 65 dB(A) limit. Sixty percent of the interviewees perceived no increase in noise pollution on campus, while 39% perceived the opposite. 52% percent of the interviewees stated they did not feel irked by the noise on campus, while 47% did. The noise on campus caused 43% of the interviewees to state they had difficulty in concentrating, 25% felt irked, 12% had headaches, and 13% indicated that it did not affect them.

Sitzung „Maschinenakustik 1“

Di. 15:15 Spectrum B Maschinenakustik 1

Genauigkeitsklassen

H.-J. Milz
G+H Schallschutz GmbH

Der Anwender von Messdaten verbindet mit dem Begriff ”Genauigkeitsklasse” deren Vertrauenswürdigkeit. Für ihn steht die Genauigkeitsklasse (GK) 1 für hochgenaue Messergebnisse, die GK 2 für vertrauenerweckende Daten und die GK 3 für orientierende Werte. Im Gegensatz zum allgemeinen Verständnis klassifizieren die GKs die Messverfahren (von Präzisions- über technische bis Übersichtsverfahren) und orientieren sich dabei an den Möglichkeiten der Messmethodik. Dies führt abhängig von der Messmethodik zu unterschiedlichen Fehlertoleranzbändern innerhalb einer Genauigkeitsklasse. Für den Anwender ist es teilweise schwer die Genauigkeit von Messdaten unterschiedlicher Messmethoden zu vergleichen, da normalerweise in den Protokollen die Genauigkeitsklasse, aber nicht das spektrale Fehlertoleranzband (Messungenauigkeit) angegeben wird.

Di. 15:40 Spectrum B Maschinenakustik 1

Auswirkung von Messfehlern auf die Berechnung der Strukturintensität (STI)

A. Meister[a], S. Buckert[a], J. Bös[a] und H. Hanselka[a,b]
[a] *TU Darmstadt, Systemzuverläss. und Maschinenakustik SzM;* [b] *Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt*

Die Strukturintensität (STI) ermöglicht eine Aussage über den Körperschallleistungsfluss in der Struktur in Betrag und Richtung. Zur Bestimmung der STI im Versuch wird die Oberflächengeschwindigkeiten des Messobjektes mit einem Scanning-Laservibrometer auf einem festgelegten Messraster erfasst. Die Messdaten unterliegen immer einer gewissen Streuung, die zu Fehlern bei der Berechnung und Darstellung der STI führen. Im Rahmen der Untersuchung wurde die Streuung aus den Messdaten berechnet und in der Simulation verwendet, um die Auswirkung der Streuung auf die STI-Berechnung im Frequenzbereich bis 500 Hz zu untersuchen. Die Standardabweichung ist in der Nähe der Eigenfrequenzen besonders groß, so dass hier die Reproduzierbarkeit gering ist. Grund hierfür ist die geringe Dämpfung im System, weshalb auch sehr kleine Änderungen in den Umgebungsbedingungen einen relativ großen Einfluss auf die komplexen Messgrößen haben. Die Streuung der gemessenen Größen wirkt sich in gleichphasig schwingenden Strukturbereichen besonders negativ auf den berechneten Verlauf der STI aus. Eine Verbesserung kann durch eine örtliche Mittelung der Messdaten erreicht werden. Zur Bewertung des nach der Mittelung verbleibenden Fehlers in Amplitude und Richtung der STI-Vektoren im Vergleich zur analytischen Lösung der STI wurden geeignete Fehlermaße definiert. Es zeigt sich, dass die Verwendung des Mittelungsverfahrens nur bis zu einer strukturabhängigen Frequenzgrenze sinnvoll ist.

Di. 16:30 Spectrum B Maschinenakustik 1

Modellierung der Motoranregung zur vibroakustischen Prognose im Schiffbau

C. Tamm, H. Atzrodt und M. Kurch
Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt

Heutige Entwürfe und Konstruktionen im Schiffbau sind bezüglich Wirtschaftlichkeit und Gewicht optimiert. So entstehen Leichtbaustrukturen, die nahezu ideale Ausbreitungsbedingungen für Schall und Schwingungen bieten. Durch eine Vielzahl von Quellen an Bord der Schiffe werden diese Strukturen zu Schwingungen im vom Menschen akustisch wahrnehmbaren Frequenzbereich angeregt. Um die Sicherheit und den Komfort auf Schiffen zu gewährleisten, dürfen die Schallpegel gewisse Grenzwerte nicht überschreiten. Durch die numerische Simulation der gesamten akustischen Prozesskette, bestehend aus Schallerregung, Übertragung, Ausbreitung, Abstrahlung und resultierender Empfangsraumschallpegel, sollen bereits in der frühen Phase des Schiffsentwurfs akustische Prognosen und Optimierungsmaßnahmen realisiert

werden. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Modellierung der Schallquellen. Die Hauptantriebsmaschine wurde als entscheidende Anregung des Antriebsstrangs und als Hauptschallerzeuger identifiziert. Aufgrund des Verbrennungsprozesses werden über die Lagerstellen des Schiffsdiesels Vibrationen in das Fundament eingeleitet. Außerdem wird der gesamte Antriebsstrang zu Torsionsschwingungen angeregt, welche daraufhin Körperschall zum Beispiel in Getrieben und in Wellendurchgängen induzieren. Die Motoranregung wurde am Beispiel eines 16V-Dieselmotors modelliert und eine numerische Simulation realisiert. Mittels dieser System Level Simulation wurden erste Untersuchungen zum Körperschalleintrag ins Schiffsfundament sowie zur Anregung der Torsionsschwingungen im Antriebsstrang durchgeführt. Die Ergebnisse werden präsentiert und können zur akustischen Optimierung eines Schiffentwurfs verwendet werden.

Di. 16:55 Spectrum B Maschinenakustik 1

Bewertung verschiedener Messgrößen bei auftretenden Fehlern in umrichtergespeisten Elektromaschinen

T. Herold, D. Franck und K. Hameyer
Institut für Elektrische Maschinen, RWTH Aachen

Die Zustandsdiagnose ist ein wichtiges Hilfsmittel um Abweichungen in einem Prozess erkennen und darauf reagieren zu können, ohne dass große Schäden und Ausfälle auftreten. Dafür ist es wichtig, den Schaden in einer frühen Phase genau zu identifizieren. In vielen Anwendungen zählt zu den zentralen Komponenten die umrichtergespeiste elektrische Maschine. Eine häufige Ausfallursache dieser Maschine ist der Lagerschaden. Daneben führen auch Entmagnetisierungsfehler bei permanentmagneterregten Maschinen zu Funktionsbeeinträchtigungen. Ein Aspekt der Zustandsdiagnose muss daher die Überwachung der elektrischen Maschine sein. Dieser Aufsatz beschäftigt sich mit der Detektion von Lagerschäden und Entmagnetisierungsfehlern durch Auswertung von spezifischen Signaturen im Maschinenstrom und in der Oberflächenschnelle des Maschinengehäuses. Während die Lagerüberwachung mit dem Einsatz von Beschleunigungssensoren zum Stand der Technik gehört, ist eine Erkennung durch die Stromsignale noch nicht weit verbreitet. Besonders die Taktung der Umrichter erschwert eine Erkennung aufgrund der breitbandigen Störung durch die eingebrachten Stromrippel. Dagegen sind Entmagnetisierungsfehler gut im Strom zu erkennen, da dieser direkt von der induzierten Spannung abhängt, die selbst wiederum direkt mit der Magnetisierung korreliert. Eine Detektion durch Beschleunigungsaufnehmer in dem strukturellen Umfeld eines Bearbeitungsprozesses kann hingegen schwierig sein. Ein Vergleich der Sensorsignale der zwei genannten Maschinenfehler sowohl bei getakteter als auch ungetakteter Speisung wird in dieser Arbeit vorgestellt.

Di. 17:20 Spectrum B Maschinenakustik 1

FEM2measurement - Bestimmung akustischer Übertragungsfunktionen elektrischer Maschinen mit geringem Aufwand

D. Franck und K. Hameyer
Institut für Elektrische Maschinen, RWTH Aachen

In dem vorliegenden Beitrag wird ein Verfahren zur messtechnischen Bestimmung von mechanischen Übertragungsfunktionen des Gehäuses elektrischer Maschinen vorgestellt. Angelehnt an die bekannte OTPA (Operational Transfer Path Analysis) wird eine Übertragungsfunktion aus simulierten Kräften und gemessener Oberflächenschnelle (oder Schalldruck) definiert. Dieses Verfahren erlaubt eine Bewertung des akustischen Verhaltens eines elektrischen Antriebs unter Berücksichtigung der Einbausituation. Die so bestimmten Übertragungsfunktionen gelten auch für die Weiterentwicklung der Maschine, unter der Randbedingung gleicher Fertigungsverfahren und nährungsweise konstanter Masse des Stators, und sind somit z.B. für die Optimierung der Klangcharakteristik von elektrisch angetrieben Kraftfahrzeugen einsetzbar. Die Grundlage des vorgeschlagenen Verfahrens wird vorgestellt. Es wird auf die Besonderheit der zeitlich und räumlich periodischen Anregungen der elektrischen Maschine eingegangen. Ein weiterer Aspekt der Arbeit ist ein Ansatz zur Separation einzelner Kraftanregungen mit gleicher Frequenz und Mode. Eine Bewertung verschiedener Messungen als Basis für die Definition der vorgestellten Übertragungsfunktion wird ebenfalls dargestellt. Zur Bestimmung dieser frequenzabhängigen mechanischen Übertragungsfunktion ist eine genau Kenntnis der anregenden Kräfte über einen hinreichenden Frequenzbereich notwendig. Eine Möglichkeit um diese anregenden Kräfte möglichst konstant zu halten ist ein Schleppversuch mit ausreichend langsamer Erhöhung der Drehzahl, so dass transiente Effekte vernachlässigt werden können. Der vorgeschlagene Ansatz hat sich speziell für industrielle Anwendungen bewährt.

Di. 17:45 Spectrum B Maschinenakustik 1

Nichtlineares Dämpfungsverhalten von hybriden Metall-Kunststoffverbunden

M. Klärner[a], S. Marburg[b] und L. Kroll[a]
[a] *Technische Universität Chemnitz;* [b] *Universität der Bundeswehr München, Inst. für Mechanik*

Hybride Metall-Kunststoffverbunde werden vornehmlich als klassische Sandwichkonstruktionen mit hoher Biegesteifigkeit entwickelt und angewendet. Die metallischen Deckschichten sind dabei durch eine hohe Steifigkeit aber auch durch eine hohe Dichte gekennzeichnet wohingegen die Kunststoffkerne insbesondere durch ihre geringe Masse Verwendung finden. Im Gegensatz dazu sind spezielle Verbundwerkstoffe mit sehr dünnen Kunststoffkernschichten zur Dämpfung der Biegeschwingungen von dünnwandigen Bauteilen entwickelt worden. Die maßgebliche Ursache der Schwingungsdämpfung und damit auch der

Reduzierung der Schallabstrahlung ist in beiden Fällen die Schubdämpfung in der Kernschicht. Ferner werden zur vibro-akustischen Auslegung von Bauteilen mittels dynamischer Simulation und Berechnung Dämpfungsparameter benötigt, welche in genormten Versuchen unter Voraussetzung viskosen Dämpfungsverhaltens ermittelt wurden. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen das Spektrum an Dämpfungswirkungen von Verbundwerkstoffen aus verschiedenen Kern- und Deckschichtmaterialien sowie unterschiedlichen Dickenverhältnissen. Darüber hinaus konnten experimentell deutliche nichtlineare Abhängigkeiten der Dämpfungskennwerte im Zusammenhang mit dem Modell viskoser Dämpfung ermittelt werden.

Di. 18:10 Spectrum B Maschinenakustik 1

Finite Elemente Design als Konstruktionsmethode für lärmarme Produkte

D. Thoden, A. Lohrengel und K. Stahr
Technische Universität Clausthal, Institut für Maschinenwesen

Die Anforderung, Produkte lärmarm zu gestalten, steht häufig in Konkurrenz zur Forderung nach hohen Wirkungsgraden. Die dafür nötigen Nutzkräfte werden in steifen Konstruktionen ebenso gut übertragen, wie störende, akustisch relevante Schwingungen. Ein Ausweg aus diesem Dilemma bietet z. B. das so genannte Multi-Material-Design, bei dem eine Konstruktion in Funktionsbereiche aufgeteilt wird und für diese einzelnen Bereiche Lösungen gesucht werden. Die Herausforderung besteht dabei einerseits in der Definition und Klassifikation von Bauteilanforderungen sowie der Beschreibung von notwendigen Schnittstellen zwischen den Bereichen. Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 675 ”Erzeugung hochfester metallischer Strukturen und Verbindungen durch gezieltes Einstellen lokaler Eigenschaften” wurde die Konstruktionssystematik Finite Elemente Design (FED) entwickelt, mit der dem Konstrukteur ein Werkzeug an die Hand gegeben wird, schon in der Konzeptphase dämmende oder dämpfende Bereiche in seine Konstruktion einzufügen. Ein wesentliches Merkmal des FED ist die Einbeziehung von Anforderungen an den Werkstoff. So erschließen sich dem Konstrukteur durch die gezielte Verwendung von Werkstoffpaarungen oder Integration örtlich eigenschaftsveränderter Werkstoffe neue Potenziale, lärmarme Produkte mit hohem Wirkungsgrad zu entwickeln. Im Vortrag wird anhand konkreter Beispiele das Prinzip des FED erläutert sowie seine Anwendung im Bereich der lärmarmen Konstruktion vorgeführt.

Sitzung „Bauakustik 1“

Di. 14:00 Spectrum C Bauakustik 1

Holzbalkendecken in der Altbausanierung Teil 1

A. Rabold[a], J. Hessinger[a], S. Bacher[b] und M. Schramm[b]
[a] *ift Rosenheim GmbH;* [b] *ift Schallschutzzentrum, Rosenheim*

Die Altbausanierung nimmt gegenüber dem Gesamtvolumen der Bautätigkeit eine immer bedeutendere Stellung ein. Falls die geplanten Sanierungsmaßnahmen nicht unter den Bestandsschutz fallen, sind die Anforderungen der zum Zeitpunkt der Sanierung baurechtlich eingeführten Normen zu berücksichtigen. Das Bauteil, das bei der Sanierung eine besonders sorgfältige Planung erfordert, ist die Trenndecke, die in Altbauten häufig als Holzbalkendecke ausgeführt wurde. Die vorhandenen Planungsgrundlagen für den Schallschutznachweis von Holzbalkendecken in Massivbauten sind in der derzeitigen Fassung der DIN 4109 sehr lückenhaft.

Um aktuelle Planungsdaten zu erarbeiten wurde deshalb am ift Rosenheim zunächst ein Vorhaben durchgeführt, in dem die Luft- und Trittschalldämmungen typischer Altbaudecken und die Verbesserungen durch unterschiedliche Sanierungsmaßnahmen unter Laborverhältnissen untersucht wurden (siehe auch DAGA’08). In einem aktuellen Forschungsvorhaben wurde nun in Kooperation mit der Hochschule Rosenheim die Flankenübertragung bei unterschiedlichen Mauerwerkstypen und Deckeneinbindungen ermittelt.

Über die Ergebnisse dieser Projekte wird in drei Teilen berichtet. Teil 1 behandelt die geprüften Decken und flankierenden Wände, deren Übertragungswege im Labor am T-Stoß gemessen wurden. Aus den Ergebnissen erfolgte eine Zusammenstellung der Planungswerte für die Altbausanierung. Auf die Durchführung der Messungen am T-Stoß wird in Teil 2 detaillierter eingegangen. Teil 3 behandelt die durchgeführten Baumessungen der Hochschule Rosenheim zur Validierung des Prognosemodells.

Di. 14:25 Spectrum C Bauakustik 1

Holzbalkendecken in der Altbausanierung Teil 2

J. Hessinger[a], A. Rabold[a], M. Schramm[b] und S. Bacher[b]
[a] *ift Rosenheim GmbH;* [b] *ift Schallschutzzentrum, Rosenheim*

Für die bauakustische Planung einer Sanierungsmaßnahme im Altbau bietet sich die Anwendung der EN 12354 bzw. der im Entwurf der neuen DIN 4109 vorgesehenen Modelle auf Basis der EN 12354 an. Die Anwendbarkeit auf die bei Altbausanierungen typischen Kombinationen von Holzbalkendecken und Mauerwerkswänden wurde jedoch bislang noch nicht eingehend untersucht.

Dieser 2. Beitragsteil zu Holzbalkendecken in der Altbausanierung soll daher detaillierter auf die Eingangsdatenermittlung für die Prognosemodelle nach EN 12354 eingehen. Die Prognosemodelle erfordern für

die Berechnung der Flankenübertragung bei Luftschallanregung die Schalldämm-Maße der beteiligten Bauteile i und j, zusätzliche Verbesserungen durch Vorsatzschalen und das Stoßstellendämm-Maße Kij. Für die in-situ - Umrechnung der Eingangsdaten ist zusätzlich das Verhältnis zwischen den Verlustfaktoren im Labor und am Bau zu berücksichtigen. In einem Kooperationsprojekt mit der Hochschule Rosenheim wurde der Einfluss dieser in-situ-Korrektur auf die Eingangsdaten des frequenzabhängigen Modells und eines Einzahlmodells untersucht. Der Berechnungsansatz mit einem Stoßstellendämm-Maß setzt die Verzweigung der Körperschallübertragung in der Stoßstelle voraus. Analysen zur Wirksamkeit der Stoßstelle zwischen Holzbalkendecke und Mauerwerkswand wurden anhand der Körperschallausbreitung in der flankierenden Wand durchgeführt. Der Einfluss von Vorsatzschalen bei einseitiger und symmetrischer Montage auf der flankierenden Wand wurde ermittelt und mit dem Modell nach EN 12354 abgeglichen.

Di. 14:50 Spectrum C Bauakustik 1

Holzbalkendecken in der Altbausanierung Teil 3

F. Schöpfer, A. Mayr und U. Schanda
Hochschule Rosenheim

Aufgrund mangelnder Planungsgrundlagen besteht große Unsicherheit bei der schalltechnischen Sanierung von Holzbalkendecken, speziell in der Altbausanierung. Zur sicheren Planung sind Eingangsdaten für verschiedene Deckentypen und Sanierungsmaßnahmen sowie den Einfluss der Flankenübertragung erforderlich. Zusätzlich muss das Prognosemodell die Übertragbarkeit der unter Laborverhältnissen gewonnenen Planungsdaten auf die jeweilige Bausituation gewährleisten. Um Fachplanern die Prognose inklusive der Flankenübertragung zu erleichtern, wurde hierzu in einem Kooperationsprojekt mit dem ift-Rosenheim ein einfaches Rechenmodell für das zu erwartende Bau-Schalldämm-Maß R'_{w} und dem zu erwartenden Norm-Trittschallpegel am Bau $L'_{\mathrm{n,w}}$. erstellt. Die Berechnung orientiert sich dabei an den bestehenden vereinfachten Rechenmodellen der DIN EN 12354 mit Einzahlwerten. Als Eingangsdaten stehen die am ift Rosenheim im Labor ermittelten Werte für die direkte Schallübertragung zur Verfügung. Zur Validierung des angestrebten Berechnungsmodells wurden von der Hochschule Rosenheim Luft- und Trittschallmessungen in konkreten Sanierungsobjekten durchgeführt. Zusätzlich wurden Intensitäts- und Körperschallmessungen durchgeführt, um die einzelnen Übertragungswege separat zu erfassen und die Stoßstellendämm-Maße unter Bauverhältnissen zu ermitteln. Ein Zwischenstand der Ergebnisse wurde bereits auf der DAGA 2011 in Düsseldorf vorgestellt. Seither wurden weitere Baumessungen mit dem Fokus auf sanierten Holzbalkendecken durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen, sowie Vergleiche prognostizierter und am Bau gemessener Werte sind Gegenstand dieses Beitrags.

Di. 15:15 Spectrum C Bauakustik 1

Zusammenhang zwischen Regengeräuschen und Schalldämmung bei leichten Dachelementen

L. Weber, A. Rube und M. Koehler
Fraunhofer Institut für Bauphysik

Beim Auftreffen von Regentropfen auf leichte Dachelemente können im Bauwerk hohe Schallpegel entstehen, die die Wohn- und Arbeitsbedingungen erheblich beeinträchtigen. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2007 mit DIN EN ISO 140-18 ein einheitliches Verfahren zur "Messung des durch Regenfall auf Bauteilen verursachten Schalls im Prüfstand" in die internationale Normung eingeführt. Da das Verfahren messtechnisch verhältnismäßig aufwändig ist, wurden bislang allerdings nur wenige Regengeräuschmessungen durchgeführt. In Deutschland gibt es derzeit nur einen einzigen hierfür geeigneten Prüfstand, der sich im Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Stuttgart befindet.
Wegen des hohen Messaufwandes stellt sich die Frage, ob sich aus der Schalldämmung von Dachelementen quantitative Aussagen über das akustische Verhalten bei Regenanregung ableiten lassen. Hierzu durchgeführte Untersuchungen zeigen, dass zwischen den entsprechenden Einzahlangaben - dem bewerteten Schalldämm-Maß Rw und dem A-bewerteten Schallintensitätspegel der Regengeräusche LIA - bauteilunabhängig ein einfacher Zusammenhang besteht. Hierdurch ist es möglich, den Regengeräuschpegel leichter Dachelemente ohne Messung näherungsweise vorherzubestimmen.
Der Beitrag stellt die ermittelten Untersuchungsergebnisse vor und befasst sich mit Anwendungsbereich und Genauigkeit der aus den Messdaten abgeleiteten Näherungsformel.

Di. 15:40 Spectrum C Bauakustik 1

Zur Unsicherheit der in Prüfständen gemessenen Luftschalldämmung von Ständerwänden

C. Bethke und V. Wittstock
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Die Luftschalldämmung von Gipskartonständerwänden spielt für ihren Einsatz in der Praxis eine wesentliche Rolle. Demgemäß haben Hersteller, Planer und Verbraucher ein großes Interesse an zuverlässigen Kennwerten, die im Falle der Luftschalldämmung üblicherweise in bauakustischen Wandprüfständen erzielt werden. Bereits Mitte der 90er Jahre gab es dazu einen von POMPOLI organisierten europäischen Ringversuch. Die damals ermittelten Unsicherheiten von ca. 1,5 dB für das bewertete Schalldämm-Maß und von über 3 dB in den hohen Terzen ab 500 Hz wurden als so groß empfunden, dass ein Zusatz zur damaligen DIN EN ISO 140-1 verabschiedet wurde. In ihm wird gefordert, dass die Leichtbauwand in eine massiv umrandete Prüföffnung einzubauen ist. Im Rahmen der europäischen Produktnormung wurde nun unter Federführung

von CEN TC 126 WG 9 ein neuer Ringversuch mit zwei unterschiedlichen Gipskarton-Ständerwänden durchgeführt, an dem auch die PTB teilgenommen hat. Die Ergebnisse dieses Ringversuchs werden präsentiert und mit den Ergebnissen des früheren Ringversuchs verglichen. Insbesondere werden die an der PTB untersuchten Streuungen durch den Aufbau der Wände, mögliche systematische Unterschiede zwischen Laboratorien und die Auswirkung einer Vergrößerung des Frequenzbereichs für die Einzahlwertbildung diskutiert.

Di. 16:30 Spectrum C Bauakustik 1

Hörgerechte Beurteilung von Trittschall im Holzbau

M. Späh, A. Liebl, L. Weber und P. Leistner
Fraunhofer Institut für Bauphysik

Seit Mitte der 90er Jahre werden in vielen europäischen Ländern in zunehmendem Maße mehrgeschossige Wohn- und Geschäftshäuser in Holzbauweise errichtet, in denen Anforderungen an den Schallschutz gestellt werden. Es ist seit langem bekannt, dass besonders im Holzbau zwischen den genormten Mess- und Bewertungsverfahren mit den darauf bezogenen Schallschutzanforderungen und der menschlichen Wahrnehmung wohnüblicher Geräusche erhebliche Diskrepanzen bestehen. Zum einen ist es schwieriger, die gesetzlichen Schallschutzanforderungen im Holzbau einzuhalten, zum anderen ist damit nicht ausgeschlossen, dass es trotz Einhaltung der Anforderungen zu erheblichen Störungen in solchen Gebäuden kommt. Im europäischen Forschungsvorhaben "AcuWood" wird daher versucht, ein verbessertes Mess- und Bewertungssystem für den Holzbau zu entwickeln. Die vorgesehenen Untersuchungen basieren sowohl auf Messungen im Labor und in ausgeführten Bauten, als auch auf Befragungen von Bewohnern und der Durchführung von Hörversuchen. Die Untersuchungen sollen dazu beitragen, die akustische Qualität im Holzbau nachdrücklich zu verbessern und damit den Holzbau auch aus akustischer Sicht wettbewerbsfähiger zu machen. In dem Beitrag wird das Forschungsvorhaben "AcuWood" vorgestellt und es werden erste Untersuchungsergebnisse präsentiert.

Di. 16:55 Spectrum C Bauakustik 1

Entwicklung von schallentkoppelten Wand-Deckenknoten im Holzbau - Ausgeführte Projekte und Messungen vor Ort

U. Gerhaher und D. Meyer
mageba SA

Die steigenden Schallschutzanforderungen im Hochbau, sowohl durch Verschärfung der normativen Anforderungen, als auch durch höhere Ansprüche seitens der Bauherren, erfordern verbesserte Detaillösungen. Gerade bei dem zunehmenden Anteil hochwertiger Holzbauten ist die Problematik wegen der geringen Masse der Bauteile und der - im Vergleich zum Massivbau - komplizierten Anschlussdetails besonders ausgeprägt. Zudem ist im Holzbau aufgrund der inhomogenen Struktur und

dem komplexen Zusammenspiel einzelner Komponenten eine rechnerische Abschätzung der Wirksamkeit eines gedämmten Details kaum möglich.
Im vorliegenden Beitrag werden schallisolierte Fugenausbildungen und Winkelanschlüsse, welche in zwei bereits abgeschlossenen Projekten ausgeführt wurden, vorgestellt. Dabei wird besonders auf die Problemstellen bei Leitungsanschlüssen und mögliche Ausführungsfehler eingegangen.
Die Dimensionierung der Lager während des Planungsprozesses anhand sehr vereinfachter Modellannahmen wird Messungen, welche am fertigen Bauwerk durchgeführt wurden, gegenübergestellt. Es wird versucht, einen Zusammenhang zwischen vermuteten Problemstellen, die sich aus statischen Erfordernissen ergeben haben, und den Messergebnissen herzustellen. Die daraus entwickelten Überlegungen und Erfahrungen, welche in das derzeit laufende KTI-Projekt (”Entwicklung von Entkoppelungssystemen zur Unterdrückung der Schallnebenwege im Wand - Deckenknoten bei Konstruktionen in Holzbauweise”) einfliessen, werden vorgestellt.

Di. 17:20 Spectrum C Bauakustik 1

Entkoppelungssysteme zur Unterdrückung der Schallnebenwege im Wand-Deckenknoten im Holzbau: Vorprüfungen zur Bestimmung der Wirksamkeit von Elastomerlagern

R. Heinzer, C. Geyer, A. Müller und B. Schuppisser
Berner Fachhochschule

Zum Erreichen einer hohen Schallschutzqualität im Holzbau muss neben der Minimierung der Schallübertragung über das trennende Bauteil auch die Schallübertragung über die flankierenden Bauteile reduziert werden. Durch den Einbau von Elastomerlagern in den Wand-Deckenknoten von Holzkonstruktionen soll die Schallübertragung über die flankierenden Bauteile verringert werden. Die Wirksamkeit dieser Elastomerlager auf die Schallnebenwege wird im Leichtbauprüfstand in Dübendorf festgestellt, der gemeinsam von der EMPA und von der Berner Fachhochschule errichtet und betrieben wird. Da diese Messungen aber mit einem hohen finanziellen und organisatorischen Aufwand verbunden sind, können sie nur mit wenigen Elastomerlagern durchgeführt werden. Es wurde daher an der Berner Fachhochschule in Biel ein Vorprüfstand aufgebaut, in dem die Wirksamkeit der Elastomerlager auf die Reduzierung der Schallübertragung im Wand-Deckenknoten mit Hilfe der Schnellepegeldifferenz abgeschätzt wird. Mit diesem vergleichsweise einfachen Messverfahren werden die Elastomerlager ausgewählt, mit denen eine möglichst große Schnellepegeldifferenz erzielt wird. Diese Elastomerlager werden dann zur Bestimmung der flankierenden Schallübertragung in den Leichtbauprüfstand in Dübendorf eingebaut. Es wird über Messergebnisse dieses Vorprüfstandes berichtet.

Di. 17:45 Spectrum C Bauakustik 1

Messung der Trittschallminderung bei Bauprodukten aus Holz

J.-H. Schmidt und V. Wittstock
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Die Messung der Trittschallminderung von Bodenbelägen erfolgt bislang nach DIN EN ISO 10140 in einer speziellen Prüfeinrichtung, die aus zwei vertikal angeordneten Räumen mit einem jeweiligen Mindestvolumen von 50 m^3 besteht. Das Vorhalten einer solchen Prüfeinrichtung ist besonders für kleine, mittelständische Unternehmen nicht kosteneffizient. Daher wurde im Zuge eines von der AIF geförderten Forschungsprojektes an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in der Arbeitsgruppe "Angewandte Akustik" ein Kompaktverfahren mit einer 1,2 m x 0,8 m x 0,2 m großen Beton-Empfangsplatte entwickelt und erfolgreich für lokal reagierende Bodenbeläge erprobt. Da sich für plattenförmige Auflagen große Abweichungen im Vergleich zum Normverfahren nach DIN EN ISO 10140 zeigen, wurde ein zweites von der AIF gefördertes Forschungsprojekt gestartet, welches sich mit dieser Problematik befasst. Zudem wird in diesem Projekt ein Kompaktprüfstand für Leichtbaudecken entwickelt und messtechnisch verifiziert. Eine erste Version eines Kompaktprüfstandes für Leichtbaudecken wird vorgestellt, und es werden erste Ergebnisse im Vergleich zum Normverfahren nach DIN EN ISO 10140 präsentiert. Zur Thematik der plattenförmigen Auflagen werden Modellansätze vorgestellt und diskutiert. Desweiteren werden Holzbalkendecken anhand ihrer konstruktiven Details klassifiziert und via Messung der abgestrahlten Leistung und der mittleren Schnelle einem Abtrahgrad zugeordnet. Die Ergebnisse einer solchen Messung, ermittelt im Deckenprüfstand der PTB, werden vorgestellt.

Di. 18:10 Spectrum C Bauakustik 1

Messung und Berechnung der Schwingungen von Holzdecken im Prüfstand

R. Völtl[a], M. Kohrmann[b], M. Buchschmid[b], U. Schanda[a] und G. Müller[b]
[a] *Hochschule Rosenheim;* [b] *Lehrstuhl für Baumechanik, TU München*

Im Rahmen des AIF-Forschungsprojektes VibWood werden im Deckenprüfstand der HS Rosenheim unterschiedliche Holzdeckenkonstruktionen hinsichtlich ihres Schwingungsverhaltens im Bereich zwischen 4 Hz und 200 Hz untersucht. Parallel dazu werden diese Holzdeckenkonstruktionen an der TU München mittels FE-Berechnungen modelliert. Für die Untersuchungen steht ein Prüfstand zur Verfügung, welcher die Möglichkeit bietet, Decken oder Deckenelemente mit Abmessungen von max. 5,5 m x 5,5 m auf einer Stahlwinkelkonsole aufzulagern. Die Deckenelemente können so durch Messung der Übertragungsfunktionen hinsichtlich ihrer Schwingungsformen untersucht werden. Ein Ziel der Untersuchungen ist es, die tieffrequenten Schwingungen von Holzdecken

mit Hilfe von Schwingungstilgern deutlich zu reduzieren. Es werden erste Ergebnisse der Validierung der FE-Modelle vorgestellt, insbesondere der Einfluss der Auflagerung der Deckenelemente auf die Übertragungsfunktion. Weiterhin werden Messergebnisse für unterschiedliche Anregungsarten diskutiert.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Bauakustik (Poster)

Akustische Einmessung des Leichtbauprüfstands an der Empa in Dübendorf

H.-M. Tröbs[a], R. Bütikofer[b], C. Geyer[a], L. Krajči[b], A. Müller[a] und B. Schuppisser[a]

[a] *Berner Fachhochschule;* [b] *Empa, Dübendorf (CH)*

Der Schwerpunkt des neuen Leichtbauprüfstands in Dübendorf liegt in der Messung der Luft- und Trittschallübertragung der flankierenden Bauteile in Hybridbaukonstruktionen. Hierfür können die trennenden Elemente mit den zugehörigen flankierenden Bauteilen in den Prüfstand eingebaut werden unter Berücksichtigung der zu untersuchenden Wand-Deckenknoten.

Zum akustischen Einmessen des Prüfstands wurde eine hochschalldämmende Holzdeckenkonstruktion in den Prüfstand eingebaut. Als flankierende Wände werden sogenannte Defaultelemente aus Holz mit Vorsatzschalen verwendet.

Die Körperschallübertragung im Prüfstand wird durch segmentierte Wandflächen und elastisch gelagerte, auf variierende Nutzlasten abgestimmte Fundamente unterbunden.

Der Messaufbau mit der Holzdeckenkonstruktion und den Defaultelementen ergibt eine Grenzschalldämmung zweier übereinander angeordneter Räume des Prüfstands von R'w = 85 dB für den Luftschall und von L'n,w = 23 dB für den Trittschall.

Diese hohe Grenzschalldämmung ermöglicht eine zuverlässige Bestimmung der Luft- und Trittschalls einschließlich der Flankenübertragung für typische Wand- und Deckenkonstruktionen im Holzbau.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Bauakustik (Poster)

Binaurales Aufnahmesystem zur Auralisation tieffrequenten Trittschalls

J. Einig und U. Schanda

Hochschule Rosenheim

Bei Verbesserungsmaßnahmen für Decken in Holzbauweise, i.d.R. Holzbalkendecken, stellt sich im Ausbau häufig das Problem, dem Bauherrn vor der Ausführung der Umbauarbeiten die zu erwartende Verbesserung des Trittschalls zu vermitteln. Norm-Trittschallpegel und insbesondere Spektrum-Anpassungswerte CI,50-2500 für den tieffrequenten Bereich sind für Laien unzugängliche Begriffe und Mehrinvestitionen "um ein paar dB rauszuholen" wecken häufig überzogene Erwartungen, welche nach Abschluss der Ausbauarbeiten zu Enttäuschungen führen

können. Um Verbesserungsmaßnahmen gegenüber der Bestandssituation für den Kunden vor einer Kaufentscheidung authentisch erlebbar zu machen, wurde im Rahmen einer Diplomarbeit ein binaurales Aufnahmesystem für den tieffrequenten Trittschall von Holzdecken entwickelt. Hierzu wurden rauscharme Mikrofone in unterschiedlichen Aufnahmesystemen untersucht. Unter anderem ist ein eigener einfacher Kunstkopf gebaut und erprobt worden. Zur Auralisation wurde zudem ein Abspielsystem entwickelt, welches auf einer Datenbank von Audiodateien basiert, die bereits mit dem entwickelten Aufnahmesystem aufgenommen worden sind.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Bauakustik (Poster)

Optimierung von zweischaligen Bauteilen aus naturfaserverstärktem Kunststoff

K. Rurkowska und S. Langer
TU Braunschweig, Institut für Angewandte Mechanik

Aktuell wird eine immer stärkere Nachfrage bezüglich umweltfreundlicher Baustoffe verzeichnet. Für höchste Ansprüche in der Bauakustik sollen daher hochschalldämmende doppelschalige Bauteile aus naturfaserverstärkten Kunststoffen (NFK) eingesetzt werden. Diese Materialien weisen nicht nur eine gute CO2-Bilanz auf, sie besitzen zudem sehr gute mechanische und schallisolierende Eigenschaften. Um den Vorteil eines doppelschaligen gegenüber eines einschaligen Aufbaus zu erhalten, müssen die beiden Teilplatten entkoppelt in einem gewissen Abstand positioniert werden. Zwischen beiden Schichten wird ein poröses Material eingebracht, welches eine gewisse Dämpfung ermöglicht sowie die mechanische Stabilität ohne zusätzliche Konstruktionen sicherstellen soll. Ziel ist es zunächst, NFK Materialien zu identifizieren, die für den Einsatz im hochschalldämmenden Bauteil geeignet sind. Die Materialeigenschaften sowie der Bauteilaufbau müssen in einem Optimierungsprozess derart gewählt werden, dass bei möglichst geringem Gewicht und Gesamtdicke ein hohes Schalldämm-Maß erreicht wird. Dabei muss das poröse Füllmaterial eine Entkopplung der Platten zulassen, um die Wirksamkeit des doppelschaligen Aufbaus zu garantieren, trotzdem aber ausreichende mechanische Stabilität bieten. Für eine effektive Optimierung werden computergestützte Methoden zur Prognose der Schalldämmung eingesetzt. Die Ergebnisse bieten einen tieferen Einblick in die Phänomene, welche die Schalldämmung hier beeinflussen und können zu einer Verringerung des Messaufwandes beitragen.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Bauakustik (Poster)

Messung von Körperschall-Nachhallzeiten inhomogener Strukturen am Beispiel einer Holzbalkendecke

S. Mecking, A. Mayr und U. Schanda
Hochschule Rosenheim

Körperschall-Nachhallzeiten sind für die schalltechnische Beschreibung und das Verständnis schwingungstechnischer Vorgänge von Gebäudestrukturen mitunter von besonderer Bedeutung. In der DIN EN ISO 10848-1 ist die Messung von Körperschall-Nachhallzeiten (homogener Strukturen) beschrieben. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde am Beispiel einer Holzbalkendecke untersucht, ob dieses einfache und praktikable Verfahren auch bei inhomogenen Strukturen mit akzeptabler Genauigkeit Anwendung finden kann. Dazu wurden unterschiedliche messtechnische Verfahren zur Bestimmung der Körperschall-Nachhallzeiten angewandt und untereinander bzw. mit den Ergebnissen des oben genannten Verfahrens verglichen. Die Untersuchungen wurden an einer Holzbalkendecke mit verschiedenen Konstruktionsvarianten (Rohdecke, Trockenestrich, Unterdecke) durchgeführt. Ziel der Diplomarbeit war die Erstellung einer Messvorschrift für Körperschall-Nachhallzeiten inhomogener Gebäudestrukturen, welche auch im Bau angewendet werden kann.

Sitzung „Virtuelle Akustik 1“

Di. 14:00 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 1

The SEACEN project

S. Weinzierl[a], A. Lindau[a], K. Brandenburg[b], D. de Vries[c], H.-J. Maempel[a], S. van de Par[d], B. Rafaely[e], S. Spors[f] und M. Vorländer[g]
[a] *TU Berlin, Fachgebiet Audiokommunikation;* [b] *Technische Universität Ilmenau;* [c] *Laboratory of Acoustics, Delft University of Technology;* [d] *Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik;* [e] *Ben-Gurion University of the Negev;* [f] *Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin;* [g] *Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

The design and the generation of virtual acoustic realities has become a central field of research, both as a basis for proprietary applications in media technology and virtual reality and as a research tool for other disciplines related to the generation, transmission, reproduction, and perception of sound. Since the quality of virtual acoustic environments emerges as the result of all processing stages, from the numerical modelling, the data acquisition within numerical or real sound fields, the coding and transmission to the electro-acoustic reproduction by binaural technology or sound field synthesis, the SEACEN project as a new coordinated effort of nine research groups in Germany and Israel will provide an opportunity to improve the complete signal chain. This includes the use of consistent data sets (room impulse responses, models, HRTFs, rendering algorithms) and consistent procedures for the

perceptual evaluation of virtual environments, in order to validate technical improvements. In a longer term, the generation of plausible virtual environments is expected to bring forth a better understanding and better physical measures for the qualities of natural acoustic environments as well.

Di. 14:25 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 1

Continuous and exchangable directivity patterns in room acoustic simulation

S. Pelzer, M. Pollow und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Room acoustic simulation by using geometrical acoustics is usually implemented with binaural receivers and a given sound source directivity. This way, however, the simulated signals are restricted to a specific set of HRTFs and a fixed radiation pattern of the simulated source. Adjustments such as individualization of the HRTFs or modification of the source directivity pattern cannot be performed after the simulation is finished. Using a general interface between transfer path and the directivities of both sender and receiver instead, the RIRs can be freely composed of the transfer paths and the directivity patterns of sender and receiver in order to obtain the desired result. To do so, the simulation is performed for a set of basic radiation patterns, called spherical harmonics.
In this paper it is discussed how standard routines in geometrical acoustics must be changed in order to implement such a flexible simulation. The discussion therefore is focused on a separation of source and receiver characteristics and transfer paths, with the goal of a maximum generalization and flexibility of a performed simulation.

Di. 14:50 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 1

Auralisation von Kugelarraymessdaten - Ein Überblick

J. Nowak
Technische Universität Ilmenau

Die sogenannte ”gute Akustik” eines Raumes ist auf verschiedene Eigenschaften des Raumes, wie Raumgröße, -geometrie und die Beschaffenheit der Begrenzungsflächen zurückzuführen. Das daraus resultierende Schallfeld hat somit einen wesentlichen Einfluss auf die wahrgenommene Qualität von Musik- oder Sprachdarbietungen. Kugelförmige Mikrofonarrays eignen sich aufgrund ihrer einfachen Geometrie besonders zur richtungsbezogenen Aufnahme der akustischen Eigenschaften. Diese erlauben eine dreidimensionale räumliche Abtastung und bieten verschiedene Möglichkeiten zur Nachbearbeitung, wie z.B. die Schallfeldzerlegung oder -extrapolation. Für eine Auralisation müssen die aufgezeichneten Mikrofonarraydaten entsprechend des verwendeten Wiedergabesystems vorbereitet werden. In einer Reihe von Verarbeitungsschritten werden die räumlichen Schallfelddaten mithilfe der

Schallfeldzerlegung in unterschiedliche Modellräume (Sphärische Harmonische und Ebene Wellen Domäne) überführt und können von dort auf beliebige Wiedergabesysteme adaptiert werden. Dieses Papier soll einen Überblick über die Auralisation von Kugelarraymessdaten für die binaurale Wiedergabe über Kopfhörer und die Wiedergabe mithilfe der Wellenfeldsynthese (WFS) geben. Dabei wird zum einen auf die Schallfeldaufnahme eingegangen und zum anderen die Nachbearbeitung der Arraydaten schrittweise erläutert. In diesem Zusammenhang wird auch auf dabei auftretende Probleme hingewiesen und entsprechende Fehlerquellen aufgezeigt. Entsprechende Literaturverweise sollen Interessierten helfen, sich in das Thema einzuarbeiten.

Di. 15:15 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 1

On the implementation of range extrapolation of head-related impulse responses by virtual sound field synthesis

S. Spors und H. Wierstorf
Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin

Recently an approach to the range extrapolation of head-related impulses responses (HRIRs) has been proposed which is based on interpreting measured HRIRs as virtual secondary source distribution which is driven according to a virtual source at the desired distance. In principle, any sound field synthesis approach can be applied. However, Wave Field Synthesis allows for a numerical stable and efficient implementation of the proposed scheme. Its efficiency is based on pre-filtering the HRIR dataset, and summing up weighted and delayed versions of the HRIRs. In typical implementations the delay operation is restricted to multiples of the temporal sampling interval. In a previous study, these integer delays have been proven to be suitable for static virtual sources synthesized by typical WFS setups. Range extrapolation of HRIRs may involve very densely distributed virtual secondary source distributions. Here integer delays pose limits with respect to the achievable physical accuracy. The limits and potential solutions will be discussed in the paper, as well as, the perceptual consequences in the context of range extrapolation of HRIRs.

Di. 15:40 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 1

An extraaural headphone system for optimized binaural reproduction

V. Erbes, F. Schultz, A. Lindau und S. Weinzierl
TU Berlin, Fachgebiet Audiokommunikation

For the authentic reproduction of virtual acoustic environments a binaural playback system is required featuring specific qualities with respect to the linearity of its transfer function, low frequency reproduction, high signal-to-noise ratio, and low variability caused by repositioning and individual head geometries. To meet these criteria, the extraaural headphone system BK211 was developed. The transfer function with and without compensation, the stability against repositioning, the interchannel

crosstalk, the SNR, and measurements of the Free-air Equivalent Coupling (FEC) criterion will be shown. A very low noise amplifier and a DSP-system allows for reproduction even in quiet listening environments. IIR- and FIR-filters along with miniature in-ear microphones can be used for different applications and individual spectral compensation.

Di. 16:30 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 1

Sind Hörversuche subjektiv? Zur Subjektivität und Objektivität akustischer Maße

S. Weinzierl und H.-J. Maempel
TU Berlin, Fachgebiet Audiokommunikation

In der Akustik gibt es eine lange Tradition, von ‚subjektiven' und ‚objektiven' Messwerten und Parametern zu sprechen. Meist soll dadurch zwischen menschlichen, wahrnehmungsbezogenen Bewertungen und physikalischen Messwerten oder durch Signalverarbeitung daraus abgeleiteten Parametern unterschieden werden. Der Beitrag soll herausarbeiten, inwieweit dieses Verständnis mit dem Begriff der Objektivität korrespondiert, der in der Wissenschaftstheorie als Merkmal wissenschaftlicher Erkenntnisprozesse im allgemeinen und als Gütekriterium für Messungen und Tests im besonderen eingeführt ist. Hierbei zeigt sich, dass die in der Akustik übliche Terminologie auf einer Verwechslung von wissenschaftlichem Subjekt (der Forscher) und wissenschaftlichem Objekt (der Proband) beruht. Eine Entscheidung zugunsten physikalischer oder perzeptiver Messwerte kann sich daher nicht a priori auf eine höhere Objektivität berufen, sondern erfordert vor allem eine Abwägung der für die jeweilige Fragestellung erforderlichen Validität und Reliabilität der Messung.

Di. 16:55 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 1

Psychoakustik der Wellenfeldsynthese: Vor- und Nachteile von binauraler Simulation

H. Wierstorf[a], A. Raake[b] und S. Spors[a]
[a] *Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin;* [b] *Assessment of IP-based Applications, T-Labs, TU Berlin*

Wellenfeldsynthese ist ein vielkanaliges, lautsprecherbasiertes Wiedergabeverfahren zur Synthese von beliebigen Schallfeldern in einem großen Zuhörerbereich. Durch die Beschränkung der verwendeten Lautsprecheranzahl kommt es in der Praxis zu Beugungs- und Abtastartefakten im synthetisierten Schallfeld. Ihre genaue Auswirkung auf die Wahrnehmung ist zurzeit Gegenstand psychoakustischer Untersuchungen. Um hierbei aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen, ist es von Interesse verschiedene Systeme mit stark variierender Lautsprecheranzahl zu untersuchen und zu vergleichen. Dies ist mit realen Lautsprechern jedoch nur eingeschränkt möglich. Alternativ können die Lautsprecher mit Hilfe dynamischer Binauralsynthese simuliert werden. Ein Vorteil der Simulation besteht darin, dass während eines Versuches Positionen im Schallfeld über Versuchspersonen hinweg exakt reproduziert werden können

und instantan zwischen unterschiedlichen Positionen hin und her gewechselt werden kann. Gleichzeitig sind aber eine Reihe von Nachteilen der Simulation zu beachten. Diese sind zum einen durch die binaurale Mess- und Wiedergabetechnik gegeben und treten etwa als Klangverfärbung oder fehlende Externalisierung zum Vorschein. Zum anderen kann auch ein abweichender multimodaler Eindruck, hervorgerufen durch zum Beispiel den falschen visuellen Eindruck, die Ergebnisse beeinflussen. In diesem Beitrag werden daher eine Reihe von Hörversuchen und Überlegungen über die Vor- und Nachteile der binauralen Simulation im Kontext der psychoakustischen Untersuchung der Wellenfeldsynthese vorgestellt.

Di. 17:20 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 1

Minimum Audible Distance (MAD) by the Example of Wave Field Synthesis

F. Völk, U. Mühlbauer und H. Fastl
AG Technische Akustik, MMK, TU München

The so-called minimum audible angle (MAA) is formed with respect to the listener's head by two sound sources at the same distance just auditory differentiable in position when sounded in succession. Here, a similar concept referred to as minimum audible distance (MAD) is introduced, denoting the distance of two sound sources in the same direction with regard to the listener just auditory differentiable in position when sounded in succession. For MAD measurement, an adaptive two-alternative forced choice (2-AFC) procedure is proposed and evaluated using a circular wave field synthesis array in reverberant listening environment.

Di. 17:45 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 1

Evaluation of Binaural Synthesis by Minimum Audible Angles

F. Völk, A. Gottschalk und H. Fastl
AG Technische Akustik, MMK, TU München

Binaural synthesis is widely used as tool aiming at eliciting specific auditory perceptions by means of headphones, ideally exactly as they would be elicited by a real or hypothetical reference scene. In this contribution, an evaluation method is proposed, addressing the synthesis quality by comparing the minimum audible angles measured in the synthesized versus the corresponding real situation. The evaluation method is discussed by means of the underlying assumptions and conceptual possibilities and limitations. On that basis, an exemplary evaluation of the grid resolution required for transparent binaural synthesis is presented with regard to implementation factors.

Di. 18:10 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 1

Latency tolerance enhancement in in-ear monitoring systems

G. Marentakis[a], C. Kranzler[a], M. Frank[a], M. Opitz[b] und A. Sontacchi[a]
[a] *Institut für Elektronische Musik und Akustik, KU Graz;* [b] *AKG Acoustics GmbH*

Sound monitoring on stage can be done using two different methods: wedge and in-ear monitoring. The advantage of in-ear monitoring is that it allows better control between the sound of each individual musician and the ensemble sound and minimizes the total loudness on stage, which also increases the quality of the PA mix. On the other hand, musicians tolerate a higher latency in wedge monitoring which also provides more natural acoustics. Motivated by these observations, we are investigating methods to increase the tolerance for appearing latency in in-ear monitoring in our study. To this end, we incorporate room information in in-ear monitoring by filtering using binaural room impulse responses. Experimental results indicate that adding room information to the in-ear monitoring signal does increase the tolerance in reference to latency.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Virtuelle Akustik (Poster)

Towards a Modular System for Real-Time Multiple-Input/Multiple-Output Audio Processing

K. Helwani, T. Rettberg, S. Spors und H. Buchner
Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin

There is a growing interest in multichannel audio acquisition and reproduction techniques, for instance in terms of enhancing sound realism in telecommunication systems. The high computational complexity associated with massive-multichannel systems and real-time constraints demands efficient utilization of processing resources. The availability of multicore and multiprocessor architectures call for a multi-threaded signal processing framework.

This paper outlines the design and realization of a real-time, full duplex multiple-input/multiple-output signal processing framework. The engine written in C++ is tailored for adaptive spatio-temporal algorithms and aims at comfortable deployment of real-time MIMO algorithms on a symmetric multiprocessor architecture. The core signal processing is based on defining independent modules connected in a particular processing graph. The engine is driven by a real-time audio back-end. The data flow in both time and frequency domain is directly supported. The channels' workload is transparently distributed in a multithreaded environment.

Architecture and implementation of the framework are discussed, with respect to signal processing and software design considerations. The current realization of the system is presented, build around a Linux/JACK implementation, a 64-channel spherical microphone array and a circular array of 56 Loudspeakers.

Sitzung „Numerische Optimierung in der Akustik“

Di. 14:00 vanadium 2.03 Numerische Optimierung

Parameterfreie FEM-basierte NVH-Optimierung für wettbewerbsfähiges Produktdesign

D. Kurfeß, P. Clausen und C. Pedersen
FE-DESIGN GmbH

Bei der Auslegung strukturmechanischer Bauteile spielt das akustische Verhalten des Bauteils häufig eine maßgebliche Rolle - neben den Anforderungen an das statische Bauteilverhalten, an die Fertigbarkeit und an die Materialkosten. Für die letztgenannten Anforderungen werden heutzutage parameterfreie FEM-basierte Optimierungsmethoden als etabliertes Werkzeug im Produktentwicklungsprozess eingesetzt. Bzgl. der akustischen Eigenschaften des Bauteils werden häufig nur Eigenfrequenzen berücksichtigt und im Rahmen der Optimierung verschoben. Neue Ansätze, direkt akustische Größen wie Schalldruck oder Oberflächenschnelle im Rahmen derselben Optimierungsprozesse zu berücksichtigen, bieten hohes Innovationspotenzial für zukünftige Produktdesigns.
Der Beitrag stellt diese neuen Ansätzen zur parameterfreien FEM-basierten NVH-Optimierung vor und präsentiert erfolgreiche Anwendungsbeispiele aus der Industrie sowie Vergleiche zur reinen Eigenfrequenzoptimierung. Die präsentierten Methoden sind in der von FE-DESIGN entwickelten Optimierungssoftware TOSCA Structure implementiert, die eine multidisziplinäre Optimierung bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Fertigungsnebenbedingungen ermöglicht - auch basierend auf nichtlinearen FE-Simulationen (große Deformationen, Plastizität, Kontakt). TOSCA Structure setzt auf den weitverbreiteten FEM-Solvern Abaqus, ANSYS und Nastran auf und ermöglicht es so dem Benutzer, seine gewohnte CAE-Umgebung auch im Rahmen des zu behandelnden Optimierungsproblems zu nutzen.

Di. 14:25 vanadium 2.03 Numerische Optimierung

Sensitivitätsstudien und Optimierungsworkflow für die FE-basierte Simulation des Bremsenquietschens

M. Moosrainer[a] und A. Veiz[b]
[a] *CADFEM GmbH;* [b] *Dynardo GmbH*

Quietschende Bremsen sind nach aktueller Rechtsprechung ein Komfortmangel, der es dem Käufer erlaubt, fristlos vom Kauf zurückzutreten, sollte auch eine Reparatur erfolglos bleiben. Entsprechende Priorität hat das Thema in der Auslegungspraxis der Automobilfirmen und Bremsenhersteller. Im folgenden Beitrag soll ein Simulations-Workflow aufgezeigt werden, der es nicht nur erlaubt, das Bremsenquietschen mittels FEM

zu analysieren, sondern der darüber hinaus effiziente Wege zur parameterbasierten Sensitivitätsanalyse und Optimierung eines Bremsenmodells ermöglicht. Ausgangspunkt ist ein parametrisiertes Geometriemodell und ein darauf abgestimmtes automatisiertes Vernetzungsverfahren. Um die für das Bremsenquietschen maßgeblichen Reibungseffekte zu erfassen, wird zunächst eine nichtlineare Kontaktanalyse durchgeführt, die Ausgangsbasis für eine komplexe Modalanalyse unter Berücksichtigung der Vorspannung und der Reibungsterme ist. Die komplexen Eigenwerte werden als Maß für die Stabilität bzw. Quietschneigung einer Schwingungsform herangezogen. Für die Ingenieurpraxis lautet nach Sichtung dieser Ergebnisse die relevante Frage, welche Geometrie- bzw. Materialparameter dominanten Einfluss auf eine kritische Schwingungsform ausüben. Eine Sensitivitätsanalyse gibt Aufschluss über diesen Punkt und dient zugleich als Vorbereitung für eine zielführende Optimierungsstrategie.

Sitzung „Numerische Akustik 1“

Di. 14:50 vanadium 2.03 Numerische Akustik 1

Eine Formulierung der Randelementemethode für akustische Probleme im Zeitbereich

W. Kreuzer, Z. Chen, H. Waubke und A. Svobodnik
Institut für Schallforschung, Österr. Akademie d. Wissenschaften

Zur Lösung akustischer Probleme mit schnell abklingenden Impulsantworten ist es von Vorteil, numerische Berechnungen mittels Randelementemethode (BEM) im Zeitbereich durchzuführen. Ein weiteres Beispiel für die Notwendigkeit von Zeitbereichs-BEM ist die Kopplung von akustischer Berechnung mit nichtlinearem Verhalten der Struktur. Wir präsentieren eine Implementierung der Randelementemethode im Zeitbereich. Die Randintegralgleichungen werden im Ortsbereich mittels Galerkinmethode und im Zeitbereich mittels Kollokation diskretisiert, und mittels der weit verbreiteten Marching-On-in-Time (MOT) numerisch gelöst. Die mit der MOT Methode verbundenen Stabilitätsprobleme werden mit einer Kombination aus Burton-Miller Methode und Ansatzfunktionen höherer Ordnung behandelt. Die Implementierung wird mittels eines bereits bestehenden Codes für den Frequenzbereich überprüft.

Di. 15:15 vanadium 2.03 Numerische Akustik 1

Die Rand-Elemente-Methode im Zeitbereich zur Berechnung des Schallfeldes in Innenräumen

C. Marter[a], M. Ochmann[a] und U. Donner[b]
[a] *Beuth Hochschule für Technik Berlin;* [b] *acouplan GmbH*

Die numerische Simulation von Schallfeldern in Innenräumen ist während der Planungsphase oder zur Beurteilung von nachfolgenden akustischen Verbesserungen etwa von Büroräumen von großer Bedeutung. Bisher sind hauptsächlich Strahlverfolgungsprogramme oder andere einfache Näherungen im Einsatz. Die Rand-Elemente-Methode ist in der

numerischen Akustik bereits bekannt und in der Lage, sehr genaue Vorhersagen ohne Vernachlässigung der Beugung zu treffen. Für gewöhnlich arbeitet diese Methode im Frequenzbereich (F-BEM), und es sind Simulationen für jede einzelne Frequenz nötig. Dagegen ermöglicht die Formulierung im Zeitbereich (T-BEM) die direkte Berechnung der Impulsantwort, aus der man mittels Fouriertransformation die Frequenzantworten für einen weiten Frequenzbereich erhält. Allerdings erfordert die T-BEM auch die Diskretisierung des interessierenden Zeitintervalls. Dieser Beitrag stellt beide Rand-Elemente-Verfahren anhand einer Innenraumsimulation für einen einfachen, typischen Büroraum gegenüber, wobei im ersten Schritt ein Raum mit reell-absorbierenden Randbedingungen untersucht wird.

Di. 15:40 vanadium 2.03 Numerische Akustik 1

Performance-Optimierung und Grenzen eines Multi-Level Fast Multipole Algorithmus für akustische Berechnungen

R. Burgschweiger und M. Ochmann
Beuth Hochschule für Technik Berlin

Die Multi-Level Fast Multipole Methode (MLFMM) ermöglicht die numerische Berechnung akustischer Problemstellungen auf Basis der Randelementemethode (BEM), bei denen die diskretisierten Modelle aus sehr großen Anzahlen von Elementen bestehen. Lösungszeit und Speicherbedarf liegen im Vergleich mit konventionellen Lösungsmethoden in der Regel deutlich niedriger, da ein potentialbasierendes Clustering-Verfahren zur approximativen Berechnung der für iterative Löser benötigten Matrix-Vektor-Produkte verwendet wird.
Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurde ein zuvor entwickelter Code basierend auf einer Multi-Level/Single-Order-Variante des Algorithmus auf eine Multi-Level/Adaptive-Order-Version mit adaptiver Interpolation erweitert und hinsichtlich Lösungsqualität, Parallelisierbarkeit sowie Performance untersucht und optimiert.
Die dabei gewonnenen Erkenntnisse werden an entsprechenden Beispielen vorgestellt und die erzielten Resultate mit analytisch gewonnenen Lösungen sowie Ergebnissen konventioneller BEM- und FEM-Methoden verglichen.

Di. 16:30 vanadium 2.03 Numerische Akustik 1

Analyse zweier Halbraum-Formulierungen zur Lösung der Helmholtz-Gleichung mittels der Fast-Multipole-Boundary-Elemente-Methode

S. Keuchel, M. Gehlken und O. von Estorff
TU Hamburg-Harburg, Inst. f. Modellierung und Berechnung

Die Boundary-Elemente-Methode (BEM) bietet viele Vorteile bei der Analyse von akustischen Außenraumproblemen. Ein Nachteil der konventionellen BEM ist jedoch der mit zunehmender Elementanzahl quadratisch wachsende Aufwand bei Verwendung eines iterativen Gleichungslösers. Abhilfe schafft hier die Fast-Multipole-BEM (FMBEM), die

das Lösen mit quasi-linearer Komplexität erlaubt. Gilt es dabei unendliche Halbebenen zu untersuchen, lassen sich diese unterschiedlich realisieren. Eine Möglichkeit ist die Verwendung einer modifizierten Fundamentallösung zur Einbindung einer voll reflektierenden Ebene. Eine andere Variante ist die tatsächliche Spiegelung der Diskretisierung an der Ebene. Dabei entstehen Elemente im realen Bereich und im gespiegelten Bereich. Kommt zur Lösung des Halbraumproblems die FM-BEM zum Einsatz, ergeben sich hieraus unterschiedliche Algorithmen für die Halbraum-Formulierung. Die notwendige hierarchische Baumstruktur umgibt dabei entweder die Elemente im realen und im gespiegelten Bereich oder, bei Verwendung der modifizierten Fundamentallösung, nur die Elemente im realen Bereich. In dem vorliegenden Beitrag werden die unterschiedlichen Algorithmen je nach Eigenschaften des Problems und der gewählten Parameter bezüglich ihrer Effizienz verglichen.

Di. 16:55 vanadium 2.03 Numerische Akustik 1

Untersuchungen zur Effizienz der zweidimensionalen Multilevel-Fast-Multipole-Methode in der Akustiksimulation

M. Gehlken, S. Keuchel und O. von Estorff
TU Hamburg-Harburg, Inst. f. Modellierung und Berechnung

Zur numerischen Berechnung akustischer Fragestellungen wird vielfach die Boundary-Elemente-Methode (BEM) verwendet. Gilt es jedoch akustische Fluide großer Abmessungen oder/und hohe Frequenzen zu untersuchen, führt dies zu sehr großen Gleichungssystemen, die mit direkten Lösungsalgorithmen nicht mehr zu lösen sind. In diesen Fällen müssen iterative Gleichungslöser, wie beispielsweise GMRes, eingesetzt werden. Zur Beschleunigung der dabei erforderlichen Matrix-Vektor-Multiplikationen stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. In dem vorliegenden Beitrag wird eine Multilevel-Variante des 2D-Fast-Multipole-Algorithmus mit adaptiver Gebietsunterteilung verwendet. Dieser Algorithmus weist eine Vielzahl von Parametern auf, die wesentlichen Einfluss auf die erzielbare Ergebnisgenauigkeit und die benötigte Rechendauer haben. Anhand einer systematischen Studie werden optimale Wertebereiche für die verschiedenen Größen bestimmt, um eine effiziente Berechnung akustischer Fragestellungen zu ermöglichen. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass eine sorgfältige Auswahl der Parameter notwendig ist, um das Potenzial der Fast-Multipole-Methode zur schnellen und effizienten Berechnung großer Systeme ausnutzen zu können.

Di. 17:20 vanadium 2.03 Numerische Akustik 1

Time-Domain Translation Operators for the Fast-Multipole-Method

R. Baumgartner und F. Zotter
Institut für Elektronische Musik und Akustik, KU Graz

Broad-band time-domain computation of acoustic fields has recently been considered in numerical acoustics. This contribution focuses on a time-domain variant of the translation filters needed for the multilevel fast multipole method (ML-FMM). Typically ML-FMM uses a matrix description of each scatterer in an acoustic field to determine its diffraction response to all elementary incident fields. To this end, the response of each diffracting part is individually described in a local coordinate system and yielding a time-domain impulse response matrix, relating incident to radiating elementary waves. Putting together all the parts and describing the interaction of their diffraction responses requires two types of translation operators that are analytically known in the frequency domain. This contribution uses the representation of the translation operators in terms of linearly combined spherical Hankel or Bessel functions, which can be formulated as discrete-time filters.

Di. 17:45 vanadium 2.03 Numerische Akustik 1

Vergleich von BEM- und FEM-basierten inversen Formulierungen zur Rekonstruktion akustischer Randadmittanzen

R. Anderssohn[a], S. Marburg[b] und M. Beitelschmidt[a]
[a] *TU Dresden, Institut für Festkörpermechanik;* [b] *Universität der Bundeswehr München, Inst. für Mechanik*

Dynamische Eigenschaften von Wänden haben einen signifikanten Einfluss auf das sich im anliegenden Raum ausbreitende Schallfeld. Von einer einseitigen Kopplung von Struktur und Fluid ausgehend kann man akustische Admittanzwerte definieren, mit welcher sich diese Randeigenschaften quantifizieren lassen. Diese Arbeit hat das Ziel, eine Verteilung von Admittanzwerten zu rekonstruieren, um nachfolgend verbesserte gedämpfte akustische Simulationen zu ermöglichen. Dafür muss das Schallfeld durch eine umfangreiche Mikrofonmessung gescannt werden und ein diskretisiertes Modell zur Lösung der innenraumakustischen Randwertaufgabe ist zu entwickeln. Ein Modell der Geometrie des Raumes wird bezüglich der untersuchten Frequenzen in seiner Genauigkeit auf die erwarteten Wellenlängen angepasst. Die Autoren haben mehrere Algorithmen zur Rekonstruktion der absorbierenden Randbedingungen in Fortran implementiert. Die Algorithmen zur Lösung des inversen Problems basieren auf den bekannten deterministischen Diskretisierungsverfahren BEM und FEM. Die inversen Formulierungen dieser Methoden führen auf lineare und nichtlineare Gleichungssysteme, die meist schlecht konditioniert sind. In dem Vortrag wird auf die Anforderungen an die notwendigen Messungen, den Setup der Simulation, auf die angewendeten mathematischen Werkzeuge wie Regularisierung, Konditionierung von durch Rauschen belegter Messdaten

sowie nichtlinearer Optimierung eingegangen. Die Eigenschaften der unterschiedlichen Methoden sollen durch simulierte und experimentelle Beispiele verglichen werden.

Di. 18:10 vanadium 2.03 Numerische Akustik 1

Lösung des FE-Systems mit Hilfe von komplexen Eigenvektoren bei frequenzabhängigen Randbedingungen

R. Bomhardt, M. Aretz und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Die Finite Elemente (FE) Methode stellt heute ein leistungsfähiges Werkzeug zur Simulation des tieffrequenten Übertragungsverhaltens geschlossener Räume mit beliebigen Rand- und Quellbedingungen dar. Im Folgenden wird kurz erläutert, wie FE-Systeme durch komplexe Eigenmoden mit frequenzabhängigen Randbedingungen reduziert und gelöst werden. Um eine Modalanalyse zur Schalldruckberechnung durchzuführen, werden die Eigenwerte und Vektoren des aufgestellten FE-Gleichungssystem bestimmt. Diese sind für ein ungedämpftes System reell und ansonsten komplexwertig. Im Fall des gedämpften Systems liegt ein quadratisches Eigenwertproblem vor, das linearisiert wird. Die linearisierten Matrizen sind nicht hermitisch, woraus folgt, dass das FE-Gleichungssystem nur mit den linken und rechten Eigenvektoren diagonalisierbar ist. Die Basisreduktion des betrachteten FE-Systems für einen bestimmten Frequenzbereich wird durch die Berücksichtigung der physikalisch relevanten Eigenvektoren realisiert. Dadurch ergibt sich für die Berechnung des Schalldrucks im Raum ein stark reduziertes und diagonalisiertes Gleichungssystem. Das quadratische Eigenwertproblem wird prinzipiell nur für frequenzkonstante Randbedingungen gelöst - in der Praxis sind diese jedoch häufig von der Frequenz abhängig. In diesem Beitrag wird ein Verfahren erläutert, das es ermöglicht das quadratische Eigenwertproblem für frequenzabhängige Randbedingungen zu lösen.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Numerische Akustik (Poster)

Asymptotic expansion for viscous acoustic equations close to rigid walls

A. Thöns-Zueva und K. Schmidt
TU Berlin, Institut für Mathematik

In this study we are investigating the acoustic equations as a perturbation of the Navier-Stokes equations around a stagnant uniform fluid, with mean density ρ_0, without heat flux and for fixed frequency. For gases the viscosity η is very small and leads to viscosity boundary layers close to walls. We propose effective (*impedance*) boundary conditions for the velocity and pressure. Those of first order take the form

$$\mathbf{v} \cdot \mathbf{n} - \delta \frac{c^2}{\omega^2} \partial_\tau^2 \mathrm{div}\, \mathbf{v} = 0,$$

$$\partial_n p + \delta\, \partial_\tau^2 p = 0,$$

where $\delta = (1+\imath)\sqrt{\eta/(2\omega\rho_0)}$ is related to the *boundary layer* thickness and ∂_τ^2 is the second tangential derivative. With this approach the solution for far field takes into account absorption inside the boundary layer and gives highly accurate description of the pressure or velocity in the domain outside a small layer close to the boundary.
The boundary conditions have been derived up to second order for curved boundaries by a multiscale analysis, which separate velocity and pressure into *far field* and correcting *near field*. The boundary conditions are stable and asymptotically exact, which is justified by a complete mathematical analysis.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Numerische Akustik (Poster)

A new preconditioner for the iterative solution of the systems describing the vibro-acoustics of multi-layered panels
P. Rong und O. von Estorff
TU Hamburg-Harburg, Inst. f. Modellierung und Berechnung
In this work an efficient solution algorithm to investigate the vibro-acoustics of multi-layered panels is presented. The panels can be composed of air gaps, elastic, and porous materials. Each layer is individually formulated and coupled to each other. In a standard finite element analysis, such a system is often badly conditioned, i.e. it can be hardly solved by iterative methods. In order to improve the condition of the system matrix, a new preconditioner is developed by following the divide-and-conquer principle. It takes advantage of the fact that each layer of the panel is only coupled with its direct neighbors. Using a strategy similar to an iterative coupling scheme, the system matrix is progressively decomposed into the triangular forms by means of the Schur complement. The suggested approach offers not only the acceleration of the decomposition of the global system but also the flexibility to individually decompose the subsystem of each layer with the methodology that suits best.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Numerische Akustik (Poster)

Modeling boundaries in acoustic TLM - local reflection coefficients vs. locally reacting impedances
M. Kaletta and M. Blau
Inst. für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule Oldenburg
The transmission line matrix (TLM) model is a method to simulate the propagation of waves in a medium by discretizing the wave equation. Lambda is a software, developed at IHA Oldenburg, that makes use of this method to simulate the propagation of sound in a two-dimensional medium. One major problem common to all numerical methods in acoustics is the realization of boundary conditions. In Lambda, boundaries are modeled by local reflection coefficients that can be either constant

or frequency dependent (realized as digital filters). One common assumption regarding boundaries is that they should correspond to locally reacting impedances and the global reflection coefficient therefore depend on the angle of incidence. Recent research [Excolano 2008] postulated that this is not the case if the boundary model is implemented as a local reflection coefficient and proposed an alternative implementation. In the work presented here, that new realization of locally reacting impedances is analyzed. It is shown that in fact it corresponds to a frequency dependent local reflection coefficient, which can be seen as a digital filter with a particular choice of the filter coefficients. Simulations comparing the new approach with that used in Lambda showed no improvements.

Sitzung „Strömungsakustik“

Di. 14:00 titanium 2.04 Strömungsakustik

Multi-Model Approach for Computational Aeroacoustics

M. Kaltenbacher[a], I. Sim[a], A. Hüppe[a] und B.I. Wohlmuth[b]
[a] *Alps-Adriatic University of Klagenfurt;* [b] *TU München, Lehrstuhl für Numerische Mathematik*

Since the beginning of computational aeroacoustics (CAA) several numerical methodologies have been proposed. Due to the practical advantages provided by the separate treatment of fluid and acoustic computations, hybrid methodologies still remain the most commonly used approaches for CAA. Concerning the model approaches, we can differ between models based on acoustic perturbation equations [1], explicitly taking into account refraction and convection effects, and the inhomogeneous wave equation of Lighthill. In our contribution we apply a multi-model approach, where we solve on the inner domain (corresponds to the main domain of computational fluid dynamics (CFD)) an acoustic perturbation equation, and for the surrounding domain the convective wave equation of Pierce [2]. Therewith, we can reduce the number of unknowns for the outer domain from four (particle velocity and pressure) to just one (acoustic scalar potential). By applying a Mortar Finite Element (FE) method, we can fully include the physical interface conditions within the overall numerical scheme.

[1] W. de Roeck, G. Rubio, M. Baelmans and W. Desmet. Toward accurate hybrid prediction techniques for cavity flow noise applications. Int. J. Numer. Meth. Fluids (2009)
[2] Allan D. Pierce. Wave equation for sound in fluids with unsteady inhomogeneous flow. J. Acoust.Soc. Am. (1990)

Di. 14:25 titanium 2.04 Strömungsakustik

Zur Simulation der Strömungsgeräusche unter Verwendung der EIF-Methode

T. Michels[a], O. von Estorff[b] und M. Markiewicz[a]
[a] *Novicos GmbH;* [b] *TU Hamburg-Harburg, Inst. f. Modellierung und Berechnung*

Im Rahmen einer Strömungsberechnung ist die Analyse des aeroakustischen Schalls sehr kostenintensiv, da die Strömungsberechnung sehr fein aufgelöst sein muss, um die akustischen Effekte zu erfassen. Zur Reduktion dieses Aufwands werden die akustischen Quellen meist mittels akustischer Analogien aus vereinfachten Strömungsberechnungen (RANS) abgeleitet. Die sich anschließende Analyse des Schalls erfolgt dann anhand der linearisierten Wellengleichung im Frequenzbereich. Eine weitere Möglichkeit bietet das EIF Verfahren (Expansion about Incompressible Flow), dass 1994 von Hardin und Pope erstmals vorgestellt wurde. Basierend auf der Lösung einer inkompressiblen Strömung wird in diesem Ansatz die als kompressibel und spannungsfrei betrachtete Akustik mit einem nichtlinearen Gleichungssystem beschrieben. Da sowohl die Ableitung der akustischen Quellen als auch die Berechnung der Schallausbreitung im Zeitbereich erfolgt, eignet sich dieses Verfahren für höhere Machzahlen. Die EIF Methode wurde für dreidimensionale Anwendungen umgesetzt. In dem vorliegenden Beitrag wird dieses Verfahren erläutert und an verschiedenen Beispielen veranschaulicht.

Di. 14:50 titanium 2.04 Strömungsakustik

Ffowcs Williams und Hawkings Berechnung eines offenen Radiallaufrads mit statischer und bewegter Integrationsoberfläche

T. Heinemann, C. Scheit, S. Müller, M. Springer und S. Becker
Univ. Erlangen-Nürnberg, Prozessmaschinen und Anlagentechnik

Die Schallabstrahlung technischer Produkte wie Radialventilatoren kann mit Hilfe numerischer Methoden bestimmt werden. Das akustische Integralverfahren nach Ffowcs-Williams und Hawkings (FW-H) setzt auf eine instationäre, kompressible Strömungslösung auf. Es benutzt die hieraus gewonnenen Feldinformation über Druck, Geschwindigkeit und Dichte auf einer Hüll-Oberfläche, die das akustische Quellgebiet möglichst vollständig umschließt. Davon ausgehend können die akustischen Signale, die vom umschlossenen Quellgebiet erzeugt werden, im Fernfeld durch Integration über die Hüllfläche unabhängig von der Entfernung des Beobachters mit gleicher Präzision und Aufwand berechnet werden. Der an der Universität entwickelte SPySI Programmcode (Sound Propagation by Surface Integration) beinhaltet zwei verschiedene Formulierungen des Algorithmus. Der erste verwendet eine stationäre Integrationsoberfläche, der zweite eine räumlich bewegte. Beide Codes basieren auf Farassats 1. Formulierung und benutzen einen vorwärts gerichteten

Zeitalgorithmus, d.h. die zeitliche Differentiation erfolgt nach der Oberflächenintegration („advanced time"). Es werden Validierungsfälle mit analytischen Referenzsignalen präsentiert, sowohl die Ergebnisse der akustischen Berechnung aufbauend auf einer URANS Strömungssimulation eines offenen Radiallaufrads.

Di. 15:15 titanium 2.04 Strömungsakustik

Numerische Untersuchungen der Geräuschentstehungsmechanismen in Lüftungsanlagen

C. Scheit[a], P. Horn[b] und S. Becker[a]
[a] *Univ. Erlangen-Nürnberg, Prozessmaschinen und Anlagentechnik;* [b] *Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik*

Im Rahmen des Forschungsverbundes FORLärm sollen die Geräuschentstehungsmechanismen in Haus-Lüftungsanlagen untersucht werden. Um gezielt verschiedene Einflussfaktoren bei der Schallerzeugung isoliert betrachten zu können, werden die Untersuchungen beispielhaft an Flachkanälen durchgeführt. Dies ermöglicht es, insbesondere die Strukturanregung durch die Strömung oder mechanische Anregung experimentell und numerisch zu analysieren. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Strömung durch einen Flachkanal mit Hindernis mittels sogenannter skalenauflösender Modelle simuliert. Dazu werden verschiedene Anströmbedingungen untersucht. Neben der Strömung werden die aeroakustischen Quellterme und die Ausbreitung der akustischen Quellen im Kanal betrachtet. Hierzu wird eine Finite-Elemente-Methode auf Basis von Lighthills akustischer Analogie verwendet. Zusätzlich wird die Strukturanregung des Kanals durch die Strömung und der damit verbundene Körperschall berechnet. Die verschiedenen Ergebnisse werden untereinander verglichen.

Di. 15:40 titanium 2.04 Strömungsakustik

Aerodynamische und akustische Untersuchungen zur Sichelung bei Axialventilatoren zur Motorkühlung

M. Zayani, S. Caglar und M. Gabi
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), FG Strömungsmaschinen

Die Axialventilatoren zur Motorkühlung liefern einen erheblichen Beitrag zur Schallemission des Fahrzeuges. Ziel vieler Untersuchungen ist es, Maßnahmen zur Geräuschminderung am Ventilator herauszuarbeiten. Hierzu ist das Verständnis der unterschiedlichen Geräuschentstehungsmechanismen unabdingbar. Um den Einfluss von wichtigen charakteristischen Parametern (Spaltform, Schaufelform, Schaufelteilung) zu untersuchen, sind aeroakustische Messungen notwendig. Großer Wert wird auf die Beibehaltung der aerodynamischen Schaufelbelastung bei geometrischen Änderungen gelegt. Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Einfluss der Sichelung auf die Aerodynamik und Akustik von Axialventilatoren zur Motorkühlung. Hierfür wurden verschiedene, ungesichelte,

vorwärtsgesichelte und rückwärtsgesichelte Laufräder ausgelegt, aufgebaut und gemessen. Bei den vorwärtsgesichelten Laufrädern wurde auch die Stärke der Sichelung in drei Stufen (schwach, mittel und stark) variiert. Der aerodynamische Vergleich zwischen den verschieden gesichelten Laufrädern zeigt ein sehr zufriedenstellendes Ergebnis, da das vorgeschriebene Ziel (gleicher aerodynamischer Zustand) erreicht wurde. Die aerodynamischen Kennlinien sind im Bereich des Optimalpunktes nur geringfügig unterschiedlich. Der Vergleich der Wirkungsgradkennlinien zeigt beim rückwärtsgesichelten Laufrad eine Verbesserung des Maximalwertes und eine Verschiebung des Optimalpunktes zu höheren Volumenströmen. Bei den vorwärtsgesichelten Laufrädern verschlechtert sich der Wirkungsrgrad mit zunehmender Stärke der Sichelung und verschiebt sich zu niedrigeren Volumenströmen. Das beste Ergebnis bei den akustischen Kenngrößen zeigt das stark vorwärtsgesichelte Laufrad.

Di. 16:30 titanium 2.04 Strömungsakustik

Schalldämpfer zur Reduktion tonalen Störschalls in durchströmten Rohrleitungen

S. Versümer[a], F. Kameier[b] und R. Fackendahl[c]
[a] *Fachhochschule Düsseldorf, ISAVE;* [b] *FH Düsseldorf, Fachgebiet Strömungstechnik und Akustik;* [c] *Formmaschinen GmbH Lufttechnik KG*

Im Rahmen eines Entwicklungsprojektes wurde ein Schalldämpferkonzept zur Einhaltung hoher Anforderungen an den Anwohnerlärmschutz für die Papierindustrie konzipiert, umgesetzt und vermessen. Die entwickelte Methode hat den Fokus auf die Reduktion tonalen Störschalls, der zum Beispiel bei der Papierherstellung durch die unabdingbaren Vakuumpumpen verursacht wird. Aufgrund hoher Feuchte und gelegentlichem Feststofftransport muss auf faserige Absorber, Schlitz- und Lochplattenabsorbern, wie auch auf Helmholtzresonzschalldämpfer verzichtet werden.

Anhand von Modellversuchen wurde die Tauglichkeit von $\lambda/4$-Resonanzschalldämpfern in durchströmten Rohren bestätigt und bautechnische Maßnahmen entwickelt und erprobt, um strömungsinduzierte Anregung des Schalldämpfers zu verhindern. Bei zielgenauer Auslegung der Schalldämpferlänge ist die durch die Maßnahmen veränderte Mündungskorrektur zu beachten. Zur Bestimmung der Einfügedämpfung fand eine 2-Mikrofonmessmethode Anwendung, um die Modenstruktur im Kanal aufgrund des fehlenden, akustisch reflexionsfreien Abschlusses zu berücksichtigen.

Mittels der durch die Modellversuche gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen ist der Schalldämpfer für eine Papiermaschine berechnet, konstruiert, gefertigt und installiert worden. Durch eine Vorher-Nachher-Messung wurde die Schalldämpfungswirkung von 21,3 dB bei 99 Hz nachgewiesen. Der A-bewertete Gesamtschalldruckpegel mindert sich hierdurch um 9,2 dB.

Das entwickelte Schalldämpferkonzept für durchströmte Rohrleitungen ist auch für andere Industrieanwendungen anwendbar. Es ermöglicht besonders bei tiefen Frequenzen eine hohe Dämpfung trotz verhältnismäßig kleinem Bauraum. Aufgrund seines wartungsarmen Aufbaus werden zudem hohe Standzeiten erreicht.

Di. 16:55 titanium 2.04 Strömungsakustik

Breitbandlärmentstehung aufgrund von instationären Spaltwirbelsystemen an einer Axialverdichter-Statorstufe

B. Pardowitz[a], U. Tapken[b] und L. Enghardt[b]
[a] *TU Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Techn. Akustik;* [b] *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Berlin*

Für ein optimales lärmreduziertes Design von Turbomaschinen ist ein vertieftes Verständnis der Breitbandlärmentstehung an Rotor-Stator-Stufen notwendig. Die komplizierte dreidimensionale Geometrie und das zugehörige komplexe Strömungsfeld führen zu zahlreichen Schallquellen. Eine wichtige Breitbandlärmquelle kann bei Off-Design-Betriebspunkten der Blattspitzenwirbellärm darstellen. Er steht mit der sogenannten Rotierende Instabilität (RI) in Verbindung, welche an ausgeprägt instationäre Wirbelsysteme im Kopfspalt von Verdichterlaufrädern oder -leiträdern geknüpft ist. Im Rahmen eines DFG-Projekts werden derzeit das Auftreten der RI und die damit verbundene Schallanregung an einer isolierten Axialverdichter-Statorstufe mit Nabenspalt experimentell untersucht. Zur Aufschlüsselung des RI-Wirkmechanismus werden Sensoren in der Nähe des Nabenspaltes eingesetzt. Zeitgleich wird das abgestrahlte Schallfeld des Verdichtergitters vermessen und hinsichtlich der modalen Schallfeldstruktur analysiert. Um die physikalischen Ursachen der jeweiligen Schallquellen und ihre Bedeutung für die Gesamtschallabstrahlung zu verstehen, ist eine Trennung der verschiedenen Quellbeiträge mittels Kohärenzanalysen erforderlich. Bei der Analyse müssen Resonanzen verschiedener Prüfstandssektionen und der Einfluss der stark Drall-behafteten Strömung berücksichtigt werden. Eine für die RI charakteristische spektrale Charakteristik wurde für die untersuchte Axialverdichter-Statorstufe nachgewiesen. Die ausgeprägten modalen Schallfeldstrukturen lassen auf einen rotierenden Quellmechanismus schließen.

Di. 17:20 titanium 2.04 Strömungsakustik

Akustischer Absorber zur Reduzierung von Fan-Lärm

J. Reichenberger, R. Pongratz, A. Schober und J. Steigenberger
EADS Innovation Works

Durch die drastische Zunahme des Flugverkehrs gewinnt die Fluglärmbekämpfung immer mehr an Bedeutung. Dabei ist es unumgänglich neben lärmarmen Flugverfahren den Lärm direkt am Entstehungsort zu reduzieren. In dieser Arbeit wird ein Schallabsorber vorgestellt, der den Fan-Lärm breitbandig reduzieren soll. Ein wesentlicher Gesichtspunkt ist

die Möglichkeit die Impedanzanpassung zwischen Absorber und Schallfeld zu tunen und damit für verschiedene Betriebszustände eine optimale Lärmreduktion zu erzielen. Der Beitrag behandelt das Design des Absorbers sowie die experimentellen Untersuchungen am EADS-eigenen Rotor/Stator-Prüfstand.

Di. 17:45 titanium 2.04 Strömungsakustik

Hinterkantenschallmodell für poröse Tragflügel

T. Geyer und E. Sarradj
BTU Cottbus

Die Verwendung luftdurchlässiger Materialien ist eine Möglichkeit, den an der Hinterkante von aerodynamischen Tragflügeln entstehenden Schall zu mindern. Im Rahmen einer detaillierten Studie zur Hinterkantenschallentstehung an offen-porösen Tragflügelprofilen wurde auf der Grundlage von über der Hinterkante gemessenen Turbulenzspektren ein erstes einfaches, semi-empirisches Modell zur Vorhersage des Hinterkantenschalls entwickelt. Es basiert auf der Theorie von Ffowcs Williams und Hall zur Schallentstehung an einer halbunendlichen Platte. Die dabei zugrunde liegende Annahme ist, dass die Spektren des Hinterkantenschalls von den gemessenen Turbulenzspektren abgeleitet werden können, während die Amplituden eine Folge der zugehörigen Turbulenzkonvektionsgeschwindigkeiten sind.
Im Vortrag wird zuerst auf die akustischen Messungen und auf die Turbulenzmessungen an den porösen Profilen eingegangen. In einem zweiten Schritt wird auf Grundlage der Ergebnisse dieser Messungen das Vorhersagemodell hergeleitet. Abschließend erfolgt ein Vergleich zwischen gemessenen Hinterkanten-Schalldruckpegelspektren und den Ergebnissen der Vorhersage und es werden Möglichkeiten zur Verbesserung des Modells diskutiert.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Strömungsakustik (Poster)

Möglichkeiten und Grenzen numerischer Strömungakustik mit OpenFOAM

A. Stein und P. Pelz
TU Darmstadt, Fluidsystemtechnik

Das Open Source Toolkit OpenFOAM hat sich in den letzten Jahren zu einer interessanten Alternative zu kommerziellen Strömungslösern entwickelt. Technische Strömungen aus verschiedensten Anwendungsbereichen (Aerodynamik, Turbomaschinen, Mehrphasenströmungen, ...) lassen sich mit der Software berechnen und auswerten. Durch den frei verfügbaren Quellcode ist OpenFOAM nahezu beliebig erweiterbar. Dies macht die Software interessant für Forschungseinrichtungen, wohingegen die Freiheit von Lizenzgebühren insbesondere für den Unternehmenseinsatz attraktiv ist.
Bei der numerischen Berechnung von Strömungsschall stößt das Programmpaket jedoch an Grenzen, insbesondere bei den vorhandenen

Diskretisierungsverfahren für die numerische Berechnung der Schallausbreitung. Dieser Beitrag zeigt Möglichkeiten und Grenzen auf, Strömungsschall mit OpenFOAM zu berechnen. Dabei wird auf Methoden eingegangen, welche auf numerisch kostengünstigen RANS Simulationen beruhen (SNGR, RPM) und somit eine interessante Alternative zu LES basierten Verfahren bilden. Es werden Beispiele gezeigt, welche die Grenzen der Software bei der Berechnung der Schallausbreitung aufzeigen und Lösungsvorschläge präsentiert.

Sitzung „Strategien zur Minderung des Schienenverkehrslärms 1“

Di. 14:00 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 1

Lärmschutz an der Schiene - Strategien des Bundes

J. Klocksin
Bundesministerium BMVBS, Leiter Lärmschutz Schiene

Das Wachstum des Güterverkehrs erfordert den weiteren Ausbau der Schienenwege der Eisenbahninfrastrukturunternehmen des Bundes. Die Akzeptanz von Ausbaumaßnahmen hängt auch davon ab, dass es gelingt, die Lärmbelastung der Anwohner hoch belasteter Strecken zu verringern.

Die Strategien des Bundes zur Lärmminderung im Schienenverkehr basieren auf den programmatischen Grundlagen des NVLärmSchP II, in dem das Ziel der Schienenlärm-Minderung um 50 % bis zum Jahr 2020 - Ausgangsjahr 2008 - festgeschrieben ist.

Die Koalitionsvereinbarung von 2009 setzt dieses durch die Vorgaben zur Fortsetzung und Intensivierung des Lärmsanierungsprogramms auf bestehenden Strecken, die Nutzung technischer Möglichkeiten zur Lärmreduzierung bei Fahrzeugen und die Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems um.

Im Vortrag wird auf wesentliche Punkte der operativen Umsetzung eingegangen:

-Lärmsanierungsprogramm
-Konjunkturpaket II: Innovative Maßnahmen am Fahrweg
-Pilot- und Innovationsprogramm Leiser Güterverkehr
-Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems 2012

Das BMVBS geht davon aus, dass mit der Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems und Anreizsetzungen zur Umrüstung von Bestandsgüterwagen auf Lärm mindernde Technik ein deutlicher Beitrag zur Senkung der Lärmbelastung an Eisenbahnstrecken geleistet werden kann. BMVBS und DB AG haben in der Eckpunktevereinbarung vom Juli 2011 ihre Absicht bekräftigt, ein lärmabhängiges Trassenpreissystem verbunden mit einer laufleistungsabhängigen Bonuszahlung an die Halter umgerüsteter Bestandsgüterwagen zur Netzfahrplanperiode 2012/2013 einzuführen und finanziell zu fördern.

Di. 14:25 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 1

Lärmsanierung der Eisenbahnen in der Schweiz: Ein Zwischenfazit
R. Sperlich
Bundesamt für Verkehr, Schweiz
Seit mehr als 10 Jahren engagiert sich die Schweiz stark für die Bekämpfung des Eisenbahnlärms. Sie setzt dabei auf einen Mix von Massnahmen an der Quelle, auf dem Ausbreitungsweg sowie an Gebäuden und investiert dafür rund 1.4 Mia. sFr. Seit 2009 ist die Sanierung aller Normalspur-Reisewagen abgeschlossen. Über zwei Drittel der sanierungspflichtigen schweizerischen Güterwagen sind auf K-Sohlen umgerüstet. Über die Hälfte der geplanten rund 300 Kilometer Lärmschutzbauten sind gebaut. Bis Ende 2015 werden die Arbeiten des laufenden Programms abgeschlossen sein. Die wichtigsten durch die Schweiz eigenständig realisierbaren Massnahmen zur Lärmminderung sind damit auf Zielkurs. Da ein massgebender Teil der in der Schweiz verkehrenden Güterwagen ausländischer Herkunft ist, kann jedoch das grosse Wirkungspotential der fahrzeugseitigen Massnahmen kaum ausgeschöpft werden. Nun ist eine Gesetzesanpassung in Vorbereitung, um das Massnahmenkonzept zu optimieren und neue technologische Möglichkeiten - zum Beispiel Massnahmen an der Schiene - einzusetzen. Ein echter Wirkungssprung lässt sich aus Sicht der Schweiz jedoch nur mit einer lärmtechnischen Umrüstung der ausländischen Güterwagen erzielen. Im Einklang mit der Stossrichtung der Europäischen Kommission und den Zielsetzungen verschiedener Nachbarländer strebt die Schweiz deshalb an, den Einsatz lärmiger Güterwagen in der Schweiz ab 2020 nicht mehr zuzulassen.

Di. 14:50 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 1

Strategien der Bundesländer (Hessen und Rheinland-Pfalz)
W. Eberle[a] und G. Moeller[b]
[a] *Ministerium für Umwelt Rheinland-Pfalz;* [b] *Hessisches Ministereium für Umwelt*
Die Umwelt- und Verkehrsminister von Rheinland-Pfalz und Hessen haben am 25. Februar 2010 nach einem Dialog mit den Bürgerverbänden im Mittelrheintal ein gemeinsames 10-Punkte-Programm Leises Rheintal verabschiedet. Die Maßnahmen darin richten sich vorwiegend an den Bund, der für die Vermeidung von Lärm und Erschütterungen durch die Schienenstrecken des Bundes verantwortlich ist. Die Umweltministerien der beiden Länder führen verschiedene Messungen und andere Projekte mit dem Ziel durch,einen besseren Lärmschutz zu erreichen.
Im Mittelrheintal liegt die Belästigung durch Lärm und Erschütterungen extrem hoch, wie die Studie ”Befragung zur Belästigung durch Bahnlärm im Mittelrheintal und im Rheingau/Rheinhessen” vom Dezember 2010 zeigt: Im Mittelrheintal sind 45,1 % durch Lärm (vgl. 3,2 % in Deutschland) und 15,0 % durch Erschütterungen hoch belästigt.

Die Umweltministerien von Hessen und Rheinland-Pfalz betreiben im Mittelrheintal Lärmmesstationen. Während Güterzüge vorbeifahren wirken Geräuschpegel von typischerweise 87-90 dB(A) auf nahe gelegene Wohnungen ein, einzelne Pegelspitzen übersteigen 100 dB(A). Über die ganze Nacht betrachtet werden Mittelwerte bis über 75 dB(A) erreicht. Die Lärmmessungen werden durch punktuelle Erschütterungsmessungen ergänzt. Parallel laufen Untersuchungen für eine praktikable Limitierung des Lärms (Mittelrheintal-Bahnlärmindex). Eine Grundlage dafür sind u.a. Lärmmessungen, ermittelte Maximalpegel, Ergebnisse der Belästigungsbefragung, Daten zu Aufwachreaktionen und zur Bevölkerungsdichte.
Die gewonnenen Erkenntnisse sind auch Grundlage von Bundesratsinitiativen.

Di. 15:15 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 1

TSI Noise - große Revision. Trends und aktuelle Entwicklungen
U. Reichart und R. Weinandy
Umweltbundesamt
Im Rahmen der turnusgemäßen großen Überarbeitung werden verschiedene Änderungen und Neuerungen in die Technische Spezifikation für Interoperabilität zum Teilsystem Fahrzeug Lärm (TSI Noise) einfließen, die z.T. durch die bestehende TSI vorgegeben sind, z.T. von der Arbeitsgruppe eingebracht werden. Ein erklärtes Ziel ist zudem, die Anforderungen für den Hochgeschwindigkeitsverkehr und den konventionellen Verkehr in ein Dokument zusammenzuführen. Überarbeitete TSI und der dazugehörige Bericht an die Europäische Kommission sollen bis Juni 2013 fertiggestellt sein. Der Beitrag möchte einen kurzen Überblick über den Diskussionsstand der Revision geben und Trends in einem wichtigen Feld der europäischen Gesetzgebung zum Schienenverkehrslärm aufzeigen.

Di. 15:40 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 1

Geräuschemission europäischer Schienenfahrzeuge
S. Lutzenberger und C. Gutmann
Müller-BBM GmbH
Die Belastung der Bevölkerung durch Schienenverkehrslärm stellt entlang von Bahntrassen, insbesondere entlang von Güterverkehrstrassen ein großes Umweltproblem dar. Verschiedene Gesetze und Vorschriften geben Geräuschgrenzwerte für die Zulassung neuer Züge an und tragen so aktiv zum Schutz vor Lärmbelastung bei. Für den konventionellen und den Hochgeschwindigkeitsschienenverkehr werden Untersuchungen zur Schallemission aktueller europäischer Schienenfahrzeuge durchgeführt. Durch Befragung bei Schienenfahrzeugherstellern und Schienenfahrzeugbetreibern, Notified Bodies, dem ERA, bei Messinstituten, den Zulassungsbehörden der Staaten sowie durch das Sichten von EPDs (Environmental Product Declaration) und Literaturstellen

werden Daten über die Schallemission europäischer Schienenfahrzeuge erhoben. Die Daten werden in Abhängigkeit der Schienenfahrzeugkategorie nach TSI, hinsichtlich neu- und neuzugelassenen interoperablen Fahrzeugen (ohne Straßen- und U-Bahn), den Betriebszuständen und den zugrundeliegenden Mess- und Betriebsbedingungen klassiert und bewertet. Die Auswertung der Daten gibt einen Überblick über die Schallemission europäischer aktuell neu zugelassener Schienenfahrzeuge. Diese Daten sind von besondere Bedeutung, da die durchschnittliche Lebensdauer von Schienenfahrzeugen ca. 40 Jahre beträgt. Die Erkenntnisse werden den Ergebnissen von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten gegenübergestellt und bewertet. Dabei wird das Lärmminderungspotential europäischer Schienenfahrzeuge herausgearbeitet und es werden Vorschläge für die Neuformulierung von Grenzwerten im Zuge der Fortschreibung der TSI-Lärm gegeben. Die vorbildliche Umsetzung von Lärmminderungsmaßnahmen an Schienenfahrzeugen kann anhand von Best-Practice-Fahrzeugen gezeigt werden.

Di. 16:05 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 1

Die Positionen der Verkehrs- und Lärmschutzverbände zur Bekämpfung des Schienenverkehrslärms

M. Jäcker-Cüppers
Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD)

Der Schienenverkehr kann seine ihm von Politik und Gesellschaft zugewiesene wichtige Rolle für einen nachhaltigen Verkehr nur dann wahrnehmen, wenn er seine gravierenden Lärmprobleme löst. Die Umwelt- und Verkehrsverbände in Deutschland und Europa haben dazu Forderungen und Lösungsvorschläge entwickelt, die im Detail erläutert werden: So müssen unter Anderem die lauten Güterwagen (mit Grauguss-Bremsklötzen) umgehend umgerüstet und mittelfristig der Verkehr dieser Wagen in Europa unterbunden werden. Es muss eine integrierte Strategie umgesetzt werden, die vorrangig Lärmminderungsmaßnahmen sowohl an den Fahrzeugen wie an den Fahrwegen umfasst. Die rechtlichen Regelungen müssen weiter entwickelt (z. B. durch Einführung von Geräuschimmissionsgrenzwerten für bestehende Eisenbahnstrecken) und die Finanzierung von Maßnahmen langfristig gesichert werden. Über den europäischen Verkehrsdachverband Transport & Environment sind die Verbände in Arbeitsgruppen der EU zu lärmabhängigen Trassenpreisen (WG NDTAC) und zur Revision der Geräuschvorschriften (ERA-WP Noi-TSI) durch den Arbeitsring Lärm der DEGA offiziell vertreten. Die dort vertretenen Positionen werden dargestellt und begründet.

Sitzung „Psychoakustik 1“

Di. 14:00 aurum 2.07 Psychoakustik 1

A computational model of auditory stream segregation based on a temporal coherence analysis

T. Dau, S. Christiansen und M. Jepsen
Technical University of Denmark

The ability to perceptually separate acoustic sources and to focus one’s attention on a single source at a time is essential for our communication. In this study, a physiologically inspired model of human auditory processing (Jepsen et al., 2008) was used as a front end of a model for auditory stream segregation. A temporal coherence analysis (Elhilali et al., 2009) was applied at the output of the preprocessing, using the coherence across tonotopic channels to group activity across frequency. Using this approach, the described model is able to quantitatively account for classical streaming phenomena relying on frequency separation and tone presentation rate, such as the temporal coherence boundary and the fission boundary (van Noorden, 1975). The same model also accounts for the perceptual grouping of distant spectral components in the case of synchronous presentation. The most essential components of the front-end and back-end processing in the framework of the presented model are analyzed and future perspectives discussed.

Di. 14:25 aurum 2.07 Psychoakustik 1

Differential contribution of interaural time and level differences to the precedence effect at high frequencies

B.U. Seeber
MRC Institute of Hearing Research (UK)

The precedence effect (PE) allows us to locate sound sources correctly in rooms despite the presence of interfering reflections. It was shown to function at high frequencies with highly modulated stimuli. These studies were done in the free-field where interaural time (ITDs) and level (ILDs) differences are in their natural combination. The present study investigated the relative contribution of ILDs and ITDs to the PE with high-frequency zero-phase harmonic complex tones. A localization dominance task was used where participants indicated the location of the lead-lag stimuli and rated if sounds were perceived as fused. Preliminary results showed that the PE exists with either ITDs or ILDs applied to lead and lag while the other binaural cue was held at zero. Patterns for localization dominance and fusion were nearly identical for ITD and ILD conditions. Fusion of lead and lag extended to longer delays with smaller cue magnitudes, i.e. the more binaural cues differed between lead and lag the stronger was the tendency for their segregation. The results support the idea that the PE shares the same mechanism for ITDs and ILDs.

Di. 14:50 aurum 2.07 Psychoakustik 1

Untersuchung zur akustischen Bewegungswahrnehmung mit Hilfe des auditorischen Moments

J. Verhey[a], B. Epp[b] und S. Klockgether[c]

[a] *Abteilung für Experimentelle Audiologie, Universität Magdeburg;* [b] *Technical University of Denmark;* [c] *Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik*

Der Wasserfall-Effekt im visuellen System beschreibt das Phänomen einer dargebotenen Bewegung, welche als länger anhaltend wahrgenommen wird als diese im physikalischen Reiz vorhanden ist. Im auditorischen System kann ein ähnliches Phänomen beobachtet werden. So ist der empfundene Endpunkt der Trajektorie einer bewegten Schallquelle in Richtung der Bewegung gegenüber dem physikalischen Endpunkt verschoben. Dieser Effekt wird auditorisches Moment genannt. In der vorliegenden Studie wurden bewegte Schallquellen mit Hilfe von 32 im Halbkreis angeordneten Lautsprechern durch Überblenden realisiert. Mit diesem Aufbau wurde in einer vorangegangen Studie (Klockgether et al. DAGA 2010) das auditorische Moment mit Hilfe von Veränderungen von kleinsten wahrnehmbaren Winkelunterschieden durch aufeinanderfolgende Präsentation eines bewegten Tones (Adaptors) und eines statischen Testtons (Signal) der gleichen Frequenz gemessen. In der jetzigen Studie wird gezeigt, dass auch Signale mit einer anderen Frequenz oder anderem Spektrum als das Signal als Adaptor ein ähnliches auditorisches Moment hervorrufen wie in der vorangegangenen Studie. Dieses Ergebnis deutet auf eine frequenzübergreifende Auswertung von Bewegungsinformation hin. Es wird diskutiert, welche neuronalen Mechanismen der Verarbeitung bewegter akustischer Signale zu Grunde liegen und welchen Einfluss das auditorische Moment auf die Wahrnehmung hat.

Di. 15:15 aurum 2.07 Psychoakustik 1

Die Rolle von monauraler Wahrnehmung bei der Reduzierung der off-frequency Binaural Masking Level Difference.

B. Lübken[a], J. Verhey[b], A. Kohlrausch[c] und S. van de Par[a]

[a] *Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik;* [b] *Abteilung für Experimentelle Audiologie, Universität Magdeburg;* [c] *Philips Research Europe, Eindhoven*

Wird ein tonales Targetsignal, welches von einem diotischen Rauschen maskiert wird, interaural phasenverschoben dargeboten, so ergibt sich eine deutliche Verbesserung der Mithörschwelle im Vergleich zu einer Kondition mit einem nicht interaural phasenverschobenen Target (Binaural Masking Level Difference), vor allem bei gleicher Mittenfrequenz von Target und Maskierer. Bei unterschiedlichen Mittenfrequenzen von Target und Maskierer ist die BMLD klein. Dies könnte auf Änderungen

im Modulationsspektrum bei Anwesenheit des Targetsignals, zurückzuführen sein, welche nur die monaurale Wahrnehmung verstärkt. Alternativ könnten Distorsionsprodukte, die entstehen aufgrund der nicht linearen Verarbeitung auf der Cochlea, zu einer Verbesserung der monauralen Verarbeitung beitragen, was zu einer Reduzierung der BMLD führen könnte. Um diesen Zusammenhang zu untersuchen wird in einem Experiment ein Rauschmaskierer mit einer Mittenfrequenz von 700 Hz und einer Bandbreite von 25 Hz und einem Targetsignal 30, 60 und 100 Hz spektral oberhalb des Maskierers dargeboten. Zusätzlich wird die Nutzung von monauraler Verarbeitung vermindert mit ein Störsignal mit den gleichen sprektralen Abständen, wie das Target, unterhalb des Maskierers angeboten. Dadurch entstehen Modulationen, die denen des Targets entsprechen, womit Modulationswahrnehmung unterdrückt wird und zusätzlich werden mögliche Distorsionsprodukte vom Störsignal maskiert. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass monaurale Verarbeitung bei der Verkleinerung der BMLD eine Rolle spielt.

Di. 15:40 aurum 2.07 Psychoakustik 1

Beitrag von Zeit- und Ortsmechanismen zur Frequenzmodulationswahrnehmung von Schwerhörenden

S. Ernst[a] und B.C.J. Moore[b]

[a] *Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg;* [b] *Dept. of Experimental Psychology, Univ. of Cambridge*

Es wurden die Schwellen der Frequenzmodulationswahrnehmung (FMDLs) von 5 schwerhörenden Versuchspersonen für drei Trägerfrequenzen (f_C=1, 4 und 6 kHz) und zwei Modulationsfrequenzen (f_M=2 und 10 Hz) gemessen. Die FMDLs wurden sowohl mit als auch ohne einer zusätzlich aufgeprägten Amplitudenmodulation (AM, Tiefpassrauschen mit Bandbreite gleich der f_M, Modulationstiefe 33 %) bestimmt. Die zusätzliche AM dient hierbei der Unterdrückung eventuell nutzbarer Hinweise aus den Erregungsmustern. Zum Vergleich wurden außerdem AM-Wahrnehmungsschwellen (f_C und f_M gleich denen des FMDL-Experiments) von Normal- und Schwerhörenden gemessen. Die FMDLs ohne zusätzlichem AM waren für hohe f_C (4 und 6 kHz) bei f_M=2 Hz wesentlich größer als vergleichbare Normalhörendendaten, in allen übrigen f_C-f_M-Kombinationen waren sie äquivalent zu denen der Normalhörenden. Eine störende Auswirkung der zusätzlichen AM wurde für sämtliche f_M-f_C-Kombinationen beobachtet, allerdings war diese bei f_M=10 Hz am größten. Im AM-Wahrnehmungsexperiment zeigten die Schwerhörenden in allen f_M-Konditionen niedrigere Schwellen als normalhörende Versuchspersonen, am größten war dieser Unterschied wiederum bei f_M=10 Hz (10-14 dB im Gegensatz zu 6-7 dB). Die Ergebnisse sind konsistent mit der Idee, dass zeitliche Mechanismen im Wesentlichen die FM-Wahrnehmung von niedrigen f_M, bei $f_C \leq 4$ kHz bei Normalhörenden bestimmen. Bei Schwerhörenden mit eingeschränkter Sensibilität für TFS-Informationen dominieren allerdings Ortsmechanismen die FM-Wahrnehmungsleistung.

Di. 16:30 aurum 2.07 Psychoakustik 1

Limits for the perception of directional dependence of the reverberant tail in Binaural Room Impulse Responses

S. Klockgether und S. van de Par
Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik

Sound perceived in typical reverberant environments depends on the signal source and the acoustics of the environment. In a room, we hear the convolution of the presented sound and the Binaural Room Impulse Response (BRIR). The reverberation can be separated in different parts. The first part, containing some high level peaks, includes also spatial information. The second part is a diffuse tail without directional information. In a psychoacoustical experiment, it has been surveyed where the transition between those two parts of the reverberation is. Therefore the ”tail” of the BRIR could be exchanged between the ears without audible effect. For the experiment a convolution of the BRIRs with either a tone pulse, music, speech or noise has been used to determine the point from which on, the reverberation has no perceiveable differences when switching the two ears anymore. The results are discussed in dependence of reverberation times and orientation to the sound source of the artificial head during the recordings of the BRIRs.

Di. 16:55 aurum 2.07 Psychoakustik 1

Diskrimination interauraler Phasenunterschiede von durch Bandstoprauschen verdeckten Sinustönen

M. Nitschmann und J. Verhey
Abteilung für Experimentelle Audiologie, Universität Magdeburg

Interaurale Zeitunterschiede sind ein wichtiger Hinweis bei der Erkennung einer Ortsänderung der Schallquelle. Besonders sensitiv ist das Hörsystem hier im Frontalbereich, d.h., wenn ausgehend von einer diotischen Situation (gleiches Signal auf beiden Ohren) ein interauraler Unterschied durch Positionsänderung eingeführt wird. Der vorliegende Beitrag untersucht, wie robust die Erkennung dieser interauralen Unterschiede in Anwesenheit von Störgeräuschen ist. Es wird die Fähigkeit des menschlichen Gehörs zur Erkennung interauraler Unterschiede mit Sinustönen untersucht, die durch ein diotisch dargebotenes Bandstoprauschen verdeckt werden. Die Variable ist hierbei die interaurale Phasendifferenz (IPD), die für Sinustöne einer interauralen Zeitdifferenz entspricht. Der gerade wahrnehmbare Unterschied in der IPD des Sinussignals wurde in Anwesenheit eines diotischen Rauschverdeckers mit einer symmetrischen spektralen Lücke um die Signalfrequenz als Funktion der Lückenbreite gemessen. Der Pegel des Tones lag 3 dB oberhalb der individuellen Mithörschwelle. Die gerade wahrnehmbare IPD nimmt bei zunehmender Lückenbreite deutlich zu, obwohl der Gesamtpegel des Verdeckers abnimmt. Ein klassisches binaurales Modell

mit der gleichen spektralen Selektivität bei der monauralen und binauralen Vorverarbeitung würde hingegen eine nahezu lückenbreitenunabhängige IPD-Schwelle vorhersagen. Die Daten stehen im Einklang mit der Annahme einer effektiv reduzierten spektralen Selektivität des binauralen Systems.

Di. 17:20 aurum 2.07 Psychoakustik 1

Speech intelligibility in cocktail parties: the contribution of binaural cues to perceptual stream formation

E. Schoenmaker und S. van de Par
Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik

A cocktail party with one target speaker and two interfering speakers was simulated in a head phone experiment where each speaker was presented with a different Interaural Time Delay (ITD). Speech samples were presented that consisted of a sequence of six vowel-consonant-vowel (vcv) logatomes from the OLLO database. For the target speaker, only one of the last three logatomes differed from the others; for the interfering speakers, all logatomes were different. Listeners were asked to attend to the voice of a target speaker and report the logatome that was different. Five conditions were used that differed with respect to the ITDs such that they were either kept constant over the sequence or changed after each logatome. In three measurement conditions, either target or interferer or both streams were presented with varying ITDs, while the remaining streams were presented with a fixed ITD. In two reference conditions all ITDs were fixed for all speakers. The three speech streams were presented with either the same or different ITDs. Results will be discussed that address the importance of consistent ITD cues in perceptual stream formation and its effect on speech intelligibility.

Di. 17:45 aurum 2.07 Psychoakustik 1

Lateralization of a Coherent Noise Source within Diffuse Background Noise using Interaural Level Differences

D. Reed und S. van de Par
Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik

In complex auditory environments the primary binaural cues used for localization of acoustic objects on the horizontal plane are distorted due to background noise and reverberation. Depending on the signal-to-noise ratio (SNR), the aggregate interaural level difference (ILD) for the source and noise is systematically shifted from the ILD of the desired sound source. The research presented here evaluates the perceived lateralization of distorted ILD cues due to background noise. Using a short coherent noise burst without background noise as an acoustical pointer, listeners indicated the perceived position of the coherent target burst temporally centered within a longer diffuse noise interval. Preliminary results show that the ability to correctly lateralize the target stimuli within the background noise is dependent upon the individual's detection

threshold and the presented SNR. With a SNR well above an individual's threshold of detection, listeners are able to correctly judge the lateral position of the target noise. However, when the task is performed with a SNR just a few dB above the individual's threshold of detection, the perceived lateralization follows the aggregate ILD, particularly for sources closer to the median plane.

Di. 18:10 aurum 2.07 Psychoakustik 1

Kombination harmonischer und binauraler Demaskierungseffekte in Tonkomplexen

M. Klein-Hennig, M. Dietz und V. Hohmann
Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg

Eine einzelne Komponente aus einem harmonischen Tonkomplex lässt sich nur schwer aus dem Komplex heraushören, da sie zusammen mit den anderen Komponenten zu einem auditorischen Objekt gruppiert wird. In [Klein-Hennig et al., DAGA 2011] wurde gezeigt, dass durch Verstimmung der Komponentenfrequenz oder Aufprägung eines interauralen Phasenunterschieds (IPD) auf die einzelne Komponente ihre Detektionsschwelle in einem Maskierungsexperiment gesenkt werden kann. In dieser Studie wurden zusätzliche Experimente durchgeführt, um die Kombination von Verstimmung und dichotischer Darbietung in Hinblick auf frequenzbandübergreifende Verarbeitung zu untersuchen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass frequenzbandübergreifende Prozesse maßgeblich für die Demaskierungeffekte sind.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Psychoakustik (Poster)

Lautheit von Sprache und sprachähnlichen Signalen

S. Maaßen[a], I. Holube[b], J. Verhey[c] und J. Rennies[a]
[a] *Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie, Oldenburg;*
[b] *Inst. für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule Oldenburg;*
[c] *Abteilung für Experimentelle Audiologie, Universität Magdeburg*

Während die Lautheit stationärer Schalle weitestgehend durch bestehende Modelle auf Basis einer spektralen Analyse der Schalle vorhergesagt werden kann, ist die Lautheitsvorhersage instationärer Signale noch nicht abschließend geklärt. Die vorliegende Studie untersucht die Lautheit von Sprache als ein prominentes Beispiel für ein instationäres Umweltgeräusch, das von fundamentaler Bedeutung für die Kommunikation des Menschen ist. Sprache zeichnet sich durch eine starke dynamische, also in Amplitude und Frequenz zeitlich modulierte Struktur aus. Um die für die Lautheit wesentlichen Eigenschaften von Sprache zu untersuchen, wurden verschiedene Signaltypen verwendet: Ausgehend von einem stationären Rauschen, das lediglich im Langzeitspektrum sprachähnlich ist, über modulierte sprachsimulierende Rauschen

bis hin zu echter verständlicher und unverständlicher Sprache. Zusätzlich wurde untersucht, welchen Einfluss verschiedene Methoden der Signalverarbeitung (spektrale Filterung, Kompression, Expansion, Verhallung), die das Spektrum und/oder die zeitliche Struktur der Signale ändern, auf die Lautheitswahrnehmung haben. Die subjektive Lautheitsbestimmung erfolgte durch kategoriale Lautheitsskalierung und Lautheitsangleich mit normalhörenden Versuchspersonen. Der Vergleich beider Methoden zeigt auf, ob das schnelle Verfahren der Lautheitsskalierung präzise genug ist, um Unterschiede in der Lautheitswahrnehmung von Sprachsignalen zu detektieren. Die empirischen Daten werden mit Daten aus der Literatur und Vorhersagen aktueller Lautheitsmodelle verglichen und diskutiert.verglichen und diskutiert.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Psychoakustik (Poster)

Rückkopplungswege in Binauralmodellen

J. Blauert
Ruhr-Universität Bochum, Institut für Kommunikationsakustik

Zukünftige Modelle der binauralen Signalverarbeitung werden Rückkopplungspfade enthalten, wie z.B. die im Folgenden aufgezählten. Sie werden in diesem Beitrag diskutiert werden. (a) Rückkopplung von der internen Repräsentation der binauralen Aktivität (mapping stage) zu Steuerung der Kopfposition, z.B. für den Hinwendereflex. (b) Rückkopplung von den kognitiven Verarbeitungsstufen zur Kopfpositionssteuerung für willkürliche Peilbewegungen. (c) Rückkopplung von der Segmentationsstufe zur subkortikalen Signalverarbeitung um zusätzliche Verarbeitungsschritte einzuschalten, z.B Präzedenzeffekt- oder Cocktail-Party-Effekt-Routinen. (d) Rückkopplung von der kognitiven Verarbeitung zur subkortikalen Verarbeitung um efferente/reafferente Aufmerksamkeitseffekte zu berücksichtigen, z.B. durch Änderung von Filtercharakteristiken und/oder Konzentration auf bestimmte Frequenzbereiche. (e) Rückkopplung von den kognitiven Stufen zur Segmentationsstufe, z.B. um aufgabenspezifische und/oder aktionsspezifische Information bezogen auf bestimmte Merkmale zu erfragen.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Psychoakustik (Poster)

Binaurale Kurven gleicher Lautheit

F. Jürgens und S. Werner
Technische Universität Ilmenau

Aus der Literatur ist bekannt, dass sich für gleichlaut empfundene Schalle, vergleichend für Lautsprecher- und Kopfhörerwiedergabe, unterschiedliche Schalldruckpegel im Gehörgang ergeben. Diese Differenzen werden als frequenzabhängige Schalldruckpegel-Lautheits-Divergenzen (kurz SLD) definiert. Erfolgt die Kopfhörerwiedergabe jedoch dichotisch, anstatt monotisch, mit kopfbezogenen Schallsignalen ergibt sich die idealisierte Hypothese, dass keine SLD auftreten kann.

Im Beitrag werden die Kurven gleicher Lautheit für Lautsprecher- und Kopfhörerwiedergabe auf diese These hin analysiert. Dabei wurde zunächst mittels adaptiven 2-AFC Test der Frequenzbereich von 920 Hz bis 6400 Hz für beide Wiedergabearten ermittelt. Die entsprechenden Schallsignale bestehen aus frequenzgruppenbreitem Rauschen, um den größtmöglichen Einfluss der Außenohrübertragungsfunktion (engl. HRTF) zu erhalten. Aufgrund einer eventuellen Richtungsabhängigkeit der SLD wurden die gleichlaut empfundenen Schalle für die horizontalen Schallquellenpositionen 0 Grad (frontal) und 60 Grad bestimmt.

Sitzung „Elektroakustik“

Di. 14:00 hassium 3.02 Elektroakustik

Die FRANKE’sche Maschine (1891) - ein Markstein der Tonfrequenz-Messtechnik

G. Corinth
Mainz

Die Kunst der Präzisionsmessungen für Gleichstrom war gegen Ende des 19. Jahrhunderts sehr hoch entwickelt. Als in dieser Zeit die Fernsprechtechnik entstand und sich rasch ausbreitete, zeigte es sich, dass die Methoden der Gleichstrommesstechnik hier nur mit erheblichen Einschränkungen anwendbar waren. Besonders Kompensations- und andere Brückenverfahren waren erheblich erschwert, da ja zur eindeutigen Kompensation von Wechselspannungen getrennte Einstellmöglichkeiten von Betrag und Phase der Kompensationsspannung nötig sind. Man behalf sich zunächst mit Sprechversuchen, es fehlte aber noch die Verknüpfung mit den schon länger bekannten theoretischen Untersuchungen (HEAVISIDE, WITLISBACH) zu den Vorgängen auf Leitungen und in den Endgeräten.
Ein junger Beamter des Kaiserlichen Telegraphenversuchsamtes - Adolf FRANKE - entwarf 1891 als Dissertation eine besondere Dynamomaschine für Wechselspannungen im Sprachfrequenzbereich: An zwei getrennten Ausgängen erscheinende Induktionsspannungen gleicher Frequenz erlaubten unabhängige Einstellungen von Betrag und Phase. Unter Verwendung eines speziell konstruierten Kompensators war jetzt die exakte Überprüfung von Leitungen und Bauelementen der Fernsprechtechnik unter Zugrundelegung der bekannten theoretisch-mathematischen Zusammenhänge möglich geworden. Die Maschine bewährte sich sehr gut und wurde (nach einer Reihe von Verbesserungen) in Kleinserien industriell hergestellt und jahrzehntelang bei der Reichspost und ausländischen Verwaltungen erfolgreich eingesetzt.

Di. 14:25 hassium 3.02 Elektroakustik

Vergleich von Lautsprecherwiedergabe und dem realen Instrument

A. Häußler, A. Schönfeld und S. van de Par
Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik

Die Abstrahlcharakteristiken von Musikinstrumenten unterscheiden sich mitunter sehr deutlich von der Richtcharakteristik eines Lautsprechers. Insbesondere bei hohen Frequenzen strahlen konventionelle Lautsprecher sehr gerichtet ab, wohingegen es bei vielen Musikinstrumenten zu einer eher omnidirektionalen Abstrahlung hoher Frequenzen kommt. Bei einer Live-Darbietung mit einem realen Instrument, in einem mit Nachhall behafteten Raum, tragen die indirekt über die Wände reflektierten, hochfrequenten Anteile wesentlich zum Klangeindruck des Instruments bei. Im Vergleich dazu fehlt, aufgrund der limitierten Richtcharakteristik von Lautsprechern, bei einer Lautsprecherdarbietung einer Aufnahme desselben Instruments, dieser hochfrequente indirekte Anteil. Ziel dieser Studie ist es festzustellen, inwieweit eine Lautsprecherwiedergabe einer Aufnahme von einem live gespielten Instrument abweicht und eine Methode zur Kompensation dieser Unterschiede vorzustellen. Für den Vergleich einer instrumentalen Klangdarbietung mit einer Lautsprecherdarbietung werden Kunstkopfaufnahmen von beiden Situationen in dem selbem Raum gemacht. Für die Lautsprecherwiedergabe finden zuvor Aufnahmen des Instruments im reflexionsarmen Raum statt. Die Ergänzung eines Lautsprechersystems durch zusätzliche Dipollautsprecher, ermöglicht eine gezielte Abstrahlung hoher Frequenzanteile auf die Wände des Raumes, was die Klangunterschiede zum live gespielten Instrument ausgleichen kann.

Di. 14:50 hassium 3.02 Elektroakustik

Loudspeakers made of monopole and dipole cabinets - directivity and nearfield

B. Müller
Boris Müller Audio Engineering

Theoretisch sollte man einen gerichteten Lautsprecher herstellen können, indem man wie bei MS-Mikrofonen einen Schallwandler mit kugelförmiger Charakteristik und einen Schallwandler mit Dipol-Charakteristik (Acht) kombiniert, vorausgesetzt die Maße des Gesamtsystems sind hinreichend klein und der Frequenzgang der Wandler ist angeglichen. Es wurde ein Messaufbau mit einem Mikrofonarray erstellt, um anhand einiger Prototypen die Abstrahleigenschaften aufzunehmen, und die erhaltenen Daten von Abstrahlcharakteristik und Nahbereich mit den theoretischen Werten zu vergleichen. Es wird gezeigt, wie die Abmessungen den nutzbaren Frequenzbereich beeinflussen. Rechnerische Zusammenhänge zwischen Richtwirkung und Nahbereich werden aufgestellt und mit den Messdaten verglichen.

Di. 15:15 hassium 3.02 Elektroakustik

Induktive Höranlagen in Kinos und Kongressräumen

H. Seidler
Uniklinikum Dresden

Wenn in neuen oder sanierten Veranstaltungsräumen Elektroakustik integriert ist, so muss neuerdings auch für Schwerhörige eine Höranlage eingebaut werden. Diese Höranlagen übernehmen die drahtlose Signalübertragung zur Hörtechnik des Betroffenen. So hat er eine Chance, Worte oder Musik zu hören ohne störende Nebengeräusche aus dem Raum und ohne kritischen Nachhall.
Aus finanziellen und organisatorischen Gründen kommen gern induktive Höranlagen zum Einsatz. Zwei Eigenschaften erschweren allerdings bisher die Nutzung:
a) das Magnetfeld ist auch außerhalb des versorgten Raumes zu empfangen und
b) ferromagnetische Materialien (z. B. Bewehrungen) stören erheblich die freie Feldausbreitung.
Daher wurden Anlagensysteme entwickelt, die nur wenig von Metall beeinflusst werden und kaum eine Abstrahlung nach außen aufweisen. Sie nennen sich Phased Arrays, Super Loop Systems, Low Overspill Systems oder Flächenstrahler, doch das Prinzip ist immer gleich: zwei Drahtschleifen in Form einer Mehrfach-Acht liegen versetzt übereinander und werden phasenverschoben angesteuert.
Zwar erfordert der Systementwurf mindestens ebensoviel Aufwand wie die Einmessung, aber dafür sind diese induktiven Höranlagen äußerst variabel einsetzbar. Gerade benachbarte, unabhängig betriebene Nutzungseinheiten wie Kinosäle oder Tagungsräume lassen sich sicher versorgen, auch in Stahlbetongebäuden und bei nichtrechteckigem Grundriss.

Di. 15:40 hassium 3.02 Elektroakustik

Akustische Messmöglichkeiten mit Smartphones

G. Krump
Hochschule Deggendorf

Smartphones werden nicht nur als Kommunikationsmedium genutzt, sondern können mittlerweile durch zahlreiche Anwendungsprogramme auch als Mess- und Analysesystem verwendet werden. Akustische Applikationen lassen Pegelmessungen, Terzpegelanalysen, Filterbewertungen, FFT-Analysen, Signalgenerierung und sogar Nachhallzeitmessungen zu. In der vorliegenden Untersuchung werden akustische Messmöglichkeiten von verschiedenen Smartphones und Tablet-Computern zusammengestellt und auf ihre Anwendbarkeit und Genauigkeit hin überprüft. Vergleichsmessungen mit einem kalibrierten Referenzsystem geben Aufschluss, inwieweit momentan Smartphones für eine erste Abschätzung von Messwerten verwendet werden können oder sogar in der Lage wären, teure Messsysteme zu ersetzen.

Di. 16:30 hassium 3.02 Elektroakustik

Nahbesprechungseigenschaften von differentiellen Piezoelektretmikrofon-Arrays

J. Hillenbrand, S. Haberzettl und G.M. Sessler
TU Darmstadt, Institut für Nachrichtentechnik

Piezoelektretmikrofone mit elektrisch in Reihe geschalteten und gestapelten Folien haben hohe Empfindlichkeiten, sehr kleine Klirrfaktoren und hohe Grenzfrequenzen. In früheren Piezoelektretmikrofonen war als Impedanzwandler ein FET im Mikrofongehäuse integriert. In der vorliegenden Arbeit wurden die Mikrofone signifikant vereinfacht, indem auf deren eigenes Gehäuse verzichtet wird, die Piezoelektretfolien und der FET direkt auf einer Platine platziert werden und die mechanische und elektrische Abschirmung der gesamten Platine durch ein Gehäuse erfolgt. Als heutzutage typische Anwendung wurde das Gehäuse eines Smartphones gewählt. Auf dessen Platine wurden zwei der vereinfachten Piezoelektretmikrofone geeignet platziert und die akustische Verbindung zwischen den Piezoelektretfolien und dem äußeren Schallfeld durch Löcher im Gehäuse hergestellt. Die Charakterisierung der Einzelmikrofone erfolgte im Fernfeld eines Lautsprechers, während zur Untersuchung der Nahbesprechungseigenschaften der differentiellen Arrays eine Punktschallquelle verwendet wurde. Es wurde sowohl der Abstand zwischen Punktschallquelle und Smartphone als auch deren Orientierung zueinander variiert und jeweils der Frequenzgang des Arrays gemessen. Für große Abstände ergaben sich für kleiner werdende Frequenzen linear abfallende Empfindlichkeiten, somit eine Unterdrückung des Störschalls, während für kleine Abstände, wie für den Nutzschall erwünscht, flache Frequenzverläufe im unteren und eine leichte Überhöhung im höheren Frequenzbereich gemessen wurden.

Di. 16:55 hassium 3.02 Elektroakustik

Erstellung gemischtphasiger FIR Filter mit optimaler Länge

C. Budde
Hannover

In vielen Bereichen der Akustik und insbesondere der Elektroakustik werden Filter mit unterschiedlichsten Charakteristiken eingesetzt. Dabei sind klassische IIR Filter (bekannt aus der Analogtechnik) zumeist minimalphasig, während eine digitale Implementierung eines FIR Filters typischerweise linearphasig ausgelegt ist. Diese Linearphasigkeit ist aber nicht zwingend notwendig und aus akustischer Sicht nicht immer sinnvoll. Dieser Beitrag stellt eine neue Methode für FIR Filter vor, bei der nahezu beliebig und kontinuierlich zwischen Minimal-, Linear- und Maximalphasigkeit eingestellt werden kann, wobei die resultierende Filterimpulsantwort immer eine nahezu optimale Länge behält.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Elektroakustik (Poster)

Robust Listening Room Compensation by Optimizing Multiple p-Norm Based Criteria

J.O. Jungmann, R. Mazur und A. Mertins
Universität zu Lübeck

The purpose of room impulse response reshaping is to reduce reverberation and thus to improve the perceived quality of the received signal signal by prefiltering the source signal before it is played with a loudspeaker. The optimization of an infinity- and/or p-norm based objective function in the time domain has shown to be quite effective compared to least-squares methods. Multi-position approaches have been developed in order to increase the robustness against small movements of the listener. It has been shown recently, that it is necessary to also consider the frequency-domain representation of the reshaped impulse response, in order to avoid spectral distortions of the overall system. In this contribution we propose to jointly optimize a p-norm based criterion in the time and frequency domains for multiple positions in order to achieve a good reshaping while not affecting the perceived quality due to spectral distortions in a limited listening area.

Sitzung „Audiotechnik“

Di. 17:20 hassium 3.02 Audiotechnik

Metrological reverse engineering of Microsoft Kinect’s microphone array

F. Mayer[a], M. Meissnitzer[a], M. Stadtschnitzer[b], B. Rettenbacher[b] und M. Fellner[b]
[a] *TU Graz;* [b] *Joanneum Research, Graz*

In the last few years sound and audio has become more and more important for developers and consumers in the gaming sector. Aware of that, developers are not only putting more effort and resources into the design and reproduction of sound, but also alternative approaches such as voice control are coming increasingly used. Due to this, new gaming devices with voice and motion control (without the use of classic handcontrollers) offer a new, unprecedented gaming experience, most notably Microsoft’s Kinect for XBOX 360. With the release of Microsoft’s SDK Beta (Source Development Kit) for Kinect, developers are now able to use the Kinect and the contained microphone array for a huge variety of different applications on the computer. In this paper we concentrate on reverse engineering of Kinect’s microphone array. Therefore metrological measurements are used to examine the characteristics of the microphone array in order to grasp the possibilities and potential for new innovations and further projects.

Di. 17:45 hassium 3.02 Audiotechnik

Ein Audio-Operationsverstärker mit neuer 2-OTA-Topologie

D. Sukalo
DSLab-Device Solution Laboratory

Der vorgeschlagene Operationsverstärker besteht aus einem Differenzverstärker mit einem ersten OTA und einer neuen verzerrungsarmen Spannungsfolger-Schaltung mit einem zweiten OTA. Die wichtigsten Designziele waren eine Open-Loop-Übertragunsfunktion in Form einer 1-Pol-Funktion (dominanter RC-Pol), möglichst hohe Gleichtakt-Unterdrückung (CMRR) sowie möglichst geringe Klirrwerte. Abschließend wird ein für den diskreten Aufbau und Audioanwendungen bevorzugter, zweistufiger VFB(Voltage Feedback)-Operationsverstärker mit der neuen Schaltungsanordnung mit zwei OTA (LM13700 von National Semiconductor) dimensioniert und vergleichende Darstellung von Simulationsergebnissen (OrCAD® PSpice) des monolithischen integrierten High-Performance-Operationsverstärkers BJT-Typ LT1468 (Linear Technology) gezeigt.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Audiotechnik (Poster)

Synchronisierte drahtlose Mikrofonsysteme

M. Ihle
Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft

Für die professionelle Aufzeichnung von Schallereignissen werden bisher möglichst drahtgebundene Mikrofone anstelle von Funkmikrofonen verwendet, da bei Funkmikrofonen nach aktuellem Stand der Technik die Klangqualität und Zuverlässigkeit der Aufzeichnung eingeschränkt ist. Dies ist eine Folge der limitierten Funkbandbreite, der begrenzten Sendeleistung und der möglichen Störung des Funkkanals. Müssen nur wenige benachbarte Schallquellen aufgezeichnet werden, etwa bei Reportagen, werden zweckmäßigerweise handgehaltene Audio-Recorder eingesetzt, bei denen die Mikrofonsignale direkt im Gerät in einem Speicherchip gespeichert werden. Für die synchrone Aufzeichnung verteilter Schallquellen (z.B. bei Sinfoniekonzerten) sind die handgehaltenen Audio-Recorder jedoch ungeeignet, da diese nicht zeitsynchron aufzeichnen können und auf wenige Audiokanäle beschränkt sind. Dieser Beitrag stellt ein neuartiges System vor, das für die drahtlose und dennoch qualitativ hochwertige und zuverlässige synchrone Aufzeichnung beliebig vieler Audiokanäle vorgesehen ist. Dabei wird unabhängig von der Kanalzahl nur eine sehr geringe, konstante Funkbandbreite benötigt. Das beschriebene System erreicht dies hauptsächlich, indem die Übertragungsrichtung bei der Funkübertragung umgekehrt wird. Es müssen dabei lediglich mit geringer Datenrate Zeitinformationen von einem Steuergerät zu den drahtlosen Mikrofoneinheiten übertragen werden. Ein zeitlich begrenzter Ausfall der Funkverbindung führt bei diesem System allenfalls zu minimalen Phasenfehlern in den aufgezeichneten

Audiosignalen, jedoch keinesfalls zu einer Störung oder Unterbrechung der Aufzeichnung.

Sitzung „Hydroakustik: Quellenidentifikation, Schallausbreitung, Kommunikation“

Di. 14:00 germanium 3.03 Hydroakustik: Identifik. und Ausbreitung

EMCON-Ansatz für die mobile Unterwasserkommunikation

I. Nissen
FWG - Kiel

Emissionskontrolle (EMCON) unter Wasser ist bei der steigenden hydroakustischen Nutzung des Meeres ein sinnvoller Beitrag - auch für die Unterwasserkommunikation. Ist man in der Vergangenheit von Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen getauchten Teilnehmern ausgegangen, so stehen nun Netzwerke im Fokus, bei denen jede Form der Energieeintragung der Nachbarkommunikationsknoten zu einer Erhöhung des eigenen Hintergrundumgebungsgeräusches führt. Praktizierter Ausweg ist, daß man selber lauter werden muß und damit wiederum den Energieeintrag iterativ erhöht. Ein sozialer Ansatz der Rücksicht würde neben der Schonung von Meeressäugern auch egoistisch die eigenen Ressourcen berücksichtigen und zu einer längerer Lebenszeit der Kommunikationsknoten führen. Dieser Beitrag nimmt sich dieser Fragestellung an.

Di. 14:25 germanium 3.03 Hydroakustik: Identifik. und Ausbreitung

Erforschung von Sonartranspondern für Offshore-Windparks und technische Integration in ein Gesamtkonzept

M. Fricke und R. Rolfes
Leibniz Univ. Hannover - Institut für Statik und Dynamik

Genehmigungen von Offshore-Windenergieanlagen und Messmasten enthalten als Auflage die Installation und den Betrieb eines Sonartransponders zur akustischen Warnung von UBooten. Die Funktionsweise der Sonartransponder sieht vor, dass sie nur im Notfall durch ein vom U-Boot gesendetes Sonarsignal aktiviert werden und mit einer definierten Kennung antworten. Das ausgesendete Antwortsignal muss zum einen einen ausreichend hohen Sendepegel aufweisen, um auch unter ungünstigen hydroakustischen Bedingungen noch zu einem sicheren Signal-Rausch-Verhältnis am Ort des UBootes zu führen. Zum anderen muss im Hinblick auf unterschiedliche Windpark-Geometrien die Richtcharakteristik des Schallwandlers Berücksichtigung finden, um mögliche Schattenzonen der Detektierbarkeit zu vermeiden.
Zur Simulation der Schallerzeugung und -ausbreitung wurde in diesem Forschungsvorhaben ein zweistufiger Ansatz aus Rand-Elemente-Methode und Ray-Tracing verfolgt. Die Rand-Elemente-Methode liefert

darin die Richtcharakteristik, die sich durch die Installation des Schallwandlers an der Gründungsstruktur der Offshore-Windenergieanlage ergibt. Die Richtcharakteristik wiederum liefert, in Verbindung mit den Umgebungsparametern, die Eingangsdaten für die Ray-Tracing-Simulation in Entfernungen bis 7 km.
In diesem Beitrag zur strukturierten Sitzung "Hydroakustik: Quellenidentifikation, Schallausbreitung, Kommunikation" soll zunächst die Vorgehensweise zur Modellbildung erläutert werden. Darauf aufbauend werden das Messkonzept und die im Testfeld alpha ventus durchgeführten Messungen vorgestellt. Schließlich werden die Ergebnisse aus Simulation und Messung zusammengeführt, um mögliche Anordnungen von Sonartranspondern anhand von Beispielgeometrien aufzuzeigen.

Di. 14:50 germanium 3.03 Hydroakustik: Identifik. und Ausbreitung

Vergleich von Wasserschallmessungen im Tiefwasser und Flachwasser unter Verwendung reproduzierbarer Schallquellen

A. Homm[a] und S. Schäl[b]
[a] *Wehrtechnische Dienststelle 71, Kiel;* [b] *Wehrtechnische Dienststelle 71, Eckernförde*

Wasserschallvermessungen von Schiffen hängen wesentlich von den Schallausbreitungsbedingungen im Seegebiet ab, in dem die Vermessung stattfindet. Im Rahmen eines internationalen Forschungsvorhabens wurden die beiden Forschungsschiffe CFAV QUEST, der Kanadischen Marine, sowie PLANET, der Wehrtechnischen Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung (WTD 71) an verschiedenen akustischen Messstellen in Europa sowie im Freifeld einer Wasserschallvermessung unterzogen. Das Ziel war dabei, anhand von reproduzierbaren Quellen eine Art "Bezugsnormal" zu etablieren. Als Quellen kamen zum Einsatz: - eine geschleppte Wasserschallquelle des TNO, Niederlande - ein Shakersystem an Bord von PLANET, ebenfalls von TNO installiert, das eine definierte Kraft in die Struktur des Schiffes einleiten sollte. In der Präsentation werden jeweils die Ergebnisse dieser Vergleichsmessungen sowohl für die Tiefwassermessstelle Heggernes in Norwegen als auch für die Flachwassermessstelle der WTD 71, in Aschau in der Eckernförder Bucht gegenübergestellt.

Di. 15:15 germanium 3.03 Hydroakustik: Identifik. und Ausbreitung

Freifeldmessungen zur Geräuschabstrahlung von Schiffen

V. Nejedl, A. Stoltenberg und J. Karstens
FWG (Wehrtechnische Dienststelle 71), Eckernförde

Die Geräuschabstrahlung von Schiffen ins Wasser ist nach wie vor ein wichtiges Thema für den Einsatz von Marineschiffen und -booten. Zunehmend wird diese Thematik auch im Hinblick auf den Umweltzustand der Meere interessant. Die Messung der Geräuschabstrahlung eines Schiffes und die Bestimmung einer Quellstärke, welche in diesem Zusammenhang auch oft als Zielpegel bezeichnet wird, sind relativ aufwändig. Die akustischen Umgebungsbedingungen spielen hierbei eine

wichtige Rolle, sowohl für die Durchführung der Messungen als auch bei der Bewertung der Ergebnisse. Am Beispiel des Forschungsschiffes PLANET (SWATH-Bauweise) werden die Durchführung und Ergebnisse einer Vermessung der ins Wasser abgestrahlten Geräusche im Freifeld (Wassertiefe $>$ 1000 m) vorgestellt.

Di. 15:40 germanium 3.03 Hydroakustik: Identifik. und Ausbreitung

Bestimmung der Wasserschallabstrahlcharakteristik eines Schiffes
I. Schäfer
FWG (Wehrtechnische Dienststelle 71), Eckernförde
Die Schallabstrahlung von Schiffen ins Wasser hängt zum einen vom Schiff zum anderen aber auch von Ozeandaten wie Wassertiefe und Sedimenteigenschaften ab. Eine Messung der Abstrahlcharakteristik eines Schiffes hat daher nur Gültigkeit für den Ort wo die Messung durchgeführt wurde. Eine Methode die Abstrahlcharakteristik zu beschreiben ist die inkohärente Superposition von mehreren akustischen Monopolen. Bei Kenntnis der Übertragungsfunktionen zwischen Messpunkten und Monopolen kann mit inversen Methoden die Stärke der jeweiligen Monopole bestimmt werden. Diese können dann genutzt werden um bei veränderten Positionen die Abstrahlcharakteristik zu ermitteln. Der Vortrag soll nun eine Idee beschreiben dieses Verfahren durch kohärente Superposition zu erweitern. Dies ließe es zu deutlich unterschiedliche Abstrahlcharakteristiken zu modellieren.

Di. 16:30 germanium 3.03 Hydroakustik: Identifik. und Ausbreitung

Uncertainty quantification with the polynomial chaos expansion method: an application to acoustic propagation through an uncertain internal-wave field
F. Gerdes[a] und S. Finette[b]
[a] *FWG (Wehrtechnische Dienststelle 71), Eckernförde;* [b] *Naval Research Laboratory, Acoustics Division (USA)*
The polynomial chaos expansion method is applied to the analysis of uncertainty of acoustic propagation through an uncertain internal-wave field within a canonical shelf-break ocean environment. In the example considered, oceanographic uncertainty is present in both tidal forcing and initial sound-speed structure, and additional uncertainty is assumed for the depth of the acoustic source and for the compressional sound speed in the sediment. Thus, four sources of incomplete input information for this shallow-water acoustic propagation problem will be considered. The stochastic response surface formulation is used to estimate the coefficients of the polynomial chaos expansion of the computed acoustic intensity. The coefficients provide insight into the relative contributions of the four sources of input uncertainty to the resulting uncertainty of the acoustic field. Furthermore, the expansion is used to compute probability histograms of acoustic intensity and to perform a sensitivity analysis.

Di. 16:55 germanium 3.03 Hydroakustik: Identifik. und Ausbreitung

FMCW-Sonar zur Kleinzielortung

D. Stiller
FWG (Wehrtechnische Dienststelle 71), Eckernförde

Für die Detektion von Kleinzielen im Unterwasserbereich zur Begegnung asymmetrischer Bedrohung bieten sich insbesondere akustische Verfahren an. Als Ergänzung zu den klassischen Methoden zur Detektion besteht die Möglichkeit, das aus dem Radarbereich bekannte FMCW-Prinzip zur Ortung zu nutzen. Das Verfahren wird mit der Detektion durch LFM-Pulskompression verglichen und Ergbnisse von Seeversuchen werden vorgestellt.

Di. 17:20 germanium 3.03 Hydroakustik: Identifik. und Ausbreitung

Optisches Hydrophon basierend auf photonischen Kristallen

T. Schaer[a,b], J. Tschentscher[b] und M. Imlau[b]
[a] *Atlas Elektronik GmbH;* [b] *Fachbereich Physik, Universität Osnabrück*

Der Aufbau der photonische Kristalle basiert auf Strukturen, die die Größenordnung der Lichtwellenlänge aufweisen. Eine geometrisch regelmäßige Veränderung des Brechungsindexes in einem transparenten Material besitzt ein individuelles Reflexions- und Transmissionsspektrum. Durch die Einwirkung von Schalldruck auf den photonischen Kristall entstehen mechanische Verschiebungen und Spannungen im Material. Dadurch ändern sich die optischen Eigenschaften. Dieser Effekt wird zur Realisierung eines optischen Hydrophons genutzt.

In dieser Arbeit wird ein Herstellungsverfahren vorgestellt, in dem eine Strukturierung durch eine gezielte Zerstörung des Materials durch einen fokussierten Laserpuls erfolgt. Hierbei muss das Material punktweise über die Zerstörungstemperatur angehoben werden. Die Größe der einzelnen Materialdefekte kann über den Photonenfluss, die Lichtwellenlänge und die Einwirkungszeit gesteuert werden. Für den photonischen Kristall werden unterschiedliche Kunststoffe als Grundmaterialien genutzt. Beide zeichnen sich durch optische Transparenz und gute mechanische Eigenschaften aus. Die Messung des Schalldrucks in Flüssigkeiten ist mit dem hergestellten photonischen Kristall möglich. Die Ein- und Auskopplung des Lichtes erfolgt über Lichtwellenleiter.

Ein theoretischer Einblick in die Thematik und die Herstellung wird gegeben und die Durchführung der akustischen Messungen beschrieben. Zum Abschluss werden die Messergebnisse präsentiert.

Di. 17:45 germanium 3.03 Hydroakustik: Identifik. und Ausbreitung

Akustische Untersuchung eines wasserumströmten Körpers

C. Will[a], J. Abshagen[b] und G. Pfister[a]

[a] *IEAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel;* [b] *FWG (Wehrtechnische Dienststelle 71), Eckernförde*

Der durch Strömungen erzeugte Schall ist auch im Medium Wasser von großem Interesse. Während unter Lärmschutzgesichtspunkten der emittierte und in die Meere eingetragene Schall, wie er u.a. bei Schiffsverkehr und Windparks auftreten kann, von Bedeutung ist, erfährt auch der durch Strömungen induzierte Schall zunehmend Beachtung. Hier ist insbesondere die turbulente Grenzschicht als Schallerzeuger Gegenstand des Interesses. Im Herbst 2011 fanden strömungsakustische Versuche statt, bei denen das Modell eines Schleppkörpers in einem Wassertunnel unterschiedlichen Strömungszuständen ausgesetzt wurde. Ausgewählte Ergebnisse werden vorgestellt.

Di. 18:10 germanium 3.03 Hydroakustik: Identifik. und Ausbreitung

Strömungsakustische Untersuchungen turbulenter Grenzschichten

J. Abshagen[a], C. Will[b] und G. Pfister[b]

[a] *FWG (Wehrtechnische Dienststelle 71), Eckernförde;* [b] *IEAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Die durch die Umströmung eines Körpers im Wasser entstehende turbulente Grenzschicht erzeugt Druckschwankungen auf der Oberfläche, welche sich als Schall ins Innere des Körpers übertragen können. Bei Antennen in SONAR-Systemen führt dieser durch die Strömung induzierte Schall zum sogenannten Eigenstörgeräusch, welches die Leistungsfähigkeit eines SONAR-Systems bestimmt. Es werden grundlegende experimentelle Untersuchungen zum Zusammenhang von turbulenter Grenzschicht, der Schallübertragung und dem Strömungsgeräusch innerhalb eines Strömungsmodells vorgestellt. Diese Untersuchungen wurden in einem Wassertunnel durchgeführt und werden mit Ergebnissen von Freifelduntersuchungen verglichen.

Sitzung „Sprachverarbeitung“

Di. 14:00 radon 3.05 Sprachverarbeitung

Automatische Spracherkennung für Sprecher mit Dysarthrie

S. Rexeis[a], S. Petrik[b] und G. Kubin[b]
[a] *Joanneum Research, Graz;* [b] *TU Graz*

Dysarthrie ist eine Sprachstörung, die aufgrund von neuro-muskulären Schädigungen auftritt. Für Dysathrie-Patienten, bei denen aufgrund dieser Schädigungen auch Lähmungen anderer Körperteile auftreten, kann die Verwendung von Sprachtechnologien eine wertvolle Erleichterung im Alltagsleben bedeuten. Voraussetzung dafür ist unter anderem die Zuverlässigkeit des Spracherkenners, die durch die Sprachstörungen bei Standard-Systemen stark eingeschränkt ist. Unterschiedliche Ansätze, die Erkennungsrate eines sprecherunabhängigen Erkenners für deutschsprachige Dysarthrie-Patienten zu verbessern wurden untersucht. Als Basissystem wurde ein HMM-Modell mit Daten aus der Speechdat-AT Datenbank trainiert. Die Sprache der Dysarthrie-Patienten weist sprecherspezifische Aussprachefehler auf. Deren Modellierung im Aussprachemodell des Erkenners ist eine Verbesserungsmöglichkeit für die Erkennungsrate. Um die Aussprachefehler automatisiert zu ermitteln wurde der Erkenner mit einem Reimtest evaluiert. Ein Ansatz zur Abbildung der ermittelten Aussprachefehler mittels FST (”finite state transducer”) Netzwerken wurde untersucht und die Ergebnisse präsentiert. Die akustische Adaptierung der Modelle mit MLLR (”maximum likelihood linear regression”) konnte die durchschnittliche Wort-Erkennungsrate bei einer Kommandowort Erkennungsaufgabe um 34% verbessern. Jedoch konnte aufgrund der komplexen Aussprache einiger Wörter nur eine durchschnittliche Wort-Erkennungsrate von 53% erzielt werden. Die Adaptierung des Aussprachemodells führte zu einer durchschnittlichen Verbesserung von 0,8% gegenüber dem Basissystem. Eine Kombination der Ansätze lieferte für einen der Sprecher ein besseres Ergebnis als die akustische Adaption.

Di. 14:25 radon 3.05 Sprachverarbeitung

Harmonic Distortion in the TETRA Channel and its Impact on Automatic Speech Recognition

T. Winkler, D. Stein und J. Schwenninger
Fraunhofer IAIS

Since its introduction in the mid 90ies, the Terrestrial Trunked Radio (TETRA) standard for digital radio broadcast has been deployed in most European and Asian government networks and public safety networks. The underlying Adaptive Code-Excitation Linear Prediction scheme employs adaptive code books which are optimized for human speech. However, harmonic distortions of the hardware are amplified as well, which we will show via spectrograms and frequency analysis. While many studies indicate that human perception neglects these distortions up to a Total Harmonic Distortion of about 1%, their impact on Automatic Speech

Recognition (ASR) can be dramatic. In this paper, we demonstrate this effect on a strong recognition system for German broadcast news, using a dedicated fire fighter radio transmitter. We will dissect the influence of the hardware and the software components by analysing the word error rate, typical word substitutions and changes in the extracted features. We also suggest countermeasures to obtain a stronger ASR system in this setting.

Di. 14:50 radon 3.05 Sprachverarbeitung

Schätzung der idealen binären Maske mittels Bayes'scher Klassifikation unter Einfluss von Störgeräusch und Nachhall

C. Kowalski, T. May und S. van de Par
Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik

Unter realen Bedingungen sind Sprachsignale verschiedenen Störeinflüssen, z.B. Störgeräusch oder Nachhall, ausgesetzt. Diese Einflüsse sorgen dafür, dass einige Zeit-Frequenz-Punkte keine verlässlichen Informationen über das Sprachsignal beinhalten. Bei der Sprecher- bzw. Spracherkennung gibt es verschiedene Möglichkeiten mit diesem als "Missing Data" bezeichneten Problem umzugehen. Diese Methoden setzen jedoch eine ideale binäre Maske (IBM) voraus, welche die Zeit-Frequenz-Repräsentation des gestörten Sprachsignals in verlässliche und nicht verlässliche Bereiche unterteilt. Unglücklicherweise steht die IBM unter realen Bedingungen nicht zur Verfügung und muss somit geschätzt werden. Es wird eine Methode vorgestellt, welche die IBM mittels eines Bayes'schen Klassifikators schätzt. Dabei wird die Schätzung für jeden Kanal einer Gammatone-Filterbank durchgeführt. Als primäres Merkmal wird eine Störgeräuschschätzung verwendet, welche kanalübergreifend in die Klassifikation einfliesst. Um die Robustheit der geschätzten Masken in verhallten Umgebungen zu erhöhen, wird die Schätzung mit einer Onset-Maske kombiniert, die den Direktschallanteil wiederspiegelt. Die Evaluation erfolgt durch Sprechererkennungsraten in Störgeräuschumgebung und unter Einfluss von Nachhall. Dabei wird das Augenmerk auf den Zusammenhang zwischen den Erkennungsraten und der Qualität der geschätzten IBM gerichtet.

Di. 15:15 radon 3.05 Sprachverarbeitung

Optimierung audiovisueller Medien für verschiedene versorgte und unversorgte Hypakusis-Pathologien

C. Simon und G. Fassio
Studiengang Ton, HFF Potsdam

Die Sprachverständlichkeit audiovisueller Medien wie Film und Fernsehen kann aufgrund der individuellen Hörschädigung und Rezeptionsumgebung des Zuschauers sowie der technischen Eigenschaften des Sendesignals stark beeinträchtigt sein. In der Studie wird untersucht, inwieweit dieses Problem durch eine Sprachverständlichkeits-Optimierung des Sendesignals in der Ton-Postproduktion audiovisueller Medien gelöst werden kann. Die Signalmodulation erfolgt unter anderem in den

Bereichen SNR und frequenzspezifischem Dynamikverhalten und wird in einer gängigen Tonstudioumgebung umgesetzt. Im Hörversuch werden Normalhörende sowie Probanden mit unterschiedlichen Hypakusis-Pathologien mit und ohne Hörgerät getestet. In der Testreihe wird die Anteil der richtig verstandenen Worte für kurze Dialogszenen aus Fernsehspielfilmen mit 10 Hörgeräteträgern und 12 unversorgten Probanden gemessen. Die eine Hälfte der präsentierten Szenen enthält randomisiert jeweils die originale Fernsehtonfassung, die andere eine auf Sprachverständlichkeit optimierte Tonfassung, welche ebenfalls den technischen Richtlinien nach ARD-Pflichtenheft 3/5 entspricht. Um Rückschlüsse auf die Sprachverständlichkeit des heterogenen Audiomaterials trotz der hohen Individualität von Hörschädigungen zu ermöglichen, werden die Probanden nach ihren Reintonaudiogramm-Werten in Kategorien der Hörschädigung und in Gruppen mit und ohne Hörgerät eingeteilt. Die Untersuchungsergebnisse zeigen eine Verbesserung der Sprachverständlichkeit für alle getesteten Gruppen, wobei die stärksten Effekte bei leichtgradig und mittelgradig Hörgeschädigten auftreten.

Di. 15:40 radon 3.05 Sprachverarbeitung

Objective Evaluation of Speech Quality for Short-Term Spectral Attenuation Methods

J. Bruemmerstedt[a], S. Goetze[a], F. Xiong[a], J. Rennies[a] und J. Bitzer[b,a]
[a] *Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie, Oldenburg;*
[b] *Inst. für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule Oldenburg*

In hands-free communication scenarios the signal of the desired speaker is corrupted by interferences, such as reverberation and ambient noise that have to be removed by signal processing. Short-term spectral attenuation (STSA) is widely used to suppress such interferences. However, since the filter is located in the signal path it always affects both, desired signal and interference, and artifacts are introduced to the signal, e.g. the so-called musical noise. The assessment of speech intelligibility and speech quality is important especially during system development. While subjective listening tests give good results, they require a considerable amount of time and effort. Therefore, objective measures are demanded, which give a reliable indication of the subjective perception but take much less effort in terms of time and cost. Several measures have been proposed, but still no generally applicable measures have been found. The goal of this work is to evaluate objective measures for STSA algorithms. In order to achieve this, subjective listening tests are conducted and several measures, ranging from signal-based to psychoacoustically motivated ones are computed. A correlation-analysis is performed in order to determine measures, that give a reliable indication of the perceived speech quality.

Di. 16:30 radon 3.05 Sprachverarbeitung

Methoden zur indirekten Bewertung der Qualitätswahrnehmung asynchroner audiovisueller Sprache

S. Wilson
Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin

Die Qualitätswahrnehmung audiovisueller Sprache ist eine wichtiger Einflussgröße hinsichtlich der Akzeptanz sprachbasierter multimodaler Systemen. Einer der möglichen Faktoren ist dabei die Asynchronität zwischen Ton und Bild, welche sowohl auf die Qualität als auch die Akzeptanz eines Systems einwirken kann. Dieser Beitrag stellt ein Framework vor, welches darauf abzielt, mittels indirekter Methoden eine automatische Bewertung der wahrgenommenen Qualität und der Akzeptanz asynchroner Sprache vorzunehmen. Ergebnisse von Experimenten bezüglich der direkten Bewertung von asynchroner Sprache werden berichtet. Weiterhin wird ein statistisches Verfahren zur Detektion von Asynchronität anhand automatisch erzeugter audiovisueller Merkmale beschrieben. Abschließend wird ein statistisches Modell zur indirekten Bewertung wahrgenommener Qualität vorgestellt, basierend auf den verallgemeinerten trainierten Verbindungen zwischen der automatischen gemessenen Asynchronität und der direkt, experimentell gemessenen Wahrnehmung davon.

Di. 16:55 radon 3.05 Sprachverarbeitung

Codebook-based Bandwidth Extension with Side-Information

J. Freudenberger und M. Müller
HTWG Konstanz

Artificial bandwidth extension techniques can enhance the quality of narrowband speech transmission, but may cause artifacts with noisy speech signals. This work presents a speech transmission technique using bandwidth extension with side information for A-law encoded speech signals. A-law companding is standardized in the ITU-T G.711 standard and used in telecommunication systems like ISDN networks or the Bluetooth speech link. The approach by Heping Ding requires 24 bits of side information for each speech frame. The new codebook based approach requires at most 12 bits of side information per 20 ms speech frame. Embedding a small number of bits as side information in the least significant bit position results in almost inaudible distortions. Hence, it ensures backwards compatibility for ordinary receivers without BWE decoder. The presented approach improves the speech quality for noise free and noisy speech signals compared to a narrowband transmission and to artificial bandwidth extension. The speech quality has been evaluated by means of instrumental quality measures as well as informal listening tests with 20 persons.

Di. 17:20 radon 3.05 Sprachverarbeitung

Instrumental Musical Tones Measurement of Arbitrary Noise Reduction Systems

H. Yu und T. Fingscheidt
TU Braunschweig, Institut für Nachrichtentechnik

Instrumental measurement of noise reduction systems has to deal with several aspects such as the speech component quality, the level of noise attenuation, and noise distortion in terms of musical tones. Several methods exist already for the first two aspects, while the instrumental measurement of musical tones still remains a challenging task. Recently, the exploration of the log-kurtosis ratio for instrumentally measuring musical tones has led to white box test methodologies requiring specific information of the particular noise reduction algorithm. In this paper, a new instrumental musical tones measurement is proposed, which enables musical tones measurement with unknown noise reduction systems in a black box test. The proposed instrumental measure has been verified by a subjective listening test.

Di. 17:45 radon 3.05 Sprachverarbeitung

Über ein neues Verfahren zur Rückkopplungsreduzierung

H. Pastillé und R. Sehlmeyer
IAV GmbH

Innenraumkommunikationssysteme in Kraftfahrzeugen stoßen an ihre Grenzen, wenn es darum geht, die Sprachübertragung mit dem nötigen Pegel auszustatten, um die spektrale Ergänzung umzusetzen. Die Systeme geraten leicht in die Rückkopplung, als Vorstufe klingt die Stimme oft schon ”blechern”. Das hier vorgestellte Verfahren erlaubt eine Erhöhung der Verstärkung um durchschnittlich 2 dB. Als Einschränkung muss angemerkt werden, dass dieses Verfahren nur für Sprache tauglich ist.

Di. 18:10 radon 3.05 Sprachverarbeitung

Reference-free SNR Measurement for Speech in Car Noise

B. Fodor und T. Fingscheidt
TU Braunschweig, Institut für Nachrichtentechnik

Signal-to-noise (SNR) measurement of noisy speech signals is an important topic in automotive environments, e.g., for investigating optimal microphone positions. This contribution presents an SNR measurement method for speech signals distorted by car noise within a typical range of SNR values. The proposed method offers low complexity and aims at providing similar results as SNR measurements based on active speech and noise levels obtained from ITU-T Recommendation P.56, however, in a reference-free fashion. ”Reference-free” means that the SNR is estimated by means of only the noisy speech signal, i.e., no clean speech or noise reference signals are used. Within the measuring process, the speech and noise power are estimated separately. The SNR is then calculated as the ratio between the estimated speech and noise powers.

The resulting raw SNR estimate has to be corrected by a mapping function which was trained by means of speech data in 15 different languages and car noise data. Based on speech signals with a length of 80 seconds, the proposed method achieved a maximum of 1 dB absolute error in more than 90% of the test conditions and a correlation coefficient larger than 0.99 compared to state-of-the-art reference-based SNR measurement employing P.56 reference levels.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Sprachverarbeitung (Poster)

A Stereophonic Acoustic Front-End for Distant-Talking Interfaces based on Blind Source Separation

K. Reindl, Y. Zheng, A. Schwarz, S. Meier, R. Maas, A. Sehr und W. Kellermann

Univ. Erlangen-Nürnberg - Multimediakomm. u. Signalverarbeitung

In this contribution, an acoustic front-end for distant-talking interfaces that only requires two microphone signals is presented. It comprises a directional blind source separation (BSS)-based noise and interference estimation scheme and Wiener-type filters for noise and interference suppression. This allows a separation of all undesired signal components from the desired source signal if the position of the desired source is approximately known. The coarse estimate for the target position provides a geometric constraint for BSS ('constrained BSS') which then provides an estimate for all undesired interfering speech sources and background noise and thereby allows to effectively cope with underdetermined scenarios (more simultaneously active sources than available sensors) in noisy and reverberant environments. This noise reference is then exploited by Wiener-type filters for suppressing the undesired signal components in the individual sensor signals. The proposed front-end and its integration into the recognition system is analyzed and evaluated in noisy living-room-like environments according to the PASCAL CHiME challenge. The results show that the introduced system significantly improves the recognition performance compared to the challenge baseline and also outperforms simple alternatives, i.e., a two-channel Delay & Sum beamformer as front-end.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Sprachverarbeitung (Poster)

Klangbildbewertung einer konventionellen und einer speziell für Hörgeschädigte erstellten TV-Stereo-Mischung

L. Hofmann, C. Simon, G. Fassio und B. Albrecht

Studiengang Ton, HFF Potsdam

Die Nutzung von audiovisuellen Medien ist für Schwerhörige nur eingeschränkt möglich. Die Dipl.- Tonmeister Ginetta Fassio und Christian Simon haben ein Verfahren entwickelt, welches die Sprachverständlichkeit audiovisueller Medien für Hörgeschädigte in der Herstellung verbessert. Die Ergebnisse ihrer Forschungsarbeit wurden auf der DAGA 2011 präsentiert. In einer weiteren Studie wurde nun die klangliche Veränderung

dieses Verfahrens untersucht, um die Kompatibilität mit einer konventionellen Tonbearbeitung und die klangästhetische Wirkung auf Normalhörende zu prüfen. Probanden aus unterschiedlichen Altersschichten, sowohl mit als auch ohne Hörschaden bewerteten 30 kurze Filmausschnitte in Bezug auf Schärfe, Wohlklang und Pegelverhältnisse. Dabei wurden Szenenausschnitte in der originalen Fernsehtonfassung und in der für Hörgeschädigte bearbeiteten Tonfassung gezeigt. Die Testergebnisse weisen die klangliche Vergleichbarkeit der speziell für Schwerhörige optimierten Fassung im Vergleich mit einer konventionellen Fernsehtonfassung nach und lassen auf eine hohe Kompatibilität schließen.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Sprachverarbeitung (Poster)

The effect of gender and mood change on the perceived integral quality, besides technical conditions in teleconferencing

K. Schoenenberg[a] und A. Raake[b]

[a] *Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin;* [b] *Assessment of IP-based Applications, T-Labs, TU Berlin*

In this work we examine two aspects that are usually not considered in research addressing quality perception of interactive telecommunication services. The first factor, gender, is balanced in most studies evaluating conversational quality, even though, it is at the same time unclear if similar gender or mixed gender groups actually show different rating behaviour. Secondly, we'll look into the change of mood comparing the mood people reported before and after conducting a conversation tests. Here, we were interested in the relationship of mood increase or drop and the ratings participants gave. Our results reveal that both aspects are, under the conditions given in our tests, significantly related to the integral quality judgements. For this reason, we try to explain why these factors may influence the perceived quality and draw conclusions on how this could be handled in the future of conversation tests to achieve most reliable and consistent results.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Sprachverarbeitung (Poster)

Einfluss von hochfrequenter Einhüllendeninformation auf Sprachverständlichkeit

W. Schubotz[a], T. Brand[b], S. Ewert[b] und B. Kollmeier[b]

[a] *Universität Oldenburg;* [b] *Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg*

Sprachsignale sind hochgradig redundant, viele Sprachinformationen finden sich frequenzübergreifend sowohl im zeitlichen Verlauf der spektralen Grobstruktur als auch in der temporalen und spektralen Feinstruktur wieder. Es erscheint daher plausibel, dass diese Informationen in der auditorischen Verarbeitung auch frequenzgruppenübergreifend ausgewertet werden. Ein besonderer Vorteil solch einer Verarbeitung ist im Störgeräusch zu erwarten, wenn die verschiedenen redundanten

Sprachmerkmale unterschiedlich maskiert werden. Dabei ist es interessant, zu untersuchen, welche dieser Merkmale die Sprachverständlichkeit beeinflussen und wie diese genau zusammenwirken. Es wird ein Ansatz präsentiert, der den Zusammenhang zwischen der temporalen Feinstruktur unterhalb 1-1.5 kHz und zusätzlichen Merkmalen der hochfrequenten Einhüllenden beschreibt. Es wird davon ausgegangen, dass sich stimmhafte Anteile von Sprache wie ein harmonischer Tonkomplex verhalten, dessen zeitliche Feinstruktur und spektrale Einhüllende für niedrige Frequenzen vom auditorischen System erfasst werden können, während bei hohen Frequenzen entsprechende Einhüllendenfluktuationen auswertbar sind. Mit sprachähnlichen Tonkomplexsignalen konnte bereits eine verbesserte Frequenzdiskrimination gezeigt werden [Josupeit und van de Par, DAGA (2011), 579-580]. In dieser Studie werden eine mögliche generelle Verbesserung der Sprachverständlichkeit im Störgeräusch durch die hochfrequenten Einhüllendenmerkmale, sowie die Unterschiede, die sich durch die Phasenlage der Einhüllenden relativ zur Feinstruktur ergeben, untersucht.

Sitzung „Physikalische Eigenschaften von Musikinstrumenten 1“

Di. 14:00 neon 3.08 Physik von Musikinstrumenten 1

Synchronization of Organ Pipes Experiments and Numerical Simulation

M. Abel und J. Fischer
University of Potsdam

We present recent results on the synchronization (Mitnahme Effect) of organ pipes. Previous work has focused on the detailed measurement and reconstruction of the driving of an organ pipe be a loudspeaker. As a result the full Arnold Tongue was measured and reconstructed and a synchronization could be found down to a fraction of 1/500 of the sound pressure level of the organ pipe. In this contribution we give detailed results on the experimental determination of the Arnold Tongue for two pipes. The results are accompanied by a detailed numerical simulation with the aim to clarify the yet unexplained logarithmic dependence of the synchronization region on coupling strength (realized by varying distance)

Di. 14:25 neon 3.08 Physik von Musikinstrumenten 1

Analyse der ”Rauheit” des Klanges von Lippenorgelpfeifen

T. Trommer, J. Angster, A. Miklos und K. Sedlbauer
Fraunhofer Institut für Bauphysik

Wenn Orgelbauer Pfeifen intonieren, versuchen sie, durch geeignete Einstellung der physikalischen Parameter der Pfeifen, ihnen einen gewünschten Klang zu entlocken. Beim Stimmen der Pfeifen wird dieser Klang, in der Grundfrequenz, auf die anderen Pfeifen mit demselben Klangbild abgestimmt.

Es kann während des Prozesses des Intonierens dazu kommen, dass die Pfeife, obwohl sie von der Geometrie optimal eingestellt sein sollte, nicht den gewünschten Klang erzielt. Bei Lippenorgelpfeifen kann zum Beispiel der Klang eine gewisse ”Rauheit” besitzen. Dieses Phänomen ist den Orgelbauern bekannt und wird durch Anbringen von Kernstichen oder Polieren beider Oberflächen der Kernspalte beseitigt.
Eine eingehende Untersuchung dieser ”Rauheit” bringt deren interessante akustische Eigenschaften hervor. Im Stationärspektrum einer ”normalen” Labialpfeife sind die harmonischen Spektrallinien des Grundtones, die Resonatormoden und eine Unregelmäßigkeit für höhere Frequenzen durch einsetzende Transversalmoden vorhanden. Bei einer mit ”Rauheit” behafteten Pfeife sind im Stationärspektrum zusätzliche spitze Spektrallinien ausgeprägt. Diese Linien haben zueinander den Abstand der Grundfrequenz und sind zu den Harmonischen der Pfeife um einen konstanten Versatz verschoben. Verschiedene Ansätze der Ursache dieses Phänomens werden untersucht und mithilfe von Simulationen bewertet.

Di. 14:50 neon 3.08 Physik von Musikinstrumenten 1

Experimentelle Untersuchung der Wirkung des Rohrs auf den Klang der Rohrflöte

J. Angster, T. Trommer, P. Rucz und A. Miklos
Fraunhofer Institut für Bauphysik

In einem Europäischen Forschungsprojekt wurden die wissenschaftlichen Grundlagen für die Mensurierung von Lippenorgelpfeifen, darunter auch Rohrflöten, entwickelt. Bei Rohrflöten handelt es sich um eine geschlossene (gedackte) Pfeife, durch deren oberes Ende ein Rohr gelötet ist. Der Pfeifenkörper und das Rohr bilden ein gekoppeltes akustisches System. Um die Pfeife korrekt zu intonieren, müssen diese beiden Bestandteile des Systems in Länge und Durchmesser optimal aufeinander abgestimmt werden.
Gedackte Pfeifen erzeugen meist ungeradzahlige Harmonische. Durch das Hinzufügen der Rohrs werden im Klangspektrum die geradzahligen Harmonischen verstärkt. In der Praxis variieren die von Orgelbauern eingestellte Länge und Durchmesser des Rohrs beträchtlich. Eine Methode zur Klangauslegung war bisher genau so unbekannt wie die tatsächliche Wirkung des Rohrs auf den Klang. Daher konnten Orgelbauer die Möglichkeiten dieser komplexen Pfeifenform nicht vollständig ausschöpfen. Aus diesem Grund war es äußerst wichtig, die Funktion des Rohrs in der Klangartikulation der Pfeife zu untersuchen.
Eine Reihe von unterschiedlich mensurierten Rohrflöten wurde im reflexionsarmen Raum des Fraunhofer IBP akustisch untersucht. Die Messergebnisse werden zur Entwicklung einer Konstruktionsvorschrift für Rohrflöten verwendet. Es werden dabei die akustischen Eigenschaften des Pfeifenkörpers mitsamt des Rohrs berücksichtigt und für eine optimale Abstimmung des gesamten Systems gesorgt.

Di. 15:15 neon 3.08 Physik von Musikinstrumenten 1

Der Einfluss von Expressionen auf den Orgelpfeifenklang

T. Preukschat, J. Angster, P. Rucz und A. Miklos
Fraunhofer Institut für Bauphysik

Im Verlaufe der Jahrhunderte wurde stets nach neuen Möglichkeiten gesucht, der Orgel neue Klänge zu entlocken. In der musikalischen Romantik wurden zu diesem Zweck vermehrt Pfeifen mit Expressionen, das heißt mit kleinem Fenster am oberen Ende des Resonators, eingesetzt.

In diesem Vortrag wird erläutert, in welcher Weise die Breite und Höhe sowie die Position der Expression einen Einfluss auf das Klangspektrum ausüben. Die Klangaufnahmen wurden im reflexionsarmen Raum in jeweils 3 cm Entfernung vom Pfeifenmund und von der Expressionsöffnung durchgeführt. Mithilfe von Hörbeispielen werden die daraus resultierenden Änderungen am Pfeifenklang demonstriert. Es wird sich zeigen, dass über Expressionsdimensionierungen gezielte Teiltöne gedämpft werden können und dass die Obertöne unterschiedlich stark auf diese Formänderungen reagieren.

Da eine Änderung der Expression ebenfalls zu Frequenzänderungen führt, wird diskutiert, inwiefern sich eine Variation an den Expressionsparametern zum Stimmen einer Orgelpfeife eignet.

Di. 15:40 neon 3.08 Physik von Musikinstrumenten 1

Optimization algorithms for the sound design of chimney and tuning slot organ pipes

P. Rucz[a], F. Augusztinovicz[a], J. Angster[b], P. Fiala[a], T. Trommer[b] und A. Miklos[b]
[a] *Budapest University of Technology;* [b] *Fraunhofer Institut für Bauphysik*

In the present contribution optimization algorithms for chimney pipes and pipes with tuning slot (Expression) are discussed. The goal of the optimization is to determine the proper dimensions of the pipe, by which a desired steady state sound spectrum can be achieved. By modifying the geometry of the pipe body the eigenfrequencies of the acoustic resonator can be tuned in order to amplify or depress certain harmonic partials in the pipe sound. Since the dependency of resonant frequencies on pipe dimensions is considerably complex, an optimization solution that is based on a minimization of a cost function by means of a simplex-type algorithm has been developed.

In case of chimney pipes a simple one-dimensional distributed parameter acoustical model provides sufficient accuracy to perform the optimization. Measurements performed on chimney pipes built with the optimized dimensions validate the usefulness and practical applicability of the method.

In case of pipes with tuning slot finding a simple and proper analytical model is not straightforward because of the irregular geometry. Therefore, numerical simulations were carried out on pipes with various dimensions. It was shown that these techniques can predict resonant frequencies accurately and serve as guidelines in developing the optimization algorithm.

Di. 16:30 neon 3.08 Physik von Musikinstrumenten 1

Die strömungsdynamische Wirkung des Rollenbartes einer Prinzipalpfeife (frein harmonique)

A. Bamberger

Physikal. Institut der Albert-Ludwig-Universität Freiburg

Der Rollenbart bei eng dimensionierten Orgelpfeifen beeinflusst die Dynamik des Jets in der Weise, dass der Übergang in die 2. Harmonische (Überblasen) bei höheren Blasdrucken in gewissen Grenzen unterdrückt wird. Dadurch erreicht man eine höhere Abstrahlungsleistung in der Grundfrequenz des Resonators als beim Fehlen des Rollenbartes. Dieser Effekt wird verständlicherweise auch bei Strassenorgeln eingesetzt. Das akustische Feld, welches im Aufschnitt mit dem Jet wechselwirkt, hat dabei eine grosse Komponente in der 2. Harmonischen. Die Bewegung, die Form und die Verwirbelung des Jets wird dadurch beeinflusst. Aus PIV-Messungen an einer Prinzipalpfeife und analoge Messungen an der Querflöte kann die Phasenlage des akustischen Feldes bezüglich des Jetposition abgeleitet werden, welche das Unterschneiden des Jets am Labium bestimmt. Die Beeinflussung der Strömungsrichtung des Jets durch die Bartrolle in der Nähe der Kernspalte (Coanda Effekt) bestimmt die Grenze des Überblasens.

Di. 16:55 neon 3.08 Physik von Musikinstrumenten 1

Bewertung von Saxophonspektren mit Methoden der Signalverarbeitung

J.-M. Batke[a] und K. Gloger[b]

[a] *technicolor;* [b] *Gloger Handkraft, Groningen (NL)*

Bei der Herstellung von Musikinstrumenten wird dem Baumaterial in aller Regel große Bedeutung zugemessen. Messtechnisch ist die akustische Auswirkung jedoch nicht immer eindeutig zu belegen. In der vorliegenden Untersuchung werden ein handelsübliches Sopransaxophon aus Messing mit einem in einem neuartigen Produktionsvorgang aus Kupfer erstelltem Modell verglichen. Dabei ist das Ziel, die Beurteilung des Klangs durch Musiker mit Methoden der Signalverarbeitung nachzuvollziehen bzw. zu belegen. Untersucht werden Saxophonklänge im stationären Fall sowie der Einschwingvorgang einzeln gespielter Töne über den normalen Tonumfang des Saxophons, unterteilt in den Dynamikstufen piano, mezzoforte und forte. Die Hüllkurven der breitbandigen Spektren werden verglichen, ebenso die spektrale Gewichtung im Schmalbandbereich. Diesen Spektren werden, falls möglich, die von Musikern

verwendeten charakterisierenden Begriffe (z.B. bauchig, ausgewogen, etc.) zugeordnet. Weiterhin werden die spektralen Timbre-Deskriptoren aus dem Standard MPEG-7 (harmonic spectral centroid, -deviation, -spread, spectral centroid) zur Untersuchung verwendet.

Di. 17:20 neon 3.08 Physik von Musikinstrumenten 1

Messung der Lippenkraft beim Fagottspiel

T. Grothe

TU Dresden, Institut für Luft- und Raumfahrttechnik

Das Fagott wird mit einem Doppelrohrblatt-Mundstück geblasen, das wie ein druckgesteuertes Ventil funktioniert. Den Arbeitspunkt dieses Ventils in Abhängigkeit vom Blasdruck kann der Musiker einstellen, indem er mit den Lippen eine Kraft auf das Mundstück ausübt.

Für den Fall der stationären Durchströmung wurden an einem Fagottrohrblatt mit Hilfe eines künstlichen Bläsers Kennlinien für den Durchfluss in Abhängigkeit von Blasdruck und Lippenkraft ermittelt. Ein daraus abgeleitetes parametrisches Modell ermöglicht die Abschätzung des Blasluft-Volumenstroms während des Fagottspiels. Die Experimente erlauben weiterhin einen Einblick in die ”Ansatzarbeit”, die der Musiker bei der Intonation verschiedener Griffe auf dem Fagott aufbringen muss.

Di. 17:45 neon 3.08 Physik von Musikinstrumenten 1

Progress Report - Extracting Vowel Quality from Violin Performance

R. Mores

HAW Hamburg

Vowel quality, a feature of human voice, is a powerful and meaningful mid-level descriptor also for stringed sounds. Using this analogy for future field studies on violins, both wide and specific, an automated feature extraction has been developed. Several issues had to be resolved: (i) how can rule sets and knowledge be translated from voiced sounds to stringed sounds and which extensions are necessary to achieve validated extraction? (ii) do we trust that the vowel quality extracted from stringed sounds would perceptually match human voice? (iii) which impact will other independent variables have on discrimination and quality measures, as features are likely to be extracted from recordings or from life performance? This paper roughly summarizes the progress achieved so far and some first results from field studies are presented.

Di. 18:10 neon 3.08 Physik von Musikinstrumenten 1

Zum akustischen Einfluss von Endknopf und Stachel bei Streichinstrumenten

G. Ziegenhals
Institut für Musikinstrumentenbau, Zwota

Auf der DAGA 2011 wurde ein Vortrag zum Einfluss des Nicht-Korpusselementes Saitenhalter auf die relevanten akustischen Eigenschaften der Streichinstrumente dargeboten. Mit dem vorliegenden Papier soll die Beschreibung der entsprechenden Untersuchungen fortgesetzt werden. Der Endknopf der Streichinstrumente, bei Celli und Bässen auch als ”Birne” bezeichnet, ist als konische Passung in den Unterklotz eingelassen und dient zunächst als Einhängepunkt für die Henkelsaite (auch Hänge- oder Einhängesaite). Er stellt somit das Widerlager für den Saitenzug am unteren Ende des Instrumentes dar, muss diesen also aufnehmen. Bei Celli und Bässen ist er gleichzeitig Aufnahme, Führung und Verstelleinheit des Stachels, auf dem das Instrument beim Gebrauch steht. Ähnlich wie für den Saitenhalter werden auch bei Endknopf und Stachel in jüngerer Zeit neuartige Material- und Konstruktionsvarianten eingesetzt. Die Meinungen zu den Ergebnissen gehen deutlich auseinander. Hieraus resultiert das Interesse an diesen Objekten. Im Ergebnis der Arbeiten kommen wir zu dem Ergebnis, dass der Einfluss der Elemente Endknopf und Stachel sehr gering ist und nur dann experimentell sicher nachgewiesen werden kann, wenn man hinsichtlich Material und Masse extreme, bislang üblicherweise nicht verwendete Elemente einsetzt.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Physik von Musikinstrumenten (Poster)

Validation of computational tuning systems

T. Klouche, T. Samulewicz und J. Bergner
Staatliches Institut für Musikforschung, Berlin

This paper is about setting up and validating workflows to computationally auralize microtonal flections of a Bach Chorale. The pragmatic background has been to auralize different musical temperaments to test the aesthetics of several competing proposals of how the musical tuning is supposed to be at the time of J.S. Bach. For that purpose the score has been input to a score editing software (Finale) and possibilities to auralize the score via MIDI have been researched. After a testing phase we settled on four different methodologies:

A) Playing the Score via Finale to Pianoteq physical Model auralization Software

B) Playing the score with Cubase to Halion synthesizer.

C) Directly auralize the score with Supercollider

D) Playing the Midi file with a Microtuner Generator

The question arose about how accurate the results are, to the end to validate the tunings of the synthesized music and to test how the different methodologies compare against each other. For that purpose a stimulus

was built to guide as a lab-clean testbed together with the tuning instructions resulting in seven different audiofiles. The stimulus Midifile included scales and in addition several octaves to eventually measure the octave stretching feature available in the physical model used.

Dienstag (bis Mi. 12:00) Physik von Musikinstrumenten (Poster)

Analyse des Klangs und der Richtcharakteristik des Hägum

M. Kim und M. Kob
Hochschule für Musik Detmold

Das Hägum ist ein traditionelles Musikinstrument, das seinen Ursprung in China hat, aber auch in Korea gespielt wird. Es hat einen für westliche Ohren ungewohnten Klang und eine recht komplexe Spielweise. In einer Diplomarbeit wurden der Klang und die Richtcharakteristik des Hägum mit zwei anderen Streichinstrumenten, einer Violine und einem Cello, verglichen. Gegenüber westlichen Streichinstrumenten zeigt die Klanganalyse einen hohen nicht-tonalen Anteil, und der Amplitudenverlauf ist nicht stationär. Für die Bestimmung der Richtcharakteristik wurde die Anregung mit dem Bogen gewählt und die Abstrahlung mit zwei Mikrofonen gemessen, von denen das eine am Instrument vor dem Steg und das andere in 1 m Abstand um das Instrument angeordnet war. Die Ergebnisse zeigen charakteristische, von verwandten Instrumenten wie dem Cello oder der Violine abweichende Abstrahlungsmuster, die sich durch den besonderen Aufbau des Instruments erklären lassen. Im Vortrag wird neben den Analyseergebnissen das Hägum live zu sehen und und zu hören sein.

Sitzung „Umgebungslärm, Lärmkartierung, Aktionsplanung“

Di. 14:00 helium 3.09 Umgebungslärm und Lärmkartierung

Stand und Ausblick zur Umgebungslärmrichtlinie

M. Hintzsche
Umweltbundesamt

Mit dem Bericht über die Durchführung der Richtlinie über Umgebungslärm hat die Europäische Kommission einen ersten Schritt bei der anstehenden Novellierung der Umgebungslärmrichtlinie (2002/49/EG) getan. Neben der Einführung von europäisch harmonisierten Bewertungsmethoden werden weitere mittel- und langfristige Maßnahmen zur Ausgestaltung der Richtlinie in Erwägung gezogen. Es werden die aktuellen europäischen Entwicklungen bei der Umgebungslärmrichtlinie vorgestellt und Auswirkungen auf die nationalen Regelungen beschrieben.

Di. 14:25 helium 3.09 Umgebungslärm und Lärmkartierung

Wer ist die lauteste im ganzen Land? - Ranking aller 430 Gemeinden Hessens

M. Jäschke
IÖR - Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden

Die DAGA in Hessen - ein guter Grund, erstmalig für alle 430 hessischen Gemeinden die Lärmbelastungen vollständig und fair zu ermitteln. Möglich ist das nur, weil im Rahmen einer Forschungsarbeit eine Lärmkartierung nach EG-Umgebungslärm-Richtlinie (ULR) durchgeführt wurde, die im Gegensatz zu herkömmlichen Kartierungen (1) alle Lärmquellen enthält und (2) landesweit eine einheitliche Qualität besitzt, siehe DAGA 2010 und 2011. Beide Merkmale sind unabdingbare Voraussetzungen für ein fundiertes Ranking. Ein solches wird hier getrennt für Straßen-, Schienen- und Fluglärm, sowie den wirkungsgerecht ermittelten Gesamtlärm präsentiert, jeweils für Raster- und Fassadenpegel, also die Lärmbelastungen des Außenraumes und der Wohnbevölkerung. Das Ranking zeigt für jede Lärmart, welche der 430 Gemeinden die lauteste und welche die ruhigste ist. Außerdem läßt sich für jede Gemeinde zuverlässig angeben, welchen Platz sie auf der jeweiligen Prioritätenliste einnimmt - wertvolle Informationen für künftige Lärmaktionsplanungen, Förderprogramme u.v.a.m. - und ein weiterer Appell gegen die bisher vielfach praktizierten 1:1-Umsetzungen der ULR.

Di. 14:50 helium 3.09 Umgebungslärm und Lärmkartierung

Web-basierte Datenerhebung in Niedersachsen für die 2. Stufe der EU-Umgebungslärmrichtlinie in Zusammenarbeit mit den betroffenen Kommunen

R.-D. Mummenthey
Umweltverwaltung Niedersachsen

Die 2te Stufe der EU-Umgebungslärmrichtlinie forderte von den Bundesländern und großen Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern bis 2012 Modellberechnungen, die die Möglichkeit eröffnen, flächendeckende Aussagen über gebäudescharfe Lärmbelastung der Bevölkerung zu machen. Betrachtet werden dabei die Quellen Strasse, Schiene, Luftverkehr und Industrie.

Zur Berechnung dieser "Strategischen Lärmkarten" wurden in Niedersachsen die benötigten Daten von ca. 600 Kommunen mittels "web-GIS" dezentral erzeugt und in einer zentralen SDE zusammengeführt, verwaltet und für die spezifischen Lärmberechnungen aufbereitet.

Die Ergebnisse werden gemäß EU-Richtlinie auf einem Kartenserver publiziert, der dem Interessenten (EU, Land, Kommune, UBA, EUA,...) verschiedene Möglichkeiten eröffnet "seine" Lärmkarte zu generieren.

Der Vortrag soll Hinweise zur Entwicklung der Internetplattform, der Qualitätssicherung beim Client und der zentralen Administration sowie zur Einführung des Systems bei ca. 600 Kommunen in Niedersachsen geben.

Di. 15:15 helium 3.09 Umgebungslärm und Lärmkartierung

Ausbreitungsberechnungen mit WFS ODEN/Geosamba - VBUS kann mit einfachen Korrekturfaktoren auch für Industrieanlagen verwendet werden

F.-C. Zacharias
Thüringische Landesanstalt für Umwelt (TLUG), Jena

Auf nationaler und europäischer Ebene werden die Berechnungsvorschriften für Straße, Schiene und Gewerbe derzeit immer stärker harmonisiert. Dies betrifft im Wesentlichen die Vereinheitlichung des Emissionsansatzes mit Schallleistungspegeln als auch die Ausbreitungsberechnung mit dem Teilstück- und Projektionsverfahren. Im Freistaat Thüringen kann auf einen WFS namens ODEN / Geosamba[1] zugegriffen werden, auf dem sich ein landesweites Hauptstraßennetz, ein hochauflösendes Gebäude- und Geländemodell, Karten und hochauflösende Luftbilder sowie ein Rechenkern für die Straßenlärmlärmkartierung befinden. So können interaktiv im Internet Stadtmodelle wie in einem gewöhnliches GIS bearbeitet werden und nach Bedarf können Ausbreitungsberechnungen gemäß VBUS[2] zur Anwendung kommen. Man würde sich wünschen, mit diesen guten Modellgrundlagen auch andere Ausbreitungsberechnungen z.B. für Industrieanlagen gemäß ISO 9613-2[3] vornehmen zu können ohne einen großen Fehler zu machen. Vergleicht man die Rechenverfahren, dann bedarf es nur geringer Korrekturen, um sehr gute Übereinstimmung mit den regulären Verfahren zu erzielen. Hier soll am Beispiel eines Windparks und einer Freiflächenbewirtschaftung der Anwendungsvergleich gezeigt werden.

Di. 15:40 helium 3.09 Umgebungslärm und Lärmkartierung

Lärmminderung am Beispiel eines Aktionsplans der Stadtgemeinde Bremen

F. Rauch
Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen

Das Bundesimmissionsschutzgesetz schreibt in § 47 d die Aufstellung von Lärmaktionsplänen verbindlich vor. Wörtlich heißt es allerdings: "Die Festlegung von Maßnahmen in den Plänen ist in das Ermessen der zuständigen Behörden gestellt ..." Weder die EU noch der bundesdeutsche Gesetzgeber haben bisher Auslöseschwellen festgelegt, bei denen Maßnahmen zu planen sind. Die Stadtgemeinde Bremen ist Teil des kleinsten Bundeslandes und einer von insgesamt 27 Ballungsräumen in Deutschland, wobei zu bemerken ist, dass sich in diesem Fall die Grenze des Ballungsraums mit der kommunalen Gebietsgrenze deckt.
Bremen hat sich in seinem Aktionsplan zunächst auf die Hauptverkehrsstraßen konzentriert, die für das Jahr 2005 von der EU anhand der Verkehrszahl von 6 Millionen Fahrzeugen jährlich definiert waren. Aus den Zahlen der betroffenen Anwohner wurde eine Prioritätenliste entwickelt, und es wurden verschiedene Maßnahmen wie Geschwindigkeitsbegrenzung, Verbesserung des Straßenbelags und die Errichtung von

Lärmschutzwänden geprüft. Der Aktionsplan wurde im Jahre 2008 fristgerecht aufgestellt und nach der Öffentlichkeitsbeteiligung sowie nach Vorliegen der Lärmkarten der bundeseigenen Eisenbahnen im Jahre 2009 überarbeitet. Ein für die Bürger wichtiges und unmittelbar wirksames Instrument war das Förderprogramm für Schallschutzfenster in den Jahren 2010-2011. Die Wirksamkeit des Aktionsplans wird anhand von Kennzahlen überprüft, die vierteljährlich fortgeschrieben werden.

Di. 16:30 helium 3.09 Umgebungslärm und Lärmkartierung

'Tempo-30-nachts' als Beitrag zur Lärmaktionsplanung

K. Habermehl

Hochschule Darmstadt, FB Bauingenieurwesen

Innerörtliche Geschwindigkeitsbeschränkungen auf "Tempo 30" als streckenbezogene oder flächenhafte Maßnahme zur Verkehrs-"beruhigung" sind schon lange Zeit ein Werkzeug der Verkehrsplaner. Neben der Lärmminderung ist die verbesserte Verkehrssicherheit ein wichtiges Ziel. Aus juristischen Gründen ist die Einführung von "Tempo 30" auf Hauptverkehrstraßen jedoch problematisch.

Seit kurzer Zeit wird die Einführung von "Tempo 30" in der Nachtzeit (22 - 6 Uhr) diskutiert und erprobt. Die Wissenschaftsstadt Darmstadt hat auf einer ca. 2 km langen innerörtlichen Hauptverkehrsstraße probeweise diese Maßnahme im Zuge der Lärmminderungsplanung umgesetzt. Zusätzlich ist noch ein Abschnitt mit einer lärmoptimierten Asphaltoberfläche ausgestattet worden. Die wissenschaftliche Begleitung beinhaltet die Messung von Lärmimmissionen, Verkehrsstärke und -zusammensetzung, Geschwindigkeiten und sonstige äußere Einflüsse. Untersucht wird im Vorher-, Zwischen- und Nachher-Zustand. Ergänzt werden die Messungen durch Befragungen.

Di. 16:55 helium 3.09 Umgebungslärm und Lärmkartierung

Interaktionen zwischen GIS Software and Software für Umgebungslärmanalysen

H. Stapelfeldt

Stapelfeldt Ingenieur GmbH

Softwareprogramme für Umgebungslärmanalysen wirken in vielschichtiger Weise mit GIS System zusammen. Je höher die Qualität der Einbindung desto größer kann der Nutzen in der Projektbearbeitung sein. Zur Zeit werden mehrere Möglichkeiten im praktischen Einsatz diskutiert und aufgezeigt:

1. Standardisierte Datenaustauschformate mit GIS Anbindung erfüllen die Anforderungen von Akustiksoftware, z.B. das QSI Datenformat entsprechend DIN 45687. 2. Standardisierte Datenaustauschformate mit Objekt- und Attributdefinitionen, die in der GIS Software geregelt sind. 3. Direkte Datenkommunikation, z.B. Nutzen von Geo-Datenbanken der GIS Anwendung. 4. Gleichzeitige Aufbereitung der GIS gesteuerten Attribute im Vorfeld der Lärmberechnung. 5. Verwendung externer DLL's

der Akustiksoftware zum Überprüfen und Aktualisieren des Attruibutinhalts auf der GIS Ebene. 6. Ergänzung der GIS Fähigkeiten durch Datenveredelung zu Beginn durch Aufruf spezieller Geometrie- und Attributbearbeitungstools der Akustiksoftware. 7. Steuerung von automatisierten Prozessen durch komplexe Workflows. Automatisierte Workflows wurden bereits für die EU-konforme Lärmkartierung in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen ($\sim$40.000 km^2) und Thüringen ($\sim$20.000 km^2) eingesetzt. Beide Beispielfälle werden kurz vorgestellt.

Sitzung „Lehre der Akustik (Poster)“

Dienstag (bis Mi. 12:00) Lehre der Akustik (Poster)

ITA-Toolbox - An Open Source MATLAB Toolbox for Acousticians

P. Dietrich, M. Guski, M. Pollow, B. Masiero, M. Müller-Trapet, R. Scharrer und M. Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Recently, a toolbox for MATLAB has been developed to solve common post-processing tasks in the field of acoustic research, including data import and export as well as different graphical representations of the data. This toolbox has also been successfully applied to laboratory exercises and measurement tasks within the institute as well as at partner universities, as already published by the authors. In the past, a proprietary license was available for educational purposes only, excluding industrial applications.

In 2011 the step has been made to open the kernel of this toolbox for the public. It is freely available for download under a BSD license, allowing the industry, as well as students and researches to work with the ITA-Toolbox in MATLAB or modify and adapt the source code according to the demands. In this contribution, we show the basic functionality of the ITA-Toolbox, the concept of object-oriented programming in MATLAB used under special respect to acoustic data processing. Even complex signal post-processing tasks can be implemented quickly using simple scripts.

Fachvorträge und Poster am Mittwoch, den 21.03.2012

Sitzung „Fahrzeugakustik“

Mi. 8:30 Spectrum A Fahrzeugakustik

Akustische Basisuntersuchung an einem Mini-Bike mit Elektroantrieb

W. Foken, M. Gnauck und L. Wilholt
Westsächsische Hochschule Zwickau

An der Westsächsischen Hochschule Zwickau wurde im Rahmen eines Projektes im Auftrag des ADAC-Sachsen ein sogenanntes Mini-Bike vom konventionellen Verbrenner-Antrieb auf E-Antrieb umgerüstet. Der nahezu frei liegende permanent erregte Synchronmotor bietet gute Möglichkeiten einerseits die Geräusche der beschleunigten Vorbeifahrt zu analysieren und andererseits auch Untersuchungen zur Geräuschqualität durchzuführen, die auch zum Teil verallgemeinerungsfähig sind. Der Artikel zeigt eine akustische Basisanalyse dieses kleinen Motorrades unter Berücksichtigung psychoakustischer Kenngrößen.

Mi. 8:55 Spectrum A Fahrzeugakustik

Subjektive Geräuschbewertung eines Elektrofahrzeugs und eines konventionellen Fahrzeugs im Vergleich

R. Kühler, J. Grosse, S. van de Par und R. Weber
Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik

Wie unterscheidet sich die Geräuschcharakteristik im Innenraum eines Elektrofahrzeugs von konventionell angetriebenen Fahrzeugen? Diese Fragestellung wurde am Beispiel des Mitsubishi i-MiEV und einem Mitsubishi Colt 1.1 mit 23 Probanden auf einer ausgesuchten Teststrecke im öffentlichem Straßenverkehr untersucht. In beiden Fahrzeugen wurden die Probanden im Alter von 21-30 Jahren während der Testfahrt gebeten, ihre Höreindrücke auf unterschiedlichen Teilabschnitten mit verschiedenen Bewegungsprofilen der Fahrzeuge zu notieren. Die Bewegungsprofile umfassten konstante Geschwindigkeiten von 30, 50, 70, 100 und 130 km/h sowie mehrere Situationen im Zug- und Schubbetrieb, sowie Stop-and- Go. In einer gesonderten Testfahrt wurden die Innenraumgeräusche mit Kunstkopf aufgezeichnet. Bei der Auswertung der Fragebögen werden die Teilabschnitte gruppiert und die Geräuschcharakteristika qualitativ den Bewegungsprofilen zugeordnet. In einem Vergleich werden die subjektiven Bewertungen akustischen Signalparametern gegenübergestellt. Über die Ergebnisse dieser Untersuchung wird in diesem Beitrag berichtet.

Mi. 9:20 Spectrum A Fahrzeugakustik

Einfluss von Fahrzeuginnengeräuschen auf die subjektive Bewertung von Beschleunigung

S. Skoda, J. Steffens und J. Becker-Schweitzer
Fachhochschule Düsseldorf, ISAVE

Die Bewertung von Fahrzeuginnengeräuschen im Rahmen eines Hörversuchs findet stets vor dem Hintergrund einer Vielzahl sensorischer Wechselwirkungen statt. In einem Fahrsimulator werden der Versuchsperson neben dem Fahrgeräusch auch visuelle, olfaktorische und somatosensorische Sinnesreize geboten, die im Rahmen des menschlichen Wahrnehmungsprozesses bewusst und unterbewusst verarbeitet werden. Dies führt zu veränderten Aufmerksamkeitsprozessen und somit unter Umständen auch zu einem veränderten Bewertungsverhalten im Vergleich zu reinen Kopfhörerversuchen. Im Zuge der Diskussion um die Entwicklung von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb, die im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor ein äußerst leises Geräuschverhalten aufweisen, stellt sich die Frage, inwiefern das Fahrgeräusch einen Beitrag zur subjektiven Bewertung der Fahrzeugbeschleunigung leistet. Werden beispielsweise laute Fahrgeräusche auch mit starker Beschleunigung assoziiert? Welche Rolle spielt die spektrale Zusammensetzung der Geräusche? In einem vergleichenden Hörversuch wurden unterschiedliche Fahrzeuginnengeräusche und Beschleunigungsvorgänge in zwei verschiedenen Fahrsimulatoren von Versuchspersonen bewertet. Dieser Beitrag thematisiert, basierend auf den Ergebnissen des Hörversuchs, den Einfluss von Fahrgeräuschen auf die subjektive Bewertung von Längsbeschleunigung.

Mi. 9:45 Spectrum A Fahrzeugakustik

Vier Sounds - ein Auto im Feldversuch

J. Schiller[a], R. Weber[a] und U. Letens[b]
[a] *Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik;* [b] *Daimler AG*

In einem Mittelklasse-PKW werden mittels eines elektroakustischen Klangsystems drehzahl- und lastabhängig unterschiedliche Antriebsgeräusche simuliert. In einem Feldversuch auf einer abgesperrten 36 km langen Teststrecke nehmen 30 Probanden als Fahrer an einer Studie teil, in welcher die moderierende Wirkung von Kontextvariablen auf die ganzheitliche Wahrnehmung untersucht werden soll. Die vier in unterschiedlicher Reihenfolge im Fahrgastraum abgespielten Testsounds sind das originale Fahrzeuggeräusch, ein Sound mit verstärkter 2ter und 4ter Motorordnung (”brummig”), einer mit verstärkter 10ter und 15ter Motorordnung (”heulend”) sowie einer, in dem diejenigen ganzzahligen und halben Motorordnungen in dem Drehzahlbereich angehoben werden, in dem sie jeweils das Frequenzband von 200 bis 300 Hz durchlaufen (”rau”). Hierbei sind die Klänge derart abgestimmt, dass sie realistisch und nicht synthetisch klingen. Den TeilnehmerInnen wird zunächst mitgeteilt, die unterschiedlichen Geräusche stammten von veränderten

Motoreinstellungen. Die Teilnehmer fahren mit jedem Geräuschszenario 5 Betriebszustände an und füllen zu jedem ein semantisches Differential zu den Geräuschen aus. Zudem stellt der Testleiter in einem offenen Interview vom Beifahrersitz aus Fragen zu den Wahrnehmungen und Empfindungen der TeilnehmerInnen. Ziel ist es, herauszufinden, wie Probanden in bestimmten Situationen zu ihrem Urteil über das Antriebsgeräusch eines Fahrzeugs kommen.

Mi. 10:10 Spectrum A Fahrzeugakustik

Psychoakustische Untersuchungen an simulierten Abgasanlagengeräuschen von Zwei- und Dreizylinder-Motoren

C. Binder, D. Bönnen und C. Huth
Faurecia Augsburg

Im Trend des Downsizings setzt die Automobilindustrie vermehrt auf kleinvolumige, oft aufgeladene Motoren, um das Fahrzeuggewicht und den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren. Der Marktanteil der Zwei- und Dreizylindermotoren wird damit in den nächsten Jahren deutlich steigen. Durch die unterschiedliche Anregung und dadurch entstandenen Klangfarbenunterschiede haben sich die Anforderungen an die Abgasanlagenakustik stark verändert. In Hörversuchen wurden anhand von Semantischen Differentialen simulierte Abgasmündungsgeräusche von Zwei- und Dreizylinder-Motoren im Vergleich zu aktuellen Vierzylinder-Motoren untersucht. Die untersuchten Mündungsgeräusche umfassen Hochläufe und Konstantfahrten von Zwei-, Drei- und Vierzylindermotoren mit verschiedenen Krümmervarianten (symmetrisch / unsymmetrisch). Die im Hörversuch erfassten Daten wurden mit den üblichen Messgrößen, wie z.B. gewichtete Gesamt- und Ordnungspegel, sowie mit psychoakustischen Größen verglichen. In einer weiteren Studie sollen die Ergebnisse mit realen Mündungsgeräuschen verglichen werden.

Mi. 14:00 Spectrum A Fahrzeugakustik

Untersuchung zur Quantifizierung von Tickergeräuschen bei Direkteinspritzenden Benzinmotoren

O. Jung und V. Grützmacher
Adam Opel AG

Moderne benzingetriebene Motoren verwenden das Verfahren der Direkteinspritzung, um den Wirkungsgrad speziell im Teillastbereich zu erhöhen und dadurch Kraftstoff zu sparen und die Emissionen zu minimieren. Die akustische Qualität dieser Motoren wird jedoch durch ein hohes Maß von impulshaften Signalanteilen bei niedrigen Drehzahlen und Motorlasten beeinträchtigt. Hervorgerufen werden diese Anteile durch das Tickern von Injektoren, das meist direkt abhängig von der Hauptmotorordnung ist, sowie durch die Kraftstoffpumpe, deren Geräusche nicht zwangsläufig mit der Hauptmotorordnung korrespondieren. Es existieren bereits einige akustische Analyseverfahren zur Quantifizierung der impulshaften Anteile besagter Komponenten, die beispielsweise auf der

Auswertung der Kurtosis oder des Modulationsgrades in bestimmten Frequenzbereichen basieren.
In diesem Beitrag werden subjektive Bewertungen aus Hörversuchen bezüglich der Wahrnehmbarkeit und Lästigkeit von impulshaften Signalanteilen von Injektoren und Spritpumpen im Außengeräusch von Fahrzeugen mit Vier- und Sechszylinder-Motoren betrachtet und mit den objektiven Messwerten der oben beschriebenen Verfahren verglichen. Zudem werden weitergehende akustische Analysen mit dem Ziel vorgestellt und diskutiert, eine möglichst hohe Korrelation zu den subjektiven Bewertungen zu erreichen.

Mi. 14:25 Spectrum A Fahrzeugakustik

Einfluss der Ganzkörperschwingungen auf die Sportlichkeit des Fahrzeuginnenraumgeräusches

M.E. Altinsoy
TU Dresden, Lehrstuhl für Kommunikationsakustik

Sportlichkeit und Komfort gehören zu wichtigen Qualitätsdimensionen des Fahrzeuggeräusches. In diesem Beitrag wird zunächst die komplexe Beziehung zwischen der Sportlichkeit und den Parametern des Fahrzeuginnenraumgeräusches aus dem Blickwinkel der Kunden mit dem Beispiel TL/VL Beschleunigungsgeräusch diskutiert. TL/VL Beschleunigung ist einer der interessantesten Betriebszustände mit einem charakteristischen instationären Verhalten. Während des Beschleunigungsvorgangs können die Verbrennungsmotor-, Anlasser- (Starter), Ansaug-, Wind- und viele weitere Geräusche mit unterschiedlichen zeitlichen Verläufen gehört werden.
Diese Geräusche und ihre zeitlichen Abläufe können dem Fahrer und den Insassen verschiedene Informationen über die Sportlichkeit und die Leistung vermitteln. Dieser Beitrag untersucht den Einfluss von Ganzkörperschwingungen auf die Sportlichkeitswahrnehmung des Fahrzeuginnenraumgeräusches. Zuerst wurden die aufgenommenen und synthetisch erzeugten Geräusche bezüglich der Sportlichkeit bewertet. Dann wurden die Geräusche mit einem semantischen Differential beurteilt. Anschließend hatten die Versuchspersonen die Aufgabe verschiedene bimodale Stimulikombinationen bezüglich der wahrgenommenen Sportlichkeit zu beurteilen.

Mi. 14:50 Spectrum A Fahrzeugakustik

Experimentelle und numerische Charakterisierung des Reifens bezüglich Rollgeräusch

T. Bahnert
TU München

Der Reifen beeinflusst maßgeblich das Rollgeräusch (Innengeräusch) und den Schwingungskomfort des Fahrzeugs. Zwischen verschiedenen Reifen treten dabei auch bei gleicher Dimension erhebliche Streuungen der Schallpegel im Fahrzeuginnenraum auf. Da pro Fahrzeug eine große

Anzahl verschiedener Reifen angeboten wird, entsteht ein entsprechend hoher Erprobungsaufwand zur Sicherstellung der Rollgeräuschqualität. Die vorgeschlagene Lösung des Problems besteht aus der Entwicklung eines Vorgehens zur fahrzeugunabhängigen Vorbewertung des Reifens hinsichtlich des Innengeräuschs. Für die Festlegung geeigneter Kriterien und wesentlicher Frequenzbereiche wird dabei neben experimentellen Methoden auch zielgerichtet auf analytische Ansätze zurückgegriffen. Das Thema umfasst folgende Schwerpunkte:
- Modellbildung des Reifens im körperschallrelevanten Frequenzbereich unter Berücksichtigung der Reifenkavitätsmode und der Kopplung mit Eigenmoden der Felge,
- Ermittlung der Kohärenz zwischen reifeninduzierten Kräften an der Radnabe und dem Fahrzeuginnengeräusch,
- Vergleich von reifeninduzierten Kräften bei verschiedenen Einspannbedingungen/Prüfstandsumgebungen,
- Untersuchungen zum Einfluss bestimmter Reifeneigenschwingformen auf die Kraftspektren an der Radnabe und
- Entwicklung einer Methodik für die Rollgeräuschprognose bzw. Festlegung von Grenzkurven für separat messbare Reifenkenngrößen.

Durch die Festlegung von rollgeräuschrelevanten Reifenkriterien kann die Reifenentwicklung gezielt beeinflusst werden bzw. ungeeignete Reifen von vornherein ausgeschlossen werden. Somit ist es möglich eine hohe Rollgeräuschqualität der Fahrzeuge bei gleichzeitiger Reduzierung des Erprobungsaufwandes zu gewährleisten.

Mi. 15:15 Spectrum A Fahrzeugakustik

Simulationsbasierte Parameterstudie zum Zusammenhang zwischen Rollgeräusch und Rollwiderstand von PKW-Reifen

C. Hoever und W. Kropp
Chalmers University of Technology, Göteborg

Aufgrund legislativer Änderungen innerhalb der EU gibt es einen erhöhte Motivation für die gleichzeitige Reduzierung des Rollwiderstandes und des Rollgeräusches von PKW-Reifen. Außer auf empirischen Daten basierenden Untersuchungen gibt es in der Literatur jedoch wenig Informationen über den Zusammenhang zwischen Rollwiderstand und Schallentstehung.

Das Ziel dieses Beitrages ist es, dass theoretische Verständnis über die grundlegenden physikalischen Zusammenhänge zwischen den beiden Prozessen zu verbessern. Weiterhin wird untersucht, inwieweit eine gleichzeitige Reduzierung von Rollverlusten und Rollgeräusch möglich ist oder ob diese beiden Größen in einem Spannungsfeld zueinander stehen.

Dazu wird ein auf der DAGA2011 vorgestelltes Modell zur Berechnung der Strukturdynamik und des Rollwiderstandes eines rollenden PKW-Reifens optimiert und um ein Modul zur Berechnung der Schallabstrahlung erweitert. Zugrunde liegt dabei ein Waveguide-Finite-Element-Modell (WFEM) des Reifens, welches mit einem nicht-linearen 3D Kontaktmodell zur Berechnung der Kontaktkräfte zwischen Reifen und Straßenoberfläche kombiniert ist. Aus dem resultierenden Schnellefeld auf der Reifenoberfläche wird mittels Randelementeverfahren (BEM) der abgestrahlte Schall berechnet.
Mittels einer Parameterstudie wird untersucht, wie sowohl Rollwiderstand als auch Schallabstrahlung durch Faktoren wie Materialeigenschaften, konstruktive Merkmale des Reifens oder Straßenoberflächen beeinflusst werden. Aufgrund der Eigenschaften des Modellierungsverfahrens können dabei detaillierte Aussagen über Dissipation und Schallabstrahlung in verschiedenen Frequenzbereichen, Wellenordnungen oder Teilen des Reifens getroffen werden.

Mi. 15:40 Spectrum A Fahrzeugakustik

Automatische Erkennung von transienten Störgeräuschen

B. Philippen und R. Sottek
HEAD acoustics GmbH

Die Ursache von transienten Störgeräuschen wie Klappern, Knacken oder Klopfen zu ermitteln ist eine anspruchsvolle Aufgabe bei der Bearbeitung von Kundenbeanstandungen oder in der Qualitätsüberwachung. Ein Akustikexperte, der auf Grund seiner Erfahrung die Geräuschursache schnell eingrenzen kann, steht nicht immer zur Verfügung. Daher entsteht der Wunsch, einen Werkstattmitarbeiter mit einem Assistenzsystem zu unterstützen, um die Fehlerursache schneller und einfacher zu finden. Hiermit soll das Expertenwissen einer größeren Gruppe zugänglich gemacht werden. Solch ein System kann auch als Hilfestellung für den Ingenieur im Entwicklungsprozess dienen, um die Sicherheit seiner Fehlerprognose zu erhöhen und seinen Aufwand zu reduzieren. Transiente Störgeräusche erfordern jedoch eine andere und aufwändigere Vorgehensweise als tonale Geräusche, deren Ursache sich meistens mit der Kenntnis der Frequenz oder bei drehzahlabhängigen Vorgängen über die Ordnung identifizieren lässt. Analysen wie FFT über Zeit oder Drehzahl sind für die Verarbeitung transienter Störgeräusche nur bedingt geeignet. Es werden andere Analysen benötigt, um Merkmale zu extrahieren, mit denen eine Klassifizierung und damit eine Zuordnung zu der Geräuschursache ermöglicht werden. Diese Merkmale haben dann eine ähnliche Bedeutung wie die Frequenz oder Ordnung bei tonalen Geräuschen. Eine Voruntersuchung zur Erkennung von transienten Störgeräuschen im Fahrwerk sowie ein Konzept für ein Assistenzsystem zur Analyse derartiger Geräusche werden vorgestellt.

Mi. 16:30 Spectrum A Fahrzeugakustik

Gemeinsame Erfassung von Akustik- und Schwingungsmessdaten mit digitalen Bussen am Beispiel FlexRay$^{(TM)}$

B. Virnich und S. Kremer
Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH

Neben dem CAN-Bus gewinnt heute der FlexRay$^{(TM)}$ in der Fahrzeugindustrie immer mehr an Bedeutung. Mit diesem seriellen Feldbus erschließen sich aufgrund der deterministischen Protokollarchitektur neue Einsatzgebiete, in denen schnelle Steuerungs- und Regelungsalgorithmen erforderlich sind, wie zum Beispiel bei aktiven Fahrwerkskomponenten. Aufgrund der gleichzeitigen hohen Fehlertoleranz sind auch sicherheitskritische Anwendungen wie ”Brake-by-wire” und ”Steer-by-wire” realisierbar. Es werden erste Einsatzmöglichkeiten von sogenannten intelligenten Sensoren für Schwingungsmessungen mit FlexRay$^{(TM)}$-Interface vorgestellt. Die Erfassung und Analyse von digitalen Bus-Daten zusammen mit analogen dynamischen Signalen stellt besondere Anforderungen an die eingesetzte Messtechnik hinsichtlich der zeitsynchronen Erfassung. Erste Ergebnisse und Erfahrungen werden diskutiert.

Mi. 16:55 Spectrum A Fahrzeugakustik

Ermittlung von Kraftkomponenten an Chassis-Strukturen am Beispiel eines McPherson-Federbeins

B. Herrmann, M. Gewalt und V. Grützmacher
Adam Opel AG

Steigende Kundenansprüche fordern von Automobilherstellern immer anspruchsvollere Lösungen in Bezug auf die Geräuschreduzierung im und am Fahrzeug. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung geräuscharmer Antriebe im Zuge der Elektromobilität und der daraus resultierenden fehlenden Maskierung durch das Motorengeräusch rücken die akustischen Anforderungen an das Rollgeräusch immer stärker in den Vordergrund.
Bereits seit Längerem ist durch Rollgeräuschmessungen im Fahrbetrieb ein Problem der McPherson-Vorderachse bekannt. Eine Überhöhung der Übertragungsfunktion vom Rad zum Fahrzeuginnenraum im Bereich von 150 bis 180 Hz wirkt sich dabei negativ auf das Rollgeräusch aus. Da die Bestimmung des Schwingungsverhaltens im Fahrbetrieb mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist, wurde hier der Ansatz gewählt, ein komplettes Federbein inklusive Rad auf einem Komponenten-Prüfstand zu untersuchen. Dazu wurde das Federbein in ein Stativ eingespannt und eine Modalanalyse der einzelnen Komponenten durchgeführt. Die Übertragungsfunktionen wurden mit Ergebnissen von Messungen auf der Straße verglichen. Neben den Schwingungsformen wurden

auch die Kräfte am Dom bestimmt und diese mit den Ergebnissen einer indirekten Kraftbestimmung korreliert. In diesem Beitrag werden beispielhaft Messungen und Ergebnisse dieser Untersuchung vorgestellt und diskutiert.

Mi. 17:20 Spectrum A Fahrzeugakustik

Numerische Berechnung der Schalldämmung von Konstruktionselementen aus wabenförmig strukturierten Blechen

C. Langhof und E. Sarradj
BTU Cottbus

Konstruktionen aus wabenförmig strukturierten Blechen bieten eine erhöhte Steifigkeit bei gleichem Masseeinsatz gegenüber Bauteilen aus glattem Blech und somit großes Potenzial im Fahrzeug- und Flugzeugbau. Zur Verwendung innerhalb der industriellen Entwicklung und Auslegung eines Produktes in der Verkehrstechnik ist die Möglichkeit einer Klassifizierung des akustischen Verhaltens nötig. Aufgrund der orthotropen Eigenschaften der strukturierten Bleche wird ein schlechteres Schalldämmungsverhalten erwartet und konnte in Messungen für höhere Frequenzen bereits nachgewiesen werden. Zur weiteren Bestätigung und zu einer schnellen Variation verschiedener Werkstoff- und Geometrieparameter sind numerische Berechnungen der Schalldämmung mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode geeignet. In diesem Vortrag werden die Modellierung und Berechnung der Schalldämmung mit einem FEM-Programm und der Vergleich mit früheren Messergebnissen vorgestellt und die akustischen Unterschiede zu glatten Blechen näher betrachtet. Solch eine Quantifizierung und Berechenbarkeit der Unterschiede in der Schalldämmung ermöglichen erst den Einsatz in Produktentwicklungsprozessen.

Mi. 17:45 Spectrum A Fahrzeugakustik

Indirekte Bestimmung der Schalldämmung von Verbundglas-Frontscheiben für Schienenfahrzeuge

O. Bölke[a], H. Brick[b] und T. Kohrs[b]
[a] *TU Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik;* [b] *Bombardier Transportation*

Um die strengen akustischen Grenzwerte bezüglich des Innengeräusches im Fahrerstand von Schienenfahrzeugen auch bei hohen Zuggeschwindigkeiten erfüllen zu können, muss der Schalleintrag durch die Frontscheibe minimiert werden. Hierzu ist es erforderlich, bei begrenztem Masseeinsatz und unter Berücksichtigung aller sonstigen Anforderungen an die Frontscheibe (Festigkeit, Optik etc.) das Verbundglas-Design so auszulegen, dass eine hohe Schalldämmung der Frontscheibe realisiert werden kann. Direkte Prüfstandsmessungen der Schalldämmung gemäß ISO 10140:2010 sind aufwendig, besonders wenn eine Messung der Frontscheibe im gekrümmten Zustand und bei voller Größe erfolgen soll. Als mögliche Alternative kann eine Bestimmung

der Schalldämmung mit dem in ISO 16940:2008 dargelegten Verfahren indirekt erfolgen, indem Biegesteifigkeit und Strukturdämpfung an einem Balkenmuster experimentell bestimmt werden und die resultierende Schalldämmung auf Basis der Cremer'schen Theorie berechnet wird.
Prüfobjekte waren zwei Schienenfahrzeug-Frontscheiben aus Verbund-Sicherheitsglas. Die Materialparameter wurden zunächst auf Basis der ISO 16940:2008 über Impedanz-Messungen an Balkenmustern bestimmt. Zusätzlich wurden die Materialeigenschaften auch an den kompletten, frei gelagerten Frontscheiben bestimmt. Die Biegesteifigkeit wurde hierbei über die Biegewellengeschwindigkeit mit Hilfe einer Wavelet-Transformation ermittelt.
Die ermittelten Schalldämmwerte hinsichtlich der verschiedenen Methoden werden verglichen, wobei die Prüfstandmessungen an den kompletten Frontscheiben die Referenzen darstellen, und Erfahrungen mit der Bestimmung der Materialparameter werden vorgestellt.

Mi. 18:10 Spectrum A Fahrzeugakustik

Assessment of the efficiency of railway wheel dampers using laboratory methods within the STARDAMP project

B. Betgen[a], P. Bouvet[a], D.J. Thompson[b], F. Demilly[c] und T. Gerlach[d]

[a] *VIBRATEC, Ecully (F);* [b] *University of Southampton, ISVR;* [c] *Valdunes SAS, GHH-Valdunes Gruppe (F);* [d] *Gutehoffnungshütte Radsatz GmbH, GHH-VALDUNES Gruppe*

Noise is one of the major issues for the expansion of railway traffic. Within a relatively wide speed range, rolling noise is the predominant railway noise source. In recent years, rail and wheel absorbers have been developed by different manufacturers that show to be effective devices for the reduction of rolling noise. STARDAMP (Standardization of damping technologies for the reduction of railway noise) is a Franco-German research project within the DEUFRAKO framework that unites end users, manufacturers and research institutes. The target of STARDAMP is to support the transfer from R&D of wheel and rail dampers to their regular application. A key factor in this context is the development of new testing methods for the assessment of damper performances. Today, such tests are usually performed as field tests that are costly and time consuming. These shall be replaced by standardized laboratory measurement and calculation techniques. The present contribution deals with a proposition for a wheel absorber testing protocol, combining finite element calculations, experimental modal analysis and analytical calculations using TWINS software. Results for different wheels and absorbers are presented.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Fahrzeugakustik (Poster)

Wind Noise

H. Lindberg
Microtech Gefell GmbH

As soon as you have air movements at the microphone membrane there is a risk that the recording or measurement is disturbed by what we call wind noise. These air movements can be caused by wind - moving air, the microphone moving, or both. This sensitivity for unwanted wind noise depends on the design of the microphone and its accessories such as wind screens, nose cones, and mounting for reduction of structure-borne vibrations. The presentation will discuss practical experience with wind noise problems in connection with measurement of wheel noise on a moving automobile and wind noise related to measurement of noise from wind-powered generators. A few different solutions will be described with mechanical design and specifications. The appropriate fields of use will be suggested. Closely related problems such as weather resistance will also be discussed and described.

Sitzung „Maschinenakustik 2“

Mi. 8:55 Spectrum B Maschinenakustik 2

Entwicklung einer variablen Messeinheit für Schallfeldanalyse in Turbomaschinen

J.D. Laguna, M. Bartelt, B. Drechsel und J.R. Seume
Leibniz Univ. Hannover, Inst. f. Turbomaschinen u. Fluid-Dynamik

Im Rahmen des Verbundprojekts ”Bürgernahes Flugzeug” werden in Zusammenarbeit der TU Braunschweig, des DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) und der Leibniz Universität Hannover (LUH) neuartige Lärmminderungsverfahren für zukünftige Flugtriebwerke entwickelt. Dazu werden am Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik (TFD) der LUH numerische und experimentelle Untersuchungen zur Schallausbreitung und zum Schalltransport in Niederdruckturbinen durchgeführt. Dabei sollen grundlegende Erkenntnisse zu den physikalischen Transportmechanismen in realen Turbomaschinen gewonnen werden, auf Basis derer dann neue Lärmminderungstechniken (Heißgasliner) entwickelt werden.

Ziel ist es auch höhere Moden des Turbinenschallfelds messen zu können. Die Entwicklung und Auslegung der dafür verwendeten Messtechniken und das Messkonzept werden im Rahmen dieser Veröffentlichung vorgestellt und diskutiert. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Untersuchung der in der Turbine entstehenden Schallstruktur mit Hilfe der Radialmodenanalyse (RMA) gelegt. Dazu wird in den Abströmbereich einer 2-stufigen Turbinenkonfiguration eine neu entwickelte, ringförmige Messeinrichtung implementiert. Durch die Möglichkeit die Einheit während des Betriebs in Umfangsrichtung zu rotieren, können die akustischen Größen trotz reduzierter Sensoranzahl an beliebigen azimutalen

Messpositionen erfasst werden. Mit diesem System ist es möglich für die tonalen Schallanteile eine Schallfeldanalyse durchzuführen, um somit Rückschlüsse auf die entsprechenden Schallentstehungs- und Transportmechanismen innerhalb der Turbine ziehen zu können.

Mi. 9:20 Spectrum B Maschinenakustik 2

Untersuchung der strömungsinduzierten Strukturschwingung am Gebläse

S. Münsterjohann[a], S. Becker[a], R. Dittmar[b] und T. Grohmann[b]
[a] *Univ. Erlangen-Nürnberg, Prozessmaschinen und Anlagentechnik;* [b] *Gardner Denver Deutschland GmbH*

Seitenkanalgebläse finden in vielen Bereichen der Industrie, die Anforderungen an große Volumenströme bei gleichzeitig hohen Druckdifferenzen fordern, ihren Einsatz. Die Bewusstseinssteigerung der letzten Jahre zur Lärmminderung führt dazu, dass auch diese Art der Turbomaschinen hinsichtlich ihrer Schallabstrahlung optimiert werden sollen.
Um den Einfluss zwischen der direkten Schallabstrahlung aus der Strömung und der Schallabstrahlung durch strömungsinduzierten Körperschall zu trennen, wurde ein Versuchsstand konzipiert, der eine mechanische Anregung im Bereich des Unterbrechers erlaubt. Ziel der Untersuchungen war es, das Antwortverhalten des Seitenkanalverdichters auf unterschiedliche Anregungszustände zu bestimmen. Die Anregung des strömungsinduzierten Körperschalls erfolgt mittels eines Shakers und kann sowohl in Frequenz, Amplitude als auch Richtung variiert werden. Neben den eigentlichen Untersuchungen zum Körperschallverhalten stellt die automatische Erfassung, Regelung und Auswertung der Messgrößen eine weitere Herausforderung dar. Erfasst werden hierbei der Krafteintrag über den Shaker sowie die Strukturschwingung anhand von Beschleunigungssensoren.
Messreihen mit rein radialer sowie rein tangentialer Anregung im Frequenzbereich von 100 Hz bis 10 kHz bei einer diskreten Frequenzschrittweite von 10 Hz erlauben Einblicke in das Körperschallverhalten durch die auf dem Umfang des Seitenkanals gemessenen Oberflächenbeschleunigungen. Weitere Untersuchungen mittels breitbandiger Anregung durch Rauschsignale vertiefen die gewonnenen Erkenntnisse.

Mi. 9:45 Spectrum B Maschinenakustik 2

Anregungsverhalten von Stahl-Kunststoff-Verbundzahnrädern

C. Nitsch[a], B.-R. Höhn[a], K. Stahl[a], H.J. Helml[b] und M. Otto[a]
[a] *FZG TU München;* [b] *Neumayer Tekfor Holding GmbH*

An der Technischen Universität München wird gemeinsam mit der Neumayer Tekfor GmbH ein Projekt zur Untersuchung von Werkstoffverbundzahnrädern durchgeführt. Hierbei handelt es sich um einen Stahl-Kunststoff-Verbund, der durch einen Spritzgussprozess hergestellt wird. Die Verzahnung und der Nabenbereich des Zahnrades werden durch

einen faserverstärkten Kunststoffring voneinander getrennt. Neben einer Beeinflussung des Anregungsverhaltens von Verzahnungen, das sich auf das Geräuschverhalten auswirkt, ist eine Reduzierung des Bauteilgewichts möglich. Es wurde ein Konzept für ein Verbundrad entwickelt und ein Verbund für nachfolgende Versuche an einem Dynamikprüfstand ausgelegt. Nach einer theoretischen Betrachtung werden die Zahnräder hinsichtlich ihres Geräuschverhaltens auf einem modifizierten FZG-Verspannungsprüfstand untersucht. Der Messaufbau zur Ermittlung des Schwingungsverhaltens und damit des Geräuschverhaltens von Verzahnungen wird vorgestellt. Zur Beurteilung des Einflusses der Verbundstruktur auf das Anregungsverhalten werden die Verbundzahnräder mit einem konventionellen Stahlzahnrad verglichen. Am Beispiel einiger Messungen wird der Einfluss der Verbundstruktur auf die Anregung in Antrieben gezeigt.

Mi. 10:10 Spectrum B Maschinenakustik 2

Schwingungserregung in elliptisch verformten Wälzlagern

A. Skowronek[a], S. Kuhl[b], J. Bös[a] und H. Hanselka[a,c]

[a] *TU Darmstadt, Systemzuverläss. und Maschinenakustik SzM;* [b] *TU Darmstadt, Fachgebiet SzM (eh. Mitarbeiter);* [c] *Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt*

Wälzlager spielen häufig eine bedeutende Rolle für das akustische Verhalten von Maschinen und Anlagen, zum einen als Übertragungsglied zwischen Welle und Gehäuse, zum anderen als Geräuschquelle selbst. Ihre Beanspruchung und ihr Schwingungsverhalten wurden vor allem unter dem Aspekt der Lebensdauer bzw. Maschinendiagnose vielfach beschrieben. Obwohl die Berechnung der Auswirkungen von Faktoren wie z. B. Oberflächenrauhigkeiten weiterhin eine Herausforderung darstellt, kann heute durchaus vorhergesagt werden, wie sich typische Lagerfehler akustisch auswirken und mittels Auswertealgorithmen identifiziert werden können. Die Modelle zur Berechnung der Kräfte und Verformungen innerhalb der Wälzlager gehen in der Regel davon aus, dass sich die Lagerringe nicht verformen, so dass z. B. eine bestimmte radiale Lastverteilung der Wälzkörper angenommen werden kann. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung der Schwingungserregung in Wälzlagern, wie sie in Spannungswellengetrieben zum Einsatz kommen. Bei diesen Umlaufrädergetrieben wird der Lageraußenring kontinuierlich mit einer umlaufenden elliptischen Verformung beaufschlagt, was zu einer völlig anderen Belastung der Wälzkörper als bei unverformten Lagern führt. Ein Zeitbereichsmodell zur Berechnung der Kräfte und Verformungen innerhalb dieser Lager wird vorgestellt. Dieses berücksichtigt Nichtlinearitäten infolge von Hertzscher Flächenpressung sowie infolge von Kontaktbedingungen zwischen den Wälzkörpern und den Laufbahnen.

Sitzung „Raumakustik 1“

Mi. 14:00 Spectrum B Raumakustik 1

Schallfelduntersuchungen in einer Glaskabine

S. Goossens[a], J. Hör[a] und N. Ljubic[b]
[a] *IRT GmbH, München;* [b] *Hochschule München*

In der Bürogestaltung sind optisch transparente Glaskabinen sehr beliebt. An einem konkreten Beispiel konnte das Schallfeld in einer Glaskabine näher untersucht werden. Sie bestand aus 3 Glaswänden in Aluminiumprofilen (inkl. einer Glastür) und einer nicht transparenten Vollwand (Spanplatten mit Melaminharz beschichtet). Die Decke ist Schall absorbierend ausgeführt. Die Abmessungen der Kabine betrugen 3 m * 3,3 m * 2,4 m (LxBxH). Innerhalb der Glaskabine bildete sich trotz absorbierender Decke und Teppichboden zwischen den Glasflächen ein ungewöhnliches Schallfeld aus. Die eingebrachte Schallenergie wird im Wesentlichen zwischen den reflektierenden Wänden hin- und hergeworfen, während die an Decke und Boden vorhandene Absorption den Schall kaum bedämpft. Es zeigte sich, dass eine Streuung der Schallausbreitung zwischen den Wänden erfolgen muss, um z.B. der in der Decke vorhandenen Absorption zur Geltung zu verhelfen. Durch fünf geschickt an den Glaswänden angebrachte transparente Streukörper konnte die akustische Situation innerhalb der Glaskabine verbessert werden.

Mi. 14:25 Spectrum B Raumakustik 1

Akustische Eignung des Innenhofs der Villa Imperiale Nuova (Pesaro, Italien) als Hoftheater: Hörsamkeit, Sprachverständlichkeit und Vitruvsche Gefäße

K.-H. Lorenz-Kierakiewitz[a], J.P. Fricke[b], D. Buggert[c] und J. Pieper[c]
[a] *Peutz Consult GmbH;* [b] *Musikwissenschaftliches Institut der Universität zu Köln;* [c] *Lehrstuhl für Baugeschichte, RWTH Aachen*

Im Juni 2009 veranstaltete der Lehrstuhl für Baugeschichte der RWTH Aachen in der Villa Imperiale (Pesaro, Italien) ein Kolloquium zur Nutzung des Hofes der Villa Imperiale Nuova als Theaterspielstätte. In interdisziplinärer Zusammenarbeit wurde der Innenhof mit den Methoden der Architektur- und Theatergeschichte und der Akustik als Ort für Theateraufführungen untersucht. Hierzu wurden sowohl praktische Experimente in Form von Sprechtheater- und Musikdarbietungen als auch akustische Messungen zur Bestimmung von Hörsamkeit und Sprachverständlichkeit durchgeführt. Mit der messtechnischen Untersuchung wurde der Frage nachgegangen, inwieweit die raumakustischen Eigenschaften des Innenhofs mit seiner angekoppelten biapsidialen Aula die Hörsamkeit und Eignung des Hofes für Darbietungen in Form von Theateraufführungen und Kammermusikkonzerten bestätigen können (Sprachverständlichkeit, Nachhallzeit und Schallreflexionsstruktur der Raumimpulsantworten). Zudem wurde die akustische Wirkung kleiner schachtartiger Räume untersucht, die sich in den Ecktürmen des Hofes befinden und

über kleine Schall- bzw. Lichtöffnungen an den Hof angeschlossen sind. Die zur Anwendung gekommenen Messverfahren, die Durchführung, Auswertung und Ergebnisse der Messungen sollen hier dokumentiert werden. Als Resultat wird eine Bewertung der Hörsamkeit und Sprachverständlichkeit des Innenhofs der Villa Imperiale vorgenommen und die Frage diskutiert, ob es sich bei den Hohlkörpern in den Ecktürmen um Vitruvsche Gefäße handelt, deren akustische Wirkung von den damaligen Schauspielern genutzt werden konnte.

Mi. 14:50 Spectrum B Raumakustik 1

Beispiel Villa Imperiale (Pesaro, Italien): Interdisziplinäre Betrachtung eines Hoftheaters der Renaissance

D. Buggert[a], J. Pieper[a], J.P. Fricke[b] und K.-H. Lorenz-Kierakiewitz[c]
[a] *Lehrstuhl für Baugeschichte, RWTH Aachen;* [b] *Musikwissenschaftliches Institut der Universität zu Köln;* [c] *Peutz Consult GmbH*

Das Verständnis der historischen Entwicklung des neuzeitlichen Theaters wird mehrheitlich von der Entwicklung des Bühnenapparates und dessen perspektivischen bzw. spielpraktischen Möglichkeiten abgeleitet, während die Akustik in der Betrachtung eine untergeordnete Rolle spielt. Dies liegt zum einen daran, dass außer den oftmals diskutierten Vitruvschen Schallgefäßen in den zeitgenössischen Architekturtraktaten keine Aussagen zur Wechselwirkung zwischen Raum und Klang getroffen werden und diese Disziplin scheinbar keine Rolle gespielt hat. Zum anderen sind nur wenige Theaterbauten aus der formativen Phase des Bautyps im 16. Jh. erhalten, die eine akustische Untersuchung möglich machen. Mit den umfassenden architekturhistorischen Forschungen zur Villa Imperiale ist es gelungen, die Theaternutzung des Hofes der Villa mit seinem ausgeklügelten Gangsystem nachzuweisen. Auf dieser Grundlage konnten im bis heute nahezu unveränderten Gebäude die Positionen von Sprechern und Zuschauern in praktischen Experimenten und akustischen Messungen untersucht werden. Im Ergebnis der interdisziplinären Betrachtung wird deutlich, dass der Hof bespielbar ist und auch den akustischen Anforderungen einer Spielstätte gerecht wird. Es kann also angenommen werden, dass es sehr wohl Faustregeln zur Dimensionierung von Theaterbauten gegeben hat, die auch klangliche Eigenschaften der Räume berücksichtigt haben. Zur Klärung dieser Frage bedarf es weiterer interdisziplinärer Arbeit an weiteren Gebäuden.

Mi. 15:15 Spectrum B Raumakustik 1

Bühnen- und Orchestergrabenakustik Opernhäuser

M. Lautenbach[a] und K.-H. Lorenz-Kierakiewitz[b]
[a] *Peutz bv;* [b] *Peutz Consult GmbH*

Musiker und Sänger müssen in Opernhäusern unter akustisch erschwerten Randbedingungen zusammenarbeiten. Aus raumakustischer und inszenierungstechnischer Sicht bezüglich Klangentwicklung und Balance zwischen Sängern und Orchester ergibt sich ein Orchestergraben als traditionelles und logisches Element eines Opernhauses. Der

”unterirdische” Platz im Orchestergraben ist für die Balance zwischen Orchester und Sängern vorteilhaft. Insbesondere für große Opernbesetzungen ermöglicht dies, die Klangfülle eines vollständigen Orchesters (ca. 100 Musikern) zu erreichen, ohne dass die Sänger akustisch im Hintergrund verschwinden. Dies kann vor allem durch einen Orchestergraben erreicht werden, welcher zum Saal nur teilweise geöffnet ist, mit Bayreuth als extremen Vorbild. Für Musiker ist es eine Herausforderung, unter diesen Bedingungen zu arbeiten und insbesondere zusammenzuarbeiten: Musiker und Sänger haben meist keine direkte Sichtverbindung untereinander, im Orchestergraben ist es oft ziemlich bis sehr laut und die Sänger stehen meist in einem schallabsorbierenden Bühnenbild und Vorhängen. In diesem Beitrag wird versucht, die noch zu Verfügung stehenden Übertragungswege zwischen Musikern und Sängern zu definieren und akustisch zu bewerten. Diese Untersuchungen basieren auf Literaturrecherchen und raumakustischen Messungen in der Staatsoper Berlin, Festspielhaus Bayreuth, Deutschen Oper am Rhein Düsseldorf und Oper Köln. Dazu geben Untersuchungen an Maßstabmodellen weitere Informationen, welche Modifikationen möglich sind, um die Übertragung zwischen Musiker und Sängern zu verbessern.

Mi. 15:40 Spectrum B Raumakustik 1

Das neue Proben- und Konzertsaalgebäude der Musikhochschule Dresden

M. Espig

Müller-BBM GmbH

Das 2008 fertiggestellte Proben- und Konzertsaalgebäude für die Hochschule für Musik ”Carl Maria von Weber” in Dresden stellt nicht nur ein architektonisches Highlight in Dresden dar, sondern erfüllt auch hohe bau- und raumakustische Ansprüche. Neben 30 neuen Einzel-Überäumen, szenischem Probensaal, Bibliothek und Bewegungsraum stellt der Proben- und Konzertsaal für bis zu 450 Zuhörer das Herzstück des Gebäudes dar. Ausgehend von den städtebaulich vorgegebenen Randbedingungen und dem Zuschnitt des Baugrundstücks wurde von den Architekten ein Saalgebäude entworfen, das Elemente des klassischen Rechtecksaals mit denen der freien Saalform vorteilhaft kombiniert. Zur Anpassung der raumakustischen Eigenschaften stehen der Musikhochschule variable Schallabsorptionsflächen im Wandbereich und am Orchesterpodium zur Verfügung. Der Vortrag beleuchtet ausgewählte Schwerpunkte der bau- und raumakustischen Planungen, ausgehend von den Entwürfen der Gewinner des Architekturwettbewerbs über alle Planungsphasen hinweg bis hin zur baubegleitenden Überwachung und Objektübergabe an den Nutzer.

Mi. 16:30 Spectrum B Raumakustik 1

Empirische Fallstudie zum Einfluss der Konzertsaalakustik auf die musikalische Interpretation

Z. Schärer und S. Weinzierl
TU Berlin, Fachgebiet Audiokommunikation

Bei musikalischen Aufführungen hat der umgebende Raum großen Einfluss auf das Klanggeschehen und bestimmt nicht nur das Hörerlebnis des Publikums sondern auch das des Interpreten. Die somit naheliegende und von Musikern und Theoretikern vielfach beschriebene Anpassung der Spielweise an die Konzertsaalakustik wurde erstmals in einer empirischen Studie unter realen Konzertbedingungen untersucht.
Der französische Cellist Jean-Guihen Queyras wurde bei sieben Aufführungen der Suiten für Violoncello solo von J. S. Bach in akustisch sehr unterschiedlichen Konzertsälen aufgenommen. Mittels einer softwarebasierten Analyse wurden anschließend die Interpretationsparameter Tempo, Lautheit und Klangfarbe aus den Aufnahmen extrahiert. Um die akustischen Eigenschaften der Konzerträume zu ermitteln, wurden im unbesetzten Zustand auf den Bühnen und in den Auditorien Messungen nach ISO 3382 durchgeführt und typische akustische Kriterien wie EDT, T_{20}, C_{80}, G sowie die Bühnenmaße ST_{early} und ST_{late} berechnet. Zusätzlich wurden Computermodelle der sieben Konzertsäle erstellt und basierend auf den realen Messdaten validiert. In den Modellen konnten die akustischen Bedingungen während der Konzerte mit der Richtcharakteristik eines Cellos und für den besetzten Zustand der Auditorien simuliert werden.
Anhand der extrahierten Interpretationsparameter und der akustischen Messdaten konnte der konkrete Zusammenhang zwischen Raumakustik und musikalischer Interpretation im Detail untersucht werden.

Mi. 16:55 Spectrum B Raumakustik 1

Planung und Anpassung von professionell angebotenen Konzertzimmer-Konstruktionen für vorhandene Theaterbauten

T. Behrens und W. Ahnert
ADA Acoustics & Media Consultants GmbH

Theater benötigen zur Darbietung von sinfonischen Konzerten eine Einhausung des Orchesters, um das große Bühnenhausvolumen abzukoppeln. Ziel ist es dabei, den Musikern das Untereinanderhören zu sichern und dem Zuhörer ein akzeptables konzertantes Klangerlebnis zu bieten. Dazu sind Konzertzimmer erforderlich. Bei der Planung steht dessen Reflexionsverhalten im Vordergrund, wozu neben optimierter Materialität die Primär- und Sekundärstruktur und auch das optische Erscheinungsbild optimal an den Bestand im Bühnen- und Zuschauerhaus angepasst werden muss, was gerade bei älteren Häusern spezielle Anforderungen mit sich bringt. Neben der Primärstruktur (Höhe und Neigung der Plafonds und die Öffnungswinkel der Seitenwände) und Sekundärstruktur (z.B. gefaltete oder konvexe Teilflächen) sind auch die Ankopplung

an das Portal, die Anpassung der Plafonds an bestehende Züge, die Lagersituation sowie Auf- und Abbauzeiten von Bedeutung. Die am Beispiel des Mecklenburgischen Staatstheaters Schwerin und Anhaltischen Theaters Dessau gemachten Erfahrungen werden im Vortrag geschildert.

Mi. 17:20 Spectrum B Raumakustik 1

Primäre und sekundäre Einflüsse von Lautsprecher-Richtcharakteristiken auf die raumakustische Messunsicherheit

I. Witew, T. Knüttel und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

In einer laufenden Untersuchung zur Unsicherheit raumakustischer Messungen wird versucht, den Einfluss der Richtcharakteristik von Messlautsprechern zu bestimmen. Mit diesem Ziel ist ein Modell entwickelt worden, welches auf der Basis eines Ansatzes aus der statistischen Raumakustik eine Prognose der zu erwartenden Messunsicherheit ermöglicht. Neben Lautsprechereigenschaften wurden auch Kenngrößen zur Messumgebung, wie etwa der Raumgröße, der Nachhallzeit des Raumes und der schallstreuenden Eigenschaften der Wände als Modell-Eingangsgrößen identifiziert und verwendet. In diesem Beitrag wird über umfangreiche Messreihen und deren Ergebnisse berichtet, die zur Validation des Modells durchgeführt wurden. Da die Messreihen einen möglichst großen Wertebereich der vorhergesagten Modell-Eingangsgrößen umfassen sollten, sind die Messungen im Modellmaßstab in einem Hallraum durchgeführt wurden. Durch das Einbringen von Trennwänden sowie von Absorptions- und Streu-Materialien konnten alle Eingangsgrößen kontrolliert variiert werden. Die Signifikanz der verschiedenen Eingangsgrößen auf die Messunsicherheit wird diskutiert.

Mi. 17:45 Spectrum B Raumakustik 1

Günstige Raumbedämpfung und Sprachverständlichkeit für Schulen und Kindergärten

W. Teuber[a] und S.A. Fischer[b]
[a] *Institut für Akustik und Bauphysik Oberursel;*
[b] *www.Modern-Life-Design.com*

Niedrige Nachhallzeiten und die Vermeidung störender Reflexionen sollten seit Herausgabe und Bekanntwerden der DIN 18041:2004 für Klassenzimmer der Schulen und Gruppenräume von Kindergärten eine Selbstverständlichkeit sein. In der Praxis sind durch den mit der Beratung beauftragten Akustiker weiterhin Begründungen und Rechtfertigungen ausreichend dimensionierter Absorberflächen sowie Vermeidung störender Schallreflexionen zu liefern. Hinzu kommt die Befürchtung einer Raumüberbedämpfung. Die Autoren zeigen Resultate weiterer Untersuchungen, anknüpfend an Veröffentlichungen während der DAGA 2010. Reflexionen in Klassen- oder Gruppenräumen werden anhand ihrer Pegel bis 30 ms und danach beurteilt. Messungen beziehen

sich auch auf erste, kurzzeitige Reflexionen, welche in stark bedämpften Räumen, z. B. Tonstudios, zu störenden Klangfärbungen führen können. Hier stellt sich auch die Frage nach möglichen Einflüssen auf die Sprachverständlichkeit und Konsequenzen, welche sich für die akustische Gestaltung des Raumes ergeben.

Mi. 18:10 Spectrum B Raumakustik 1

Raumakustische Anforderungen moderner Lernlandschaften

H. Brokmann[a] und C. Campbell[b]
[a] *Ecophon Deutschland;* [b] *Saint-Gobain Ecophon AB*

Die Forderungen nach modernen pädagogischen Methoden in Schulen sind nicht mehr wegzudenken: Weg vom Frontalunterricht, hin zu selbstorganisierten und meistens auf Gruppenarbeit basierenden Lernformen (*z. B. AEG Oettingen, BS Witzenhausen*). Dies führt zu neuartigen Schul- und Raumplanungskonzepten und zu erhöhten Anforderungen an die Raumakustik.

Vor allem die akustische Arbeitsumgebung - besonders schlechte Sprachverständlichkeit, zu hohe Geräuschpegel und unkontrollierte Schallausbreitung - beeinträchtigen das Lehren und Lernen in hohem Maße (*B. Shield et al. EIAS 2011*). Es ist nachgewiesen, dass vielen Schulkindern einfach die akustisch-ergonomischen Vorraussetzungen für den Lernerfolg fehlen. Dies ist häufig ein Gradmesser, ob offene Lernbereiche funktionieren oder nicht.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Raumakustik (Poster)

A Calculation Model for Anisotropic Reverberation with Specular and Diffuse Reflections

S. Drechsler und U.M. Stephenson
HafenCity Universität Hamburg

The assumption of a diffuse sound field used in the derivation of Sabine's and Eyring's formulas is partitioned in fact into two assumptions: First, the sound field is homogenous, and second it is isotropic. In many real situations with an irregular distribution of absorbers and with geometric instead of diffuse reflections the preconditions for that are not fulfilled. The reverberation time depends also on the distribution of the absorption coefficients and of the scattering coefficients of the surfaces, an effect hardly computed up to now - except by expensive numerical models. So, an analytical model was aimed at where the first assumption (homogeneity) is retained but the second (isotropy) is dropped. A number of solid angle ranges are specified. Among these an energy interchange by partially diffusely reflecting surfaces is modeled. This leads to a system of linear differential equations for the sound energy in these quantized directions. In this model the reverberation time is also a direct function of the scattering coefficients. Also the surface orientations are taken into account and flutter echoes can be detected with this approach.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Raumakustik (Poster)

Der Einfluss einer Trennwand zwischen Arbeitstationen in einem Großraumbüro

I. Schmich[a], C. Rougier[a], P. Jean[a] und P. Chevret[b]
[a] *CSTB, St. Martin d'Hères (F);* [b] *INRS, Vandoeuvre Les Nancy (F)*

In Großraumbüros wird die Raumakustik durch mehrere Lösungen verbessert. Eine davon besteht aus dem Einfügen einer kleinen absorptiven Trennwand zwischen zwei gegenüberliegenden Arbeitstationen. Die Trennwand kann verschieden hoch sein. Es ist heute schwierig die exakte Effizienz einer solchen Installation vorherzusagen. Ein typischer Fall wurde modelliert und verschiedene Höhen der Trennwand durch Simulationen untersucht. Zwei Simulationsmethoden wurden verglichen: Die erste (ICARE Software vom CSTB entwickelt) benutzt asymptotische Methoden und beruht auf Strahlenverfolgung und enthält Kantenbeugung. Die zweite (Micado 3D Software vom CSTB entwickelt) benutzt ein Randelementenverfahren bei dem die Green-Funktion durch eine Spiegelschallquellenmethode optimiert wird. Die Simulationsergebnisse ermöglichen das Einfügungsdämpfungsmaß der Trennwand zu visualisieren und die effiziente Höhe für eine Abschirmung zwischen Arbeitsstationen zu bestimmen. Am Ende werden die Simulationsergebnisse mit Ergebnissen einer Messkampagne in einem halb-schalltoten Raum vom INRS verglichen.

Sitzung „Bauakustik 2“

Mi. 8:30 Spectrum C Bauakustik 2

Schallschutznachweis für zweischalige massive Haustrennwände

M. Schneider und H.-M. Fischer
Hochschule für Technik Stuttgart

Bei Einfamilien-Doppel- und Reihenhäusern sind zum Erreichen eines hohen Schallschutzes zweischalige Haustrennwände aus massivem Mauerwerk Standard. Die Schalldämmung dieser Wände wird im baurechtlich geforderten Schallschutznachweis derzeit noch sehr pauschal nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 für eine vorgegebene Ausführung der Trennfuge aus der flächenbezogenen Masse der beiden Schalen berechnet. Die flankierende Übertragung z.B. über eine Kopplung im Fundamentbereich wird bislang rechnerisch nur sehr pauschal berücksichtig. In diesem Vortrag wird ein auf Einzahlangaben basierendes Berechnungsmodell zur Vorherberechnung der Schalldämmung von zweischaligen massiven Trennwänden unter Berücksichtigung der flankierenden Übertragung vorgestellt. Die Berechnung der resultierenden Schalldämmung erfolgt dabei in Anlehnung an die DIN EN 12354-1 aus der direkten Übertragung des trennenden zweischaligen Massivbauteils und

der Flankenübertragung auf den zu berücksichtigenden Schallübertragungswegen. Es werden Berechnungsansätze zur Berechnung der flankierenden Übertragung z.B. über Koppelungsstellen im Fundamentbereich aufgezeigt und mit Messergebnissen an zweischaligen Haustrennwänden am Bau verglichen.

Mi. 8:55 Spectrum C Bauakustik 2

Raum-in-Raum-Lösung mit Stahlleichtbausystem

J. Seidel[a], C. Burkhart[b] und M. Wolf[b]
[a] *Knauf Gips KG;* [b] *Akustikbüro Schwartzenberger und Burkhart*

Raum-in-Raum-Konstruktionen werden eingesetzt um extreme Anforderungen an den Schallschutz in Neubau und Sanierung zu erfüllen. Dabei wird in einem vorhandenen Raum eine zweite entkoppelte Raumhülle aufgebaut. In dem Vortrag wird exemplarisch am Fall eines Clubs mit Musikbeschallung und darüber liegenden Wohnräumen eine Trockenbaulösung vorgestellt. In Stahlleichtbauweise wurde eine frei tragende biegeweiche innere Raumhülle realisiert. Durch den berührungslosen Aufbau wurde die Auslegung wesentlich vereinfacht und unkalkulierbare Schallbrücken vermieden. Mit dem verwendeten Stahlleichtbausystem entfallen individuelle Nachweise der Statik. Die akustische Planung beschränkt sich auf die Steuerung der Resonanzfrequenz der Rund-um-Vorsatzschale mit Hohlraumtiefe und flächenbezogener Masse der Beplankung. Mit speziellen Gipskartonplatten wurde eine flächenbezogene Masse von über 50 kg/m^2 und eine Resonanzfrequenz deutlich unter 20 Hz realisiert. Im betrachteten Bauvorhaben wurde so nicht nur ein bewertetes Schalldämm-Maß von 88 dB erzielt, sondern vor allem auch erreicht, dass die Beschallung des Clubs uneingeschränkt möglich ist.

Mi. 9:20 Spectrum C Bauakustik 2

Akustische Wirksamkeit multifunktionaler Deckenelemente aus textilbewehrten Betonverbunden

M. Dannemann[a], W. Hufenbach[a], S. Friebe[a], T. Engler[b] und A. Brückner[c]
[a] *TU Dresden, Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik;* [b] *TU Dresden, Institut für Textilmaschinen;* [c] *TU Dresden, Institut für Massivbau*

Die hohen baulichen Anforderungen insbesondere hinsichtlich Brandschutz und Raumakustik werden derzeit meist durch Montage separater Unterdecken erfüllt. Ein Beispiel hierfür sind Unterdecken mit Gipskern, die aus Feuerschutz- und Akustikplatten zusammengesetzt sind. Der hier vorgestellte neuartige Materialverbund aus textilbewehrtem Beton und haufwerksporigem Leichtbeton vereint beide Funktionen (Brandschutz und Raumakustik) in einem Fertigteilelement.

Bei der Konzeption eines solchen Elementes stand neben einer guten Wärmedämmung und Schallabsorption auch die sinnvolle statische Nutzung des Materialverbundes im Vordergrund. Der offenporige Leichtbeton dient dazu den Temperaturanstieg in der tragenden Textilbetonschicht zu reduzieren und die Schallabsorption zu verbessern. Der favorisierte Elemententwurf weist einen S-förmigen Querschnitt auf, der als Kragarm montiert wird. Die zusammengefügten Elemente bilden Luftkammern, die zusätzlich zu den Poren im Leichtbeton den Wärme- und Schalldämmwert der Decke weiter erhöhen.
Die akustischen Eigenschaften des Materialverbundes wurden für verschiedene Leichtbetonrezepturen durch Messungen des Schallabsorptionsgrades im Impedanzrohr sowie des Schallabsorptionsgrades und Schalldämmmaßes im Hallraum charakterisiert. Dabei konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz des offenporigen Leichtbetons der Absorptionsgrad erheblich gesteigert werden kann. Die Art der Leichtzuschläge (z.B. Blähglas, Blähton oder Blähschiefer) ist hingegen von untergeordneter Bedeutung.

Mi. 9:45 Spectrum C Bauakustik 2

Prognose der Trittschallübertragung von entkoppelten Massivtreppen

J. Scheck[a], H.-M. Fischer[a], E. Taskan[a] und C. Fichtel[b]
[a] *Hochschule für Technik Stuttgart;* [b] *STEP GmbH*

Um Anforderungen an die Trittschalldämmung gerecht zu werden, werden Massivtreppen vom Gebäude entkoppelt. Dies erfolgt durch die entkoppelte Auflagerung von Treppenpodesten auf Wänden oder von Treppenläufen auf Podesten und Decken. Bislang gibt es kein genormtes Prüfverfahren zur schalltechnischen Kennzeichnung der Entkopplungselemente, ein zuverlässiges Prognoseverfahren ist weder in der nationalen noch in der internationalen Normung verfügbar. Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden die maßgeblichen Einflüsse auf die Trittschallübertragung im Prüfstand und am Bau untersucht. Basierend darauf wurde ein Vorschlag für die schalltechnische Kennzeichnung von Entkopplungselementen im Prüfstand gemacht und ein EN ISO 12354 kompatibles Prognoseverfahren vorgestellt. Der Beitrag fasst die Ergebnisse des Forschungsprojektes zusammen.

Mi. 10:10 Spectrum C Bauakustik 2

Geräusche von Aufzugsanlagen

V. Schmidt
Taubert und Ruhe GmbH

Der Aufzug als Geräuschquelle ist recht unbekannt. Bei den nach DIN 4109 definierten ”Sonstigen haustechnischen Anlagen” stellt er das komplexeste System dar. Häufig nähert man sich dem Schallschutz mit baulichen Maßnahmen am Aufzugsschacht. Wirksame Maßnahmen

zum Körperschallschutz an der Quelle sind wünschenswert. Ein Hersteller von Aufzugs-Zubehör hat ein körperschallentkoppelndes Befestigungselement für die Führungsschienen entwickelt. Neben der Betriebssicherheit sollten auch die akustischen Eigenschaften geprüft werden. In Zusammenarbeit mit einem großen Aufzughersteller waren vergleichende Messungen an einem funktionsfertigen Aufzug möglich. Zunächst wurden vergleichende Luftschallpegelmessungen in Anlehnung an DIN EN ISO 10052 und DIN 4109-11 in einem Gebäude ausgeführt. Für die Bestimmung der Wirksamkeit der Befestigungselemente wurde die Aufzugsanlage zwischendurch von starrer auf entkoppelte Befestigung umgebaut und in einem dritten Durchgang nochmals nachjustiert. Die Messungen erfolgten sowohl im Erdgeschoss als auch im 3. Obergeschoss, um den Einfluss verschiedener Geräuschquellen beschreiben zu können. Die Türbewegungen wurden stillgelegt, so dass ausschließlich die Fahrgeräusche gemessen wurden. Neben der Wirksamkeit der Dämmelemente konnten aus den Messungen weitere Interpretationen zu Aufzuggeräuschen abgeleitet werden. Über die Erkenntnisse aus der Praxis wird berichtet.

Mi. 14:00 Spectrum C Bauakustik 2

Schalldämmung von Fensterläden

R. Liegl und A. Hackl
Möhler + Partner Ingenieure AG

Entgegen allen Bemühungen zur Lärmminderung verbleiben innerhalb und ausserhalb unserer Städte viele Bereiche, in denen die Aussenlärmbelastung Schallschutzmaßnahmen an Gebäuden erforderlich macht. Insbesondere an Eisenbahnstrecken besteht dabei typischerweise zwischen der Höhe der Beurteilungspegel Tag und Nacht nur eine geringe Differenz mit der Folge, dass die Lärmbelastung in Wohngebieten tagsüber durchaus verträglich sein kann, während in der Nachtzeit die einschlägigen Planungszielwerte erheblich verfehlt werden. Auf diese Beeinträchtigungen wird üblicherweise mit dem Einbau von Schallschutzfenstern und einer schallgedämmten Wohnraumlüftung reagiert, womit jedoch eine unvermeidliche Abkapselung gegenüber der Umgebung verbunden ist. Es wäre deshalb in vielen Situationen vorteilhaft, ein vergleichsweise einfaches und kostengünstiges Element zur Verfügung zu haben, das durch eine Schalldämmwirkung von größenordnungsmäßig 10 dB ein Kippen der Fenster ermöglicht, ohne den Schallschutz in Schlafräumen übermäßig zu beeinträchtigen. Vor diesem Hintergrund wurde gemeinsam mit einem Hersteller aus dem Bereich des Fenster- und Fassadenbaus ein Schallschutz-Schiebeladen konzipiert und erprobt, der sich durch eine hohe Praxistauglichkeit auszeichnet. Ausgehend von Betrachtungen zu den grundsätzlichen geometrischen und akustischen Anforderungen werden die Konstruktion und die Daten von Schallmessungen am Bau vorgestellt.

Mi. 14:25 Spectrum C Bauakustik 2

Messung und Beurteilung von tieffrequenten Geräuschen durch technische Anlagen in der bauakustischen Praxis

K.M. Weidlich, R. Kurz und D. Groß
Kurz und Fischer GmbH

In Zeiten steigender Energiepreise und knapper werdender Ressourcen sind erneuerbare Energiequellen und deren Erzeuger auf dem Vormarsch. Dadurch nimmt der Einsatz von Wärmepumpen, Mini-BHKWs und RLT-Anlagen in Wohngebäuden und innerhalb von Wohngebieten stetig zu. Während derartige Anlagen früher vorwiegend bei Bürogebäuden und Fabrikhallen eingesetzt wurden, werden sie heute z. T. in sehr geringem Abstand zu Wohngebäuden aufgestellt. Das birgt ein erhebliches Konfliktpotenzial, zumal gerade Verdichter von Wärmepumpen mit niedrigen Drehzahlen arbeiten, bei welchen tieffrequente Geräuschemissionen ($<$ 100 Hz), meist mit deutlich markanter Spitze in einem Terzband, entstehen. In diesem tiefen Frequenzbereich ist die Schalldämmung von Fenstern, aber auch vieler massiver Bauteile sehr gering. In diesem Beitrag soll der Umgang mit tieffrequenten Geräuschanteilen dieser Geräuschquellen an Beispielen aus der Praxis veranschaulicht werden und mögliche Lösungsansätze aufgezeigt werden. Hierbei steht u. a. auch die Beurteilung von tieffrequenten Geräuschanteilen nach DIN 45680, Ausgabe 1997 und Entwurf 2011, im Mittelpunkt.

Mi. 14:50 Spectrum C Bauakustik 2

Charakterisierung der Anregekraft des menschlichen Gehers für Trittschallmessungen

P. Becker, U. Schanda und R. Völtl
Hochschule Rosenheim

Der gehende Mensch stellt im Wohnungsbau, vor allem im Fall von leichten Deckenkonstruktionen, eine bedeutende Körperschall- und Schwingungsquelle dar. Zur vergleichenden Untersuchung tieffrequenter Schallübertragung und Bauteilschwingungen sollen daher die vom gehenden Menschen induzierten Kräfte als Anregekraft dienen. Zu diesem Zweck wurden die Kraft-Zeit-Verläufe der Gehbewegung soweit charakterisiert, dass Aussagen über die Einflüsse verschiedener Parameter wie Schrittfrequenz, Personengewicht und Schuhwerk auf die Quellkräfte im relevanten Frequenzbereich bis 100 Hz gemacht werden können. Mittels eines begehbaren Podests mit einer eingelassenen, auf einem Kraftaufnehmer gelagerten, Auftrittsfläche wurden die Kraft-Zeitverläufe verschiedener Geher bei variierender Frequenz und verschiedenem Schuhwerk aufgezeichnet und ausgewertet. Ziel der Untersuchungen ist die Verringerung personenbezogener, individueller Varianzen der Anregekräfte zur besseren Vergleichbarkeit zwischen Labormessungen.

Mi. 15:15 Spectrum C Bauakustik 2

Prognose von sekundärem Luftschall bei leichten Geschossdeckensystemen mit Integraltransformationsmethoden

M. Kohrmann[a], M. Buchschmid[a], R. Völtl[b], G. Müller[a] und U. Schanda[b]
[a] *Lehrstuhl für Baumechanik, TU München;* [b] *Hochschule Rosenheim*

Mehrgeschossige Bauten werden zunehmend mit Hilfe von Holzkonstruktionen realisiert. Als Gründe hierfür sind die mit Neuerungen in den Bauweisen verbundenen wirtschaftlichen Konstruktionen ebenso zu nennen wie veränderte Regelungen im Brandschutz und die Notwendigkeit nachhaltiger Baukonzepte. Nach vibroakustischen Gesichtspunkten stellen leichte Deckenkonstruktionen, insbesondere Decken in Holzbauweise, aufgrund der Anregbarkeit durch Fußgänger, der Trittschallproblematik und des abgestrahlten sekundären Luftschalls bei Körperschallanregung, besonders im niedrigen Frequenzbereich (unter 100 Hz) eine Herausforderung dar. Als konstruktive Maßnahmen werden Schwingungstilger, abgehängte Decken und schwimmende Estriche eingesetzt. Für deren Auslegung werden Modelle benötigt, welche die Sensitivität der strukturellen Schwingungen und des Abtrahlverhaltens bezüglich der Geometrie- und Materialparameter abbilden.
In diesem Beitrag wird der sekundäre Luftschall mit einer Kombination von numerischen und analytischen Verfahren prognostiziert. Das System aus Geschossdecke und abgehängter Decke wird in einem Finite Elemente Modell abgebildet um sowohl das orthotrope Materialverhalten als auch realistische Randbedingungen und Anregungen berücksichtigen zu können. Für die Prognose der abgestrahlten Leistung wird die ermittelte Schnelleverteilung auf der abgehängten Decke mit der Fourier-Transformation für jede Anregefrequenz vom Ortsbereich in den Wellenzahlbereich transformiert und als Randbedingung für die Helmholtzgleichung angesetzt. Die Eigenschaften der Fourier-Transformation erlauben eine sehr effiziente Ermittlung der abgestrahlten Leistung. Abschließend wird das Verfahren mit Hilfe von Messungen validiert.

Mi. 15:40 Spectrum C Bauakustik 2

Maßstab des Schallschutzes im Hochbau

G. Hilz
Müller-BBM GmbH

Die Erfahrung zeigt, dass die bisher entwickelten Stufenmodelle für unterschiedliche schalltechnische Qualitäten sich insbesondere im Wohnungsbau nicht bewährt haben. Auch nach jahrzehntelangem Vorliegen von Stufenmodellen wird anscheinend eher ein ”offener” Maßstab für den Schallschutz gefordert.
Die vorliegenden Stufenmodelle werden aufgezeigt. Die einzelnen Stufen werden anhand von bautechnischen Realisierungsmöglichkeiten betrachtet. Physikalische und gehörmäßig bekannte, sinnvolle Stufungen werden diskutiert. Auf der Basis des Schallschutzes nach DIN 4109 als unteres Ende werden unter Berücksichtigung typischer Raumgrößen im

Mehrfamilienhausbau Maßstäbe für die Kriterien Luftschallschutz, Trittschallschutz und Geräusche aus haustechnischen Anlagen/ der Wasserinstallation erarbeitet und vorgeschlagen. Bekannte Gebäudekategorien und damit verbundene baukonstruktive Merkmale markieren Obergrenzen bzw. Zwischenstufen.
Anhand der schallschutzorientierten, nachhallzeitbezogenen Kenngrößen wird der Zusammenhang mit baubezogenen Dämmungen hergestellt.

Mi. 16:30 Spectrum C Bauakustik 2

Was bringt die Neufassung der ISO 717?
W. Scholl
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
Die internationale Norm ISO 717 hat die Aufgabe, Terz- oder Oktavspektren von Schalldämmwerten zu sogenannten Einzahlwerten zusammenzufassen. Die bestehende Fassung der Norm lässt dabei unterschiedliche Frequenzbereiche, verschiedene Sendegeräuschspektren und zwei prinzipiell unterschiedliche Bewertungsverfahren zu, nämlich den Vergleich des Schalldämmspektrums mit Referenzkurven (z.B. bei Rw) bzw. die Bewertung der Schalldämmung als A-Schallpegel-Differenz vor und hinter dem Bauteil (z.B. Rw + Ctr) bzw. als eine Art A-Schallpegel bei Gehgeräusch-Anregung von Decken (Lnw + CI). Mit dem Auftrag, die ISO 717 zu überarbeiten, sollte auch die bestehende hohe Anzahl von Einzahlwertvarianten reduziert werden. So wurden als neue Einzahlwerte vier Schalldämm-Maße definiert: für Außenlärm, für Wohnlärm innerhalb von Gebäuden, für den Schutz der Vertraulichkeit von Sprache und für den Schutz gegen Trittschall. Neu ist der generelle Einschluss von Frequenzen ab 50 Hz (außer bei der Sprache) sowie die Einführung eines Trittschalldämm-Maßes anstelle des Normtrittschall-Pegels, wodurch Luft- und Trittschall nun völlig analog behandelt werden können. Die neuen Schalldämm-Maße sind so gewählt, dass sie aus bisherigen Messwerten auf einfachste Weise gewonnen werden können, wenn diese die Werte ab 50 Hz enthalten. Wegen der vorgesehenen Änderungen wird die überarbeitete Norm die Nummer ISO 16717 erhalten und in einer Übergangszeit parallel zur alten ISO 717 gelten.

Mi. 16:55 Spectrum C Bauakustik 2

Überarbeitung ISO 717 - R_{living} in der Praxis
W. Rümler und J. Seidel
Knauf Gips KG
Die ISO 717 ”Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen” wird überarbeitet. Die Berücksichtigung der Frequenzen von 50-5000 Hz in den Einzahlwerten soll umgesetzt werden. Für die Berechnung des Einzahlwertes R_{living} wurde A-bewertetes rosa Rauschen als Schallpegelspektrum definiert. Durch das rosa Rauschen als Quasi-Wohnlärmspektrum werden die tiefen Frequenzen für die ”Situation

Wohnen" deutlich überbewertet. Beim Vergleich von sich überkreuzenden Schalldämmkurven sind nur noch die tiefen Frequenzen für den Einzahlwert ausschlaggebend. Die aktuellen Untersuchungen zeigen, dass bei der Definition des Wohnlärmspektrums dringend nachgebessert werden muss. Der Vortrag erläutert, wie sich typische Wohngeräusche, menschliche Sprache und Musik auf die gehörte Schalldämmung auswirken, und wie ein Wohnlärmspektrum definiert werden sollte.

Mi. 17:20 Spectrum C Bauakustik 2

Zur Messung der Schallleistung auf Empfangsplatten

A. Vogel[a], V. Wittstock[b] und O. Kornadt[a]

[a] *Bauhaus-Universität Weimar;* [b] *Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig*

Für die Körperschallquellencharakterisierung mit dem Empfangsplattenverfahren muss die auf der Platte vorliegende Schallleistung richtig bestimmt werden. Üblicherweise wird der für die Leistungsberechnung notwendige Verlustfaktor allein über die Körperschallnachhallzeit bestimmt. In den durchgeführten Untersuchungen wurde ein Gesamtverlustfaktor über den Vergleich von eingespeister und auf der Platte gemessener Leistung ermittelt, eine sogenannte Plattenkalibrierung wurde durchgeführt. Speziell untersucht wurden Effekte an den Bauteilrändern, die hier mit raumakustischen Phänomenen verglichen werden. Dabei wurden die aus der Raumakustik bekannten Waterhouse- und Vorländerkorrekturen auf den Körperschall angewendet, die Ergebnisse werden präsentiert. Als Material für die Empfangsplatten wurden verschiedene Holzwerkstoffe sowie Gips gewählt. Beim Empfangsplattenverfahren wird von einer rein senkrecht einleitenden Kraftkomponente ausgegangen. Was geschieht aber mit der messbaren Körperschalleistung, wenn die Krafteinleitung unter einem anderen Winkel erfolgt? Wie genau ist dann noch das Verfahren bzw. welche Korrekturen werden notwendig? Mit einem Laser-Doppler-Vibrometer wurde die über die Platte verteilte Schnelle gemessen und die Schallleistung in Abhängigkeit vom Krafteinleitungswinkel berechnet.

Mi. 17:45 Spectrum C Bauakustik 2

Typisch Normhammerwerk?

S. Stange-Kölling und V. Wittstock

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Da es sich bei der experimentellen Ermittlung von Trittschallpegeln um Absolutmessungen handelt, muss zur Anregung eine konstante Bezugsquelle verwendet werden. Die Eigenschaften der verwendeten Normhammerwerke sind daher in DIN EN ISO 10140 innerhalb bestimmter Toleranzen festgelegt. Trotz dieser Festlegungen kommt es bei verschiedenen Hammerwerken zu unterschiedlichen emittierten Spektren

im tieffrequenten Bereich. Als Ursachen hierfür erwiesen sich die Fallgeschwindigkeit der Hämmer und die zeitliche Abfolge der Hammerschläge. Beide Kenngrößen werden an der PTB regelmäßig im Rahmen von Hammerwerksprüfungen auf einer speziellen Empfangsplatte gemessen. Sie weisen - wie ein Fingerabdruck - für ein einzelnes Hammerwerk ein bestimmtes Muster auf. Es stellt sich nun die Frage, wie stark diese Eigenschaften durch den Untergrund beeinflusst werden. Genügt ein Hammerwerk, das die Prüfung auf der speziellen Empfangsplatte bestanden hat, auch bei der Anwendung auf anderen Untergünden den Anforderungen der Norm? Hängen die Eigenschaften des Hammerwerkes vom Untergrund ab? Hat jedes Hammerwerk ein typisches Verhalten, einen Fingerabdruck? Wie verändern sich die Eigenschaften eines Hammerwerkes über einen langen Zeitraum? Welche Rolle spielt die Rücksprunghöhe? Diese Fragen sollen unter Berücksichtigung von Messergebnissen im Vortrag beantwortet werden.

Mi. 18:10 Spectrum C Bauakustik 2

Bestimmung der Trittschallminderung von schwimmenden Estrichen am Kleinprüfstand

C. Fichtel[a] und J. Scheck[b]
[a] *STEP GmbH;* [b] *Hochschule für Technik Stuttgart*

Die Bestimmung der Trittschallminderung von Massivdecken durch aufgebrachte Bodenbeläge (z.B. Teppiche, schwimmende Estriche, Fliesen mit Entkopplungsschicht etc.) erfolgt nach DIN EN ISO 140-8 in genormten Deckenprüfständen. Das Verfahren ist relativ aufwändig und dessen Anwendung in der Entwicklungsphase von neuen Bodenbelägen nicht praktikabel. Speziell die Hersteller von Bodenbelägen benötigen ein vereinfachtes Verfahren, um die akustische Wirkung von konstruktiven Maßnahmen an Ort und Stelle hinreichend zu überprüfen. Dazu wurde ein Kleinprüfstand (Comet) von der PTB Braunschweig entwickelt und für lokal reagierende Bodenbeläge der Kategorie I (kleine Prüfobjekte z.B. nachgiebige Beläge) validiert. Für einen Hersteller von Bodenbelägen der Kategorie II (große Prüfobjekte z. B. schwimmende Estriche) sollte nun untersucht werden, inwieweit der Prüfstand für dessen Produkte genutzt werden kann. Dazu wurde die Trittschallminderung von schwimmenden Estrichen am Kleinprüfstand und im Deckenprüfstand bestimmt.

Sitzung „Virtuelle Akustik 2“

Mi. 8:30 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 2

Phase Unwrapping on the Sphere for Directivity Functions and HRTFs

J. Zaar[a], F. Zotter[a] und M. Noisternig[b]
[a] *Institut für Elektronische Musik und Akustik, KU Graz;* [b] *IRCAM-CNRS, Paris*

Head related transfer functions (HRTFs) and directivity functions are typically obtained for a large number of spatial positions on a surrounding sphere. Often the magnitude pattern is considered sufficient, but this work tries to include the phase information as well. The phase of HRTFs or source directivity functions tends to be discontinuous over space as it is wrapped to the interval $[-\pi, \pi]$. By contrast, the unwrapped phase is normally continuous and of limited angular resolution as it is associated with the group delay. To interpolate the spatial filters, spherical harmonic analysis is of great interest, but it requires to unwrap the phase. In time-frequency analysis the unwrapped phase is usually recovered by spectral phase unwrapping algorithms. These algorithms might fail when being applied to space-time-frequency analysis, as the spatial distribution of the resulting phase is not taken into account. This article presents a method for spatial phase unwrapping on the sphere using the concept of neighboring points. This method takes advantage of a priori information about the spatiotemporal phase distribution on the sphere. The proposed algorithm is verified by comparing the spatial phase discontinuities resulting from spatial and spectral phase unwrapping of measured and simulated HRTF data.

Mi. 8:55 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 2

Komfortable Messung und Bereitstellung individueller kopfbezogener Impulsantworten als OpenDAFF

M. Weinert[a], G. Enzner[a], J.-M. Batke[b] und P. Jax[b]
[a] *Ruhr-Universität Bochum;* [b] *technicolor*

Eine präzise Binauraltechnik beruht auch auf der Nutzung individueller, hoch aufgelöster, kopfbezogener Impulsantworten (HRIRs: Head-Related Impulse Responses). Eine komfortable Realisierung erfordert jedoch eine schnelle akustische HRIR-Messtechnik. In diesem Beitrag wird ein Verfahren vorgestellt, welches mit einer Messdauer von lediglich ein bis zwei Minuten einen dreidimensionalen HRIR-Datensatz mit hoher Qualität ermitteln kann. Durch kontinuierliche Rotation des Probanden innerhalb der Messdauer und durch Verwendung adaptiver Filter zur anschließenden Berechnung der HRIRs aus den gemessenen Ohrsignalen wird eine praktisch beliebig feine azimutale Auflösung erzielt. Mehrkanalige adaptive Filter können zur Bestimmung von HRIR-Datensätzen mit mehreren Elevationsebenen und azimutal quasi-kontinuierlicher Auflösung genutzt werden. Durch den Einsatz geeigneter Messsignale wird

bei dem vorgestellten Verfahren außerdem der gewünschten Behaglichkeit des Probanden Rechnung getragen. Für eine effiziente Nutzbarkeit, z.B. in Echtzeitsystemen, können die Datensätze nach azimutaler Abtastung als OpenDAFF (Open Directional Audio File Format) zur Verfügung gestellt werden. Dabei wird der gesamte Datensatz innerhalb einer einzigen Datei gespeichert, deren unkomprimierte Größe bei acht Elevationsebenen und einer azimutalen Abtastung im 0.1 Grad Intervall ca. 35 MB beträgt. Die komfortable Messtechnik, die hohe räumliche Auflösung der resultierenden individuellen HRIR-Datensätze sowie die freie Verfügbarkeit von Leseroutinen für OpenDAFF bieten neue technische Möglichkeiten zur Rekonstruktion und experimentellen Untersuchung von binauralen Schallfeldern.

Mi. 9:20 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 2

VATSS - Ein Virtual Reality System zur interaktiven Simulation von Fluglärm

F. Wefers und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Mit einer kontinuierlich steigenden Anzahl Flugbewegungen an internationalen Flughäfen wird das Thema Fluglärm immer relevanter. Normen und gesetzliche Vorschriften bewerten Lärmimmisionen durch Flugverkehr auf der Basis äquivalenter Dauerschallpegel (Einzahlkennwerte). Diese Zahlen sind für viele Menschen eher abstrakt. Für betroffene Anwohner, Flugroutenplaner oder Lokalpolitiker ist eine Lärmreduktion um beispielsweise 3 dB schwer einzuordnen. An der RWTH Aachen wird daher im Rahmen eines Kooperationsprojektes mehrerer Institute ein Virtual Reality System zur Auralisierung von Fluglärm entwickelt, welches es ermöglicht Fluglärm im Labor hörbar zu machen und zu reproduzieren. Die Ausgangsbasis bildet das Modell eines Flughafens, welches präzise Beschreibungen der Flugbewegungen, Flugrouten und Flugzeugtypen ausmacht. Ergänzt wird dies durch hochpräzise meteorologische Atmosphärendaten (wie Temperatur, Windgeschwindigkeiten, Gaskonzentrationen), welche die Simulation der Schallausbreitung erlauben. Das System kann einerseits Lärmpegel am Boden anhand aktueller Standards bestimmen und Lärmteppiche können interaktiv in 3D in einer CAVE (Cave Automated Virtual Environment) visualisiert werden. Darüber hinaus erlaubt es erstmals eine Echtzeitauralisierung des Flugverkehrs. Benutzer hören und sehen eine Szene in 3D. Dies macht Lärmreduktionen verständlich und erlaubt es verschiedene Szenarien (z.B. Flugzeug A vs. Flugzeug B, alternative Anflugprofile) direkt miteinander zu vergleichen. Im Beitrag wird die verwendete Echtzeitauralisierung vorgestellt und die Besonderheiten der Auralisierung von Fluglärm erläutert.

Mi. 9:45 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 2

Design and integration of a 3D WFS System in a cinema environment including ceiling speakers - a case study

F. Melchior, S. Mauer und M. Dausel
IOSONO GmbH

With 3D picture being the driving force of today's motion picture production, there is a growing need for adequate audio solutions with flexible 3D loudspeaker setups. While these reproduction systems will have to fulfill high quality demands, the amount of loudspeakers should be kept as low as possible to optimize commercial aspects. Driven by the market, real 3D including loudspeakers mounted directly on the ceiling are a requirement for next generation cinema audio systems. This paper describes the design and integration of a newly developed 3D spatial audio solution based on wave field synthesis in a cinema environment. The paper discusses the acoustic design process of such a system based on simulations and the integration based on an example installation in a commercial 400 seat cinema.

Mi. 10:10 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 2

Ambisonic panning with constant energy constraint

H. Pomberger und F. Zotter
Institut für Elektronische Musik und Akustik, KU Graz

Ambisonics with height can be regarded as a panning technique for spherical loudspeaker arrangements surrounding the reproduction area. It applies a continuous panning function which is evaluated at each loudspeaker position. A panning function with limited angular resolution is conveniently expressed by series of spherical harmonics of finite order. Ambisonics panning with uniformly arranged spherical loudspeaker arrays achieves good perceptual localization of virtual sound sources. However, panning performs unsatisfactorily with nonuniformly arranged loudspeaker arrays. Virtual sources panned to directions with only sparse loudspeaker coverage appear with altered loudness levels. This contribution discusses a new Ambisonic panning approach which overcomes this problem by imposing a constant energy constraint.

Mi. 14:00 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 2

Spherical Slepian functions for interpolation of spherical measurement data

F. Zotter und H. Pomberger
Institut für Elektronische Musik und Akustik, KU Graz

Far field radiation patterns of sound sources can only be measured at discrete directions. In many cases, the sound pressure between the measurement points is also of interest. Radiation patterns are assumed to be smooth, hence permit interpolation with spherical harmonics of limited order. Spherical harmonic interpolation is well-behaved if discrete measurements are available for sufficiently many, uniformly spaced directions. However, if the measurements cover only the directions of a half space or less, spherical harmonic interpolation is ill-posed. Spherical Slepian functions are useful for interpolating measurement data that are available only for a limited angular domain. We show how to obtain suitable spherical Slepian functions from the spherical harmonics. Applying these functions yields smooth interpolation within the measured domain and a well-posed problem. These Slepian functions are also applicable for Ambisonics and directional source description in spatial sound rendering.

Mi. 14:25 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 2

Practical Aspects of the Calibration of Spherical Microphone Arrays

T. Rettberg, K. Helwani, S. Spors und H. Buchner
Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin

Spherical microphone arrays have been widely studied for acoustic scene analysis and beamforming. High resolution acoustic scene analysis requires a high number of microphones. The analytical derivation of non-adaptive beamforming filters for spherical arrays is based on the assumption of identical spatio-temporal behavior of the individual microphones. In practice, an equalization stage for the array microphones is used to cope for their individual characteristics.

This paper presents practical calibration results for a 64-channel rigid spherical microphone array. The work is based on a recently proposed approach using multiple-input/multiple-output system inversion. Practical considerations regarding the measurement process and the numerical stability of the inversion are discussed. The performance of the obtained beamformer filters is evaluated and compared to analytically derived beamformer filters with respect to the directivity gain and white noise gain.

Mi. 14:50 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 2

Map projections for the graphical representation of spherical measurement data

B. Bernschütz
Fachhochschule Köln - Institut für Nachrichtentechnik

Many tasks in acoustics and audio entail capturing spatial measurement data on a sphere and require an appropriate graphical representation of the data. For a circular dataset the polar plot is a very popular diagram type. The corresponding diagram type for a spherical dataset is a three-dimensional balloon plot. However, the latter requires a three-dimensional illustration to present the full dataset simultaneously. Actual screens and print media typically only represent two dimensions. The balloon must be rotated or be printed in different angles in order to achieve an overview of a full dataset. A very similar problem arises in cartography where e.g. the spherical earth surface must be reduced to two-dimensional plane maps. This problem engaged cartographers, geographers and mathematicians for centuries and a large set of different map projections has been developed. Some of the proposals are very convenient to the problem of three-dimensional measurement data representation. Different projection types and their suitability to the presented problem are discussed. The projections can be applied to any kind of spherical measurement data. In acoustics it can be helpful for data visualization in sound field analysis or e.g. to illustrate radiation pattern of instruments and loudspeakers.

Mi. 15:15 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 2

A new omni-directional source based on a ring radiator

R. Kruse[a], A. Häußler[b] und S. van de Par[b]
[a] *TU Braunschweig;* [b] *Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik*

In this contribution a new omni-directional source is presented that is ring radiator like. The ring radiator is created by mounting the front of two dynamic loudspeakers opposite to one another and by closing of the rear sides of the loudspeakers with a quasi-conical closure. In this way a small volume of air is enclosed between the two cones which can irradiate sound symmetrical along the circular ring that separates them. Measurements show that the radiation pattern is rather direction independent up to frequencies of about 10 kHz for a cone diameter of 6.5 cm. As should be expected, the radiation pattern does not depend on (horizontal) rotations around the (vertical) symmetry axis going through the centers of the loudspeakers. Interestingly, (vertical) rotations towards the symmetry axis show only small variations of the sound pressure level of on average 2 dB and maximal 7 dB. The new omni-source is rather suitable for the measurement of room impulse responses because: 1) the direct sound path is hardly influenced by the chosen horizontal angle, 2) the spectral coloration is hardly dependent on angle leading to a very uniform excitation of the reverberant sound field.

Mi. 15:40 chromium 2.02 Virtuelle Akustik 2

Employing a Binaural Auditory Model to Classify Everyday Sound Events

S. Ciba[a], K. Helwani[b], H. Wierstorf[b], K. Obermayer[a], A. Raake[c] und S. Spors[b]

[a] *TU Berlin, Fachgebiet Neuronale Informationsverarbeitung;* [b] *Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin;* [c] *Assessment of IP-based Applications, T-Labs, TU Berlin*

Humans benefit considerably from exploiting two ears in everyday listening tasks. It therefore seems to be a promising concept for machine listening approaches to emulate the biological mechanisms of binaural signal processing before applying methods of artificial intelligence. To this aim, research can draw from psychoacoustics and physiology which offer a substantial repertory of computational models mimicking parts of the human auditory system. In this paper we present an approach for automatic classification of elementary everyday sound events which is based on a pre-processing by a binaural auditory model. The relevant features are extracted from the model's output data according to a heuristic scheme. Given a set of training data, a classifier is then constructed using support vector machine learning. The proposed method is validated in binary classification experiments performed on a taxonomically organized data base of natural sounds. Both discrimination and detection tasks are considered, yielding an average prediction accuracy of about 0.95 and 0.9, respectively. Moreover, we investigate the robustness of the classification against variation of room acoustics. By including in the learning process the acoustics underlying the prediction task, average accuracy decreases by 0.053 (discrimination) and 0.069 (detection) at most.

Sitzung „Räumliches Hören“

Mi. 16:30 chromium 2.02 Räumliches Hören

Leistungsrichtige Interpolation von binauralen Signalen

M. Weitnauer[a], M. Meier[a], J. Groh[a] und G. Krump[b]

[a] *IRT GmbH, München;* [b] *Hochschule Deggendorf*

Das Institut für Rundfunktechnik (IRT) entwickelte im Rahmen des EU-Forschungsprojektes ”3D VIVANT” ein 8-kanaliges Kugelflächenmikrofon zur Aufnahme von räumlichen Signalen. Mit dieser Aufnahmetechnik kann unter anderem eine dynamisch nachgeführte binaurale Wiedergabe realisiert werden. Um trotz dieser relativ geringen Anzahl von Mikrofonen eine Wiedergabe mit hoher Interpolationsqualität zu ermöglichen, wurde ein neuartiger Interpolationsalgorithmus entwickelt. Die Basis für diesen Interpolationsalgorithmus stellt eine leistungsrichtige Summierung dar. In zwei Hörversuchen wurden drei Varianten des neuen Algorithmus gegen bereits bekannte Algorithmen auf ihre Lokalisationsqualität und Klangfarbe hin untersucht. Es zeigte sich, dass die vom IRT

entwickelten Methoden mit nur sechs zur Interpolation zu Verfügung stehenden Mikrofonen gute Resultate im Bezug auf die Lokalisationsqualität erzielte und bei der Klangfarbe sogar besser bewertet wurde als bekannte Verfahren. Besonders eine Kombination von konventioneller Interpolation im Tiefpass-Bereich und leistungsrichtiger Interpolation im Hochpass-Bereich erreichte bei beiden Hörversuchen sehr zufriedenstellende Ergebnisse.

Mi. 16:55 chromium 2.02 Räumliches Hören

Modell breitbandiger Signallaufzeiten für die binaurale Wiedergabe virtueller Schallquellen

H. Ziegelwanger, P. Majdak und B. Laback

Institut für Schallforschung, Österr. Akademie d. Wissenschaften

Außenohrübertragungsfunktionen (engl. head-related transfer functions, HRTFs) werden üblicherweise als minimalphasige Systeme mit zugehöriger breitbandiger interauraler Zeitdifferenz approximiert. Dabei wird für eine räumliche Position die Zeitdifferenz direkt aus den HRTFs für das ipsi- und kontralaterale Ohr geschätzt. Im Falle multipler Positionen bleibt die monaurale Signallaufzeit (engl. time of arrival, TOA) für eine Position und somit die Information über die monaurale Synchronizität zwischen den Positionen unberücksichtigt.

Basierend auf einem geometrischen Kopfmodell wird ein Verfahren zur Schätzung von TOAs aus den HRTFs einer Person vorgestellt. Dabei werden Radius, Position der Ohren und die Kopfposition relativ zur Messanordnung als Modellparameter angepasst. Das Verfahren wurde auf HRTFs von 60 Personen angewandt und resultierte in plausiblen Ergebnissen, zum Beispiel entspricht die ermittelte interaurale Distanz typischen Kopfradien erwachsener Menschen.

Über die Parameter des TOA-Modells kann die Positionierung einer Person in der HRTF-Messung nachträglich ermittelt und somit die tatsächlich gemessenen Richtungen bestimmt werden. Die robuste Schätzung der TOA erlaubt weitere Analysen und Manipulationen von HRTFs. Zum Beispiel können die TOAs aus den HRTFs entfernt und die HRTFs in verkürzter Form abgespeichert werden. Für die binaurale Wiedergabe virtueller multipler Schallquellen können die TOAs mittels Modellparametern rekonstruiert werden, wobei die Synchronizität zwischen den Quellen gewährleistet ist.

Mi. 17:20 chromium 2.02 Räumliches Hören

Untersuchungen zur Crosstalk-Cancellation für mehrere Sweet-Spots

M. Meier und S. Lawrenjuk
IRT GmbH, München

Die Wiedergabe binauraler Signale über Lautsprecher mittels eines "Crosstalk-Cancellation"-Filters (XTC) ist vom Prinzip her eine bereits seit langem bekannte Technik. Allerdings weisen die meisten bekannten Systeme nur einen einzigen, relativ kleinen Sweet-Spot auf oder nutzen mehrere Sweet-Spots nur für die Beschallung mehrerer Zuhörer mit dem gleichen binauralen Signal. Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes 3D VIVANT wurde daher untersucht, mit welchen Maßnahmen sich mehrere unabhängige Sweet-Spots mittels XTC erzeugen lassen und wie sich diese gegenseitig beeinflussen. Zu den untersuchten Parametern zählten unter anderem die optimale Lautsprecherkonfiguration sowie die Berechnung der geeigneten Filtersätze. Verschiedene Kombinationsmöglichkeiten wurden dabei sowohl mittels einer Simulation als auch durch reale Messungen evaluiert, über die hier berichtet wird.

Mi. 17:45 chromium 2.02 Räumliches Hören

Subjektiver Höreindruck bei synthetischer Erzeugung von kopfbezogenen Übertragungsfunktionen

E. Rasumow[a], M. Blau[a], S. Doclo[b,c], D. Püschel[d], M. Hansen[a], S. van de Par[e] und V. Mellert[e]
[a] *Inst. für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule Oldenburg;* [b] *Signalverarbeitung - Universität Oldenburg;* [c] *Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie, Oldenburg;* [d] *Akustik Technologie Göttingen;* [e] *Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik*

Der Einfluss kopfbezogener Übertragungsfunktionen (HRTFs) wird üblicherweise durch Verwendung eines Kunstkopfes berücksichtigt. Dabei kann diese räumliche Filterung auch mithilfe eines Mikrofonarrays (filter-and-sum beamforming-Methode) durchgeführt werden, was z.B. die Individualisierung an bestimmte HRTFs oder an die prototypische HRTF einer bestimmten Population ermöglicht (siehe Rasumow et al, 2011). Hierbei werden die optimalen Filterkoeffizienten für die einzelnen Mikrofonsignale mithilfe einer schmalbandigen Least-squares Kostenfunktion berechnet. Bei der Implementierung muss jedoch berücksichtigt werden, dass bereits kleine Fehler in der Position oder Übertragung der Mikrofone zu sehr großen Fehlern der resultierenden Richtcharakteristik führen können. Die Robustheit kann mithilfe von Regularisierung (z.B. diagonal-loading Methode) verbessert werden, wobei eine Randbedingung bezüglich des white-noise gains (WNG) der zu errechnenden Filterkoeffizienten vorgegeben wird. Weiterhin beeinflussen auch die Anzahl der verwendeten Mikrofone, die Frequenzauflösung der gewünschten HRTFs

und der steering vectors die erzielte Robustheit und den resultierenden subjektiven Höreindruck. Der Einfluss dieser Parameter (Regularisierung, Frequenzauflösung der steering vectors und der gewünschten HRTFs) wird in der vorliegenden Studie mithilfe von A/B-Vergleichen (relativ zu individuellen HRTFs) an Probanden untersucht, wobei der Fokus der subjektiven Beurteilung auf der Klangcharakteristik, Ortung, Lautheit und Quellbreite gelegt wird.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Räumliches Hören (Poster)

Untersuchung zur Wahrnehmung der Schalleinfallsrichtung virtueller Schallquellen über Wellenfeldsynthese

S. Werner
Technische Universität Ilmenau

Der Beitrag untersucht zwei Ansätze zur Wiedergabe vertikal ausgelenkter Schallquellen über Wellenfeldsynthese. In einem Hörtest mit neunzehn Versuchspersonen wird die Lokalisierbarkeit von Schallquellen in der Medianebene mittels einer Zeigermethode untersucht. Die Synthese der Schallquellen erfolgt durch die Verwendung von drei übereinander angeordneten Lautsprecherarrays. Über das mittlere Array werden die direkt frontalen Positionen wiedergegeben. Das obere und untere Array geben die direkt frontalen Schallquellenpositionen und die um acht Grad nach oben bzw. nach unten ausgelenkten Positionen wieder. Die vertikale Auslenkung erfolgt über die Ansteuerung der Arrays mittels Amplitudenpanning. Im Rahmen des Hörtests werden die Schallquellarten fokussierte Quelle, Punktquelle und ebene Welle untersucht. Die Ergebnisse des Hörtests zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den verwendeten Schallquellarten. Die Auswertung des Hörtests zeigt weiterhin keine signifikanten Unterschiede in der Wahrnehmung der horizontalen Schalleinfallsrichtungen bei Wiedergabe über das mittlere oder über das obere und untere Lautsprecherarray. Tendenziell zeigen sich Unterschiede in der Wahrnehmung der vertikalen Schalleinfallsrichtung für die direkt frontalen Schallquellpositionen zwischen der Wiedergabe über das mittlere oder über das untere und obere Lautsprecherarray. Die Schalleinfallsrichtungen bei Wiedergabe über das obere und untere Array werden als zu hoch bewertet. Dieser Effekt tritt vor allem bei der Wiedergabe der nach oben bzw. nach unten ausgelenkten Schallquellpositionen auf.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Räumliches Hören (Poster)

Notes on Equalization of Linear Loudspeaker Array for the Synthesis of Directional Virtual Sound Sources

C. Sladeczek, L. Ehrig, D. Beer und S. Brix
Fraunhofer IDMT, Ilmenau

Wave field synthesis is a spatial sound reproduction technique aiming at physical creation of virtual source sound fields. Current investigations in that research area focus on the reproduction of virtual sources having a

directivity. Due to simplicity, the mathematical formulation used to derive the loudspeaker driving function assumes an omnidirectional radiation of the loudspeakers. This posters investigates the influence of directivity of the secondary sources on the synthesis of twodimensional directional sound sources.

Sitzung „Numerische Akustik 2“

Mi. 8:30 vanadium 2.03 Numerische Akustik 2

Validierung eines Finite-Elemente-Verfahrens zur Berechnung der Schallausbreitung in rotierenden Systemen

J. Grabinger[a], M. Kaltenbacher[b], B.I. Wohlmuth[c] und R. Lerch[a]

[a] *Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik;* [b] *Alps-Adriatic University of Klagenfurt;* [c] *TU München, Lehrstuhl für Numerische Mathematik*

Bei der Produktentwicklung von Ventilatoren und Gebläsen spielt die Geräuschminderung eine immer wichtigere Rolle. Oft werden numerische Modelle zur Berechnung von Wirkungsgrad und Lärmemission eingesetzt, um den Bau kostspieliger Prototypen zu vermeiden. Stand der Technik bei der Berechnung der Abstrahlung von strömungsinduziertem Schall ist das sogenannte *Ffowcs Williams-Hawkings-Verfahren*. Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch, dass nur die Rotation des Laufrads in die Berechnung einbezogen werden kann, nicht aber Reflexionen des Schalls an Gehäuse und Laufschaufeln.

Ziel dieses Beitrags ist die Entwicklung und Validierung eines numerischen Verfahrens, das sowohl die mit dem Laufrad rotierenden Schallquellen als auch die Reflexionen des Schalls an den schallharten Oberflächen der Komponenten des Lüfters korrekt abbildet. Die aeroakustischen Schallquellen werden gemäß der Lighthillschen Analogie aus einer numerischen Strömungsberechnung extrahiert. Die Lösung der inhomogenen Wellengleichung erfolgt mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode. Um die Schallausbreitung gleichzeitig im rotierenden und im ruhenden Bezugssystem zu modellieren, wird eine Gebietszerlegung am numerischen Modell vorgenommen. Der Austausch von Schallwellen zwischen den nicht-konformen Gittern der beiden disjunkten Gebiete wird durch Anwendung der sog. *Mortar-Methode* realisiert. Im Gegensatz zu bisher bekannten Mortar-Methoden wurde das Verfahren speziell angepasst, um trotz der Gitter-Rotation eine stabile Lösung zu erreichen. Das entwickelte Verfahren wird anhand der analytischen Lösung für das Schallfeld eines rotierenden Monopols validiert.

Mi. 8:55 vanadium 2.03 Numerische Akustik 2

Modalanalyse eines strömenden Fluids mit finiten und infiniten Elementen

S. Fuß und S. Marburg
Universität der Bundeswehr München, Inst. für Mechanik

Wenn eine Blockflöte gespielt wird, wird ein Luftstrom in das Instrument eingebracht, welcher für die Klangentstehung sorgt, indem die Luftsäule im Inneren zum Schwingen angeregt wird. Leichte Veränderungen der Anblasgeschwindigkeit ermöglichen eine Feinabstimmung des Klangs.
In den hier vorgestellten Berechnungen wird die Luft innerhalb und im Nahfeld der Flöte betrachtet. Demzufolge handelt es sich um ein Außenraumproblem, welches mit finiten und infiniten Elementen diskretisiert wird.
In einem ersten Schritt werden die Eigenfrequenzen des Instruments im Fall eines statischen Fluids mittels der druckbasierten Helmholtz-Gleichung ermittelt. Im nächsten Schritt wird bei der Modalanalyse die Strömung innerhalb der Blockflöte berücksichtigt. Dabei verwenden wir die gemischte Formulierung der Galbrun-Gleichung, da sie auf rotationsbehaftete Strömungen anwendbar ist.
Beim Spielen einer Blockflöte kann der Ton erhöht werden, wenn die Anblasgeschwindigkeit erhöht wird. Unser Ziel ist es, diesen Effekt numerisch nachzuweisen und den Einfluss des turbulenten Strömungsfeldes auf den Klang zu untersuchen.

Mi. 9:20 vanadium 2.03 Numerische Akustik 2

Effiziente Analyse unsicherer vibro-akustischer FE-Systeme durch Verwendung von Gleichungslösern mit Subspace Recycling

L. Mayer, J. Biermann, S. Lippert und O. von Estorff
TU Hamburg-Harburg, Inst. f. Modellierung und Berechnung

Berechnungsmethoden wie die Finite-Elemente-Methode finden aufgrund der immer kürzer werdenden Entwicklungs- und Produktlebenszyklen zunehmend Verwendung bei der vibro-akustischen Auslegung und Optimierung von Systemen. Um mit Hilfe von Berechnungen aussagekräftige und realitätsnahe Vorhersagen treffen zu können, sollte ein numerisches Modell in der Lage sein, Parameterunsicherheiten zu berücksichtigen. In der Praxis relevante Verfahren basieren dazu häufig auf der Auswertung desselben numerischen Modells mit unterschiedlichen Eingangswerten. Dabei entsteht üblicherweise eine Sequenz linearer Gleichungssysteme, wobei sich in der Regel die Systemmatrix in Abhängigkeit der unsicheren Parameter ändert. Erfolgt eine Lösung im Frequenzbereich, existiert ein zusätzlicher Einfluss auf die Systemmatrix über die Frequenz. Das Standardvorgehen zur Lösung solcher Gleichungssysteme ist die unabhängige Auswertung dieser Gleichungssystemsequenz zum Beispiel mit iterativen Krylov-Unterraum-Verfahren. Der vorliegende Beitrag befasst sich mit der Lösung der resultierenden

Gleichungssystemsequenzen mit Gleichungslösern, die das sogenannte Subspace Recycling nutzen. Diese Löser arbeiten mit der Wiederverwendung der Unterräume, die innerhalb eines Lösungsvorgangs bei iterativen Gleichungslösern entstehen, und basieren üblicherweise auf Krylov-Unterraum-Verfahren. Anhand eines Berechnungsbeispiels wird die Eignung von Gleichungslösern mit Subspace Recycling für unsichere vibro-akustische, gekoppelte FE-Systeme analysiert und es werden die Möglichkeiten hinsichtlich einer Effizienzsteigerung untersucht.

Mi. 9:45 vanadium 2.03 Numerische Akustik 2

Methoden zur Berücksichtigung von Unsicherheiten in akustischen Berechnungsverfahren

K. Hoge, M. Rescheleit und O. von Estorff
TU Hamburg-Harburg, Inst. f. Modellierung und Berechnung

Akustische Berechnungsverfahren finden in vielen Teilgebieten der Akustik Anwendung. Die verschiedenen Ansätze eint der Gebrauch von Randbedingungen und anderen Eingangsgrößen. Numerische Ansätze zur Lösung der Wellen- oder Helmholtzgleichung sowie Verfahren auf Grundlage geometrischer Modellvorstellung benötigen z.B. Eingangsdaten, wie Umgebungsvariablen, Raumgeometrien oder Materialeigenschaften.

Einige dieser Größen unterliegen dabei natürlichen Schwankungen, andere sind nicht vollständig verfügbar oder lassen sich aufgrund eines hohen Beschaffungsaufwands nur grob abschätzen. Viele der für eine Berechnung nötigen Parameter werden durch Messungen gewonnen, die nur einen Sonderfall abbilden, z.B. Absorptionsgrade für ebenen oder diffusen Schalleinfall. Demzufolge sollten mathematische Modelle diese Unsicherheiten erfassen können, was z.B. mit Hilfe von Vorgehensweisen aus der Intervallarithmetik und der Fuzzy-Logik geschehen kann. Auch mittels der Monte-Carlo-Methoden und numerischen Lösungen stochastischer partieller Differentialgleichungen können statistische Ausgangsgrößen in Abhängigkeit der Eingangsgrößen berechnet werden.

In dem vorliegenden Beitrag werden verschiedene Methoden zur Berücksichtigung von Unsicherheiten für akustische Berechnungsverfahren vorgestellt. Dabei ist es nicht das Ziel, individuelle Ergebnisse einzelner Eingangsdaten zu produzieren, sondern statistische Aussagen über die Berechnungsgrößen und deren Sensitivität auf Schwankungen der Eingangsgrößen zu gewinnen.

Mi. 10:10 vanadium 2.03 Numerische Akustik 2

Abschätzung der verbleibenden Unsicherheit stochastischer Ray-Tracing-Verfahren aufgrund unzureichender Konvergenz

M. Rescheleit, K. Hoge und O. von Estorff
TU Hamburg-Harburg, Inst. f. Modellierung und Berechnung

Stochastische Ray-Tracing-Verfahren konvergieren mit einer wachsenden Anzahl verfolgter Strahlen gegen das unter den Annahmen der geometrischen Akustik korrekte Ergebnis. Wird eine Ray-Tracing-Rechnung nach einer endlichen Anzahl verfolgter Strahlen abgebrochen, verbleibt daher immer ein Fehler, der von mangelnder Konvergenz herrührt. Somit enthält das Ergebnis stets eine Unsicherheit, auch dann, wenn alle Eingangsgrößen (z. B. Materialparameter) exakt bekannt sind. Sind die Eingangsgrößen zudem mit Unsicherheiten behaftet oder sollen Vergleichsrechnungen für unterschiedliche Materialien durchgeführt werden, überlagern sich die daraus resultierenden Änderungen des Ergebnisses mit Schwankungen, die aus unzureichender Konvergenz entstehen.
Meist wird die Anzahl der Strahlen a priori auf Grundlage der geometrischen Raumeigenschaften, wie des Volumens oder der maximal möglichen Strahllänge, bestimmt. Damit lässt sich zwar ein Erwartungswert für den verbleibenden Konvergenzfehler vorgeben, für eine Einzelrechnung kann auf diese Weise allerdings keine bestimmte Unsicherheit garantiert werden.
Im vorliegenden Beitrag wird eine Methode vorgestellt, mit der die erreichte Konvergenzgüte während der Rechnung abgeschätzt werden kann. Dafür werden die von der Quelle ausgesandten Strahlen in kleinere Strahlenpakete aufgeteilt und für jedes dieser Pakete einzeln das resultierende Ergebnis im Empfänger bestimmt. Mit Hilfe der Varianz dieser Einzelergebnisse kann so eine Aussage über die Unsicherheit des Gesamtergebnisses, das unter Berücksichtigung aller Strahlen entsteht, gemacht werden.

Mi. 14:00 vanadium 2.03 Numerische Akustik 2

3D modelling of diffraction and complex reflection properties by wave field extrapolation

R. Opdam[a], D. de Vries[b] und M. Vorländer[a]
[a] *Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen;* [b] *Laboratory of Acoustics, Delft University of Technology*

In room acoustical planning it is important to obtain reliable impulse responses from simulations to calculate the well-known room acoustical parameters as reverberation time, clarity etc. In most cases this is done by using a ray tracing model, a mirror image source model or a combination of both (hybrid). This paper presents a method, based on the concept of wave field extrapolation adopted from the field of seismic imaging. The advantage of modeling with the full wave character of sound propagation is that diffraction phenomena and non-locally reacting boundaries can be simulated correctly. The proposed algorithm

uses a sequence of matrix multiplications that represent generalized spatial convolutions to simulate acquired impulse responses. The proposed algorithm is compared with conventional methods. Therefore, an L-shaped plate is placed in an anechoic environment and irradiated by a point source. As sample cases the plate is firstly covered with a hard surface and secondly with a non-locally reacting absorber. In all cases the direct and reflected wave fields are recorded by a linear array of microphones. As a next step the proposed algorithm will be applied to simulate a simple room.

Mi. 14:25 vanadium 2.03 Numerische Akustik 2

Berechnung der Schalldämmung von dünnen Platten in einem Kundtschen Rohr

R. Piscoya und M. Ochmann
Beuth Hochschule für Technik Berlin

Der Schalldämmmaß (R) von dünnen Platten wird in der Regel in besonders eingerichteten Prüfräumen ermittelt, die aus zwei benachbarten Räumen bestehen und durch eine Öffnung, in der sich der Prüfling befindet, verbunden sind. Derartige Einrichtungen haben einen großen Raumbedarf und führen zu hohen Kosten. Als Alternative kann das Schalldämmmaß einer kleineren Probe in einem Kundtschen Rohr gemessen werden. Der für diese Messungen gültige Frequenzbereich liegt unter der ersten Cut-on-Frequenz des Rohres, da die Ausbreitung von ebenen Wellen vorausgesetzt wird. Für kleine Prüflinge hat die Art der Befestigung an der Wand des Rohres (Randbedingungen des Prüflings) einen wichtigen Einfluss auf die Schwingung der Platte und damit auf den Transmissionsgrad. In dieser Arbeit wird das Schallfeld im Inneren des Kundtschen Rohres mit der Randelementemethode simuliert und die Schwingung der Platte mit Hilfe einer Rayleigh-Ritz-Methode, die die Vorgabe von elastischen Randbedingungen ermöglicht, berechnet. Diese Methode berücksichtigt die Wechselwirkung zwischen den Schwingungen der Luft und der elastischen Struktur. Gelenkig gelagerte, eingespannte Platten und Platten, die mit Federn im Kanal befestigt sind, werden untersucht. Die Randbedingungen für die Simulation werden nun so gewählt, dass die Simulationsergebnisse möglichst gut mit entsprechenden Messungen übereinstimmen.

Mi. 14:50 vanadium 2.03 Numerische Akustik 2

Untersuchungen um Einfluss von Sitzen auf Schallpegel in geschlossenen Räumen

T. Kletschkowski[a], D. Sachau[a] und M. Wandel[b]
[a] *Helmut-Schmidt-Universität Hamburg;* [b] *Airbus Deutschland*

Die Höhe des Schallpegels in geschlossenen Räumen wird nicht nur durch die Höhe der Anregung, die akustischen Eigenschaften des Raumes und die seiner Begrenzungen sondern auch durch die Eigenschaften seiner Einbauten bestimmt. Für die Kabinen von Land-, Luft-

und Seefahrzeugen typische Einbauten sind Sitze, die nicht nur das im Innenraum eingeschlossene Luftvolumen verkleinern, sondern dieses je nach Beschaffenheit auch signifikant bedämpfen können. Um den Einfluss von Sitzen auf die Schallpegel in geschlossenen Räumen bereits in frühen Phasen der Kabinenauslegung berücksichtigen zu können, ist es notwendig, diese Einbauten im Rahmen numerischer Simulationen zu berücksichtigen. Im Vortrag wird dieses Vorgehen am Beispiel eines hölzernen Kabinenmodells eines typischen Luftfahrzeuges erläutert, wobei die in das Luftvolumen eingebrachten Sitze wahlweise als absorbierende Oberflächen oder als äquivalentes Fluid betrachtet werden. Im Einzelnen wird auf die durch Messdaten motivierte physikalische Modellbildung, das aus dieser abgeleitete Finite-Elemente-Modell des Versuchsaufbaues und die Ergebnisse numerischer Simulationen eingegangen, wobei letztere mit experimentellen Daten verglichen werden. Hierbei ergibt sich sowohl für die leere als auch für die bestuhlte Kabine eine zufriedenstellende Übereinstimmung berechneter und gemessener Betriebsschwingformen.

Mi. 15:15 vanadium 2.03 Numerische Akustik 2

Analytische Approximation des hysteretischen Modells von Bouc auf Basis der Gaussian Closure Technik

H. Waubke

Institut für Schallforschung, Österr. Akademie d. Wissenschaften

Bouc hat eine mathematische Formulierung für das hysteretische Verhalten von Materialien wie Gummi gefunden. Will man die Systemantwort eines hysteretischen Systems unter Rauschanregung wissen, so verwendet man üblicherweise die statistische Linearisierung oder eine verwandte Methode. Die Nachteile der statistischen Linearisierung liegen zum einen in der Annahme von Gauß-verteilten Zufallsgrößen und zum anderen in dem großen Rechenaufwand, den die notwendige Iteration über das nichtlineare Modell erfordert. Behält man die Annahme von Gauß-verteilten Zufallsgrößen bei, so kann man auch die Gaussian Closure Technik verwenden. Es werden analytische Lösungen für die auftretenden Integrale vorgestellt. Mit den so bestimmten Lösungen lassen sich die statistischen Momente für den Einschwingvorgang mit einem Zeitschrittverfahren explizit und der eingeschwungene Zustand durch iterative Lösung eines impliziten Gleichungssystems bestimmen. Beide Verfahren ermöglichen es, die Momente rasch zu bestimmen und erlauben daher auch Systeme mit mehreren Freiheitsgraden zu behandeln.

Mi. 15:40 vanadium 2.03 Numerische Akustik 2

Genetic Algorithm Applied to Geometry Design for Planar Beamforming

W.D. Fonseca[a], J.P. Ristow[a] und S.N.Y. Gerges[b]

[a] *Federal University of Santa Catarina (Brazil);* [b] *UFSC, Florianopolis (Brazil)*

Beamforming is an acoustic image technique able to estimate the sound distribution generated by sources of noise using a microphone array. A suitable design of the array is fundamental to obtain satisfactory results using this technique. Among the main characteristics to determine their effectiveness, the shape of the array, i.e. the geometry composed by the microphones, is a point to be focused. There are several standard geometries (e.g. spiral, square) and these are successfully used, however, they can be improved to suit particular needs. Aiming this improvement, this work uses the concept of genetic algorithm to optimize arrays' geometries - with restricted features - in order to maximize the dynamic range of a focal point. The modeling of the problem is described with the definition of the chromosomes, the fitness function, the evolution method and the operators of crossover and mutation. Parameters like the size of the population and the mutation rate are also defined and his influences in the evolution of the response along the generations are analyzed. Simulations were done with the classical delay-and-sum algorithm to validate responses. The results are discussed, offering the advantages and disadvantages of the solutions obtained and of the use of the technique.

Mi. 16:30 vanadium 2.03 Numerische Akustik 2

Aeroacoustic Sound Computation of a Generic Side Mirror using Spectral Finite Elements

A. Hüppe[a], M. Kaltenbacher[a] und A. Reppenhagen[b]

[a] *Alps-Adriatic University of Klagenfurt;* [b] *Kompetenzzentrum - Das Virtuelle Fahrzeug, Graz*

The driving noise of current automobiles at higher speeds is dominated by sound generating vortices in the flow field which arise e.g. behind mounting parts such as side mirrors or antennas. Schemes for computational aeroacoustics (CAA) which can predict this effect are important for a better understanding of the generation mechanisms and can help to minimize this unwanted noise. One established finite element scheme for CAA is based on the second order wave equation with source terms computed by Lighthills acoustic analogy. Even though this approach gives good results in the far field, the predicted sound close and inside the flow region seems to be inaccurate. Therefore, we apply the acoustic perturbation equations (APE), which use the Lamb vector as a source term and consider convective effects on the sound propagation. As the standard finite element method (FEM) is not applicable to APE, we present and utilize a penalized mixed FEM to obtain stable and accurate

results. Based on the flow field of a simplified side mirror geometry, we compare the sound field computed with both approaches especially focusing on the turbulent region. We show the differences and compare the results to measurement data to estimate their accuracy.

Mi. 16:55 vanadium 2.03 Numerische Akustik 2

Schallausbreitung in Strömungen - Ein Vergleich zwischen Galbrun-Gleichung und Potentialformulierung

F. Dietzsch[a], L. Hervella-nieto[b], S. Marburg[c] und R. Rodriguez[d]
[a] *TU Bergakademie Freiberg, IEC;* [b] *Universidad de A Coruña, Facultade de Informatica;* [c] *Universität der Bundeswehr München, Inst. für Mechanik;* [d] *Universidad de Concepción, Dep. Ingeniería Matemática (Chile)*

Zur Beschreibung der Schallausbreitung in stationären Strömungen im Frequenzbereich kennt die Literatur bisher im Wesentlichen ein Verfahren, die Potentialformulierung. Das vereinfachte Modell der Potentialformulierung ist nur auf rotationsfreie Strömungen anzuwenden und damit nicht allgemein gültig. Im Gegensatz dazu stellt die Galbrun-Gleichung eine Wellengleichung dar, die für beliebig (im Unterschallbereich) bewegte Fluide gültig ist. Jedoch zeigen erste Ergebnisse dieses neuen Ansatzes, dass die Lösungen des Eigenwertproblems durch Störmoden beeinträchtigt werden und nur eingeschränkt verwendet werden können. Deshalb werden im vorliegenden Beitrag die numerischen Lösungen beider Formulierungen mit einer analytischen Lösung verglichen und der Einfluss unterschiedlicher Diskretisierungen untersucht. Hierfür wird das Eigenwertproblem eines rechteckigen Kanals mit Admittanzrandbedingung durch die Methode der Finiten Elemente gelöst.

Sitzung „Audiologische Akustik 1“

Mi. 17:20 vanadium 2.03 Audiologische Akustik 1

Der cochleäre Verstärker - Modellvorstellungen zur Funktion des Cortiresonators

H. Hudde und S. Becker
Ruhr-Universität Bochum, Institut für Kommunikationsakustik

Das Wirkungsprinzip des cochleären Verstärkers beruht auf gesteuerten Längenänderungen der äußeren Haarzellen. Es konnte bereits früher mit Finite-Elemente-Berechnungen gezeigt werden, dass dabei ein charakteristischer Schwingungsmode des Corti-Organs, der ”Cortimode”, entsteht. Die Eigenfrequenz dieses Modes hängt von den geometrischen und mechanischen Parametern des Modells ab. Grundsätzlich sind Eigenfrequenzen unterhalb und oberhalb der zugehörigen Resonanzfrequenzen der Basilarmembran (BM) möglich. Je nach Lage der Resonanzfrequenzen benötigt man unterschiedliche Modelle, um den cochleären Verstärker zu erklären. (a) Liegt die Cortiresonanzfrequenz oberhalb der BM-Resonanzfrequenz am selben Ort, scheint die pegelabhängige Verschiebung der Tuningkurven am einfachsten erklärbar,

nämlich als Übergang von der reinen Cortiresonanz bei niedrigen Pegeln zur Resonanz der BM bei hohen Pegeln. (b) Bei ungefährer Gleichheit von Corti- und BM-Resonanzfrequenz ist die naheliegendste Modellierung eine Entdämpfung der BM durch die äußeren Haarzellen, wie sie schon häufig vorgeschlagen wurde. (c) Sind die Cortiresonatoren tiefer abgestimmt als die zugehörigen BM-Resonatoren, so werden die größten Kräfte basal des charakteristischen Ortes auf der BM eingespeist. Die drei genannten Fälle wurden mit einem zweikanaligen Netzwerkmodell der Cochlea untersucht. In diesem Vortrag werden die zugehörigen Modellvorstellungen entwickelt und grundsätzliche Unterschiede diskutiert. Die größtenteils erst im anschließenden Vortrag vorgestellten Modellsimulationen zeigen, dass nur der Fall (c) den Messergebnissen entspricht.

Mi. 17:45 vanadium 2.03 Audiologische Akustik 1

Der cochleäre Verstärker - Modelle und Ergebnisse

S. Becker und H. Hudde
Ruhr-Universität Bochum, Institut für Kommunikationsakustik

In diesem Vortrag geht es um die konkrete Umsetzung der im vorangehenden Vortrag erläuterten Modellvorstellungen zur Funktion des Cortiresonators innerhalb des cochleären Verstärkers. Für Cortiresonatoren, deren Resonanz höher liegt als die zugehörige Basilarmembran (BM)-Resonanz benötigt man Wellenausbreitung entlang des Cortiorgans, also eine mechanische Leitung. Die wesentliche Aufgabe bestand darin, die Parameter und Randbedingungen dieser Leitung so anzupassen, dass Messergebnisse von Tuningkurven tendenziell richtig reproduziert werden. Es zeigte sich, dass dies nicht zufriedenstellen gelingt. Liegen die Resonanzfrequenzen der Cortiresonatoren unterhalb der zugehörigen BM-Resonanzfrequenzen, so genügt es, die Cortiresonatoren als getrennte Einheiten ohne Leitungsstruktur zu modellieren. In diesem Fall besteht das wesentliche Problem darin, die Dimensionierung und Einbettung der Cortiresonatoren in das passive Modell so zu gestalten, dass sich ein stabiles System ergibt. Da die Cochlea für sehr niedrige Pegel, also im Fall maximaler cochleärer Verstärkung ein lineares System darstellt, muss Stabilität ohne den Einsatz einer nichtlinearen Sättigungskennlinie erzielt werden. Im Vortrag wird gezeigt, dass sich durch geeignete Parameterwahl tatsächlich ein Systemverhalten einstellen lässt, das die geforderten cochleären Verstärkungen und die Form der Tuningkurven in gewünschter Weise nachbildet. Damit steht erstmals ein stabiles aktives Zeitbereichsmodell der Cochlea zur Verfügung, bei dem alle Elemente physikalisch unmittelbar interpretierbar sind.

Mi. 18:10 vanadium 2.03 Audiologische Akustik 1

Modellierung der Sprachperzeption bei Cochlea-Implantat-Nutzern mit rein elektrischer und elektrisch-akustischer Stimulation (EAS)

T. Rader[a,b], Y. Adel[a], U. Baumann[b] und H. Fastl[a]

[a] *AG Technische Akustik, MMK, TU München;* [b] *Audiologische Akustik, Goethe-Universität Frankfurt am Main*

Cochlea-Implantat-(CI)-Nutzer mit elektrischer und akustischer Stimulation am gleichen Ohr (EAS) zeigen in Störgeräuschsituationen ein deutlich gesteigertes Sprachverstehen verglichen mit konventionell versorgten CI-Nutzern. Um den Einfluss des tieffrequenten akustischen Anteils zu untersuchen, wurde ein Modell zur Abbildung des Sprachverstehens der beiden Nutzergruppen (EAS, CI) erstellt. Ein auf das Sprachmaterial des Oldenburger Satztestes (OLSA) trainiertes und auf die Anforderungen eines CI optimiertes Spracherkennungssystem diente dabei als Diskriminationsmodell des CI/EAS-Nutzers. Als akustische Stimuli für das Modell dienten mit Hilfe der Teiltonzeitmuster in eine CI/EAS-Simulation transformierte Sätze des OLSA mit variablem Tieftonanteil (Rader DAGA 2011). Die Erkennungsraten bei verschieden parametrisierten akustischen Übergabefrequenzen zwischen akustischer und elektrischer Stimulation wurden in Ruhe und im Störgeräusch ermittelt. Als Störgeräusch kamen das quasi-kontinuierliche OLSA-Rauschen (OL-noise) und das sprachsimulierend modulierte Störgeräusch nach Fastl (Fastl-Rauschen) zur Anwendung. Zur Validierung des Modells werden die ermittelten Sprachverständlichkeitsschwellen mit den Ergebnissen aus Hörversuchen mit CI- und EAS-Nutzern verglichen. Die Daten des Modells stehen in guter Übereinstimmung zu den bei CI/EAS-Nutzern gemessenen Daten.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Audiologische Akustik (Poster)

Psychoakustische Modelle in der Hörgeräteanpassung

R.-L. Fischer[a] und T. Gerdes[b]

[a] *Siemens Audiologische Technik GmbH;* [b] *Inst. für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule Oldenburg*

In der Hörgeräteentwicklung sollen psychoakustische Modelle zur Bewertung neuer Anpassstrategien herangezogen werden. Diese Modelle beschreiben die Hör- und Verstehensprozesse von Menschen auf unterschiedlichen Wahrnehmungsdimensionen, wie z.B. Sprachverständlichkeit, Lautheit, Schärfe oder auch kombinierte Maße, wie Natürlichkeit oder Sprachqualität. Die Gewichtung der einzelnen Dimensionen bei der Bewertung der Sprachqualität durch die Versuchspersonen ist allerdings weiterhin unklar. Dies gilt in besonderem Maße für die Bewertung der Sprachqualität durch Hörgeschädigte und deren Abhängigkeit von der erzielten Sprachverständlichkeit.

In der dargestellten empirischen Arbeit wurden Zielverstärkungskurven für verschiedene Hörverluste anhand der Bewertung psychoakustischer Modelle ausgewählt. Dabei wurde zum Einen eine Bewertung lediglich

anhand der Dimensionen Lautheit und Schärfe für einen möglichst natürlichen Klangeindruck vorgenommen, während im anderen Fall zusätzlich das Sprachverständlichkeitsmodell SII in die Bewertung einbezogen wurde. Hierdurch wurden die Zielverstärkungskurven ausgewählt, die neben der optimalen Natürlichkeit ein Mindestmaß an Sprachverständlichkeit aufwiesen.
Es werden die Ergebnisse bezüglich der Sprachverständlichkeit und der Bewertung der Spontanakzeptanz durch Versuchspersonen dargestellt und mit den Vorhersagen der Modelle verglichen. Außerdem soll die Anwendung psychoakustischer Modelle in der Hörgeräteanpassung und die Gewichtung einzelner psychoakustischer Dimensionen diskutiert werden.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Audiologische Akustik (Poster)

Are Giant Synapses Depressed? The Modeling Study of Firing Properties of Globular Bushy Cells

M. Rudnicki und W. Hemmert
IMETUM, TU München

Globular Bushy Cells (GBC) in auditory brainstem are one of the neurons that receive direct inputs from inner ear. They are involved in sound localization, have excellent phase locking and entrainment.
GBCs are contacted by auditory nerve fibers (ANF) through giant synapses called endbulbs of Held. On the one hand, there is a strong evidence that endbulbs are strongly depressing synapses in in-vitro experiments. It means that the synaptic strength decreases with every activation of the synapse and recovers after some time. On the other hand, a few in-vivo experiments suggest no significant depression.
Our goal was to study how synaptic depression influences temporal processing using modeled GBC. Our model was implemented with Hodgkin-Huxley-like channels, multiple ANFs inputs and depressing synapses with double-exponential recovery.
The main result is that strongly depressing synapses degrade firing properties of GBCs and result in unrealistic firing properties. In particular, entrainment and firing rate were affected. Our results suggest that synaptic depression measured in-vitro is too strong compared to in-vivo. Now we are able to more fully understand how synaptic depression affects neural processing of sounds.

Sitzung „Lärm am Arbeitsplatz“

Mi. 8:30 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Spitzenschalldruckpegel bei Dummejungenstreichen

R. Paulsen
Institut für Arbeitsschutz der DGUV

Jemanden mit einem möglichst lauten Knall zu erschrecken, gehört zu den beliebten Dummejungenstreichen. Dabei werden dann selten Gedanken darauf verschwendet, ob solche Ereignisse den Zielpersonen körperlichen Schaden zufügen können. Ist der Knall laut genug, so kann neben dem beabsichtigten Schreck ein Knalltrauma die Folge sein. Die VDI-Richtlinie 2058 Blatt 2 ”Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung” geht für einmalige Ereignisse davon aus, dass für eine akute Schädigung die maximalen Schalldruckpegel LAI mindestens 135 dB erreichen müssen, dies entspricht Spitzenschalldruckpegeln LpCpeak von mehr als 150 dB. Von den Unfallversicherungsträgern wird immer wieder beim IFA nachgefragt, ob denn solche Spitzenschalldruckpegel bei akustischen Unfällen, ausgelöst durch Knallereignisse, aufgetreten sein können. Im Rahmen solcher Anfragen wurden am IFA dazu Laborversuche durchgeführt. Bei den Messungen ist es notwendig, die Randbedingungen so zu gestalten, dass Gefährdungen durch mechanische, chemische und thermische Einwirkungen ausgeschlossen werden können. Berichtet wird über drei Laboruntersuchungen, bei denen Spitzenschalldruckpegel durch Explosion eines Feuerwerkskörpers, durch Entzünden eines Deospray-Luft-Gemisches und durch das Zertreten von leeren Getränkepackungen ermittelt wurden.

Mi. 8:55 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Warnsignale im Gleisoberbau: Vergleich zweier Warnsignale durch subjektive Messungen

S. Dantscher
Institut für Arbeitsschutz der DGUV

Bei Arbeiten im Gleisbereich werden akustische Warnsignale verwendet, um die Beschäftigten bei Gefahr (sich nähernder Zug) zu warnen und zum Räumen des Gleises aufzufordern. In Deutschland sind Systeme von zwei Herstellern im Einsatz, deren Signale sich in ihrer Frequenzcharakteristik und Zeitstruktur unterscheiden. Da sich die Beschäftigten daher jeweils auf das Signal einstellen müssen, waren die zuständigen Unfallversicherungsträger und die Deutsche Bahn AG daran interessiert, dass zukünftig nur noch ein einziges Signal verwendet wird. Deshalb wurde im Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) untersucht, ob eines der beiden verwendeten Signale unter den gegebenen Arbeitsbedingungen besser zu hören ist. Rechnerische Methoden zur Bestimmung der Wahrnehmbarkeit berücksichtigen nur die spektralen Eigenschaften von Warnsignal und Störgeräusch, und liefern daher nur für konstante Geräusche aussagekräftige Ergebnisse, da andere Einflussgrößen wie Rauhigkeit, Tonalität

und Schärfe nicht miteingehen. Es wurden subjektive Paarvergleiche mit Probanden im Labor durchgeführt, bei denen beide Warnsignale direkt nacheinander im Störgeräusch bei Pegeln oberhalb der Mithörschwelle angeboten wurden. Die Versuchspersonen mussten entscheiden, welches Signal sie besser wahrgenommen hatten. Im Ergebnis zeigte sich, dass eines der beiden Signale als geeigneteres Warnsignal auf Gleisbaustellen anzusehen ist. Dies gilt auch bei der Verwendung eines für den Gleisoberbau geeigneten Gehörschutzes.

Mi. 9:20 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Lärmexposition im Fahrleitungsbau

M. Telsnig und W. Wahler
AUVA, Wien

Im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Gefahrenermittlung ist es notwendig, den Lärmexpositionspegel an den Arbeitsplätzen zu berechnen, um in weiterer Folge die Personen zu ermitteln, die für eine regelmäßige Gehöruntersuchung vorzusehen sind. Aus diesem Grund ist die Fa. Europten an die AUVA herangetreten, um Unterstützung bei Lärmessungen im Rahmen des Fahrleitungsbaus zu bekommen. Als ersten Schritt wurde eine ausführliche Analyse der verschiedenen Tätigkeiten und eine Klassifizierung hinsichtlich der zu erwartenden Pegelhöhe gemacht. Im Anschluss wurden Messungen gemäß ISO 9612 mit Handschallpegelmesser und Personendosimeter durchgeführt. Als Ergebnis dieses Projekts soll eine Tabelle mit den Lärmexpositionspegeln bei den verschiedenen Expositionsgruppen vorliegen, um auf neuerliche Beurteilungen in diesem Bereich für eine gewisse Zeitperiode verzichten zu können. Die Schwierigkeiten bei der Arbeitsanalyse und die Erfahrungen im Umgang der verschiedenen Messsysteme unter extremen Bedingungen sollen diskutiert werden.

Mi. 9:45 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Lärm und Gehör unter hyperbaren Bedingungen

H. Waldmann[a] und A. Stirnemann[b]
[a] *Suva, Luzern (CH);* [b] *Phonak AG*

Bei Tunnelarbeiten wird teilweise der Luftdruck um 2 bis 3 bar gegenüber Atmosphärendruck erhöht. Durch die erhöhte Dichte der Luft sind einige Veränderungen bei der Entstehung, Ausbreitung und Messung von Schall sowie beim Hörvorgang zu erwarten. Für die Suva stellt sich die Frage, wie die Lärmexposition unter hyperbaren Bedingungen zu messen und im Hinblick auf die Gehörgefährdung zu beurteilen sei.
In einer Druckkammer soll untersucht werden, wie sich der veränderte Luftdruck auf die Schallmesstechnik und auf den Hörvorgang auswirkt.
Messungen von Pegeltönen verschiedener Kalibratoren und eines Pistonphons sollen zeigen, wie die Normal-Schallquellen und die Messmikrofone auf den veränderten Luftdruck reagieren.

Um Veränderungen des Hörvorgangs zu objektivieren, soll mit einem Audiometer die Hörschwelle eines Probanden bei den verschiedenen Luftdrücken bestimmt werden. Der Schallpegel des Audiometrie-Kopfhörers wird an einem künstlichen Ohr bei mehreren Frequenzen überprüft. Es wird ebenfalls eine Audiometrie mit eingesetztem Gehörschutz durchgeführt.
Aufgrund von Modellüberlegungen wird erwartet, dass die Gehörgang-Resonanz, die typischerweise bei etwa 3 kHz liegt, bei einem Absolutdruck von 4 bar verschwindet. Dieses Verhalten soll an einem Modell des Gehörgangs, in welchem das Trommelfell durch verschiedene akustische Widerstände simuliert wird, überprüft werden.
Dieser Vorstudie sollen Messungen der Schallpegel typischer Lärmquellen im Tunnelbau bei hyperbaren Bedingungen folgen.

Mi. 10:10 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Methoden zur Einhaltung von Auslöse- und maximalen Expositionswerten zum Lärm

M. Schmidt
Müller-BBM GmbH

Die Lärm- und Vibrations-Arbeitschutzverordnung schreibt kein genormtes Messverfahren für die Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz vor. Darüber hinaus ist in ihr ebenfalls kein Nachweisverfahren für die Überprüfung der Dämmwirkung von Gehörschutz am Arbeitsplatz genannt. Ziel des Beitrages ist die Darstellung zweckmäßiger Messverfahren für die Erfassung der Lärmexposition in der Praxis. Es wird von Grundbegriffen und Definitionen ausgegangen, die bei der Entwicklung der Messverfahren von grundlegender Bedeutung sind. Insbesondere wird die Definition des ”Arbeitsplatzes” herausgearbeitet. Es wird eine enge Verbindung zu den akustischen Definitionen und Messgrößen hergestellt, die schematisch in den Grundbegriffen ”Lärmemission”, ”Lärmimmission”, ”Lärmexposition” und ”Lärmdosis” veranschaulicht werden. Anders als in der DIN EN ISO 9612, die von drei verbal festgelegten Strategien ausgeht und damit spezifische Vor- und Nachteile aufweist, wird hier von einem Lösungsansatz ausgegangen, der seinen Ursprung in der Kategorisierung der Schallpegel-Zeitverläufe hat und von vier Lärmtypen I, II, III und IV ausgeht, wie sie üblicherweise an Arbeitsplätzen in der Industrie, dem Gewerbe und der Landwirtschaft vorkommen. Es werden vier Methoden zur Ermittlung der Lärmexposition vorgestellt. Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Messwerte, der Messgrößen, der Ergebnisgrößen und der Messunsicherheiten wird anhand eines Beispiels erläutert. Für die Messmethoden wird ein Auswahlschema vorgeschlagen.

Mi. 14:00 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Messung und Beurteilung von Ultraschallgeräuschen am Arbeitsplatz

J. Maue
Institut für Arbeitsschutz der DGUV

Ultraschall kommt heute in vielen Bereichen der industriellen Produktion zur Anwendung, z.B. zum Reinigen, Verschweißen sowie zum Bohren und Schneiden. Dabei entstehen an den zugehörigen Arbeitsplätzen in der Regel tonale Geräuschbelastungen mit mehr oder weniger bedeutenden Anteilen bei Ultraschallfrequenzen wie auch im Hörfrequenzbereich. Da handelsübliche Schallpegelmesser nur für die Erfassung von Geräuschen im Hörschallbereich ausgelegt sind, lassen sich diese Messgeräte nicht ohne Weiteres für die entsprechenden Messungen einsetzen. Erfahrungsgemäß können sich je nach Schallpegelmesser deutlich abweichende Messwerte ergeben. Mit der VDI 3766 wurde nun der zweite Entwurf einer Richtlinie fertig gestellt, die die Durchführung entsprechender Messungen an Arbeitsplätzen und deren Beurteilung sowie geeignete Lärmminderungsmaßnahmen beschreibt. Da die Meinungen bezüglich der Beurteilung von Ultraschallgeräuschen und der dabei anzusetzenden Grenzwerte sehr stark divergierten, hat die Erarbeitung dieser Richtlinie mehr als 11 Jahre gedauert. Das Ergebnis ist als ein Kompromiss anzusehen, der nicht alle Seiten ganz zufrieden stellt. Der neue Entwurf der VDI-Richtlinie 3766 wird kurz vorgestellt, wobei insbesondere auf die Messgerätetechnik und die zu bestimmenden Kennwerte eingegangen wird. Darüber hinaus werden Hinweise und Empfehlungen zur Durchführung der Messungen und Beurteilung der gewonnenen Ergebnisse gegeben.

Mi. 14:25 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Ermittlung der individuellen Lärmexposition unter Berücksichtigung des verwendeten Gehörschutzes

P. Sickert
Berufsgenossenschaft Holz und Metall

Die Lärmexposition am Arbeitsplatz kann nach DIN EN ISO 9612 personenbezogen ermittelt werden. Bei der Messung wird die Wirkung des verwendeten Gehörschutzes nicht berücksichtigt. Nach LärmVibrationsArbSchV muss unter Berücksichtigung des Gehörschutzes sichergestellt sein, dass der auf das Gehör einwirkende Lärm am Arbeitsplatz den maximal zulässigen Expositionswert $L'_{EX,8h}$ = 85 dB(A) nicht überschreitet. Besondere Bedeutung erhält dieser Wert bei sehr hohen Schalldruckpegeln. Da eine zu geringe Schalldämmung des Gehörschützers bei einem Tages-Lärmexpositionspegel von zum Beispiel $L_{EX,8h}$ = 110 dB(A) schon bei kurzzeitiger täglicher Exposition zur Gehörgefährdung führen kann, fordert die TRLV Lärm einen besonderen Schutz der betreffenden Personen (”qualifizierte Benutzung”).

Für solche Arbeitsplätze ist deshalb die individuelle Lärmexposition von besonderer Bedeutung. Sie wird im Allgemeinen durch personenbezogene Messungen des Tages-Lärmexpositionspegels bestimmt, wobei die tatsächlich erreichte Dämmung des Gehörschutzes über Praxisabschläge abschätzt wird. Diese Abschläge lassen jedoch nur eine statistische und keine individuelle Aussage zu.
Um das persönliche Gehörschadensrisiko ermitteln zu können, ist die Messung der individuellen Belastungsdosis mit speziellen Lärmdosimetern unter dem Gehörschutz eine Alternative zum Abschätzverfahren mittels Praxisabschlägen. Durch Vergleich der verschiedenen Messmethoden soll ein erster Ansatz zur Frage der Lärmmessung unter Berücksichtigung der maximal zulässigen Expositionswerte gegeben werden.

Mi. 14:50 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Verfahren zur Bestimmung der individuellen Dämmwirkung von Gehörschutz

M. Ebersold und M. Schmidt
Müller-BBM GmbH

Das Tragen von Gehörschutz ist heute fester Bestandteil des Lärmschutzes am Arbeitsplatz. In Deutschland legt die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) den unter Berücksichtigung der dämmenden Wirkung von Gehörschutz maximal am Ohr des Trägers zulässigen Expositionspegel fest. Dies bedeutet, zur Bestimmung der tatsächlich am Ohr des Arbeitnehmers vorliegenden Lärmexposition ist die Kenntnis über die individuelle Dämmwirkung des eingesetzten Gehörschutzes erforderlich. Gehörschutzhersteller geben für ihre Produkte die nach der Baumusterprüfung ermittelten Schalldämmungen an. Studien zeigen allerdings, dass die unter strengen Laborbedingungen ermittelten Dämmwerte in der betriebsüblichen Tragepraxis selten erreicht werden können. Um die tatsächlich am Ohr des Arbeitnehmers vorliegende Lärmexposition unter Berücksichtigung des Gehörschutzes zu bestimmen, ist deshalb ein Messverfahren erforderlich, mit welchem die Dämmwirkung des Gehörschutzes unter möglichst praxisnahen Bedingungen ermittelt werden kann. In vorliegender Untersuchung wurden verschiedene auf dem Markt erhältliche Messsysteme in Hinblick auf die Bestimmung der individuellen Dämmwirkung auf Basis vorliegender Produktinformationen beurteilt. Ergebnis der Untersuchung war, dass zum Zeitpunkt der Studie kein Messsystem am Markt uneingeschränkt für alle Gehörschutzarten geeignet ist, die tatsächliche individuelle Dämmwirkung zu bestimmen. Es wird ein Vorschlag für ein praxisnahes Vorgehen zur Bestimmung der individuellen Dämmwirkung gemacht.

Mi. 15:15 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Untersuchung des Hörvermögens bei einer angezeigten beruflichen Lärmschwerhörigkeit: Der Einsatz von Fragebögen als Ergänzung zu ton- und sprachaudiometrischen Messungen

H. Sukowski[a], C. Thiele[b], K. Wagener[c], A. Lesinski-Schiedat[b] und B. Kollmeier[a]

[a] *Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg;* [b] *Hörzentrum Hannover der HNO-Klinik, Med. Hochschule Hannover;* [c] *Hörzentrum Oldenburg GmbH*

In der Audiologie-Initiative Niedersachsen wurden in den vergangenen Jahren Vorschläge zur Überarbeitung des HNO-ärztlichen Begutachtungsprozesses des Hörvermögens erarbeitet. Im Mittelpunkt stehen Vorschläge zur Modernisierung/Ergänzung der bislang verwendeten Sprachtestverfahren (Sukowski et al., DAGA 2011). In einigen Teilstudien wurden darüber hinaus Fragebögen eingesetzt. Das Ziel war, zu klären, ob Fragebögen zusätzliche relevante Informationen über die Beeinträchtigung der Betroffenen liefern können, die mit ton- und sprachaudiometrischen Messungen nicht erfasst werden.

Der Fragebogen besteht aus 12 Fragen aus dem Oldenburger Inventar-R zur "Subjektiven Hörfähigkeit" (Kompetenzzentrum HörTech, 2004), 10 Fragen zu beruflichen Kommunikations- und Höranforderungen (basierend auf: Schweizerische Gesellschaft für Oto-Rhino-Laryngologie, Hals- und Gesichtschirurgie (2001) und 10 Fragen aus dem Göteborger Profil (ursprüngliche Version: Ringdahl et al., 1993).

In die Auswertung gingen Daten von 125 Personen aus Hannover und Oldenburg ein. Die Teilnehmer(innen) hatten unterschiedliche Hörverluste und nahmen aus unterschiedlichen Untersuchungsanlässen (Begutachtung, Hörgeräteberatung, freiwillige Testperson) teil. Über alle Personen hinweg wurden signifikante Zusammenhänge zwischen ton- und/oder sprachaudiometrischen Messergebnissen mit den jeweils relevanten Fragebogenskalen ermittelt. Vor allem bei geringgradig Schwerhörenden lagen jedoch große Streuungen in den Fragebogenergebnissen vor, die auf ein individuell sehr unterschiedliches Erleben der Beeinträchtigung schließen lassen. Erwartungsgemäß stieg das empfundene Handicap ermittelt mit den Fragen des Göteborger Profils mit zunehmendem Hörverlust an.

Mi. 15:40 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Wann stört Lärm das geistige Arbeiten? Einfluss von Aufgaben- und Geräuschcharakteristiken bei der Wirkung moderaten Lärms auf Arbeitsgedächtnisleistungen

K. Bergström[a], T. Lachmann[b] und M. Klatte[b]

[a] *TU Kaiserslautern, Psychologie 2;* [b] *TU Kaiserslautern*

Die Frage nach den Wirkungen von Lärm mittlerer Pegel auf kognitive Leistungen ist seit langem Gegenstand intensiver Forschung. In diesbezüglichen Studien erwiesen sich Aufgaben, die das Verfügbarhalten

und Verarbeiten von Information im Arbeitsgedächtnis erfordern, als besonders anfällig für Störungen durch Hintergrundlärm. In der vorliegenden Studie wurden die Auftretensbedingungen solcher Lärmwirkungen durch Variation von Aufgaben- und Geräuschcharakteristiken analysiert. Arbeitsgedächtnisaufgaben, die das Behalten sprachlicher Information erforderten, wurden durch ein für die Probanden unverständliches Hintergrundsprechen massiv beeinträchtigt, während strukturell gleiche Aufgaben mit nichtsprachlichem Material (visuelle Muster, räumliche Positionen) nicht beeinflusst wurden. Beim Vergleich der Wirkungsweise unterschiedlicher Geräusche erwiesen sich sprachliche Geräusche als störender relativ zu nichtsprachlichen Geräuschen vergleichbarer akustischer Struktur und Komplexität. Die Ergebnisse unterstützen die Annahme, dass sprachliche Geräusche obligatorischen Zugang zum Arbeitsgedächtnis erhalten ("direct access") und mit simultan ablaufenden Behaltens- und Verarbeitungsprozessen interferieren. Diese Wirkungen sind nicht durch "Aufmerksamkeitsablenkung" erklärbar, sondern stellen automatisch ablaufende Funktionsstörungen eines kognitiven Systems dar, welches bei zahlreichen kognitiven Anforderungen, so auch bei vielen Routinetätigkeiten an Büroarbeitsplätzen, von maßgeblicher Bedeutung ist.

Mi. 16:30 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Wirkungen von Lärm und Nachhall auf das Behalten sprachlicher Information bei Studierenden

M. Klatte und T. Lachmann
TU Kaiserslautern

Die Wissensvermittlung in institutionellen Settings (z.B. Schule, Universität) erfolgt zu großen Teilen über mündliche Kommunikation (Lehrer- bzw. Dozentenvortrag, Gruppendiskussion). Verstehendes Zuhören ist daher für den Lernerfolg von maßgeblicher Bedeutung. In der vorliegenden Studie wurden die Wirkungen von mittellauten Hintergrundgeräuschen und Nachhall in einem Seminarraum auf die Behaltensleistungen für akustisch präsentierte sprachliche Information bei Studierenden untersucht. Die Untersuchung wurde in einem speziellen Seminarraum im Oldenburger "Haus des Hörens" durchgeführt, der die Simulation unterschiedlicher Nachhallzeitcharakteristiken mittels einer elektroakustischen Anlage ermöglicht. Bei Testung im akustisch günstigen Raum mit kurzen Nachhallzeiten (T30, 250-2000 Hz = 0.47 s) zeigte sich eine signifikante Leistungsbeeinträchtigung durch ein sprachliches Hintergrundgeräusch, während Breitbandrauschen und nichtsprachliche Klassenraumgeräusche gleichen Pegels keine Störung bewirkten. Bei längeren Nachhallzeiten (T30, 250-2000 Hz = 1.1 s) bewirkten auch die nichtsprachlichen Geräusche signifikante Leistungsverschlechterungen relativ zur Ruhebedingung. Die Leistungsbeeinträchtigung durch das Hintergrundsprechen wurde im halligen Raum erheblich verstärkt. Bei einer Kontrollaufgabe zur Sprachverständlichkeit lag die Leistung der

Probanden in allen Störgeräusch x Nachhall-Bedingungen bei 100 Prozent. Die Ergebnisse zeigen, dass ungünstige akustische Bedingungen die mentale Verarbeitung mündlicher Information auch dann beeinträchtigen können, wenn die Information perfekt verstanden wird. Theoretische Erklärungsansätze und praktische Implikationen der Befunde werden diskutiert.

Mi. 16:55 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Merkmale von Bürolärm: Die Rolle von Verständlichkeit, Variabilität und Aufgabenstellung

A. Liebl

Fraunhofer Institut für Bauphysik

Das Vorhandensein sprachlicher Hintergrundgeräusche beeinträchtigt nachweislich die kognitive Leistungsfähigkeit (z.B. Schlittmeier et al., 2008) bei stillen, konzentrierten Tätigkeiten. Diesem Befund wird für die Praxis in offenen Büroumgebungen große Bedeutung zugeschrieben. Es wird angenommen, dass die individuelle Leistungsfähigkeit durch Gespräche von Kollegen beeinträchtigt wird. Der Speech Transmission Index (STI), ein Maß der Sprachverständlichkeit, wird als geeignete physikalische Führungsgröße zur Vorhersage des Störpotentials sowie als Zielgröße zur akustischen Gestaltung von Büroumgebungen angesehen (Hongisto, 2005). Darüber hinaus lässt sich das Störpotential von Hintergrundgeräuschen anhand deren Schwankungsstärke beschreiben (Schlittmeier et al., in press). Ferner ist davon auszugehen, dass verschiedene Aufgabenstellungen in unterschiedlichem Ausmaß sensitiv für Beeinträchtigungen durch Hintergrundgeräusche sind. Folglich werden in der berichteten Untersuchung sowohl die Verständlichkeit als auch die Schwankungsstärke von Hintergrundgeräuschen variiert und deren Auswirkungen auf verschiedene kognitive Aufgabenstellungen beleuchtet. Es ergibt sich ein komplexes Befundmuster, welches sowohl die Rolle der Sprachverständlichkeit, als auch der Schwankungsstärke in Abhängigkeit spezifischer Aufgabenstellungen belegt.

Mi. 17:20 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Hintergrundsprache stört kognitive Leistung in Büros: Zur Rolle von Sprachverständlichkeit und temporal-spektraler Variabilität

S. Schlittmeier[a], A. Assfalg[a], J. Hellbrück[a] und A. Liebl[b]

[a] *Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt;* [b] *Fraunhofer Institut für Bauphysik*

Hintergrundsprache ist in Mehrpersonen- und Großraumbüros unvermeidlich. Eine Vielzahl von Studien belegt die negativen Effekte von Hintergrundsprache auf kognitive Leistungen, insbesondere auf das verbale Arbeitsgedächtnis. Der Irrelevant Sound Effect (ISE) bezeichnet das empirisch robuste Phänomen, dass irrelevante Hintergrundschalle mit

distinkten temporal-spektralen Schwankungen, wie sie auch für Sprache kennzeichnend sind, die verbale Arbeitsgedächtnisleistung signifikant reduzieren. Obgleich auch nicht-sprachliche Schalle einen ISE hervorrufen können (z.B. Musik mit prominenten Stakkato-Passagen), ist die Störwirkung von Sprache unübertroffen. Sie hängt jedoch von der Sprachverständlichkeit ab: Ist diese reduziert, ist auch die Störwirkung geringer.
Ein Experiment (n=24) prüfte, ob die Verständlichkeit von Hintergrundsprache oder ihre temporal-spektrale Variabilität für die Störwirkung ausschlaggebend ist. Dazu war eine Standardaufgabe zur Messung der Arbeitsgedächtnisleistung (verbal serial recall) unter acht Schallbedingungen zu bearbeiten. Diese variierten bezüglich errechneter Sprachverständlichkeit (Speech Transmission Index, STI) und temporal-spektraler Schwankungen (Empfindungsgröße Schwankungsstärke). Es zeigte sich, dass perfekt verständliche Hintergrundsprache die Leistung stärker stört als ein nicht-sprachliches Signal derselben Schwankungsstärke. Wird die Sprachverständlichkeit schrittweise mittels unterschiedlich lautem Rauschen gemindert (Signal-Rausch-Abstand: SNR = 0, -3 oder -6 dB(A)), sinkt die Störwirkung der Hintergrundsprache. Damit unterstreicht auch diese Studie die Notwendigkeit die Sprachverständlichkeit von Hintergrundsprache in Büros mittels akustischer Optimierungsmaßnahmen zu reduzieren.

Mi. 17:45 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Zur Wirkungsweise von Kanten-Absorbern in kleinen bis mittelgroßen Räumen

J. Lamprecht und H.V. Fuchs
Forschungsgesellschaft für Systemsicherheit und Arbeitsmedizin

Für den Lärmschutz und die Hörsamkeit in kommunikativ genutzten Räumen ist nach DIN 18041 ihre Nachhallzeit entscheidend. Um diese breitbandig in den vorgegebenen engen Grenzen zu halten, werden konventionell möglichst große Flächen an Decke und Wänden mit faserigen oder porösen Dämpfungsschichten belegt. Um deren Wirksamkeit zu den tiefen Frequenzen auszudehnen, sind allerdings Bautiefen von ca. 40 cm nötig. Diese lassen sich nur in den Raumkanten sinnvoll realisieren, wo sich auch die Schallenergie konzentriert. In einer Parameter-Studie wurde ihre Wirkung dort in Anlehnung an ISO 354 systematisch untersucht und mit einem Glättungsverfahren nach Bézier bis 63 Hz herunter dargestellt. Dabei bestätigen sich ältere Erfahrungen aus dem Bau von Produktions- und Hörstudios. Es ergeben sich aber auch neuartige Bauweisen und Konfigurationen mit erstaunlichen Absorptionseigenschaften. So können Kanten-Absorber, z.B. im Abstand zur Decke montiert, die flächigen Anordnungen vorteilhaft ersetzen und zusätzliche bauliche Funktionen übernehmen. Auf vielfältige Anwendungen und Ausführungsbeispiele wird in einem zweiten Vortrag eingegangen.

Mi. 18:10 titanium 2.04 Lärm am Arbeitsplatz

Erfahrungen mit innovativen Kanten-Absorbern in kommunikativ genutzten Räumen

H.V. Fuchs[a], J. Lamprecht[a] und X. Zha[b]
[a] *Forschungsgesellschaft für Systemsicherheit und Arbeitsmedizin;* [b] *Berlin*

Um die von ihren Nutzern selbst erzeugten Lärmpegel in Mehrpersonen-Räumen zu senken, werden nach DIN 18041 konventionell möglichst große Flächen an Decke und Wänden mit faserigen oder porösen Dämpfungsschichten belegt. Um deren Wirksamkeit zu den tiefen Frequenzen auszudehnen, sind allerdings Bautiefen von ca. 40 cm nötig, die sich nur in den Raumkanten sinnvoll realisieren lassen. In einem zweiten Vortrag wird die Wirksamkeit neuartiger Kanten-Absorber anhand von Messungen nach ISO 354 besprochen. Hier wird beispielhaft über aktuelle Sanierungsmaßnahmen in Hörsälen, Besprechungs- und Freizeiträumen einer Hochschule, Klassenzimmern, Musikräumen und Mensen von Schulen sowie Waschräumen einer Kindertagesstätte berichtet. Diese zeigen, dass man durch eine Bedämpfung bis 63 Hz herunter die Deutlichkeit von Sprache und Klarheit von Musik so verbessern kann, dass man auf die üblichen Wand- und Deckenverkleidungen sowie Schallschirme und -segel verzichten kann, wenn man Kanten von maximal der zweifachen Länge und Breite des Raumes waagrecht (bzw. senkrecht) im Abstand zur Decke (bzw. Wand) belegt. Deren Öffnungen sind, vom Raum nicht einsehbar, gegen Verschmutzung und Vandalismus geschützt. Ihre zweiseitig geschlossenen Oberflächen werden wie Decke und Wände behandelt. Die variabel gestaltbaren ”Koffer” können Kabel, Kanäle, Beleuchtung und andere Hausinstallationen aufnehmen bzw. abdecken.

Sitzung „Strategien zur Minderung des Schienenverkehrslärms 2“

Mi. 8:30 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 2

Dosis-Wirkungs-Beziehung - mathematische Betrachtungen zu verschiedenen Aus- und Bewertungen

D. Windelberg[a] und B. Vogelsang[b]
[a] *Leibniz Universität Hannover, Institut für Algebra und Zahlentheorie;* [b] *Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz*

Die Lärmwirkungsforschung sucht oft nach einer Beziehung zwischen einer ”Dosis” Lärm (als ein x-Wert) und einer durch diese Dosis verursachten Lästigkeit als ”Wirkung” (als ein zugehöriger y-Wert). Hier wird zunächst die zeitliche Beziehung betrachtet: Die Dosis wird als eine akustische Kenngröße für eine bestimmte Zeit konstruiert, während die Wirkung durch einzige Befragung einzelner Bürger gemäß ICBEN nach ihren Gedanken über Störungen oder Belästigungen während der ”letzten 12 Monate” erfasst wird. Daraus entsteht meist eine ”Punktwolke”,

wenn verschiedene Menschen zu ihrer (Dosis, Wirkung)-Beziehung gefragt werden. Weiter wird vorgestellt, wie stark die Interpretation einer solchen Punktwolke von der Auswahl der mathematischen Beschreibung abhängt. Wenn diese Punktwolke durch eine einzige Kurve beschrieben werden soll, ist eine Anforderung an die geometrischen Eigenschaften einer solchen Kurve (wie z.B. eine Beschränkung auf ein endliches Intervall) ebenso notwendig wie ein Qualitätskriterium (wie z.B. minimale Summe der Abstandsquadrate zwischen Punkten und Kurve bei geeigneter Abstandsfunktion). Insbesondere der Vergleich zweier Punktwolken und/oder der beschreibenden Kurven kann zu unterschiedlichen Ergebnissen führen - wie am Beispiel der IF-Studie und anderer für den Schienenbonus verantwortlicher Punktwolken gezeigt wird. Abschließend wird an (gemessenen) Vorbeifahrpegeln aus 7 Nächten einer Woche eine einfache Auswertung vorgestellt, um daran die Unterschiede nächtlicher Lärmbelastung zu demonstrieren.

Mi. 8:55 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 2

Expositions-Wirkungsbeziehung zur Belästigung durch Schienenverkehrslärm im Rheintal

D. Schreckenberg[a], K. Giering[b] und S. Augustin[b]

[a] *ZEUS GmbH;* [b] *Fachhochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld*

Im Rahmen eines umfangreichen Vorhabens zur Umsetzung von Forderungen des 10-Punkte-Aktionsplans "Leises Rheintal" der Umwelt- und Verkehrsminister von Rheinland-Pfalz und Hessen wurde im Herbst 2010 eine Befragungsstudie zu den Belästigungs- und Störungswirkungen des Schienenverkehrs im Rheintal durchgeführt. Erste Ergebnisse der Befragung wurden auf der DAGA 2011 bereits vorgestellt. Im Anschluss an die Befragung wurde für die Wohnadresse jedes Untersuchungsteilnehmers die durch den Schienenverkehr verursachte Geräuschbelastung fassaden- und stockwerksgenau ermittelt. Es wurden Dauerschallpegel für den Tag, Abend und die Nacht sowie für den gesamten 24-Stunden-Tag berechnet. Auf Basis dieser Daten wurden Expositions-Wirkungskurven zur Belästigung und (berichteten) nächtlichen Störungen durch den Bahnlärm bestimmt. Die Analysen zeigen deutlich einen höheren Grad an Belästigung und Störungen durch den Schienenverkehrslärm als auf Basis der von Miedema und Kollegen aufgestellten, allgemeinen Expositions-Wirkungsbeziehungen zur Belästigung durch Schienenverkehrslärm zu erwarten wäre. Für die Beauftragung und finanzielle Unterstützung des Forschungsprojekts danken die Autoren dem Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz (Ansprechpartner: Dr. Wolfgang Eberle) und dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Ansprechpartner: Gunther Möller).

Mi. 9:20 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 2

Wirkungsbezogener Schienenlärmindex

K. Giering und S. Augustin
Fachhochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld

In ihrem 10-Punkte-Programm "Leises Rheintal" haben sich die Umwelt- und Verkehrsminister von Rheinland-Pfalz und Hessen darauf verständigt, ein Schutzkonzept zu entwickeln, was durch "eine Kombination kurzfristiger, mittelfristiger und langfristiger Maßnahmen den Schienenverkehr im gesamten Mittelrheintal schrittweise menschen- und umweltverträglicher" gestalten soll. Im Rahmen der Umsetzung dieses Programms soll zur Begrenzung der Lärmbelastung in einem Modellvorhaben ein praxistaugliches Verfahren zur Lärmkontingentierung entwickelt werden. Dabei liegt ein wesentlicher Schwerpunkt auf der Darstellung und Berechnung eines Schienenlärmindexes, der die belästigende und störende Wirkung des Lärms widerspiegelt und es gestattet, verschiedene Lärmminderungsmaßnahmen, die im Zuge einer Kontingentierung eingesetzt werden können, hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu beschreiben. Der vorzustellende Index berücksichtigt die Belästigungswirkung des Schienenlärm tags sowie die Störwirkung auf den Schlaf nachts. Auf der Grundlage von Dosis-Wirkungskurven zur Belästigung, die von der ZEUS GmbH in 2011 im Mitterheintal erhoben wurden, von Aufwachreaktionen aus der DLR-Studie zur "wirkungsbezogenen Bewertung unterschiedlicher Verkehrslärmarten" von 2010 sowie eines akustischen Modells, das neben dem Mittelungspegel auch nächtliche maximale Vorbeifahrtspegel berücksichtigt, wurde der Index, getrennt nach Tag und Nacht für das Mittelrheintal und den Bereich des Rheingaus berechnet. Die Wirkung beispielhafter Maßnahmen zur Lärmminderung wurde betrachtet. Diese Ergebnisse werden vorgestellt.

Mi. 9:45 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 2

NORAH-Studie: Akustische Kennwerte für den Schienenverkehrslärm

U. Möhler
Möhler + Partner Ingenieure AG

In der NORAH-Studie werden in drei Teilstudien die Verkehrslärmwirkungen von Flug-, Straßen- und Schienenlärm auf die Belästigung, auf die Gesundheit von Erwachsenen sowie auf die kognitiven Leistungen von Grundschulkindern untersucht. Die Anforderungen an Art und Umfang der Beschreibung der akustischen Situation der Probanden in den 3 Teilstudien ist abhängig von der jeweiligen Fragestellung und daher stark unterschiedlich. Am Beispiel des Schienenverkehrslärms wird die unterschiedliche Auswahl und die Methoden zur Bestimmung der maßgeblichen akustischen Kennwerte dargestellt und diskutiert.

Mi. 10:10 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 2

STARDAMP: Ein deutsch-französisches Kooperationsprojekt zur Verminderung des Schienenlärms

M. Starnberg
DB Systemtechnik GmbH

Dämpfungselemente für Rad und Schiene gewinnen zunehmende Bedeutung für die Lärmminderung im Schienenverkehr. Diese bieten den Vorteil, die Schallabstrahlung des dominierenden Rollgeräusches direkt an der Quelle zu reduzieren.
In den letzten Jahren wurden innovative Produkte von verschiedenen Herstellern entwickelt. Feldversuche haben gezeigt, dass Dämpfer für Rad und Schiene eine effektive Maßnahme in der Lärmbekämpfung sein können. Allerdings sind die Schritte bis zur Serienanwendung noch sehr zeit- und kostenintensiv. Ein einheitliches Bewertungsverfahren fehlt, daher können verschiedene Produkte nicht objektiv verglichen werden.
Zur Beschleunigung der Entwicklungszyklen und Vereinfachung von Zulassungsverfahren hat sich im Rahmen eines DEUFRAKO-Projekts unter dem Namen STARDAMP "Standardization of damping technologies for rail and wheel" ein Konsortium aus neun Partnern gebildet. Beteiligt sind neben der DB Systemtechnik und der SNCF Repräsentanten der Hersteller und Forschungsinstitute.
Bis zum Jahr 2012 soll ein umfassendes, praxistaugliches Bewertungsverfahren für die Einsatzfähigkeit und Wirksamkeit von Dämpfern für Rad und Schiene zur Minderung des Rollgeräusches erarbeitet werden. Grundlage des zukünftigen Bewertungsverfahrens soll die Kombination von standardisierten Laborversuchen und einer darauf abgestimmten Computersimulation sein. Dazu wird eine Software auf Basis des bewährten Programms TWINS erstellt, die allen interessierten Endnutzern zur Verfügung stehen soll.
Der Beitrag gibt einen Überblick über die Ziele und bisherige Ergebnisse von STARDAMP.

Mi. 14:00 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 2

Assessment of the efficiency of rail dampers using laboratory methods within the STARDAMP project

H. Venghaus[a], D.J. Thompson[b], M. Toward[b], D. Bumke[c] und P. Kitson[d]
[a] *Schrey & Veit GmbH, Sprendlingen;* [b] *University of Southampton, ISVR;* [c] *TU Berlin FG Schienenfahrwege und Bahnbetrieb;* [d] *Tata Steel RD&T (UK)*

As rolling noise of trains is generated by wheels and rails, the noise radiation of these two sources can be reduced by damping systems mounted directly at the sources themselves. Today the development of new rail absorbers need costly tests directly at wheels or rails under working condition on railway lines to verify the efficiency of the absorbers. The DeuFraKo supported R&D-project STARDAMP is aiming at new techniques to prove the efficiency of new absorbers at laboratories before the

final stage of the homologation procedure is needed, to save both money and time along the development process. This paper is dealing with the process of testing rail absorbers at rails with a finite length, which can be used for indoor tests. Beside the comparison of measured damping effects of rail absorbers at endless rail versus finite rail, the methodology of collecting data (= Track Decay Rate measurements) will be highlighted. The paper is addressed to developers of rail absorbers as well as to consulting engineers to discuss new measuring techniques in railway noise. The presentation will be held in German language.

Mi. 14:25 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 2

Wirksamkeit von Schienenabsorbern in Abhängigkeit verschiedener Fahrzeugtypen

R. Sieglitz[a] und C. Czolbe[b]

[a] *PROSE Berlin GmbH;* [b] *PROSE AG*

Im Herbst 2010 wurden in der Schweiz insgesamt vier Schienenabsorbertypen akustisch untersucht, um deren Einsatz und Wirkung als Lärmschutzmaßnahme zu bewerten. Betrachtet wurden dabei der Einfluss auf die Schienendämpfung bzw. Abklingrate und die Pegeländerung bei Vorbeifahrt verschiedener Fahrzeugtypen. Die nach statistischen Gesichtspunkten durchgeführte Auswertung ergab eine signifikante Pegelminderung durch die Absorber während der Vorbeifahrt um durchschnittlich 2 dB, wobei der Effekt u. a. auch von der Fahrzeugart und -konstruktion abhängig ist. Schienenabsorber haben primär Auswirkungen auf den Rollgeräuschanteil des Oberbaus, wodurch die durch Absorber insgesamt erzielbare Pegelminderung umso höher ausfällt, desto geringer der Rollgeräuschanteil vom Fahrzeug ist. Bei modernen Elektrotriebzügen mit kleinen Rädern und Scheibenbremsen wurden bei zwei Absorbern durchschnittliche Pegelminderungen von 6 dB ermittelt. Die Messungen erfolgten in einem Projekt der BLS AG und wurden mit finanziellen Mitteln des Schweizerischen Bundesamtes für Verkehr (BAV) und des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt (BAFU) gefördert.

Mi. 14:50 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 2

Entwicklung von Schienenrauheiten und Lärmminderung durch Schienenpflege

C. Czolbe[a] und R. Sieglitz[b]

[a] *PROSE AG;* [b] *PROSE Berlin GmbH*

Der Schienenverkehrslärm an offenen Strecken wird vom Rollgeräusch dominiert, welches durch die Rauheiten von Rad und Schiene verursacht wird. Eine Minderung der Rauheiten im Rollkontakt (Summenrauheit), wie sie z.B. bei den Radlaufflächen durch K-Sohlen und bei der Schiene durch ein spezielles Schienenkopfschleifen erreicht werden kann, geht mit einer Rollgeräuschminderung einher, soweit beide Kontaktpartner dabei berücksichtigt werden. Die Umrüstung von Güter- und Personenwagen auf K-Sohlen ist in der Schweiz fast abgeschlossen.

Das alte Rollmaterial des Alpen-Transitverkehrs wird davon jedoch nicht beeinflusst, daher werden nun gleisseitige Massnahmen wie ein lärmarmer Oberbautyp, Schienenabsorber und Schienenpflege auf ihren Einsatz zur lokalen Lärmminderung von Streckenabschnitten untersucht. Im Zusammenhang mit dem sonRAIL "Eisenbahn Lärmberechnung" Programm wurden 2009 Schienenrauheiten im Schweizer Bahnnetz ermittelt und mit verschiedenen Oberbauparametern korreliert. Ziel war es, diejenigen Parameter zu identifizieren, welche einen Einfluss auf die Schienenrauheit haben. Über die Lärmmonitorstellen des BAV konnten darüber hinaus neue Erkenntnisse zur zeitlichen Entwicklung der Schienenrauheitsspektren gewonnen werden. Zurzeit werden die Methoden und Verfahren zum Schienenschleifen optimiert. Die Kenntnis über die Rauheitssituation an einem Streckenabschnitt mit gegebenem Oberbautyp sowie über die Rauheitsentwicklung lässt eine Planung von Schienenschleifmaßnahmen zu. Damit soll eine nachhaltige Lärmminderung auf dem Streckennetz erfolgen.

Mi. 15:15 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 2

Lärmminderung an Eisenbahnbrücken - Messkonzept zur Ermittlung von Einfügedämmungen und Korrekturfaktoren

D. Stiebel
DB Systemtechnik GmbH

Der sekundäre Luftschall, der während der Überfahrt eines Zuges über eine Eisenbahnbrücke abgestrahlt wird, wird als Brückendröhnen bezeichnet. Diese zusätzlich zum Rollgeräusch auftretende Lärmkomponente ist vor allem bei niedrigen Frequenzen ausgeprägt und kann aufgrund der in diesem Frequenzbereich geringen Dämmung der Fenster zu einer starken Belästigung der Anwohner führen. Da gerade an belasteten Strecken die vorhandenen Stahlbrücken mit einer zusätzlichen Schallabstrahlung von bis zu 12 dB als Hotspots wirken, sollen u. a. im Rahmen des Konjunkturpaketes II neue Maßnahmen zur nachträglichen Reduktion des Brückendröhnens getestet werden. Die erforderlichen messtechnischen Untersuchungen erfolgen dabei teilweise an Brücken, bei denen die Messungen z. B. aufgrund enger Bebauungssituationen und teilweise starken Hintergrundgeräuschen erschwert werden. Um die Wirkung der Maßnahmen trotzdem möglichst genau bestimmen zu können, wurde durch die Experten der DB Systemtechnik ein umfassendes Messkonzept basierend auf einer Kombination von Luftschall- und Körperschall-Messungen entwickelt. Dabei sollen die Wirkungen der Maßnahmen auf das Rollgeräusch mittels Körperschall-Messungen an Schiene und Schwelle und Wirkungen auf das Brückendröhnen mittels Körperschall-Messungen an der Brückenkonstruktion getrennt voneinander bestimmt und bewertet werden. Die Trennung erlaubt die Analyse komplexer Zusammenhänge. Weiterhin wird ein Konzept vorgeschlagen, das eine Umrechnung der gemessenen Werte in Korrekturfaktoren entsprechend der Berechnungsvorschrift "Schall 03 neu" erlaubt.

Mi. 15:40 palladium 2.05 Minderung des Schienenverkehrslärms 2

Lärmaktionsplanung zur Minderung des Schienenlärms in Berlin
B. Lehming
ALD / Senatsverwaltung für Umwelt Berlin
Neben dem Straßenverkehr gehört der Bahnlärm in Ballungsgebieten und größeren Kommunen zu den Hauptverursachern der Lärmbelastung. In Berlin sind dies die Bahnen nach dem Allgemeinen Eisenbahngesetz (Deutsche Bahn, Nebeneisenbahnen), S-Bahn, Straßenbahnen und U-Bahnen in Hochlage. Die wesentlichen Störungen gehen vom Güterverkehr und den Rad-Schiene-Geräuschen aus. Im Bereich der Straßenbahnen sind auch die Körperschallanregungen signifikant.
Legt man die Gesundheitsschwellenwerte des Sachverständigenrats für Umweltfragen von tags 65 dB(A) und nachts 55 dB(A) zu Grunde sind in Berlin gegenwärtig ca. 36.000 Einwohner tags und ca. 68.000 Einwohner nachts vom Bahn-/Straßenbahnlärm betroffen.
Der Vortrag zeigt Maßnahmen am bestehenden Netz (einschließlich Maßnahmen des Konjunkturprogramms) und auf landespolitischer Ebene auf.

Sitzung „Tieffrequenter Schall“

Mi. 16:30 palladium 2.05 Tieffrequenter Schall

Entwurf zur Überarbeitung der DIN 45680
D. Krahé[a] und R. Borgmann[b]
[a] *Bergische Universität Wuppertal;* [b] *Bayerisches Landesamt für Umwelt*
Probleme mit tieffrequentem Lärm haben in den vergangenen Jahren scheinbar zugenommen, doch viele nachvollziehbare Beschwerden von Betroffenen wurden von Umweltämtern zurückgewiesen. Entweder wurden in diesen Fällen nach DIN 45680 nicht die Anhaltswerte oder schon in Vor- und Zwischenstufen des Beurteilungsverfahrens nicht die recht hoch angesetzten Schwellwerte überschritten. Auch die unterschiedliche Vorgehensweise bei tonalen und nicht-tonalen Geräuschen konnte zur Folge haben, dass sehr geringe Unterschiede in den Messwerten das Ergebnis der Beurteilung stark bestimmten. Dies machte die Beurteilung darüber, ob ein Geräusch als belästigend einzustufen ist oder nicht, bis zu einem gewissen Grad willkürlich. Aus diesen Gründen ist die Fassung der Norm von 1997 in den letzten Jahren überarbeitet und im August 2011 als Entwurf veröffentlicht worden. Im Beitrag werden die essenziellen Verfahrensschritte des Entwurfes insbesondere mit Hinblick auf die Schwächen der bestehenden Fassung vorgestellt. Ferner wird zum aktuellen Stand der Einführung berichtet.

Mi. 16:55 palladium 2.05 Tieffrequenter Schall

DIN 45680 Fassung 1997 vs. 2011: Fallstudien

D. Krahé
Bergische Universität Wuppertal

Viele Betroffene von tieffrequentem Lärm, deren Klagen bisher wegen unkritischer Bewertung durch die DIN 45680 von Umweltämtern nicht weiterverfolgt wurden, erhoffen, dass mit der Einführung der überarbeiteten Fassung die Geräusche nunmehr als kritisch bewertet werden und damit weitere Maßnahmen zur Minderung der Lärmbelastung ausgelöst werden. Es stellt sich die Frage, wie weit diese Hoffnungen berechtigt sind. Anhand einiger Fallbeispiele wird aufgezeigt, in welchem Maße und durch welche Maßnahmen in der überarbeiteten Fassung sich Änderungen in der Beurteilung ergeben beziehungsweise nicht ergeben. Da die bisherige Unterscheidung zwischen tonalen und nicht-tonalen Geräuschen zu eklatanten Unterschieden in der Bewertung führen konnte, sind in dieser Hinsicht grenzwertige Fälle von besonderem Interesse.

Mi. 17:20 palladium 2.05 Tieffrequenter Schall

Lautheitswahrnehmung von tieffrequenten Schallen

F. Kamp, R. Sottek und A. Fiebig
HEAD acoustics GmbH

Durch gesellschaftliche Faktoren, wie steigendes Verkehrsaufkommen oder die vermehrte Nutzung von Windturbinen zur Energieversorgung, hat die Lärmexposition insbesondere auch im tiefen Frequenzbereich zugenommen. Beschwerden über die Lästigkeit tieffrequenter Geräusche häufen sich. Die Lautheit eines Geräusches hat dabei neben weiteren Parametern einen starken Einfluss auf die Lästigkeit eines Hörereignisses. Der psychoakustische Parameter Lautheit zeichnet sich hinsichtlich der Bewertung der empfundenen Intensität eines Hörereignisses gegenüber dem A-bewerteten Schalldruckpegel durch eine bessere Korrelation mit dem menschlichen Empfinden aus. Die Lautheitswahrnehmung hängt dabei neben dem tatsächlichen Schalldruck von einer Vielzahl weiterer Parameter, wie der spektralen Verteilung des Signals oder der zeitlichen Struktur, ab. Um die Frequenzabhängigkeit der Lautheit darzustellen, werden die Kurven gleicher Lautheit genutzt, die auf einem Vergleich reiner Sinustöne beruhen. Besonders im tieffrequenten Bereich ($f < 100$ Hz) zeigen sich in den Berechnungen der Lautheit abhängig von den verwendeten Normen (ANSI S3.4-2007, DIN 45631/A1 und ISO 532) und ihren zugrundeliegenden Modellen große Differenzen. Unterschiedliche Ergebnisse bei der Untersuchung verschiedener Signale (sowohl synthetisch erzeugter Testsignale aber auch realer Geräusche) schränken die Vergleichbarkeit der Lautheitsberechnungen ein. Dieser Beitrag befasst sich mit der Lautheitswahrnehmung tieffrequenter Schallereignisse und präsentiert Ergebnisse neuer Hörversuche.

Mi. 17:45 palladium 2.05 Tieffrequenter Schall

Rauigkeitsempfindung bei tieffrequenten Sinustönen?

R. Sottek, F. Kamp und A. Fiebig
HEAD acoustics GmbH

Für die Bewertung von Hörereignissen sind die Empfindungen des Menschen entscheidend. Das Verstehen der Signalverarbeitung des menschlichen Gehörs basierend auf physiologischen Erkenntnissen ist eine notwendige Voraussetzung für Untersuchungen zur Geräuschqualität oder für anspruchsvolles Sound Design. Basierend auf den Erkenntnissen der auditiven Signalverarbeitung stehen Modelle für verschiedene psychoakustische Parameter bereit, die der Beschreibung und Kategorisierung der menschlichen Geräuschwahrnehmung dienen. Insbesondere für tiefe Frequenzen sind hier noch viele Fragen offen. In ersten Beobachtungen wird von Versuchspersonen bestätigt, dass der durch reine Sinustöne hervorgerufene Höreindruck unterhalb einer gewissen Grenzfrequenz von einer rein tonalen Wahrnehmung abweicht. Die Töne werden als moduliert bzw. als rau wahrgenommen. Eine mögliche Erklärung wird in der relativ kurzen Länge der Impulsantwort des menschlichen Gehörs im tieffrequenten Bereich vermutet, die gleichzeitig auch eine Begründung für eine hohe zeitliche Auflösung für tiefe Frequenzen liefert. Dieser Beitrag befasst sich mit der Fragestellung einer Rauigkeitswahrnehmung von tieffrequenten Sinustönen und zeigt erste Hörversuchsergebnisse zu der Thematik auf.

Mi. 18:10 palladium 2.05 Tieffrequenter Schall

Fallbeispiele zu tieffrequentem Gewerbe- und Industrielärm

A. Niepenberg[a], D. Krahé[b] und M. Bade[a]
[a] *WaveScape Technologies GmbH;* [b] *Bergische Universität Wuppertal*

Schallemissionen gewerblich betriebener Anlagen zeichnen sich häufig durch eine Dominanz tiefer Frequenzen aus. Die Ursachen hierzu können unterschiedlicher Natur sein. So bietet die technische Akustik umfangreiche Maßnahmen, die eine hervorragende Dämpfung der mittleren und hohen Frequenzen erzielen, eine Dämpfung der tiefen Frequenzen jedoch kaum oder nur mit extrem hohem Aufwand bewirken. Ein anderer Grund kann darin liegen, dass die Drehzahl von Verbrennungsmotoren reduziert wird, um die Energieeffizienz zu verbessern und den Verschleiß zu reduzieren.

Die genannten Ursachen treffen z.B. auf Blockheizkraftwerke (BHKW) zu, die im Rahmen der aktuellen Energiewende zunehmend zur dezentralen Energieversorgung eingesetzt werden. Durch eine dezentrale Energieversorgung kann besonders flexibel auf Laständerungen der benachbarten Verbraucher reagiert werden. Zudem werden lange Leitungswege vermieden, so dass der dezentrale Einsatz von BHKW als besonders energieeffizient gilt. Zu diesem Zweck werden BHKW zunehmend näher an neue sowie vorhandene Wohnbebauung platziert und führen dort nicht selten zu Immissionsproblemen niederfrequenter Art.

Im Vortrag werden derartige, typische Fälle von tieffrequentem Gewerbe- und Industrielärm anhand von konkreten Beispielen vorgestellt, um anschließend Maßnahmen zur optimalen Dämpfung, die unter Umständen besonders wirksam und effizient durch Gegenschallverfahren erzielt werden kann, zu diskutieren.

Sitzung „Psychoakustik 2“

Mi. 8:30 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Klopfgeräusche als Qualitätsindiz von Haushaltsgeräten

M.E. Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Kommunikationsakustik

In der Fahrzeugindustrie ist seit langem bekannt, dass im Autohaus das erste Kontakterlebnis des potenziellen Kunden mit dem Fahrzeug mit der Türöffnung und -schließung beginnt. Deswegen werden die Türöffnungs- oder Türschließgeräusche sorgfältig gestaltet, damit ein Gefühl von Sicherheit und Qualität übermittelt wird. Natürlich werden die Betriebsgeräusche genauso sorgfältig behandelt. Wenn wir Haushaltgeräte in Betracht ziehen, gewinnt die Optimierung des Betriebsgeräusches immer mehr an Bedeutung, weil diese alltäglichen Geräusche unsere Lebensqualität negativ aber auch positiv beeinflussen können. Beim Kauf von solchen Geräten im Laden spielt inzwischen der vom Hersteller angegebene Schallleistungspegel eine Rolle, aber der visuelle Eindruck und weitere Herstellerangaben sind öfter entscheidungsdominanter. Allerdings ist im Laden eine weitere gängige Praxis das Klopfen der Seitenwände des Gerätes. Das Klopfgeräusch liefert an den Hörer wichtige Informationen über die Qualität, die Hochwertigkeit und die Solidität. Dieses Geräusch ist natürlich kombiniert mit einem taktil/kinästhetischen Eindruck. Ziel dieser Arbeit ist die Charakterisierung und die Klassifizierung von Klopfgeräuschen aus dem Blickwinkel der Nutzer. Dabei stellt sich die Frage, was Probanden überhaupt unter einem optimalen Klopfgeräusch verstehen. In dieser Arbeit werden 8 Klopfgeräusche (aufgenommen und synthetisiert) mit einem semantischen Differential beurteilt. Zur Bestimmung der Wahrnehmungsdimensionen wurde eine Faktorenanalyse durchgeführt. Weiterhin werden die audiotaktilen Aspekte der Qualitätsbeurteilung diskutiert.

Mi. 8:55 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Rauigkeitsmodellierung unter Berücksichtigung der Einhüllendenform

A. Oetjen[a], R. Weber[a] und J. Verhey[b]

[a] *Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik;* [b] *Abteilung für Experimentelle Audiologie, Universität Magdeburg*

Die Rauigkeit stellt eine wichtige Empfindungsgröße bei der Charakterisierung von Umweltgeräuschen wie z.B. Motorengeräuschen dar.

Eine geschlossene modellhafte Beschreibung der Rauigkeit steht jedoch noch aus, u.a. da noch nicht alle für die Umweltschalle relevanten Abhängigkeiten von Signalparametern geklärt sind. Neuere psychoakustische Studien zeigen, dass bei amplitudenmodulierten Signalen die Form der Einhüllenden einen wesentlichen Einfluss auf die Rauigkeit des Geräuschs hat. Unsymmetrische Einhüllendenformen werden als rauer bewertet als symmetrische. Diese Eigenschaften werden von bestehenden Berechnungsalgorithmen für Rauigkeit unzureichend berücksichtigt. Ausgehend vom Berechnungsmodell nach R.Sottek (DAGA 1994) wird ein Berechnungsansatz vorgestellt, in dem durch Auswertung der Einhüllendenspektren in jeder Frequenzgruppe sowie durch Berücksichtigung der Einhüllenden in den Nachbarkanälen die Einhüllendenform des Ausgangssignals bei der Rauigkeitsberechnung berücksichtigt wird. Grundlage für die Optimierung des Berechnungsansatzes bildet ein Satz von subjektiven Rauigkeitsbewertungen für amplitudenmodulierte Sinustöne mit verschiedenen Einhüllendenformen und für Aufnahmen von Fahrzeuggeräuschen mit Motoren unterschiedlicher Bauart in verschiedenen Betriebszuständen. Die Vorhersagen des neuen Berechnungsansatzes führen im Vergleich mit dem ursprünglichen Modell zu einer höheren Korrelation der berechneten Rauigkeiten mit den Subjektivurteilen für die unterschiedlichen Geräuschtypen.

Mi. 9:20 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Shape of the envelope and roughness perception

R. Weber, H. Oetjen und A. Oetjen
Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik

At Euronoise 2011 Yasui and Miura presented the roughness perception of amplitude modulated sinusoids with triangularly shaped envelopes and showed that the roughness perception depends on the chosen triangular shape of the envelope. In our investigation the shapes of triangular and sinusoidal envelopes are varied by changing the steepness of their ascending and descending slopes. For measuring the roughness alterations, a rough triangularly amplitude modulated sinusoid with a steep ascending slope serves as benchmark sound whose roughness is varied by changing its degree of modulation. To measure the roughness of a test sound, the roughness of the benchmark sound is varied such that it equals the roughness of the test sound, and this point of subjective equality (PSE) for roughness is determined by using an adaptive (one-up/ one down) AFC method. The results of 22 participants show on one hand that unsymmetrical shapes of envelopes lead to higher roughness than symmetrical ones and on the other hand that the amplitude modulated signals with triangular (non differentiable) envelope shapes produce a higher roughness than those (differentiable) envelope shapes that are derived from sinusoids.

Mi. 9:45 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Psychoakustische Experimente zur Knallhaftigkeit

H. Fastl, B. Lichtinger und S. Kerber
AG Technische Akustik, MMK, TU München

Knallgeräusche weisen sehr kurze Anstiegszeiten der Schalldruck-Zeitfunktion auf, die bei der Speicherung und Übertragung durch datenreduzierende Medien in der Regel nicht originalgetreu übertragen werden können. Dennoch sind aus der Praxis keine Beschwerden über mangelhafte Geräuschqualität von Knallgeräuschen bekannt. Um für zukünftige Kodierverfahren Möglichkeiten und Grenzen auszuloten, wurde in psychoakustischen Messreihen untersucht, wie sich Veränderungen in den Anstiegs- und Abfallzeiten synthetisierter Knallgeräusche auf die wahrgenommene ”Knallhaftigkeit” der Geräusche auswirken. Ziel war es, Grenzwerte für Anstiegs- und Abfallzeiten zu ermitteln, die nicht überschritten werden dürfen, damit Schalle noch als typische Knallgeräusche wahrgenommen werden. Mittels MATLAB wurden in Anlehnung an Pfander (Das Knalltrauma, Springer 1975) Knallgeräusche erzeugt und dann in psychoakustischen Messreihen hinsichtlich der Knallhaftigkeit beurteilt. Bei den 180 synthetisierten Schallen wurden wesentliche Parameter in condensatio und rarefactio der Knallgeräusche systematisch variiert. Obwohl kein Grenzwert für Anstiegs- und Abfallzeiten gefunden werden konnte, geben die Ergebnisse der psychoakustischen Experimente dennoch wichtige Hinweise darauf, wie die Begrifflichkeit ”Knall” durch Alltags-Erfahrungen aus dem Bereich audio-visueller Medien wesentlich geprägt wird.

Mi. 10:10 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Differences of loudness algorithms across the frequency spectrum

J. Schlittenlacher[a], H. Fastl[b] und T. Hashimoto[c]
[a] *TU Darmstadt, Institut für Psychologie;* [b] *AG Technische Akustik, MMK, TU München;* [c] *Seikei University*

The two most known standards for the calculation of loudness, ANSI S3.4-2007 and DIN 45631 as an enhancement of ISO 532B produce different results, especially in the case of broadband sounds. Mainly, this has two reasons: the different evaluation of single frequency components as well as their summation. The latter is also frequency-dependent because of the different models of critical bands. It will be shown how specific loudness can be compared despite of the unequal units, ERB and Bark. ANSI S3.4-2007 computes slightly higher results for low-frequent noise, however, the most obvious differences occur at the most sensitive area of the human ear around 3 kHz. Experimental data shows that DIN 45631 makes very good predictions and that’s why it should also be regarded as a good model for specific loudness.

Mi. 14:00 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Repräsentation von zeitlicher Lautheitssummation in fMRT-Aktivierungskarten

S. Uppenkamp und A. Cicholewski
Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg

Die Lautheit eines kurzen Signals nimmt mit zunehmender Dauer bis zu einer bestimmten Integrationszeit zu. Dieser Effekt wird als zeitliche Lautheitssummation bezeichnet. Die entsprechenden Zeitkonstanten für die Modellierung der Lautheit variieren stark zwischen unterschiedlichen Studien und liegen zwischen 25 und mehr als 200 ms. Ebenso ist offen, ab welcher Stufe der Hörbahn ein vollständiges physiologisches Korrelat der Empfindungsgröße Lautheit nachweisbar ist. Ein Ziel dieser Studie war, sowohl psychoakustisch als auch in einer Aktivierungsstudie mit funktioneller Magnetresonanztomographie bei denselben Probanden die effektive Zeitkonstante der Lautheitsbildung abzuschätzen, um ein besseres Verständnis der zeitlichen Integration im auditorischen System zu erreichen. Weiterhin sollte ein physiologisches Korrelat der zeitlichen Lautheitssummation in der Hörbahn bzw. im Kortex lokalisiert werden. Hierzu wurde die Lautheit von Pulsfolgen mit Rauschpulsen untersucht. Die Länge der Pulse wurde zwischen 10 und 950 ms und der Pegel zwischen 30 und 85 dB parametrisch variiert. Es zeigt sich, dass die Variation des Pegels sich eher in primären Arealen abbildet, während die Variation der Dauer zu einer Aktivierung von weiter lateral gelegenen Teilen des auditorischen Kortex, aber auch zu einer systematischen Änderung des fMRT-Signals im Colliculus inferior führt. Diese Ergebnisse unterstreichen die enge Verknüpfung von zeitlicher Lautheitssummation und anderen zeitlichen Integrationsprozessen im auditorischen System.

Mi. 14:25 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Additivity of Time-Frequency Masking

B. Laback[a], T. Necciari[a], P. Balazs[a], S. Savel[b], S. Meunier[b], S. Ystad[b] und R. Kronland-Martinet[b]
[a] *Institut für Schallforschung, Österreichische Akademie d. Wissenschaften;* [b] *CNRS-LMA*

In a series of experiments we studied the additivity of masking for Gaussian-shaped tones separated either in time, frequency, or both. For temporal separations, the results reveal strong excess masking (in excess of linear additivity), amounting up to 26 dB for the four-masker condition. This stronger excess masking compared to that found in the literature for longer maskers can be explained by a model of masking additivity that incorporates the medial olivocochlear reflex that controls cochlear compression. For frequency separations, excess masking was strong for spectrally flanking maskers but weak for combinations of maskers with a lower frequency than the target. The results can be predicted by a model involving partial compression of maskers down to an octave below the target characteristic frequency. For time-frequency separations, excess

masking varied very strongly across the time-frequency configurations. The consistency of the data for time-frequency separations with predictions of a model combining the assumptions used to explain the data for time and frequency separations will be presented. Taken together, our results may help to improve the predictability of masking effects between individual components of time-frequency representations of sounds and thus to improve the efficiency of audio codecs.

Mi. 14:50 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Präferenz und Lautheit bei Multitonsignalen

S. Töpken[a], J. Verhey[b] und R. Weber[a]

[a] *Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik;* [b] *Abteilung für Experimentelle Audiologie, Universität Magdeburg*

Multitonsignale, bestehend aus zwei harmonischen Tonkomplexen und zusätzlichen Kombinationstönen, können aufgrund der spektralen Dichte der Teiltöne Schwebungen aufweisen, die zu sehr unterschiedlichen Empfindungen führen. In unseren vorangegangenen Studien wurde mit einem semantischen Differential und einem vollständigen Paarvergleich ein klarer Zusammenhang zwischen dem Grundtonverhältnis der zwei harmonischen Tonkomplexe und der beurteilten Angenehmheit gefunden. Ziel der jetzigen Untersuchung ist die Quantifizierung der relativen Wahrnehmungsunterschiede zwischen den Multitonsignalen und einem breitbandigen Referenzgeräusch. In zwei Hörexperimenten werden die Punkte subjektiv gleicher Wahrnehmungsstärke (point of subjective equality, PSE) für Präferenz und für Lautheit von 47 Teilnehmern gemessen. Durch ein adaptives Verfahren wird der dBA-Pegel des Multitonsignals so eingeregelt, dass das Multitonsignal gleich präferiert bzw. gleich laut wahrgenommen wird, wie ein Referenzgeräusch mit konstantem dBA-Pegel. Die Pegelunterschiede zwischen dem Referenz- und dem Multitonsignal am PSE sind dann ein quantitatives Maß für die Präferenz- bzw. für die Lautheitunterschiede der Geräusche. Als Signalparameter wird das Grundtonverhältnis der zwei harmonischen Tonkomplexe variiert, wobei der untere Grundton bei 100 Hz konstant bleibt. In den Ergebnissen zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den Lautheits- und Präferenzurteilen. Beide sind dennoch korreliert.

Mi. 15:15 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Modellierung der zeitvarianten Lautheit mit einem Gehörmodell

T. Bierbaums[a] und R. Sottek[b]

[a] *Institut für Techn. Akustik, RWTH Aachen;* [b] *HEAD acoustics GmbH*

Die Bewertung des subjektiven Lautstärkeempfindens hat in den letzten Jahrzehnten zu Modellen geführt, die weit über eine einfache frequenzabhängige Gewichtung des Schalldruckpegels dB(A) hinausgehen. Die drei wesentlichen Faktoren, die bei der Modellbildung eine Rolle spielen, sind: Frequenzgewichtung, Frequenzskala (Bandbreite der gehörbezogenen Filter) und der nichtlineare Zusammenhang zwischen Schalldruck und spezifischer Lautheit. Die aktuellen Normen DIN 45631/A1

und ANSI S3.4-2007 verfolgen hierbei unterschiedliche Ansätze in Bezug auf die Frequenzskala und die Frequenzgewichtung. Beide verfügen über eine stark vereinfachte nichtlineare Signalverarbeitung. ANSI S3.4-2007 verwendet jedoch im Vergleich zur DIN 45631 eine höhere Anzahl an Bandpassfiltern und gleichzeitig eine stärkere Frequenzabschwächung im tieferen Frequenzbereich. Diese Effekte heben sich teilweise auf, bieten aber auch, in Abhängigkeit des zu bewertenden Signals, eine Erklärung für etwaige Unterschiede in der Lautheitsevaluierung beider Normen. Hörversuchsergebnisse aktueller Untersuchungen zur Lautheit stationärer Signale, wie Rauschsignale verschiedener Bandbreite, weisen nur eine geringe Korrelation zu den mit den Normen berechneten Resultaten auf. Ebenso die Lautheitsberechnung zeitvarianter technischer Schalle korreliert gering mit dem subjektiven Lautstärkeempfinden, so dass ein neuer Ansatz auf Basis des Gehörmodells nach Sottek erarbeitet wird, der sich einer erweiterten Modellierung der Nichtlinearität und der gehörbezogenen Filterbank bedient, um eine höhere Korrelation zu den Subjektivurteilen zu erzielen.

Mi. 15:40 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Wahrnehmung und Modellierung von Lautheit instationärer, technischer Signale

M. Wächtler[a], J. Rennies[a], I. Holube[b] und J. Verhey[c]
[a] *Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie, Oldenburg;* [b] *Inst. für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule Oldenburg;* [c] *Abteilung für Experimentelle Audiologie, Universität Magdeburg*

Für Untersuchungen von Lautheit und damit auch für die Überprüfung von Lautheitsmodellen werden häufig künstlich generierte Signale verwendet, die in ihren Eigenschaften stark idealisiert sind. Offen bleibt bei dieser Herangehensweise die Frage, inwieweit die auf die Vorhersage der Lautheit synthetischer Signale abgestimmten Modelle in der Lage sind, die Lautheit von realen und somit in der Regel weitaus komplexeren Geräuschen vorherzusagen. Ziel dieser Studie ist die Untersuchung der Lautheit technischer Signale mit einem zeitlich instationären Verlauf, wie z.B. Maschinenlärm. Ein Satz von technischen Schallen wird zunächst bezüglich ihrer Lautheit subjektiv bewertet. Die Bewertung erfolgt sowohl durch eine absolute Skalierung auf einer Kategorialskala als auch durch ein Lautheitsvergleichsverfahren. Die Ergebnisse lassen so zum einen eine grobe Einordnung der Schalle auf einer Lautheitsskala über einen großen Pegelbereich zu als auch für eine mittlere Lautheit eine genauere Quantifizierung der Lautheitsunterschiede. Die Ergebnisse werden dann mit den Vorhersagen verschiedener Lautheitsmodelle verglichen. Neben einem generellen Test der Vorhersagekraft der Modelle erlaubt dieser Vergleich wegen der Struktur der verschiedenen Modelle auch eine Abschätzung des Einflusses der verschiedenen Signaleigenschaften (spektral, zeitlich, spektrotemporal) auf die Lautheit.

Mi. 16:30 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Lautheit subkritischer Geräusche als Funktion des Pegels

J. Hots[a], J. Rennies[b] und J. Verhey[a]
[a] *Abteilung für Experimentelle Audiologie, Universität Magdeburg;* [b] *Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie, Oldenburg*

Ein grundlegendes Konzept von Lautheitsmodellen ist die Zerlegung des Spektrums in Frequenzgruppen mit einer anschließenden Kompression. Diese Verarbeitungsstufen führen zusammen mit einer Summation über die Frequenzgruppen hinweg zur der Vorhersage der spektralen Lautheitssummation, d.h. bei gleicher Signalintensität einer Zunahme der Lautheit mit zunehmender Bandbreite, wenn die Bandbreite die kritische Breite, d.h. die Frequenzgruppenbreite, überschreitet. Für kleinere (subkritische) Bandbreiten wird mit stationären Lautheitsmodellen eine bandbreitenunabhängige Lautheit vorhergesagt. Für sehr kleine Bandbreiten sagen hingegen Modelle zur dynamischen Lautheit aufgrund der inhärenten Pegelschwankungen des Rauschens eine leichte Erhöhung der Lautheit gegenüber einem Sinuston an der Mittenfrequenz des Rauschens vorher. Auf der letzten DAGA wurde gezeigt, dass die Lautheit von Rauschsignalen mit einer subkritischen Bandbreite entgegen den Modellvorstellungen geringer ist als die eines Sinustons gleicher Mittenfrequenz und gleichen Pegels. Dieser Effekt wurde mit einem Lautheitsvergleichsverfahren bei mittleren Pegeln für verschiedene Mittenfrequenzen nachgewiesen und nimmt mit dem rauschhaften Charakter der Signale zu. Im vorliegenden Beitrag wird untersucht, inwieweit dieses Verhalten auch in anderen Pegelbereichen auftritt. Um einen möglichst großen Pegelbereich abzudecken wird neben einem Lautheitsvergleichsverfahren auch die kategoriale Lautheitsskalierung genutzt, die den Vorteil einer erheblich kürzeren Messdauer in sich birgt, jedoch eine geringere Genauigkeit als ein Lautheitsvergeleichsverfahren hat. Die Ergebnisse beider Messverfahren werden verglichen.

Mi. 16:55 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Simulationen zur zeitlichen Integration nahe der Ruhehörschwelle mit Feinstruktur

B. Epp[a], J. Verhey[b] und M. Mauermann[c]
[a] *Technical University of Denmark;* [b] *Abteilung für Experimentelle Audiologie, Universität Magdeburg;* [c] *Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg*

Die mit hoher Frequenzauflösung gemessene Ruhehörschwelle in Normalhörenden zeigt häufig quasiperiodische Schwankungen, die sogenannte Feinstruktur der Ruhehörschwelle. Diese hat bei niedrigen Pegeln u.a. einen Einfluss auf die Modulations- und Lautheitswahrnehmung. Auch in Hinblick auf die zeitliche Integration bei der Detektion von gepulsten Tönen zeigt sich eine Abhängigkeit von der spektralen Lage des Tons in der Feinstruktur der Hörschwelle. Als zeitliche Integration bezeichnet man dabei den Effekt, dass die Hörschwelle mit zunehmender

Stimulusdauer abfällt. Liegt die Frequenz des Tonpulses in einem Minimum der Hörschwellenfeinstruktur, zeigt sich dabei eine klar deutlichere Reduzierung der Hörschwelle pro Verdoppelung der Stimulusdauer als für Frequenzen in einem benachbarten Hörschwellenmaximum (z.B. Cohen, 1982; J. Acoust. Soc. Am. 71(2)). In der vorliegenden Studie wird untersucht, inwiefern ein nichtlineares und aktives Modell der Cochlea diese experimentellen Effekte vorhersagen kann. Das verwendete Modell wurde u.a. erfolgreich zur Simulation der Ruhehörschwellenfeinstruktur und von Modulationsdetektionsschwellen bei niedrigen Pegeln eingesetzt. In Hinblick auf die zeitliche Integration werden im Modell die Unterschiede im Wachstumsverhalten der Erregungsmuster bei ansteigender Pulsdauer für Frequenzen in Minima und Maxima der simulierten Hörschwelle verglichen. Anhand dessen wird diskutiert, inwiefern zeitliche und spektrale Aspekte bei der Detektion von gepulsten Sinustönen bereits auf Ebene der cochleären Verarbeitung erklärt werden können.

Mi. 17:20 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Anwendung des Messverfahrens PEAQ bei Produkttests und Audiocodecs

E.-M. Ascherl[a], G. Feneberg[a] und G. Krump[b]
[a] *Müller-BBM GmbH;* [b] *Hochschule Deggendorf*

Bei der Bewertung der Audioqualität von Komplettsystemen wie beispielsweise von Geräten der Unterhaltungselektronik muss man derzeit auf Hörtests zurückgreifen. Solche subjektiven Tests sind zeit- und kostenintensiv und dennoch mit Schwankungen behaftet. Eine messtechnische Beurteilung der wahrgenommenen Audioqualität wäre wünschenswert. Eine Voruntersuchung mit Geräten stark unterschiedlicher akustischer Eigenschaften zeigte eine gute Übereinstimmung zwischen den mit PEAQ (Perceptual Evaluation of Audio Quality) objektiv gemessenen Audioqualitäten und den subjektiven Hörtestergebnissen. Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich auf zwei Produktgruppen (Fernseher und Kopfhörer) mit qualitativ ähnlichen Prüfmustern, also geringeren akustischen Unterschieden, um das Differenzierungsvermögen von PEAQ zu ermitteln. Zusätzlich werden Untersuchungsergebnisse vorgestellt, welche die Beurteilung von unterschiedlichen hochauflösenden Audiocodecs wie Dolby Digital und DTS objektiv durch PEAQ und subjektiv durch Hörversuche gegenüberstellen.

Mi. 17:45 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Bewertungskriterien akustischer Qualität auf Schiffen

R. Seiler und G. Holbach
TU Berlin, FG Entwurf und Betrieb Maritimer Systeme EBMS

Die sichere Vorhersage der akustischen Eigenschaften von Schiffsentwürfen bildet die Grundlage zur technischen Absicherung der in vielen Aspekten zunehmenden Komfortanforderung im Schiffbau. Im Rahmen

dieser Vorhersagen soll das Schallaufkommen nicht nur mittels handelsüblicher dB(A)-Werte, sondern anhand psycho- und neuerer raumakustischer Kriterien beschrieben werden. Im Speziellen wird geprüft, inwieweit sich der psychoakustische Wohlklang und das Room Criteria Mark II zur besseren Charakterisierung des Schallaufkommens auf Schiffen und der resultierenden Geräuschbewertung heranziehen lassen. Hierfür wurde bei Bordmessungen zusätzliches Audiomaterial aufgezeichnet, ausgewählte Sequenzen mit Hilfe von Paarvergleich- und Repetory-Grid-Hörversuchen im Labor durch Testpersonen bewertet und Korrelationsanalysen durchgeführt.

Mi. 18:10 aurum 2.07 Psychoakustik 2

Mensch-Maschine-Interaktion als Einflussgröße bei der Geräuschbewertung im akustischen Produkt-Design

J. Steffens[a], B. Schulte-Fortkamp[b] und J. Becker-Schweitzer[a]
[a] *Fachhochschule Düsseldorf, ISAVE;* [b] *TU Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Techn. Akustik*

Im alltäglichen Umfeld agieren Menschen vielfach mit Maschinen wie z.B. Kraftfahrzeugen oder Haushaltsgeräten und nehmen dabei bewusst und unterbewusst Informationen über deren Funktionsfähigkeit und deren Betriebszustände wahr. Neben visuellen oder haptischen Feedbacks werden wesentliche Informationen über die Akustik transportiert. Ziel von Sounddesign ist es daher, Produktgeräusche angenehm und hochwertig erscheinen zu lassen. Häufig werden Hörversuche durchgeführt, um Designentwürfe im Vorfeld von potentiellen Kunden beurteilen zu lassen. Um alltagsnahe Wahrnehmungsprozesse in Hörversuchen zu initiieren und so ökologisch valide Geräuschbewertungen zu ermöglichen, ist die Rekonstruktion alltäglicher Interaktion zwischen Mensch und Maschine wesentlich. Unter solchen (quasi-) realen Bedingungen benötigt der Nutzer die akustische Rückmeldung des Gerätes. Dieser Umstand bestimmt maßgeblich die Einstellung zum Produktgeräusch und damit auch dessen Bewertung. Im Rahmen dieses Beitrags werden Fallstudien aus den Bereichen Fahrzeuge und Haushaltsgeräte präsentiert, in denen der Einfluss von Interaktion auf kognitive, emotionale und motivationale Aspekte dargelegt wird.

Sitzung „Akustische Messtechnik 1“

Mi. 8:30 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Bestimmung akustischer Modellparameter mittels Fehlerquadratminimierung

K. Simanowski, T. Kletschkowski und D. Sachau
Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

Für die Bestimmung akustischer Modellparameter wie Absorptionsgrad, Reflexionsfaktor und Oberflächenimpedanz existieren klar definierte, unzweifelhaft etablierte und darüber hinaus genormte Messvorschriften.

Im Rahmen gewisser Abweichungen ist es jedoch auch möglich, diese Kenngrößen indirekt mithilfe einer Parameteridentifikation zu bestimmen. Dieses Vorgehen wird im vorliegenden Fall anhand der Ausbreitung ebener Wellen in einem Schallrohr mit teilweise absorbierendem Abschluss erläutert. Dem Verfahren liegt ein analytisches Modell des Schallfeldes im Rohr zugrunde, welches die für jede Frequenz zu bestimmenden, akustischen Modellparameter des Abschlusses enthält, der wahlweise als absorbierender Rand oder als äquivalentes Fluid modelliert wird. Diese Parameter werden bestimmt, indem die Summe der quadratischen Abweichungen zwischen dem an sechs Messstellen entnommenen komplexen Schalldruck und dem durch das analytische Modell für diese Positionen vorhergesagten Schalldruck minimiert wird. Im Vortrag werden der Versuchsaufbau, die zugrunde liegenden Rechenmodelle, die Umsetzung der Parameteridentifikation mithilfe der Matlab-Funktion lsqnonlin, und die mit diesem Verfahren erzielten Ergebnisse diskutiert, wobei auf Übereinstimmungen und auf die Ursachen von Abweichungen im Vergleich zu etablierten Messverfahren eingegangen wird.

Mi. 8:55 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Design of a Fast Individual HRTF Measurement System

B. Masiero, P. Dietrich, M. Pollow, J. Fels und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

In order to improve the quality of binaural based virtual reality systems, the use of individual head-related transfer functions (HRTF) plays a major role. As techniques for head geometry scanning and numerical simulations are still very complex and time consuming, an acoustical measurement system is still the most viable approach in acquiring individual HRTFs. Furthermore, with adequately designed hardware and excitation signals, measurement time can be reduced to a few minutes while keeping sufficient spatial resolution. This paper presents a system for individual HRTF measurements developed at the Institute of Technical Acoustics in Aachen, reporting the design methodology for the loudspeakers, which have a drop-like form to minimize diffraction and radiate as similar as possible to an ideal point source in a wide frequency band. This loudspeaker supporting arc is constructed with thin metal sticks in a trellis structure in order to minimize further disturbing reflections. Loudspeakers are placed on the arc according to a Gaussian sampling grid. Special attention has been given to the correct equalization of loudspeakers and microphones. Measurement results were validated by comparing measurement and BEM simulation of the HRTFs of a dummy head.

Mi. 9:20 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Modal sound field representation of HRTFs

M. Pollow, P. Dietrich, B. Masiero, J. Fels und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

HRTFs are usually stored as frequency spectra or impulse responses obtained at a set of discrete points at a fixed distance from the head. While it is straightforward to access this information at the given points or directions of interest, it is more difficult to obtain values for the HRTFs for other points in the 3D space.

Alternatively, the HRTFs can be formulated reciprocally by representing them as a set of modal components of an outgoing spherical wave. The discrete data is thus transformed into a spatially continuous representation of the HRTFs, enabling the evaluation at arbitrary points in both near-field and far-field.

In this contribution, the described method is applied to measured individual HRTFs, as described in the previous contribution by Masiero et. al. (DAGA 2012). Hereby, the imperfections of the measurement equipment are compensated to obtain more accurate results. Different centering techniques are compared with the aim to achieve a compact data set that allows for the calculation of the HRTF at any point in space.

Mi. 9:45 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Time Efficient Measurement Method for Individual HRTFs

P. Dietrich, B. Masiero, M. Pollow, B. Krechel und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

An optimized multi-channel measurement setup for the acquisition of individual HRTFs in anechoic environments has been developed. This kind of measurement is usually time-consuming, if high spatial resolution is required. Since persons have to stand on a turntable for several minutes the results might lack accuracy due to unwanted movements of the head.

A recently introduced technique allows simultaneous playback of multiple exponential sweeps through several loudspeakers by even considering slightly non-linear behavior [Majdak2007]. This approach directly leads to a significant reduction of required measurement duration without loss of quality compared to a conventional subsequent measurement. An entirely different approach uses a continuous measurement method of a rotating person with a single loudspeaker to speed up the HRTF measurement on a horizontal ring [Enzner2009]. In this case the measured system should be considered as slightly time-variant depending on the rotational speed.

We propose a novel approach, combining these methods in order to achieve shorter measurement times. The effects of the time-variance

and a possible compensation will be presented. This contribution introduces different optimization strategies of the excitation signals used, regarding measurement duration and achieved accuracy of the measurement.

Mi. 10:10 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Die Anwendung des GUM-Dokuments JCGM 106 in der Schallpegelmessernorm IEC 61672

C. Kling
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

In den 1996 in Pretoria verabschiedeten 'Statements of Conformity' wurde die Anwendung der Messunsicherheit erstmals für alle neu erstellten Normdokumente des TC 29 'Electroacoustics' im IEC einheitlich und streng nach GUM geregelt. Demnach versucht man nicht mehr den (idealistischen) wahren Wert einer Messgröße festzumachen, sondern begnügt sich mit dem Wissen, ihn mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit in einem bestimmten Intervall um einen Messwert herum zu finden. Wird eine Messung für eine Konformitätsbewertung (z.B. die Eichung eines Schallpegelmessers) durchgeführt, so muss nach Vorschrift der Messwert zuzüglich der 95%-Messunsicherheit innerhalb eines vorgeschriebenen Toleranzbereichs liegen. In der praktischen Umsetzung führte dieses Verfahren jedoch zu erheblichen Problemen, insbesondere in der zweistufigen Konformitätsbewertung aus Bauartzulassung und Eichung. Das neue Dokument JCGM 106 aus der GUM-Serie, das bald veröffentlicht werden soll, führt speziell für Konformitätsbewertungen ein sehr elegantes System ein, das streng nach GUM-Richtlinien aber trotzdem verständlich, sogenannte 'Akzeptanzen' als Grenzwerte verwendet. Damit wird die Unsicherheitsbehandlung transparent und es gelingt, die Anforderungen an den Prüfling von den Anforderungen an das Prüflabor zu trennen.
Der Vortrag wird das System aus Toleranzen und Akteptanzen des JCGM 106, die Umsetzung in überarbeiteten 'Statements of Conformity' in TC29 und die Anwendung in der Schallpegelmessernorm IEC 61672 erläutern.

Mi. 14:00 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Unsicherheitsfaktoren bei der Bestimmung des Streugrades nach der Hallraummethode

M. Müller-Trapet und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Nach der in ISO17497-1 beschriebenen Methode zur Bestimmung des Streugrades für diffusen Schalleinfall werden insgesamt vier Messungen der Nachhallzeit benötigt, aus denen im Endeffekt der gesuchte Streugrad berechnet wird. Dabei muss berücksichtigt werden, dass in jeder der Einzelmessungen zufällige Messfehler das Ergebnis beeinflussen.

In dieser Arbeit wird untersucht, inwieweit sich Fehler bei den Messungen der Nachhallzeiten auf den Fehler im Streugrad auswirken. Dazu wird für verschieden Werte für den Fehler der Nachhallzeiten mithilfe der Fehlerfortpflanzungsrechnung der relative Fehler des Streugrades berechnet und die wichtigsten Einflussfaktoren für den Fehler bestimmt. Es wird weiterhin versucht, obere Grenzen für die Genauigkeitsanforderungen an die Nachhallzeitmessungen zu bestimmen, um eine gegebene Genauigkeit bei der Streugradmessung zu erreichen.

Mi. 14:25 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Schallfeldanalyse in kleinen Räumen

I. Bork

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Das Schallfeld in kleinen Räumen ($V<10m^3$) wird nicht nur durch das Reflexionsverhalten der Oberflächen sondern auch durch die Raummoden geprägt. Die messtechnische Ortung von Schallquellen wird daher auch bei Verwendung moderner Methoden bei Frequenzen unter 2000 Hz zu ungenau, da die Orte der Schalldruckmaxima nicht zwangsläufig mit den Quellorten übereinstimmen. Um das akustische Verhalten in einem Modellraum detailliert zu untersuchen, wurden verschiedene Mess- und Berechnungsverfahren eingesetzt: durch Abtastung des Schallfeldes im Frequenzbereich unter 1kHz wurden die wichtigsten Raummoden bestimmt, die durch FEM-Berechnungen bestätigt werden konnten. Die Schallausbreitung zwischen ausgewählten Quellpunkten und einer großen Anzahl von Messpunkten im Raum wurde durch Messung der Impulsantworten bestimmt und mit Berechnungen eines Strahlverfolgungsprogramms (CATT) verglichen. So konnte mit Hilfe der berechneten Reflexionspfade einzelne Reflexionen in den gemessenen Impulsantworten identifiziert und analysiert werden. Die Ergebnisse sollen für weitergehende Untersuchungen zur Verbesserung der messtechnischen Ortungsverfahren eingesetzt werden.

Mi. 14:50 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Charactersing directivity patterns of non-stationary sound sources with scanning techniques

D. Fernandez Comesaña[a], H.-E. de Bree[a], J. Wind[a] und K. Holland[b]

[a] *Microflown Technologies B.V.;* [b] *University of Southampton, ISVR*

Scanning techniques allow reducing significantly the number of sensors required to characterise a time-stationary sound field. Therefore, it is possible to produce sound maps by moving a transducer and tracking its position along the measurement. Conventionally, any change during the measurement would be not taken into account and non-stationary conditions are not suitable for measuring with scanning methods. However, this paper explores the advantages of using a static reference sensor close to the noise source in order to track any variations in the sound field during the measurement. The technique developed is based

on taking transfer functions between the scanning transducer and the reference sensor. Then, the number of positions measured is limited for each frequency evaluating the dynamic range acquired. Some experimental results of mapping sound radiation patterns of a musical instrument are presented along with a discussion focused on the advantages and disadvantages of the method.

Mi. 15:15 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Development of a Low-Cost Characterization System for Feed-Forward ANC Headphones

W. Moitzi[a], M. Schörkmaier[b] und M. Fellner[c]
[a] *TU Graz;* [b] *Austriamicrosystems AG;* [c] *Joanneum Research, Graz*

The performance of a properly-working feed forward ANC system mainly depends on the accurateness of the implemented filter curves. To achieve good attenuation levels, these filter curves have to be evaluated individually for every headphone type. The measurement process for the evaluation of the required filter has, until now, been considered a complex process. Assuming an acoustically optimized measurement chamber makes the process inflexible. High-performance hardware, like measurement microphones, pre-amplifier and the IEC 711 standard coupler are expensive and, additionally, require in-depth knowledge of acoustics to diligently perform measurements. Last, but not least, the pace of the measurements marks an important point towards supporting cost-optimized product development. The aim of this thesis is to develop an all-in-one low-cost solution which includes the adaptation of the measurement environment, resulting in downsizing from room size to the required manageable size, the development of the necessary hardware components, like the acoustic coupler based on the IEC 711 standard coupler, and the development of measurement software, including an easy-to-handle GUI. The finalized measurement system should allow fast and easy characterization of ANC headphones in an office environment. An additionally-developed ANC performance evaluation tool should allow determination of the active headphone performance.

Mi. 15:40 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Optimized Measurement System for the Synthesis of Transfer Functions of Variable Sound Source Directivities

J. Klein, P. Dietrich, M. Pollow und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

During previous research, Kunkemöller et al. (DAGA 2011) developed a measurement procedure to synthesize room impulse responses for arbitrary target source directivity patterns by superposing single measurements conducted with a multi-channel source of known directivity. The single measurements are decomposed into their spherical harmonic base functions. By applying a single matrix inversion, it is then possible to generate a synthesis vector, with the help of which it is possible to

compute the desired synthesized transfer function for the virtual target source.
This method highly relies on the quality of the measured single impulse responses and thus the properties of the measurement source used. To be able to synthesize transfer functions of sources with intricate directivity patterns using the spherical harmonics method, it is important to be able to excite as many spherical harmonic orders separately for as wide a frequency range as possible. Conventional measurement sources, such as a 12-channel dodecahedron, turned out to be very limited in this aspect. Consequently, a specialized measurement loudspeaker was developed, using design criteria derived directly from the attributes of the spherical harmonics domain.
This contribution will give an outline of the design process and demonstrate the achieved improvement based on measurements.

Mi. 16:30 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Die Berücksichtigung von Messunsicherheit und Toleranzen bei Konformitätsaussagen nach akustischen Normen (II)

T. Fedtke
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Zur DAGA 2008 wurde in einem Vortrag [1] dargestellt, wie bei der Überprüfung der Konformität von akustischen Geräten mit einschlägigen Normen des Technischen Komitees IEC/TC 29 ”Electroacoustics” das Zusammenspiel von höchstzulässiger und tatsächlicher Messunsicherheit mit den in den Normen festgelegten Toleranzen (Grenzabweichungen) für die zu testenden Eigenschaften eines Prüflings zu Missverständnissen und Inkonsistenzen führen kann. Seit 2008 wurde dieses Thema an vielen Stellen diskutiert, es sind verschiedene Ansätze überdacht worden, zahlreiche Normen wurden in dieser Hinsicht überarbeitet und die Strategie in den Normungsgremien wurde systematisch weiterentwickelt. Der Beitrag soll das Thema erneut aufgreifen und über die jüngeren Entwicklungen sowie den aktuellen Stand informieren. Dabei sollen die unterschiedlichen Sichtweisen von Herstellern, Prüflaboratorien und Anwendern besondere Berücksichtigung finden.

[1] Fedtke, T., Ratschko, D., Die Berücksichtigung von Messunsicherheit und Toleranzen bei Konformitätsaussagen nach akustischen Normen. Fortschritte der Akustik: Plenarvorträge und Fachbeiträge der 34. Deutschen Jahrestagung für Akustik DAGA 2008, Dresden.

Mi. 16:55 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Correction Errors in Acoustic Measurements Caused by Temperature Variance

X. Wang und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

The impulse response and its associated transfer function are the most important properties of linear and time invariant acoustic systems. If the measurement is performed under low SNR conditions, e.g. when measuring sound barriers in the open air or calibrating microphones by reciprocal methods, hundreds of synchronous averages have to be implemented. During the long period of averaging, a slight temperature drift which results in the change of sound speed can lead to changes in the impulse response, and consequently causes wrong averaging results. In order to perform the accurate averaging, the change of the impulse response from the temperature variance must be corrected. In fact, corresponding to the temperature and sound speed shift, the impulse response varies with a time-stretching process. The time-stretching factor can be estimated by maximizing the cross correlation between the measured impulse responses. In this paper, the averaging of the acoustic measurement is performed after modifying the temperature-dependent impulse responses to constant-temperature impulse responses, and the SNR is correctly improved. The stability of this time-stretching average method is also discussed.

Mi. 17:20 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

In situ sound absorption measurement: investigations on oblique incidence

E. Kuipers und Y. Wijnant
University of Twente, Chair of Structural Dynamics and Acoustics

A novel method for the in situ measurement of sound absorption has been developed. By assuming that, in a single point, the sound field consists of an incident- and a reflected plane wave, the locally incident- and reflected intensities can be determined. To this purpose, the active intensity and the sum of the potential and the kinetic energy density (only the particle velocity component in the direction of interest is used) are measured. The main advantage of the method that its application is not restricted to locally-reacting surfaces. For normal incidence, the method was validated. Here, the method is applied to cases with oblique sound incidence. The influence of the angle of incidence and the non-planarity of the incident and reflected waves on the accuracy of the sound absorption coefficient are investigated. Analytical models as well as FE-simulations were applied to describe a few typical cases. Finally, parameter bounds for some applications will be given.

Mi. 17:45 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Estimation of lumped transducer parameters under consideration of visco-elastic behavior and acoustical loads

H. Gregor[a] und W. Klippel[a,b]

[a] *Klippel GmbH;* [b] *TU Dresden, Institut für Akustik und Sprachkommunikation*

Modern multimedia and telecommunication applications demand smaller speakers driven over the whole audible frequency range. This results in an extended transducer model and new demands on the identification of the model parameters. In particular modeling the mechanical part of a transducer as a spring-mass-system is not sufficient to describe the behavior of micro-speakers below the resonance frequency where viscoelasticity causes for example the creep effect to occur. Most methods estimating the parameters of a lumped transducer model use an impedance measurement to derive the parameters of the electrical and the mechanical system as well as an additional method (e.g. perturbation or laser method) for measuring the mechanical parameters. The introduced method combines several measurements of the impedance and the displacement in air and vacuum. The displacement is measured at different points of the membrane, which makes the estimation more robust against rocking and other vibration modes. The additional measurement in vacuum allows a separation of the acoustical load from the electromechanical system. Thus an estimation of the acoustical load becomes possible.

Mi. 18:10 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 1

Auralization and Assessment of Loudspeaker Distortion

M. Liebig[a] und W. Klippel[a,b]

[a] *Klippel GmbH;* [b] *TU Dresden, Institut für Akustik und Sprachkommunikation*

Loudspeaker distortion generated by a rubbing voice coil, loose particles, parasitic vibrations, air leaks or other loudspeaker defects have a high impact on perceived quality of audio systems. Measurements during the development process and at the end of the assembly line are performed to assess the product in an objective way by using specifications and PASS/FAIL limits. However, limits need to be defined with respect to the target quality required in the particular application, cost, weight, size and other constraints. The definition of those quality limits is often a critical moment in the dialog between customers, suppliers, engineering and management as well. This paper presents a new auralization technique which is capable of enhancing and attenuating the distortion in the reproduced sound by dispensing from a physical model of the distortion generation process and using test stimuli, music or any other audio signal. The perceived sound quality is predicted by using a perceptive model of the auditory system based on ITU-R BS.1387-1

to combine subjective and objective quality assessment of loudspeaker systems.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Akustische Messtechnik (Poster)

Uncertainty Factors in the Determination of Acoustic Reflection Factors with pu-Probes

P. Dietrich, M. Aretz, M. Müller-Trapet, J. van Gemmeren und M. Vorländer

Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

High-quality numerical simulations in room acoustics require a detailed knowledge of the acoustic reflection characteristics of the materials in the room, in order to realistically model the interferences between multiple sound reflections at the room boundaries. While different standardized measurement methods exist for the determination of the absorption coefficient and reflection factor these methods can generally not be applied in-situ. Thus time-consuming laboratory measurements and the supply of material samples are required.

Driven by the obvious demand for a reliable in-situ measurement technique, a new pu-probe based method has emerged during the last years, which derives the reflection factor based on the simultaneous measurement of sound pressure and velocity. However, previous investigations of the setup and publications by other authors have shown that the measurement results are affected by various uncertainty factors.

The present study aims at the identification, separation and quantitative assessment of the uncertainty factors related to diffraction effects at the source and sensor, as well as to calibration issues. We therefore conduct impedance measurements in a well-controlled environment and compare these to results of BEM simulations, where we gradually increased the amount of geometric detail of source and sensor to investigate their influence on the measurement result.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Akustische Messtechnik (Poster)

Automatic Classification of Loudspeaker Defects

T. Burstika[a], W. Klippel[a,b] und S. Wiegand[a]

[a] *Klippel GmbH;* [b] *TU Dresden, Institut für Akustik und Sprachkommunikation*

The quality of a loudspeaker or other electro-acoustical systems is tested at the end of the assembling line by comparing the transfer behavior, parameters and other objective characteristics of the device under test with a functional golden reference unit using defined PASS/FAIL limits. Process control requires information about the physical cause of the issues to initiate effective steps in time and to keep the number of defective units produced minimal. Visual inspection and manual defect analysis is time consuming and requires an experienced operator who is familiar with the typical pattern of the defects occurring on the particular loudspeaker system. An interesting alternative is the introduction of

an automatic classification system to cope with high lot and short cycle without fatigue of the human ear. This paper presents a modified cluster algorithm applied to real-world measurement data collected at the assembling line and investigates in particular the feature extraction and the selection of prototypes revealing typical properties of loudspeaker defects.

Sitzung „Lehre der Akustik“

Mi. 8:30 germanium 3.03 Lehre der Akustik

Aeroakustik & Aeroelastik der Strömungsmaschinen - Eine Vorlesung als Reaktion auf aktuelle Herausforderungen in der Turbomaschinenentwicklung

M. Bartelt[a], O. Freund[a], L. Panning-V. Scheidt[b], I. Röhle[c] und J.R. Seume[a]

[a] *Leibniz Univ. Hannover, Inst. für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik;*
[b] *Leibniz Univ. Hannover, Inst. für Dynamik und Schwingungen (IDS);*
[c] *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Göttingen*

In der modernen Turbomaschinenentwicklung spielen mulitdisziplinäre Fragestellungen eine immer bedeutendere Rolle. Insbesondere die instationären Wechselwirkungen zwischen der Aerodynamik, Akustik, Strukturdynamik oder Reaktionskinetik verlangen nach einer ganzheitlichen Betrachtungsweise, um die gekoppelten Phänomene korrekt zu beschreiben. Um den Studierenden bereits frühzeitig einen vertieften Einblick in diese wichtigen Fragestellungen zu geben, wird erstmalig an der Leibniz Universität Hannover zum Wintersemester 2011/12 die Vorlesung ”Aeroakustik und Aeroelastik der Strömungsmaschinen” in Kooperation von DLR Göttingen, dem Institut für Dynamik und Schwingungen und dem Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik angeboten. Neben den akademischen Aspekten wird mit dieser Vorlesung auch auf zukünftige Anforderungen der Turbomaschinen- und Windenergieanlagenindustrie an angehende Ingenieure reagiert. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Verknüpfung von Lehre und aktueller Forschung gelegt und die theoretischen Inhalte werden durch experimentelle Übungsinhalte praktisch ergänzt. Neben der Lehre der akustischen Grundlagen liegt ein Schwerpunkt der Vorlesung auf der Vermittlung der strömungsinduzierten Lärmmechanismen und der Schalltransportphänomene in Turbomaschinen. Desweiteren werden vertieft der Verbrennungslärm und mögliche Lärmminderungsmaßnahmen behandelt. Auf Seiten der Aeroelastik werden neben den klassischen Phänomenen wie Flutter und Forced Response auch Inhalte zum Mistuning und zu verschiedenen Dämpfungsmechanismen vermittelt. In dieser Veröffentlichung werden die strategischen Ziele, das didaktische Konzept und der inhaltliche Aufbau der Vorlesung vorgestellt und diskutiert.

Mi. 8:55 germanium 3.03 Lehre der Akustik

A Rigorous Definition of the Term 'Diffuse Sound Field' - and why the Sabine Reverberation Formula is Different from the Eyring Formula

U.M. Stephenson
HafenCity Universität Hamburg

The term "diffuse sound field" is often not explained very accurately. In this rather didactical paper a more rigorous definition is proposed (isotropy and homogeneity in space) and the relationships to the necessary surface conditions as absorption and scattering are discussed. Sabine's and Eyring's formulae both assume a diffuse sound - but are different. The reasons are different tacit additional assumptions - both wrong. The deeper reason for the difference is analysed with the help of a sound particle model. Both formulae are re-derived, besides a simple derivation of the mean free path length formula. Also a transition model is proposed. Finally, for practical instruction, it is emphasized that a "diffuse sound field" is a very idealistic assumption, thus neither the Sabine nor the Eyring formula is correct and they must not be applied in many cases of non-perfectly diffuse reflections i.e. non-diffuse sound fields.

Sitzung „Kavitation und Leistungsultraschall"

Mi. 9:20 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Grundlagen zur Standardisierung der Bewertung des Kavitationsrauschens

C. Jung und R. Sobotta
Elma GmbH & Co. KG

Die ultraschallinduzierte transiente Kavitation wird häufig bei der Tauch-Reinigung harter Teileoberflächen benötigt. Um einen darauf basierenden Prozessschritt einer Reinigung validieren zu können, wird eine physikalisch sinnvolle Messgröße benötigt, welche für die transiente Kavitation ein eindeutiges Maß darstellen kann. Im Rahmen der vornormativen Forschung wurden von der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE Untersuchungen in Auftrag gegeben, die klären sollen, ob ein Messverfahren für das Kavitationsrauschen zur Validierung geeignete Ergebnisse liefern kann. In diesem Vortrag werden erste Ergebnisse zu den physikalischen Grundlagen eines Messverfahrens gezeigt, die in diesem Projekt erarbeitet wurden. Hierbei wird von dem Anteil der beim Blasenkollaps in Formen mechanischer Energie umgesetzten Leistung ausgegangen und abgeschätzt, ob das messbare akustische Rauschen ein Maß dafür sein könnte. Dazu wird der Frage nachgegangen, ob die Rauschleistung ein Maß für die Anzahl der Blasenkollapse pro Zeit und Volumen ist. Messungen an einer definierten sternförmigen Kavitationsstruktur zeigen die mögliche räumliche Auflösung des Messverfahrens.

Mi. 9:45 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Synthetic acoustic spectra of ultrasonic cavitation emissions

J. Eisener und R. Mettin
Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut

In many applications of acoustic cavitation, it is hoped to find a diagnostic tool in the acoustic emission spectra or features thereof. Here, the acoustic emissions of bubble populations in an ultrasonic wave are calculated on basis of single bubble signals, where coupling and life time of bubbles can be tuned. The features of the spectra (harmonics, sub- and ultraharmonics, broadband noise) are investigated with respect to their origin, and their dependence on parameters like driving power, bubble density, or spatial bubble distribution are discussed. Results are compared to experimental data.

Mi. 10:10 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Reinigungseffektivität und Kavitationsrauschpegel bei Ultraschall-unterstützter wässriger Reinigung von Medizinprodukten

C. Jung[a], B. Budesa[b], F. Fässler[b], R. Uehlinger[b], T. Müller[b], P. Schaffner[b], S. Bläsi[b] und M. de Wild[b]
[a] *KKS Ultraschall AG, Medical Surface Center;* [b] *Fachhochschule Nordwestschweiz, Hochschule für Life Sciences*

Für die Prozessvalidierung der Ultraschall-unterstützten wässrigen Reinigung von medizinischen Implanten und Instrumenten müssen nach ISO 13485 sowohl geeignete Ultraschall-Parameter als auch das Reinigungsergebnis bestimmt werden. Zur Zeit ist noch unklar, welche Ultraschallparameter dafür geeignet sind. In Reinigungsversuchen an Titanplatten mit einer quantitativ definierten Modellverschmutzung (Polierpaste) wurde für zwei verschiedene Ultraschallfrequenzen (27 kHz und 80 kHz) im Dualfrequenzmodus (Schall vom Boden und von der Seite der Ultraschallwanne) unter Anwendung einer alkalischen tensidhaltigen Reinigerlösung bei 60°C die Reinigungseffektivität bestimmt und in Beziehung zum Kavitationsrauschpegel gesetzt. Dazu wurden in der 45°-Ebene zu den beiden schallabgebenen Seiten der Ultraschallwanne neun identische Titanplatten positioniert und die nach dem Reinigungsversuch verbleibende Verschmutzung auf den Platten gravimetrisch als auch durch eine Image-Pixelanalyse der eingescannten Plattenoberflächen bestimmt. Der Kavitationsrauschpegel wurde mit einem Hydrophon, welches an einem Kavimeter angeschlossen war, im Frequenzbereich ausserhalb der anregenden Ultraschallfrequenzen und deren Obertonfrequenzen gemessen. Es zeigte sich bei Mittelung über alle räumlichen Anordnungen der Platten, dass bei höherem Kavitationsrauschpegel eine höhere relative Reinigungseffektivität erreicht wird. Erste Roboter-gesteuerte 3D-Messungen im Ultraschallbad ohne Titanplatten ergaben, daß der Kavitationsrauschpegel räumlich nicht überall gleich ist.

Mi. 14:00 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Untersuchungen zur Ultraschallreinigung in flüssigem CO2

T. Dreyer[a], D. Rebien[b], J. Mankiewicz[c] und M. Petermann[b]

[a] *Weber Ultrasonics GmbH;* [b] *Ruhr-Universität Bochum, Lehrst. für Feststoffverfahrenstechnik;* [c] *Fraunhofer IPK*

Flüssiges CO2 hat in der industriellen Teilereinigung einige vorteilhafte Eigenschaften zur Abreinigung filmischer Verunreinigungen. Beispielsweise besitzt es neben guten Lösemitteleigenschaften niedrige Viskosität und Grenzflächenspannung. In einem Verbundprojekt wurde dazu eine dezentrale Anlagentechnik zur bauteilschonenden Reinigung entwickelt in der als zusätzliche die Reinigung unterstützende Maßnahme Ultraschall integriert wurde. In diesem Vortrag wird das generelle Anlagenkonzept und die Untersuchungen zum Einfluss des Ultraschalls vorgestellt. Es steht hier die Frage im Vordergrund, ob durch Ultraschall erzeugte Kavitation in verdichtetem, flüssigen CO2 im Vergleich zu üblichen fluiden Medien vergleichbare Reinigungseffekte erzeugt. Die Untersuchungen zeigten, dass kaum transiente Kavitation beobachtet werden kann. Die Ursache liegt in den bei den verwendeten Prozessparametern vorliegenden Medieneigenschaften des CO2. Eine rechnerische Abschätzung dazu zeigt, dass die Intensität der auftretenden transienten Kavitation im Vergleich zu der in Wasser deutlich schwächer ist. Trotz dieser auf den ersten Blick für die Reinigung nachteiligen Eigenschaften war eine Verbesserung des Reinigungsergebnisses mit Ultraschall feststellbar. Als mögliche Mechanismen kommen hier Strömungseffekte in Betracht, die einen effektiven Austausch des Lösungsmittels mit der Bauteiloberfläche ermöglichen.

Mi. 14:25 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Filtermembranreinigung durch Ultraschallkavitation - Anwendung in der Trinkwasseraufbereitung

S. Lauterborn

Reinheim

Die Reinigung von Filtermembranen zur Wasseraufbereitung oder auch der Stofftrennung in industriellen Trennverfahren ist eine essentielle Aufgabe, da duch Verblockungen von Membranen hohe Kosten entstehen können. Diese sind z.B. verbunden mit Außerbetriebnahmen der Anlagen oder sie bringen durch chemische Reinigungen zu entsorgende Rückstände mit sich. Mit Hilfe von Ultraschall Membranen zu reinigen wurde bereits in früheren Forschungsprojekten untersucht. Es kam allerdings immer wieder zu Membranzerstörungen, die Membranintegrität konnte nicht sichergestellt werden. Ferner sah man sich weit entfernt von einem funktionsfähigen Prototypen, der auch wirtschaftlich und energetisch günstig betrieben werden kann. Im dreijährigen Betrieb einer Pilotanlage mit geeigneter Anordnung und realem Oberflächenwasser

konnte die Funktionsweise nachgewiesen werden. Durch die kontinuierliche Integritätsüberwachung konnte auch die Membranintegrität sichergestellt werden. Für die einwandfreie Funktionsweise des Verfahrens sind eine geeignete Versuchsanordnung mit entsprechender Geometrie, wie auch fein abgestimmte Parameter bei Frequenz, Intensität und Beschallungsdauer sowie eine geeignete Integration im Prozessablauf erforderlich. Mit der Pilotanlage, deren Ergebnisse hier vorgestellt werden, gelang es Membranen mit Hilfe von Ultraschall zu reinigen, ohne sie zu schädigen oder nachteilig zu beeinflussen. Dabei konnte auch die Frage des Energieeinsatzes zufriedenstellend gelöst werden. Denkbar ist es auch, eine Anlage dieser Konfiguration energieautark mit Solar- und Windenergie zu betreiben.

Mi. 14:50 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Pressure Pulse Measurements of Ballistic Pressure Pulse Sources

F. Ueberle und A.J. Rad
HAW Hamburg

Ballistic pressure pulse sources are used for the extracorporeal treatment of soft tissue pain situations in e.g. the shoulder, the heel spur or the tennis elbow and for trigger point therapy. The patients receive ca. 3 - 5 treatments with some 1000 pulses, which are directed at the pain spots by manual positioning and patient feedback. The pressure pulse sources use pressurized air to drive a small metal pellet guided in a tube onto the rear surface of a circular acoustic waveguide. The waveguide can have various shapes, e.g. cylindrical rods or cones. The patient side surface of the waveguide can be a flat, concave or convex shaped piston. When the waveguide is hit by the pellet, a pulsed compression wave travels through the material and is transferred at the adjacent side into the patient via a coupling gel. This pulse is attributed to the biomedical effects of the device. The slower inertial motion of the waveguide is damped by elastic stoppers. This paper presents a robust measurement setup for the characterization and measurement of the output parameters of such ballistic pressure pulse sources working at different air pressure levels and pulse repetition rates.

Mi. 15:15 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Mögliche thermische Endothelschädigungen während der Phakoemulsifikation

S. Buschschlüter[a], J. von Eicken[b], C. Werschnik[c], R. Schlüter[d], C. Koch[a], H. Höh[b] und F. Wilhelm[c]
[a] *Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig;* [b] *Klinik für Augenheilkunde, Neubrandenburg;* [c] *Medizinisches Zentrum Schwerin;* [d] *Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald*

Mit geschätzten 800.000 Eingriffen pro Jahr in Deutschland stellt die Phakoemulsifikation die Standardmethode in der Kataraktchirurgie dar. Die getrübte Augenlinse wird mit Ultraschall einer Frequenz von 35-45 kHz innerhalb der vorderen Augenkammer bzw. des Kapselsacks

fragmentiert, über einen Saug-Spül-Mechanismus vollständig entfernt und durch eine Intraokularlinse ersetzt. Die Phakoemulsifikation zeichnet sich durch eine sehr geringe Komplikationsrate und eine starke Verbesserung der Sehschärfe aus.
Durch die Operation treten allerdings Schäden am Hornhaut-Endothel auf, deren genaue Ursache bisher ungeklärt ist. Als potentielle Schadensquellen kommen mechanische Belastungen oder oxidativer Stress der Zellen in Frage. Darüber hinaus könnten die Absorption von Ultraschall durch das Gewebe und Reibungseffekte zu einer kritischen Temperatursteigerung führen. Für eine realistische Abschätzung der Gefahr einer thermischen Schädigung ist es unerlässlich die tatsächlich während der Operation entstehende Erwärmung in der vorderen Augenkammer zu messen. Voruntersuchungen unter Berücksichtigung der Strömungen im Auge führten zu Positionen maximaler thermischer Belastung, die in weiteren Experimenten auf eine Korrelation mit dem Endothelschaden hin geprüft werden.
Während einer simulierten Phakoemulsifikation an Schweineaugen ermöglichten Thermoelemente mit sehr geringem Durchmesser die örtlich aufgelöste Messung der Temperaturentwicklung. Mit Hilfe von Rasterelektronenmikroskopie (REM) wurde im Anschluss der Endothelschaden anhand der Zelldichte quantifiziert und mit den Ergebnissen der Temperaturmessungen verglichen.

Mi. 15:40 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Dynamics of attached cavitation at an ultrasonic horn tip

R. Mettin[a], M. Dular[b], A. Znidarcic[b] und V.A. Truong[c]
[a] *Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut;* [b] *University of Ljubljana;* [c] *Hanoi University of Science & Technology (HUST)*

Ultrasonic horn transducers (also called sonotrodes or disintegrators) are frequently used in applications of acoustic cavitation in liquids, for instance for cell disruption or sonochemical reactions. They are operated typically in the frequency range up to about 50 kHz and have tip diameters from mm to cm. If the horn tip is sufficiently small and driven at high amplitude, it can be covered entirely by gas/vapour phase for longer time intervals, which actually interrupts the horn-liquid contact. From acoustic emission spectra and high-speed photographic recordings, a peculiar dynamics of this attached cavitation sheet in front of the tip can be observed. In particular, expansion and collapse can be subharmonic with respect to the driving frequency. The gas/vapour phase can appear in a mushroom shape and split or eject a larger cluster which violently collapses below the tip. We present a modeling by a hydrodynamic cavitation code and compare the results with the data from high-speed recordings and acoustic spectra.

Mi. 16:30 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Thermische Effekte beim Kollaps von laserinduzierten Kavitationsblasen

H. Söhnholz und T. Kurz
Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut

Der Einfluss der Temperatur auf den Einzelblasenkollaps in Wasser wird im Experiment untersucht. Dazu werden einzelne Blasen erzeugt, indem ein gepulster Laser in eine wassergefüllte Küvette fokussiert wird. Die Temperatur des Wassers wird durch einen Thermostaten geregelt. Der Blasenkollaps wird optisch mit einer Kamera und akustisch mit einem Hydrophon untersucht. Die Wassertemperatur hat einen großen Einfluss auf den Blasenkollaps, weil der Dampfdruck von Wasser mit steigender Temperatur stark zunimmt. Daher ist die Blase bei erhöhter Wassertemperatur zum größten Teil mit Dampf gefüllt und enthält nur wenig nichtkondensierbares Gas. Dies führt zu einem milderen, gedämpften Blasenkollaps und die abgestrahlten Stoßwellen sind schwächer. Ein weiterer Aspekt der Untersuchung ist die thermische Dämpfung der Blasenschwingung. Dazu werden Temperaturmessungen in der Umgebung der Blase durchgeführt um den Wärmetransport über die Grenzfläche abzuschätzen.

Mi. 16:55 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Study of cavitation phenomena by electrochemistry

C. Cairós Barreto, F. Reuter und R. Mettin
Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut

It is well known that acoustic cavitation can enhance the mass transport towards a surface. By using fast electrochemical equipment and microelectrodes, it is possible to study the perturbations produced by bubble collapses or other cavitation phenomena in an electroactive solution. The recorded current signals can be correlated with other diagnostic tools like high-speed camera observations or acoustic emissions to gain important information about the induced boundary layer disturbances.

Mi. 17:20 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Numerical simulation of bubbles interacting with a boundary

B. Han[a], K. Köhler[b], R. Mettin[c], A. Vogel[d] und X.-W. Ni[e]
[a] *Universität Göttingen / Nanjing Univ. of Sci. & Techn., China;* [b] *Univ. Göttingen, CD-Labor, DPI;* [c] *Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut;* [d] *Universität zu Lübeck;* [e] *Nanjing University of Science and Technology*

The oscillation and collapse dynamics of bubbles close to another or to boundaries can lead to aspherical shape, jetting, and other complicated interactions. Such behaviour can be rather involved and difficult to predict. Nevertheless, it is very important in many applications ranging from cavitating flows to medical use. Here we simulate single bubbles and

bubble pairs in the bulk and in the vicinity of a rigid boundary by the Volume of Fluid (VoF) method using the software OpenFOAM. The results are compared to experimental studies by laser pulse induced bubbles.

Mi. 17:45 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Surface cleaning by soft acoustic cavitation

P. Frommhold[a], R. Mettin[a], F. Reuter[a], A. Thiemann[a], T. Nowak[a], F.L. Holsteyns[b] und A. Lippert[b]

[a] *Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut;* [b] *LAM Research AG*

Recently, several experiments have shown the cleaning potential of bubbles attached to solid surfaces and only gently driven by ultrasound. Such bubbles typically do not undergo strong volume oscillations or collapses, which points to different cleaning mechanisms than those being associated with ”hard” cavitation (i.e., jetting and shock waves). A review is given on the experimental observations, and the phenomena due to motion of the three-phase boundary (contact line) are closer investigated and discussed with respect to particle removal.

Mi. 18:10 germanium 3.03 Kavitation und Leistungsultraschall

Experimentelle Untersuchung von Strömungen in Kavitationsblasenfeldern

T. Nowak und R. Mettin

Univ. Göttingen, Drittes Physikalisches Institut

Die Strömungen in akustischen Kavitationsblasenfeldern werden in einem speziellen Fluoreszenzmikroskopaufbau mit simultanen Hochgeschwindigkeitsaufnahmen und Particle-Tracking-Velocimetry untersucht. Von Interesse ist zum einen die Korrelation von Blasenbewegungen und Flüssigkeitsströmung. Es ist bekannt, dass sowohl die Blasenbewegungen Strömungen hervorrufen, als auch dass Blasentranslation und Blasennukleation durch die Strömungen beeinflusst werden. Außerdem kann durch einen applizierten statischen Überdruck die Kavitation unterdrückt werden, so dass ein direkter Vergleich zur reinen Akustischen Strömung möglich wird. Die Untersuchungen werden in verschiedenen Schallfeldern unterschiedlicher Frequenzen und somit auch in verschiedenen Kavitationsblasenstrukturen durchgeführt.

Sitzung „Signalverarbeitung“

Mi. 8:30 radon 3.05 Signalverarbeitung

Virtuelle Mikrofone an einer reflektierenden Wand

T. Merkel[a], H.-G. Lühmann[b] und T. Ritter[a]
[a] *Beuth Hochschule für Technik Berlin;* [b] *Lütronic Elektroakustik GmbH*

Wenn Ultraschall durch das Schallfeld einer Audioquelle geleitet wird, kommt es zu einer gegenseitigen Wechselwirkung beider Wellen. Wird der Ultraschall mit einem geeigneten Mikrofon anschließend wieder erfasst, lässt sich aus der Modulation des Ultraschalls das Audiosignal rekonstruieren. Da keine mechanische Baugruppe, wie z.B. eine Membran, mit dem Audioschall in Kontakt kommt, sondern der Ultraschallstrahl selbst die Funktionalität eines Mikrofons übernimmt, wird diese Art der Schallerfassung auch als ”Virtuelles Mikrofon” bezeichnet.
Bei den vorgestellten Untersuchungen wird der Ultraschall von einer Ebene reflektiert und in der Nähe der Ultraschallquelle wieder erfasst. Das hat den Vorteil, dass Sender und Empfänger in einem Gerät kombiniert werden können. Im Gegensatz zu der ursprünglichen unidirektionalen Anordnung kommt es zu mehrfachen Interaktionen zwischen Ultraschall und Audioschall, verbunden mit teilweiser Auslöschung von Frequenzkomponenten ähnlich dem bekannten Kammfiltereffekt. Es werden verschiedene Anordnungen von Virtuellem Mikrofon, Audioquelle und reflektierender Ebene miteinander verglichen.

Mi. 8:55 radon 3.05 Signalverarbeitung

Virtuelle Mikrofone: Echtzeit-Demodulation von Audioschall aus phasenmoduliertem Ultraschall

T. Ritter[a], T. Merkel[a] und H.-G. Lühmann[b]
[a] *Beuth Hochschule für Technik Berlin;* [b] *Lütronic Elektroakustik GmbH*

Das Forschungsprojekt ”Virtuelle Mikrofone” an der Beuth-Hochschule Berlin hat sich zum Ziel gesetzt, Audiomikrofone durch ein System bestehend aus Ultraschallsendern und Ultraschallempfängern zu ersetzen. Die vom Sender ausgesendeten Ultraschallwellen werden bei Überlagerung mit Audioschall phasenmoduliert, gegebenenfalls reflektiert, und danach vom Empfänger aufgenommen. Damit erübrigt sich die Notwendigkeit, in der unmittelbaren Umgebung der Schallquelle ein Mikrofon zu platzieren. Aufgrund der physikalischen Zusammenhänge sind die dabei auftretenden Veränderungen der Phasenwinkel nur gering. Deshalb stand neben Maßnahmen wie die Verwendung einer stabilen Trägerfrequenz zur Ultraschallerzeugung oder die Fokussierung der Schallwellen am Wandler eine möglichst präzise Demodulation des phasenmodulierten Signals im Mittelpunkt der Untersuchungen. In der bisherigen Untersuchung wurde zur Demodulation ein System aus einem PC mit einer grafischen Entwicklungs-Software verwendet. Diese soll nun in einer Schaltung mittels digitalen Signalprozessoren in Echtzeit ausgeführt werden. Dazu wird das verwendete Echtzeitsystem skizziert und

die Schritte erläutert, die zur Verarbeitung des empfangenen Ultraschallsignals notwendig sind. Weiterhin sollen die Fragen, die durch die optimierte Hardware aufgeworfen werden, aufgezeigt und Lösungsansätze vorgestellt werden.

Mi. 9:20 radon 3.05 Signalverarbeitung

Classification of underwater acoustic signals using various extraction methods

N. Korany, M. Elgezery und H. Khater
Alexandria University

Automatic classification of underwater acoustic signals is used to enable a navy to identify the ships by recognizing the underwater sound that they produce. In this paper, three types of features, Mel-Frequency Cepstrum coefficients (MFCC), Perceptual Linear Predictive Cepstrum coefficients (PLPCC) and Relative Spectral Perceptual Linear Predictive coefficients (RASTA-PLPCC) are extracted for the classification problem. The classifier identification rate is calculated using each type of extracted features. The calculation is repeated while varying the number of coefficients for each type, and the performance of the recognition model is investigated.

Mi. 9:45 radon 3.05 Signalverarbeitung

Investigation about the performance of GMM for the recognition of underwater acoustic signals

N. Korany, M. Elgezery und H. Khater
Alexandria University

Gaussian Mixture Model, GMM, is used to classify the underwater sound signals that are produced by different platforms. Mel-Frequency Cepstrum coefficients (MFCC), Perceptual Linear Predictive Cepstrum coefficients (PLPCC) and Relative Spectral Perceptual Linear Predictive coefficients (RASTA-PLPCC) are extracted and are used within the GMM. A set of sound signals is used in the train phase of the recognition model, whereas another set of signals is used in the test phase. The GMM identification rate is calculated using each type of extracted features. The calculation is repeated while varying some parameters such as the length of the sound signals and the number of the Gaussian components of the model. The effect of varying these parameters on the performance of the recognition model is investigated.

Mi. 10:10 radon 3.05 Signalverarbeitung

Verbessern Merkmale, die die Frequenzmodulationen von Teilharmonischen beschreiben, die Gesangsdetektion?

G. Geißler und S. van de Par
Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik

Um Gesang in Musik zu detektieren reichen die Ansätze einer Speech Activity Detection nicht aus, da hier das Störgeräusch (die Instrumentalbegleitung) eine dem Gesang ähnliche harmonische und temporale Struktur aufweisen kann. Daher sind mit klassischen Merkmalen wie z.B. MFCC's, dem spektralen Schwerpunkt oder der spektralen Veränderung keine zufriedenstellenden Resultate erreichbar. Um dennoch bessere Klassifikationsraten zu erzielen, sollen die Unterschiede der zeitlichen Entwicklung der Teilharmonischen von Instrumenten und Gesang in die Klassifikation einbezogen werden. Da die Teilharmonischen der meisten Sänger eine größere Frequenzmodulation aufweisen als die der meisten Instrumente, könnten Merkmale, die diese Modulationen beschreiben, eine Verbesserung der Klassifikation erzielen. Zu diesem Zweck werden aus den Teilharmonischen, über lokale spektrale Maxima, Tracks extrahiert. Um "spontane" Tracks, die aus zufälligen Maxima resultieren, zu vermeiden, werden diejenigen Tracks zu einer Gruppe kombiniert, deren Frequenzänderungen stark miteinander korreliert sind. Anschließend werden die Modulationsmerkmale der gruppierten Tracks gemittelt. Inwieweit diese eine Verbesserung der Klassifikation bewirken, soll an 47 Musikstücken verschiedener Genres getestet werden.

Sitzung „Körperschall"

Mi. 14:00 radon 3.05 Körperschall

Charakterisierung von Gebäuden mittels Übertragungsfunktionen

J. Arnold[a], H. Bietz[b] und O. Kornadt[a]
[a] *Bauhaus-Universität Weimar;* [b] *Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig*

Durch die technische Ausstattung von Gebäuden werden Schwingungen in die Gebäudestruktur eingeleitet, die sich zu schutzbedürftigen Räumen ausbreiten können und dort störende Geräusche verursachen. Aus bauaufsichtlicher Sicht ist die Prognose derart verursachter Schalldruckpegel in Empfangsräumen erforderlich. Für die Vorausberechnung der erzeugten Pegel steht dem Planer die Normenreihe DIN EN 12354 zur Verfügung. Anhand des Prognosemodells nach DIN EN 12354 lässt sich die tatsächliche (in-situ) Schalldämmung eines Bauteils aus der Summe aller vorhandenen Übertragungswege rechnerisch bestimmen.
Für weniger homogene Konstruktionen, wie sie beispielsweise im Leichtbau zu finden sind, birgt das Rechenmodell allerdings einige Unsicherheiten. Aus diesem Grund wurde als alternatives Verfahren zur Prognose von Installationsgeräuschen die Bestimmung der Transferfunktion H zwischen einer definierten Kraftanregung F und dem resultierenden

Schalldruck p im Empfangsraum untersucht. Wesentlicher Vorteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass auch weniger homogene Konstruktionen richtig erfasst werden, wobei die Gebäudestruktur im Detail nicht bekannt sein muss. Erste Messergebnisse von Transferfunktionen aus In-situ-Messungen an verschiedenen Leichtbaukonstruktionen werden vorgestellt und denen aus Massivbaukonstruktionen gegenüber gestellt.

Mi. 14:25 radon 3.05 Körperschall

Interface Mobilitäten zur Beschreibung elastisch gelagerter Körperschallquellen

S. Mathiowetz und H. Bonhoff
TU Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Techn. Akustik

Mit Einführung der Methode der Interface Mobilitäten kann die Beschreibung und Charakterisierung von Körperschallquellen in Mehrpunkt-Installationen unter Vernachlässigung der Kreuzordnungsterme vereinfacht und formal auf den Einpunkt- und Einkomponenten-Fall zurückgeführt werden. Daraus folgend kann das Konzept von Quellendeskriptor und Kopplungsfunktion direkt auf Mehrpunkt-Installationen übertragen werden. Die Methode wurde hinsichtlich ihrer Anwendung auf punktuell elastisch gelagerte Körperschallquellen erweitert. In Abhängigkeit der passiven dynamischen Eigenschaften der Subsysteme können Kreuzordnungsterme zur Beschreibung des Übertragungsprozesses beitragen. In Bezug auf das Isolator-Subsystem beschreiben Kreuzordnungsterme eine mögliche Variation der Isolatoreigenschaften entlang der Kontaktpunkte. Die Vernachlässigbarkeit der Kreuzordnungsterme und die damit verbundene Genauigkeit der Methode wurden für ausgewählte elastisch gelagerte Quelle-Empfänger-Systeme numerisch untersucht. Die praktische Anwendbarkeit wurde am Beispiel eines Schiffsdiesels experimentell studiert. Aus den numerischen und experimentellen Untersuchungen werden Vor- und Nachteile der Methode sowie praktische Anwendungsgrenzen abgeleitet.

Mi. 14:50 radon 3.05 Körperschall

Beeinflussung der Interface-Mobilitäten zur gezielten Reduzierung einzelner Ordnungen des Quellendeskriptors

A. Sayer und H. Bonhoff
TU Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Techn. Akustik

Für Quelle-Empfänger Installationen mit mehreren Kontaktpunkten erlaubt die Methode der Interface-Mobilitäten die Betrachtung als formalen Einpunktfall. Zur Bestimmung der komplexen Leistung kann dann das Konzept des Quellendeskriptors und der Kopplungsfunktion angewendet werden. Durch eine Reduzierung der Ordnungen der beiden Terme lässt sich die komplexe Leistung verringern, wodurch Lärmminderungsmaßnahmen für Maschinen getroffen werden können. Dazu müssen Quellendeskriptor und Kopplungsfunktion dahingehend untersucht werden, unter welchen Umständen sich auftretende Ordnungen reduzieren lassen. In diesem Vortrag wird der Quellendeskriptor untersucht, der aus

der freien Schelle und der Quellenmobilität besteht. In früheren Arbeiten wurde gezeigt, dass durch eine Änderung der internen Quellenmechanismen die Ordnungen des Quellendeskriptors relativ zueinander verschoben beziehungsweise auch reduziert werden können. Die Möglichkeiten zur Manipulation des Quellendeskriptors durch eine Veränderung der Interface-Mobilitäten werden in diesem Vortrag gezeigt.

Mi. 15:15 radon 3.05 Körperschall

Streuung invers berechneter Betriebskräfte in Abhängigkeit verschiedener Modellvereinfachungen und Optimierungsverfahren

M. Bauer
Adam Opel AG

Im industriellen Umfeld ist es bisweilen notwendig akustische Modelle von realen Strukturen und Strukturverbänden zu erzeugen, um ein umfassendes Bild der vorgehenden Prozesse zu erhalten. So können beispielsweise Anregungseigenschaften und Übertragungsmöglichkeiten analysiert werden, sowie Ranglisten von potenziellen Störquellen erstellt werden. Die Validität solcher Modelle wird zum Teil durch den Abgleich mit messbare Zielgrößen sichergestellt. Neben den reinen CAE Modellen ist es im Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 2000 Hz jedoch häufig von Nöten Messdaten zur Systembeschreibung heranzuziehen. Zumeist wird aus passiven und aktiven Kenngrößen eine Art quellenbeschreibende Größe errechnet, wozu Betriebskräfte verwendet werden können. Da von diesen Kräften entscheidende Schlussfolgerungen abhängen ist es sinnvoll sie zu verifizieren. Leider ist eine direkte Validierung, d.h. durch Gegenmessung, kaum praktikabel. Im Vortrag wird eine indirekte Möglichkeit der Kraftvalidierung vorgestellt, die bereits im frühen Stadium einen Rückschluss auf die Modellgenauigkeit erlaubt. Des Weiteren werden Streuungen auf Grund von Modellvereinfachungen, sowie auf Grund verschiedener Optimierungsverfahren an einem realen Anwendungsbeispiel erläutert.

Mi. 15:40 radon 3.05 Körperschall

Inverse calculation of blocked forces in the time domain

M. Hudelmaier[a,b], A. Moorhouse[b] und T. Alber[a]
[a] *ZF Lenksysteme GmbH;* [b] *University of Salford (UK)*

The structure-borne sound generated by drive line and chassis component in a passenger car plays an important role in perception of disturbing noise in the passenger compartment. As supplier for steering systems ZF Lenksysteme GmbH aims to reduce noise and vibration emitted by steering systems. For prediction of noise and vibration in an early stage of product development, a key tool is to characterise the steering system by its blocked forces using inverse methods. To determine the blocked forces, a set of measured frequency response functions (FRF's) and measured operational responses is used. The FRF matrix may be ill-conditioned and measurement errors can occur in the FRF and response data, respectively. For matrix inversion regularisation techniques

and methods for determination of the best regularisation parameter are considered. To obtain the solution for time dependent blocked forces, a novel formulation is presented for regularisation in the time domain.

Mi. 16:30 radon 3.05 Körperschall

Investigation into indirect methods to obtain the mobility of a structure

C. Höller und B.M. Gibbs
Acoustics Research Unit, University of Liverpool

For the characterization of structure-borne sound sources, both the activity and the mobility of the source are required, in some form. Various methods exist to measure these quantities directly, however in some cases it can be advantageous to obtain them indirectly. While there exist methods to indirectly determine the source activity in the form of blocked forces, only recently has the indirect measurement of mobility attracted attention. A method to indirectly obtain the mobility of a source is investigated theoretically and with case studies. The method involves measurement of a receiver structure, typically a reception plate, with and without the source of interest attached to it. From the difference between the two measurements, the source mobility can be derived. For accurate results, the mobilities of source and receiver should be in the same order of magnitude. Experiments were performed with different source structures, ranging from a simple mass to a representative multi-contact source. The results of these measurements are presented, and problems encountered with this approach are discussed. The presentation will be given in German.

Mi. 16:55 radon 3.05 Körperschall

Untersuchung unterschiedlicher Koppelbedingungen in der Energie-basierten Finite-Elemente-Methode (EFEM)

M. Abele, B. Stritzelberger und O. von Estorff
TU Hamburg-Harburg, Inst. f. Modellierung und Berechnung

In vielen ingenieurtechnischen Bereichen spielen hochfrequente Strukturschwingungen eine wichtige Rolle. Eine etablierte Methode zur Berechnung des entsprechenden Systemverhaltens ist die Statistische Energie Analyse (SEA), bei der die Struktur in Subsysteme zerlegt wird, deren Verhalten durch analytische Ansätze beschrieben wird. Mit Hilfe der SEA wird die im jeweiligen Subsystem enthaltene mechanische Energie berechnet. Auskunft über deren räumliche Verteilung erhält man jedoch nicht.

Eine aktuellere Methode, die auch räumliche Energieverteilungen berücksichtig, ist die Energie-basierte Finite-Elemente-Methode (EFEM). Mit Hilfe der EFEM kann eine Zeit-, Frequenz- und lokal räumlich gemittelte Energiedichte der Struktur berechnet werden, die sich als mechanische Antwort auf hochfrequente Anregungen ergibt. Die Herleitung

der Grundgleichungen der EFEM für verschiedene Komponenten (Stäbe, Balken, Platten, Kavitäten) erfordert eine Vielzahl von vereinfachenden Annahmen. Es kann jedoch gezeigt werden, dass diese Annahmen im höheren Frequenzbereich zutreffend sind.
Die schwierigste Herausforderung in der EFEM besteht in der adäquaten Behandlung von Kopplungen zwischen den Komponenten. Solche Kopplungen sind immer dann zu berücksichtigen, wenn ein Wechsel zwischen dem Typ der Komponente, aber auch Änderungen von Materialeigenschaften, von Geometrieeigenschaften oder der geometrischen Orientierung auftreten. Für die Berechnung der Koppelparameter kann ein analytischer Ansatz verwendet werden, der die Koppelstelle als Schnittstelle von halbunendlich ausgebreiteten Komponenten betrachtet.

Mi. 17:20 radon 3.05 Körperschall

Körperschall-Nahfeldholographie: Konzept zur inversen Bestimmung des Wellenfeldes endlicher Platten

D. Greussing
TU Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Techn. Akustik

Die inverse Rekonstruktion des Wellenfeldes an der Oberfläche einer schwingenden Struktur stellt ein bekanntes Problem dar. Im Luftschallbereich bietet die Methode der Akustischen Nahfeldholographie eine Lösung dieses Problems, basierend auf der Messung von akustischen Feldgrößen im nahen umgebenden Fluid. Das zugrunde liegende Prinzip kann auf bestimmte Körperschall-Situationen überführt werden, in denen die Rekonstruktion an Hand der Messung von Strukturschwingungen im Nahfeld der Anregung erfolgt. Im Fall einer durch Punktkräfte angeregten isotropen Platte lässt sich somit das resultierende Biegewellenfeld im Frequenzbereich invers bestimmen. Die benötigten Messpunkte begrenzen dabei einen Plattenbereich, auf dem das Wellenfeld beliebig vorwärts oder rückwärts extrapoliert werden kann. Analog zur klassischen zylindrischen Nahfeldholographie erfolgt die Extrapolation in Polarkoordinaten. Der vorliegende Beitrag erläutert die theoretischen Grundlagen des Konzeptes der Körperschall-Nahfeldholographie für den Fall endlicher Platten. Die Theorie wird am Beispiel einer durch beliebige Punktkräfte angeregten einfach-aufgestützten Platte numerisch verifiziert.

Mi. 17:45 radon 3.05 Körperschall

Amplitudenabhängiges Dämpfungsverhalten von Verbundplatten

M. Guettler[a], M. Klärner[b] und S. Marburg[a]
[a] *Universität der Bundeswehr München;* [b] *Techn. Universität Chemnitz*

In industriellen Anwendungen kommen verstärkt Verbundmaterialien mit speziell angepassten Eigenschaften wie z.B. besonders hohe Biegesteifigkeit oder sehr gute Schubdämpfung zum Einsatz. Obwohl in den letzten Jahren ausgiebig an Berechnungsmethoden zur Vorhersage der statischen und dynamischen Eigenschaften derartiger Verbunde geforscht

wurde, bleibt die exakte Simulation der Dämpfungseigenschaften Hauptbestandteil intensiver Untersuchungen. Es zeigt sich, dass reibungsbedingte Fügestellendämpfung von den Methoden nach dem Stand der Technik nur ungenügend abgebildet werden kann. Zur Steigerung des grundlegenden Verständnisses der Reibungsmechanismen werden zwei beidseitig eingespannte Balken, die miteinander im Kontakt stehen, mithilfe einer Zeitschrittintegrationsmethode untersucht. Verschiedene Amplituden der Durchbiegung und drei unterschiedliche Kontaktparameter werden gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Dämpfung des Systems amplitudenabhängig ist. Als Ausblick steht die Weiterentwicklung hin zu komplexeren Problemstellungen.

Mi. 18:10 radon 3.05 Körperschall

Integrated Adaptive Absorber for Vibration Damping in Printed Circuit Boards

P. Pott und H. Schlaak
TU Darmstadt, Institut für Elektromechanische Konstruktionen

Introduction In mobile electronic equipment engine- and chassis-induced vibrations can occur and cause fatigue effects in electronic equipment. Vibrations of large PCBs could by reduced by a directly integrated absorber device. System Design The presented device is a two-mass adaptive modular vibration absorber that consists of masses movable along wire-spring elements. So, the natural frequency of the device can be tuned a specific frequency affecting the PCB. The masses are driven by an ultrasonic piezo actuator directly integrated into the absorber's control PCB. Two MEMS acceleration sensors are mounted to one of the masses and the base, respectively. A micro controller sets the phase-shift between the vibration of the mass and the base to 90° thus achieving a maximum amplitude reduction. Results Fig. 1a) shows the absorber in its test environment on a simulated PCB with a vibration source and one of the acceleration sensors (inset). The curves in fig. 1b) describe the behaviour with the masses at the outmost (blue, fres=24 Hz) and innermost (red, fres=58 Hz) position. Discussion We were able to show the basic functionality of the adaptive vibration absorber. Future work will include the integration of all functional parts in or on a standard PCB.

Sitzung „Physikalische Eigenschaften von Musikinstrumenten 2"

Mi. 8:30 neon 3.08 Physik von Musikinstrumenten 2

Holzalterung und akustisch relevante Eigenschaften

H. Schiema und G. Ziegenhals
Institut für Musikinstrumentenbau, Zwota

Das in der Regel von vorangehenden Generationen angelegte Holzlager stellt den Schatz jedes Streich- und Zupfinstrumentenmachers dar, auf den er gern beim Instrumentenverkauf und in der Werbung verweist. Angaben von Lagerzeiten im Bereich einiger Jahrzehnte sind dabei eher die Regel als die Ausnahme. Nun ist unstrittig, dass die Trocknung

nach drei Jahren Freiluftlagerung (bei korrekter Verfahrensweise!) abgeschlossen ist. Hinzu kommt ein halbes Jahr Innenlagerung, um auf die Werkstattfeuchte (Verarbeitungsfeuchte) herunter zu trocknen. Es stellt sich die Frage, was ab dem fünften Jahr Lagerung noch passiert. Verändern sich die akustischen Eigenschaften tatsächlich zum Positiven und wenn ja, welche Mechanismen sind dafür verantwortlich? Der Vortrag beschäftigt sich mit dem Studium der akustisch relevanten Eigenschaften in Abhängigkeit vom Alter des Holzes. Unter Alter soll der Zeitraum vom Einschlag bis zum Zeitpunkt der Untersuchungen verstanden werden. Es geht u. A. um die Abhängigkeit der elastomechischen Größen vom Alter und dessen Einfluss auf die Reaktion des Holzes auf klimatische Veränderungen, wie sie z.B. bei Konzertreisen oder auch dem Versand im klimatische anders geartete Regionen entstehen. Eine Diskussion der für die beobachteten Vorgänge verantwortlichen Mechanismen im Holz bleibt einer späteren Veröffentlichung vorbehalten.

Mi. 8:55 neon 3.08 Physik von Musikinstrumenten 2

Precision and Shifting Effects of Distance Hearing in Listening Tests

J. Kerkmann
TU Berlin

This analysis uses data from a listening test on the relation of perceived distance to physical distance for violin sounds in semi-reverberant rooms. In the context of the listening test, subjects were asked to estimate the perceived distance of a violin played along a discrete scale while they were blindfolded. The subjects were allowed to see the scale and its optional playing positions before and after a series of played sounds. The multitude of valuable responses facilitated violin research but also scale development and monitoring of perceptional drift during listening sessions. This analysis raises the questions: (i) How does the surprising precision of responses relate to findings from earlier studies on distance perception? (ii) Is there any scale contraction, expansion or shift observable during sessions, as the subjects' visual cue of the room and its scale might fade during a session? The key factors to precision are believed to be due to live performance and reasonable scaling. The identified scale expansion during the course of sessions might suggest the existence of general intrinsic factors to be considered for human listening tests under blindfolded conditions.

Sitzung „Robuste Spracherkennung“

Mi. 9:20 neon 3.08 Robuste Spracherkennung

Matching the Acoustic Model to Front-End Signal Processing for ASR in Noisy and Reverberant Environments

R. Maas, A. Schwarz, K. Reindl, Y. Zheng, S. Meier, A. Sehr und W. Kellermann

Univ. Erlangen-Nürnberg - Multimediakomm. u. Signalverarbeitung

A complete automatic speech recognition (ASR) system consisting of a two-channel acoustic front-end based on blind source separation (BSS) along with Wiener filtering and a matched off-the-shelf recognizer is presented in this contribution. The BSS unit first separates all noise and interference components from the target speech and its reverberation. In a second step, the estimated noise and interference signals contained in the mixtures are suppressed via single-channel Wiener filtering. The integration of the front-end into the ASR back-end represents a crucial element in the system design and the main focus of this paper. Therefore, different matched and multi-style training techniques of the acoustic model are compared. Moreover, the influence of the amount of training data is outlined. For evaluation, we consider the PASCAL CHiME setup, which constitutes of recognizing speech commands uttered in noisy and reverberant living room-like environments. The highest recognition accuracies are achieved if the training set comprises all noise conditions as in multi-style training. In contrast, using noise-dependent acoustic models trained on matched data is shown to be less effective for the given scenario. The test results furthermore clearly show that both the acoustic front-end and the back-end training significantly contribute to the overall system performance.

Mi. 9:45 neon 3.08 Robuste Spracherkennung

Time-Frequency-Processing for ICA-Supported Speech Recognition in Multitalker Conditions

E. Hoffmann[a], D. Kolossa[b] und R. Orglmeister[a]

[a] *TU Berlin, Sekretariat EN3;* [b] *Ruhr-Universität Bochum*

Blind source separation for mixtures of acoustic signals is usually performed in the frequency domain, where source separation by independent component analysis (ICA) is applied separately in each frequency bin. However, due to the nature of frequency-domain ICA algorithms, there arise two problems. The first is obtaining a consistent ordering of the recovered signals, also known as the permutation problem. The other problem is caused by the corruption of separated signals by remaining interferences and can be ameliorated by applying time frequency masking.

In this paper, we present new developments for these two main obstacles: a permutation correction based on the correntropy is described, followed by a time-frequency mask based on a modified Wiener filter. The time-frequency mask is based on an approximation of the source

and noise dominance from the power ratio criterion and on the extension of the Wiener single channel noise suppression to multichannel data. The suggested time-frequency mask leads to appreciable improvements in automatic speech recognition (ASR) performance, and other than with many standard time-frequency masks, the ASR improvements do not depend on the use of missing data speech recognition, but are achievable to almost their full extent without modifications to the decoder.

Mi. 10:10 neon 3.08 Robuste Spracherkennung

Untersuchungen zur Güte der Simulation einer Spracheingabe im Freisprechmodus bei der Evaluierung von Spracherkennungssytemen

A. Kitzig und H.-G. Hirsch
Hochschule Niederrhein

Bei der Entwicklung von robusten Spracherkennungssystemen ist es von großem Interesse, zur Evaluation der Leistungsfähigkeit eines Systems Sprachsignale zur Verfügung zu haben, die möglichst realistisch die akustischen Bedingungen praxisrelevanter Störszenarien beinhalten. Eine Möglichkeit zur Generierung solcher Sprachdaten besteht in der Simulation der akustischen Bedingungen, z.B. durch die additive Überlagerung von ungestörten Sprachsignalen und Störgeräuschen oder eine Faltung mit geeigneten Raumimpulsantworten zur Simulation einer Spracheingabe im Freisprechmodus. Bei einer Simulation der akustischen Bedingungen stellt sich die Frage, wie gut die Simulation die reale Aufnahme von Sprachsignalen in der jeweiligen akustischen Umgebung widerspiegelt. Dies wird im Rahmen der hier vorgestellten Arbeiten für eine Spracheingabe im Freisprechmodus in Räumen untersucht. Dazu werden englische Ziffern und Ziffernketten der TIDigits Sprachdatensammlung in verschiedenen Räumen über einen Aktivlautsprecher wiedergegeben und an unterschiedlichen Mikrofon- Positionen aufgezeichnet. Zusätzlich wird bei jeder Lautsprecher-Mikrofon Anordnung die Raumimpulsantwort (RIR) gemessen. Durch eine Faltung der ungestörten Sprachsignale mit der jeweiligen RIR wird eine zweite Version der aufgezeichneten Sprachsignale erzeugt. Durch einen Vergleich der Erkennungsraten bei Verwendung der aufgezeichneten Signale und der mit Hilfe der RIR erzeugten Signale kann die Güte der Simulation beurteilt werden. Ein weiteres Ziel dieser Arbeiten ist es, der Forschungsgemeinschaft eine Sammlung realer Aufnahmen zur Verfügung zu stellen.

Mi. 14:00 neon 3.08 Robuste Spracherkennung

Spectro-Temporal Features with Noise-Adaptive Competition

S.K. Ngouoko Mboungueng[a], M. Heckmann[b] und B. Wrede[a]

[a] *Univ. Bielefeld, CoR-Lab;* [b] *Honda Research Insitute Europe GmbH*

We could show in the past that Hierarchical Spectro-Temporal (HIST) features yield improved performance in noise especially when combined with standard features. In this paper we incorporate an adaptive feature competition in the feature extraction process and investigate its benefits. Previously, we used the same competition strength for all acoustical environments, thereby the HIST feature extraction was independent of the acoustic environment. However, each acoustical environment exhibits its own characteristics. Therefore, we adapt the competition strength with respect to the acoustical environment. Primarily, we determine empirically the optimal competition strength in each environment. Then, we use the Signal-to-Noise Ratio (SNR) as indicator for the acoustical environment. Hence, we estimate the SNR of the signal and set the competition strength accordingly. Experimental results with different noise types demonstrate that such an adaptation of the HIST features can improve the recognition rates.

Mi. 14:25 neon 3.08 Robuste Spracherkennung

Evaluation modulationstiefennormierender Methoden zur Verbesserung der Robustheit automatischer Spracherkennungssysteme mit unterschiedlichen Merkmalen

M.R. Schädler und B. Kollmeier

Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg

Die zur automatischen Spracherkennung (ASR) genutzten Merkmale wie MFCCs, RASTA-processing, Gabor Merkmale oder andere Projektionen eines logarithmisch skalierten Mel-Spektrogrammes haben häufig normierende Eigenschaften. So werden beispielsweise schnelle zeitliche Variationen der spektralen Einhüllenden eines Sprachsignals von langsamen getrennt; zudem wird nicht relevante Information, wie zum Beispiel zeitliche und spektrale Feinstruktur, so integriert, dass sie möglichst wenig Einfluss auf die Merkmale hat. Eine der Motivationen dabei ist, dass die menschliche Spracherkennungsleistung vom Vorhandensein dieser Information weitgehend unabhängig ist. Im Vergleich zu Menschen sind ASR Systeme jedoch wesentlich empfindlicher bezüglich Änderungen der Modulationstiefe zwischen Trainings und Testphase. Die Modulationstiefe wird durch additive Störgeräusche spektral und temporal, und durch Nachhall temporal verringert. Dadurch erhöht sich die Varianz gemischter (verrauscht und unverrauscht) Sprachdaten gegenüber unverrauschten schon bei sehr hohen Signal-zu-Rausch-Abständen. Durch eine Normierung der Modulationstiefe kann diese Varianz und damit die Differenz zwischen Trainings und Testdaten verringert werden. In dieser Studie wird in Spracherkennungsexperimenten

der Beitrag modulationstiefennormierender Methoden wie Variance Normalization (online sowie offline) zur Verbesserung der Robustheit evaluiert. Dabei werden unterschiedliche Methoden der Normierung (online als auch offline) auf Merkmale, die die Modulationstiefe in unterschiedlichen Dimensionen kodieren (spektral, temporal, spektro-temporal) angewendet und bezüglich der Robustheit gegenüber Störgeräuschen und Nachhall verglichen.

Mi. 14:50 neon 3.08 Robuste Spracherkennung

On the Use of a Wave-Reflection Model for the Estimation of Spectral Effects due to Vocal Tract Length Changes with Application to Automatic Speech Recognition

F. Müller und A. Mertins
Universität zu Lübeck

Vocal tract length normalization (VTLN) is commonly used in state-of-the-art automatic speech recognition (ASR) systems to reduce the mismatch between speaker-dependent formant frequency scalings. Usually, the normalization is done by a piece-wise linear scaling of the filter bank center frequencies. The linear scaling is motivated by a uniform acoustic tube model that does not take any loss effects into account. Furthermore, it is known that a change is vocal tract length (VTL) yields different spectral effects for different phonemes. However, these phoneme-dependent differences are usually not explicitly considered in the common VTLN processing. In this work, we consider a vocal tract model that has been developed within the field of articulatory speech synthesis. The model mimics the vocal tract geometry for different phonemes and simulates naturally occurring loss effects like yielding wall vibrations and viscous losses. An elastic registration method is used to determine the relating transforms between the spectral envelopes of vocal tracts with different lengths. The resulting warping functions are analyzed w.r.t. their application for VTLN in ASR systems.

Sitzung „Soundscape“

Mi. 15:15 neon 3.08 Soundscape

Klang.Land.Schaften - Spielerische Wege zu auditiver Wahrnehmung und akustischer Gestaltung am Beispiel das Klangturms St. Pölten

H. Raffaseder
Fachhochschule St. Pölten

Der Klangturm St. Pölten versteht sich als ein lebendiges Haus der Klänge und Geräusche. Seit der Wiedereröffnung 2005 wird der Schwerpunkt der jährlich wechselnden Ausstellungen vor allem auf spielerische, möglichst sinnlich erfahrbare, teils pädagogisch motivierte Projekte gelegt, die vielfältige Wege für die Vermittlung aktueller Klang- bzw. Medienkunst öffnen. Im Sinne von Soundscape-Studies wird vor allem großer Wert auf spezifische Klänge und Geräusche der Region

gelegt. Mittlerweile kommen pro Saison im Halbjahr von Mai bis November rund 30000 großteils jugendliche BesucherInnen. In wechselnden Ausstellungen zu Themen wie musik.bewegt!, musik:macht:medien, klangfarben/farbklänge, oder Klang.Land.Schaft können auf insgesamt sechs Klangebenen und -kugeln zahlreiche interaktive Klangobjekte ausprobiert und neue Zugänge zum akustischen Medium gefunden werden. In einer engen Kooperation mit dem IC\M/T - Institut für Creative\Media/Technologies der Fachhochschule St. Pölten werden im Forschungsumfeld von Sonic Interaction und Sound and Music Computing innovative Audioinstallationen und Mensch-Maschine-Schnittstellen für akustische Anwendungen für den Klangturm konzipiert. Im Beitrag wird das allgemeine Konzept des Klangturms vorgestellt. Wichtige Ideen, interaktive Audio-Installationen und Vermittlungskonzepte aus den Ausstellungsprogramme von 2005 bis 2011 werden exemplarisch vorgestellt. Erfahrungen des Ausstellungskurators, der KlangforscherInnen und Rückmeldungen der BesucherInnen werden zusammengefasst und evaluiert. Schlussfolgerungen werden gezogen und zukünftige Anwendungsszenarien für Soundscape-Studies vorgestellt.

Mi. 15:40 neon 3.08 Soundscape

Klang.Reise

A. Drechsler und H. Raffaseder
Fachhochschule St. Pölten

Gegenstand des Beitrags ist die audiovisuelle Installation Klang.Reise, die von 15. April bis 1. November 2011 im Klangturm St. Pölten im Rahmen der Ausstellung Klang.Land.Schaften präsentiert wurde und dabei von ca. 28.500 vorwiegend jugendlichen BesucherInnen gehört und gesehen wurde. Übergeordnetes Ziel dieses Projektes ist eine wissenschaftliche Analyse der Veränderungen und der vielen feinen Nuancen der akustischen Umwelt und die Realisierung einer Hörsensibilisierung im Sinne der Soundscape-Studies. Zu diesem Zweck wurden wiederholt fünf Orte in Niederösterreich - St. Pölten, Viehofner See, Mautern, Donauwarte Egelsee und Gföhl - in den Monaten Juli, November und Februar aufgesucht und mit Video in High Definition und Surround-Sound dokumentiert. Mithilfe moderner Ortungssysteme konnte sichergestellt werden, dass Kameras und Mikrofone jeweils exakt am selben Ort positioniert wurden. Im Zentrum der Untersuchung steht unter anderem eine auf Methoden der Soundscape-Studies basierenden ExpertInnen-Analyse der Audio- und Videoaufnahmen. Mithilfe von Vierkanal-Ton- und Videoprojektion wurden die Aufnahmen in entsprechender Form einander gegenübergestellt, sodass die charakteristischen Merkmale der dokumentierten Soundscapes im A/B Vergleich den BesucherInnen wiedergegeben werden konnten. Der Beitrag erstreckt sich vom Detailkonzept der Installation, über die Vorgangsweise bei der akustischen und visuellen Dokumentation und die Ergebnisse der Analyse bzw. der Beobachtungen von BesucherInnen bis hin zur Evaluierung der Installation.

Sitzung „Auditive Wahrnehmung und multimodale Interaktion 1“

Mi. 16:30 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 1

Mechatronisches System zur Erzeugung von variablen Haptiken mit Schnittstelle zum Abspielen von Audiosignalen

J. Ehlig, W. Hufenbach, S. Prengel und M. Dannemann
TU Dresden, Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik

Aktuelle Bedienkonzepte müssen intuitiv bedienbar sein und dabei gleichzeitig eine große Zahl an Einstell- und Nutzungsmöglichkeiten in einem Gerät vereinen. Zudem sollen derartig komplexe Produkte eine hohe Wertigkeit insbesondere an den Kommunikationsschnittstellen wie etwa Dreh- oder Drücksteller vermitteln. Im Fokus dieser Arbeit steht daher die Entwicklung eines neuartigen mechatronischen Systems, das sowohl haptische als auch akustische Stimulation des Nutzers ermöglicht. Hieraus ergibt sich eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten die für eine Optimierung der Mensch-Maschine-Kommunikation genutzt werden können.
Der auf der DAGA 2010 vorgestellte Prüfstand wurde weiterentwickelt und in seinem Funktionsumfang erweitert. Das System kann nun für ”automatisierte” Probandentests eingesetzt werden und ist in der Lage eine Vielzahl von Haptikparametern abzubilden. Mit Hilfe einer Schnittstelle zu Excel können Versuchsszenarien vorbereitet, durchgeführt und ausgewertet werden. Neben der haptischen Stimulation ist es möglich, verschiedene auditive Reize zu präsentieren und die Wahrnehmung des Probanden zu überprüfen. Hierfür wurden in einer eigens hergestellten Messvorrichtung die Geräusche verschiedener Drehsteller digitalisiert.
Eine weitere Neuerung ist die Copy-Paste-Funktion für Haptiken. Mit der Prüfstandshardware können Haptiken realer Bedienelemente vermessen und anschließend ”abgespielt” werden. Die Verwendung desselben Systems zur Messung und Darstellung eliminiert die Notwendigkeit zur Absolutwert-Kalibrierung.

Mi. 16:55 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 1

Akustische Synthese für die Erweiterung von Force-Feedback zur virtuellen Form- und Objekterkennung

M. Stamm, M.E. Altinsoy und S. Merchel
TU Dresden, Lehrstuhl für Kommunikationsakustik

Dem haptischen Force-Feedback fällt bei der Interaktion in virtuellen Welten eine zunehmend große Bedeutung zu, denn mit Hilfe der übertragenen Interaktionskräfte können vom Nutzer zahlreiche Aufgaben bewältigt werden. Die Bewältigung der virtuellen Form- und Objekterkennung ist eine solche Aufgabe, bei der Force-Feedback unabdingbar ist. Wichtige Anwendungsmöglichkeiten sind hier im Bereich des medizinischen Trainings und der Teleoperation in der minimal invasiven Chirurgie gegeben. Desweiteren spielt die haptische Modalität eine besondere

Rolle für sehbehinderte Menschen, die mit Hilfe von Force-Feedback-Geräten z.B. digital modellierte Grafiken aus Büchern ertasten und somit effektiv über diese Modelle lernen können. Dennoch ist es erstrebenswert, haptisch wiedergegebene Form- oder Objektinformationen (Flächenkrümmungen, Anstiege, Ecken, Kanten, Orientierungen) zusätzlich akustisch zu unterstützen. Auf diese Weise lässt sich das begrenzte haptische Auflösungsvermögen ”erweitern” und außerdem die Sicherheit des Nutzers bei der virtuellen Interaktion und damit die Qualität der Anwendung erhöhen. Hier soll nun eine akustische Synthesestrategie vorgestellt werden. Diese beruht auf Aufnahmen von Interaktionsgeräuschen unterschiedlicher Abtasthilfen (Finger, starrer Tastfühler, Kugel) mit unterschiedlichen Formen bzw. Geometrien. Aus den Aufnahmen wurden die für die einzelnen Geometrien charakteristischen zeitlichen und spektralen Signaleigenschaften identifiziert. Basierend auf dieser Analyse und den extrahierten dominanten Eigenschaften wurden verschiedene akustische Signale generiert und in einem Pilotversuch evaluiert.

Mi. 17:20 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 1

Modulationsschwellen von Ganzkörperschwingungen im Vergleich zur auditiven Wahrnehmung

M.E. Altinsoy

TU Dresden, Lehrstuhl für Kommunikationsakustik

Der Mensch ist im Alltag vielfältigen Ganzkörperschwingungen ausgesetzt, die vorwiegend in Fahrzeugen, Flugzeugen, Schiffen und musikalischen Vorstellungen (Konzertsaal) auftreten. Die zeitlichen und spektralen Strukturen der Schwingungssignale spielen eine wichtige Rolle für die Beurteilung von Ganzkörperschwingungen. Dazu gehört an erster Stelle die Wahrnehmung der Intensität (Vibrationsstärke). Darüber hinaus gehören dazu die Taktilwahrnehmungen, welche sich aus mehr oder minder regelmäßigen und andauernden Signalmodulationen ergeben. In dieser Arbeit wurden die Modulationsschwellen von vertikalen Ganzkörperschwingungen beim sitzenden Menschen untersucht. In mehreren Sitzungen (psychophysikalische Versuche) nach dem 3AFC-Verfahren wurden Schwellwerte für sinusförmige Amplitudenmodulationen von Sinustönen (von 20 Hz bis zur 100 Hz) ermittelt. In diesem Beitrag werden diese neuen Erkenntnisse aus dem Ganzkörperschwingungsbereich vorgestellt und mit den Erkenntnissen aus der auditiven Wahrnehmung verglichen.

Mi. 17:45 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 1

Der Konzertsaal bebt - Vibroakustische Messungen in der Dresdner Semperoper

S. Merchel und M.E. Altinsoy
TU Dresden, Lehrstuhl für Kommunikationsakustik

Schall wird oft sowohl auditiv als auch taktil wahrgenommen. So hört und spürt man die Schwingungen in Kraftfahrzeug oder Bahn. Aber auch in Konzertsituationen gelingt es durch Messungen deutlich überschwellige Oberflächenvibrationen nachzuweisen. Diese nimmt man jedoch meist nicht separat wahr, da sie mit den anderen Sinnesmodalitäten zu einem multimodalen Konzertereignis integriert werden. Die Körperoberfläche wird dabei direkt durch den Luftschall oder indirekt durch Körperschall zum Mitschwingen angeregt. Dieser Beitrag untersucht das Verhältnis von Schall und Vibrationen in der Semperoper Dresden. Welchen Einfluss haben Frequenz und Pegel auf die Anregung von Vibrationen durch Schall? Existieren ortsabhängige Unterschiede? Dazu wird die Transferfunktion zwischen Schalldruck und Beschleunigung an verschiedenen Hörerorten gemessen. Als Schallquelle dient ein Dodekaeder auf der Bühne. Beschleunigungsaufnehmer an Fußboden, Sitzflächen und Armlehnen erfassen die Vibrationen. Es zeigt sich, dass Oberflächenvibrationen breitbandig durch Luftschall angeregt werden. Die Transferfunktion ist dabei unabhängig vom anregenden Schalldruckpegel. Der Beschleunigungspegel an der Sitzoberfläche entspricht ortsunabhängig im Mittel dem Schalldruckpegel. Stärkere Unterschiede werden für Vibrationen des Fußbodens gemessen. Für Wahrnehmungsuntersuchungen wird die vibro-akustische Szene virtuell im Multimodalen Messlabor (Lehrstuhl für Kommunikationsakustik, TU Dresden) reproduziert. Dafür werden zusätzlich gerichtete Raumimpulsantworten mit einem Kugelarray gemessen. Die so gewonnen Daten können anschließend für die Wiedergabe mittels Wellenfeldsynthese verwendet werden.

Mi. 18:10 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 1

Taktile Wahrnehmung im Kontext multimodaler virtueller Umgebungen

R. Rosenkranz, M.E. Altinsoy, M. Stamm und S. Merchel
TU Dresden, Lehrstuhl für Kommunikationsakustik

Die Erforschung taktiler Wahrnehmung hat in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Beim Design von Produkten soll neben dem Produkt-Sound auch das taktile Feedback berücksichtigt werden. Psychophysikalisch ermittelte Erkenntnisse werden häufig durch Darbietung von einfachen Basissignalen in einer Sinnesmodalität gewonnen. Daraus lassen sich nur schwer Erkenntnisse für reale Situationen ableiten, da der Mensch seine Umgebung immer multimodal wahrnimmt.

Um die Rolle der taktilen Wahrnehmung in realen Situationen zu erforschen, wurden Probanden Szenen mit visuellen, akustischen und vibratorischen Stimuli, die aus Aufnahmen von Fahrzeugsituationen stammen, präsentiert. Die Wiedergabe der vibratorischen Stimuli erfolgte in Form von Ganzkörperschwingungen. Über eine Variation der spektralen Eigenschaften der Vibrationen durch Filterung konnte systematisch deren Auswirkung auf die Plausibilität der Szene überprüft werden. Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Reduktion spektraler Anteile die Plausibilität geringfügig beeinflusst wird. Dies lässt auf starke Abstraktionsprozesse in der taktilen Wahrnehmung im Kontext multimodaler Szenen schließen.

Sitzung „Lärmschutz 1“

Mi. 8:30 helium 3.09 Lärmschutz 1

Außenlärm im Vergleich: Verkehrslärm und Baulärm

I. Haltenorth

Akustik-Ingenieurbüro Moll GmbH

Für Baulärm, Freizeitlärm, Sportlärm, sowie Industrie- und Gewerbelärm gelten in den jeweiligen Richtlinien je nach Gebietskategorie gleich hohe Immissionsrichtwerte, die außen vor schutzbedürftigen Räumen einzuhalten sind. Bei Verkehrslärm sind jedoch höhere Pegel zulässig. Zudem darf der Belästigung durch Straßen- und Schienenlärm bei Überschreiten der Grenzwerte durch bauliche Maßnahmen, also der Auslegung des Schallschutzes der Fassadenbauteile, begegnet werden.

In einem Praxisfall wurde von einer Behörde festgestellt, dass Baulärm, insbesondere von Straßen- und Tiefbaustellen, mit Verkehrslärm vergleichbar wäre, wenn ein verkehrsbelastetes Areal durch eine Baustelle ersetzt wird. Hier schloss - unabhängig von den Richtwerten der AVV Baulärm - die Argumentation an, dass der Dauerschall- oder Beurteilungspegel des Baulärms mindestens ebenso hoch sein dürfe, wie der vor Einrichtung der Baustelle vorhandene Verkehrslärm. Auf diese Überlegung wird eingegangen, indem neben der Herkunft der Anforderungswerte ebenso physikalische Parameter wie dem Mittelungspegel, dem Frequenzspektrum oder ableitbaren Pegelzuschlägen auch psychoakustische Einflussgrößen der Störwirkung herangezogen werden. Fazit: Nicht jede Anforderung ist erklärbar - aber Lärm ist nicht gleich Lärm, auch wenn er gleiche Schallpegelwerte aufweist.

Mi. 8:55 helium 3.09 Lärmschutz 1

Beurteilung von Flugrouten unter Lärmaspekten

T. Myck und J. Ortscheid
Umweltbundesamt

Flugrouten können für die Flughafenanwohner erhebliche Lärmauswirkungen haben. Der Beurteilung der Lärmauswirkungen kommt deshalb eine besondere Bedeutung zu. Dabei ist zwischen einzelnen Flugrouten und komplexen Flugroutensystemen zu unterscheiden. Die Auswirkungen einer einzelnen Flugroute lassen sich anhand der Fluglärmbelastung, der Besiedlungsstruktur und einer geeigneten Dosis-Wirkungsbeziehung untersuchen. Dies kann bei Abflugrouten durch das NIROS-Verfahren der Deutschen Flugsicherung und bei Anflügen mit der DLR-Flugroutenbelastungskennzahl erfolgen. Beide Verfahren weisen jedoch Defizite auf. So ist beispielsweise das NIROS-Verfahren nicht vollständig offengelegt, woraus sich Unklarheiten über die verwendete Lärmbewertungskurve ergeben. Für die Beurteilung komplexer Flugroutensysteme sind beide Verfahren ungeeignet. Das Umweltbundesamt hat deshalb für diesen Anwendungsfall ein spezielles Beurteilungsverfahren entwickelt. Es sieht einen Variantenvergleich mit dem Ziel einer möglichst geringen Lärmbetroffenheit vor. Hierzu wird zunächst die Fluglärmbelastung für jede Flugroutensystem-Variante nach der ”Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB)” ermittelt. Dabei wird eine detaillierte Schallpegelverteilung berechnet. Anschließend wird die Anzahl der vom Fluglärm betroffenen Menschen innerhalb der verschiedenen Pegelklassen bestimmt. Hierfür werden möglichst aktuelle Bevölkerungsdaten verwendet, andernfalls wird die VBEB-Methode der Umgebungslärmrichtlinie angewendet. Auf dieser Grundlage können die Flugroutensystem-Varianten bewertet werden. Das Beurteilungsverfahren wird anhand von Beispielfällen vorgestellt.

Mi. 9:20 helium 3.09 Lärmschutz 1

Akustische Bewertungskriterien bei der Festlegung von Flugrouten

B. Vogelsang
Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz

Die Berücksichtigung von Luftverkehrslärm findet sich in einem Dickicht rechtlicher Regelungen wieder, die für andere Geräuschquellenarten so nicht existiert. Innerhalb dieses Dickichts nimmt die Bewertung von Fluglärm bei der Festlegung von Flugrouten nach §27a LuftVO eine Sonderstellung ein. Ausgehend von einem einfachen Wirkungsmodell in Anlehnung an die VDI 3722-1 wird ein Vorschlag für Beeinträchtigungsfunktion in Anlehnung an die VDI 3722-2 inkl. der notwendigen Randbedingungen für Bewertungskenngrößen vorgestellt und anhand bekannter Kenngrößen, wie z. B. dem Frankfurter oder Züricher Fluglärmindex, diskutiert. Mit diesem Ansatz kann jedoch nicht das Problem gelöst werden, wie z. B. ”ruhige Gebiete” berücksichtigt werden sollen. Zudem

treten verschiedene praktische Probleme auf, für die noch Lösungen erarbeitet werden müssen. Grundsätzlich gilt es zu klären, ob ein Mehrstufenschutzkonzept verfolgt werden soll, welches zwischen Gefahren (Gesundheit) und erheblichen Belästigungen unterscheidet und ein "Verrechnen" untersagt. Des weiteren bedarf es einer Fallunterscheidung, ob nur eine einzelne Flugroute oder ein komplexes Flugroutensystem beurteilt werden soll. Den Möglichkeiten bei der Gestaltung von Flugrouten sind durch die stets sicherzustellende Flugsicherheit deutliche Grenzen gesetzt. Die deutliche Zunahme des Aufwands für die Bestimmung der Fluglärmbelastung muss aber kritisch hinsichtlich ihres Nutzens und der zu erreichenden Genauigkeit hinterfragt werden.

Mi. 9:45 helium 3.09 Lärmschutz 1

Lärmbegrenzung der Eisenbahnen in der Schweiz

F. Fischer

Bundesamt für Umwelt, Schweiz

Im Jahr 2000 waren in der Schweiz 265.000 Menschen schädlichem oder lästigem Eisenbahnlärm ausgesetzt. Zu ihrem Schutz wird bis 2015 ein umfassendes Konzept zur Lärmreduktion umgesetzt. Es beinhaltet Massnahmen am Rollmaterial, die Realisierung von Lärmschutzwänden und den Einbau von Schallschutzfenstern. Damit können unter weitgehender Einhaltung der Fristen und der ursprünglich geschätzten Kosten ca. 170.000 Menschen vor dem Lärm geschützt werden. Das im Gesetz formulierte Minimalziel zur Anzahl der zu schützenden Personen (Schutzgrad) wird jedoch knapp nicht erreicht. Die weitere Begrenzung des Schienenverkehrslärms soll in Zukunft mit den folgenden Massnahmen erreicht werden:
Stärkung des gesetzlich verankerten Verursacherprinzips durch die Schaffung von finanziellen Anreizen zur Lärmminderung; Förderung von Innovationen und Investitionen in lärmarmes Rollmaterial und lärmarme Infrastruktur; Beseitigung von Härtefällen, die durch den konsequenten Vollzug des bisherigen Gesetzes entstanden sind.
Im Beitrag werden die in der Schweiz vorgesehenen Massnahmen im Detail vorgestellt.

Mi. 10:10 helium 3.09 Lärmschutz 1

Lärmminderung bei Güterzügen: begleitendes Monitoring

D. Windelberg

Leibniz Univ. Hannover, Institut für Algebra und Zahlentheorie

Das Bundesverkehrsministerium hat vorgesehen, die Vorbeifahrpegel von Güterwagen zunächst bis zum Jahr 2020 um 10 dB(A) zu senken. Dazu sollen verschiedene Maßnahmen ergriffen werden, deren Wirkung jedoch oft noch nicht im täglichen Einsatz erprobt ist. Daher ist ein über die Jahre begleitendes Monitoring notwendig.

Die Schall 03 (1990) beschreibt ein Verfahren zur Berechnung von Vorbeifahrpegeln von Güterzügen. Dieses Verfahren erfordert die Festlegung eines "Grundwertes", der zwar einerseits von dem speziellen Zustand der Räder und der Wagenaufbauten und andererseits von dem Schienenzustand abhängt, aber für die Berechnung wird der Grundwert mit 51 dB(A) als angenommen.
Hier wird gezeigt, welche Messgrößen notwendig sind, um bei Güterzügen an einer festen Messstation zu beurteilen, wie sich der nach der Schall 03 (1990) aus den Messdaten zu berechnende Grundwert im Laufe der Jahre verhält: Wenn er im Mittel sinkt, so tritt eine Lärmminderung ein. Da die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Lärmminderung an der Quelle nicht durch die Mittelungspegel LDEN, LDN oder LNight beschrieben wird, sind Messungen einzelner (Güterzug-)Vorbeifahrten erforderlich. Hier wird ein aus den Messdaten einfach berechenbarer "relativer Grundwert" eingeführt, der den Vergleich zweier Grundwerte erlaubt. Ein Vergleich der Verteilungen der Güterzug-Grundwerte über mehrere Jahre kann dann die Wirksamkeit einzelner Lärmminderungs-Maßnahmen bewerten.

Mi. 14:00 helium 3.09 Lärmschutz 1

Schallschutzmaßnahmen in der Nähe von Schießgeräuschquellen

K.-W. Hirsch[a] und W. Bertels[b]
[a] *Cervus Consult;* [b] *WTD 91, Meppen*

Die Auslegung und Beurteilung von baulichen Schallschutzmaßnahmen in enger Nachbarschaft von Schießgeräuschquellen erfordern Berechnungsverfahren, die in einigen Aspekten über den Anwendungsbereich hinausgehen, den eingeführte technische Verfahren (z.B. die DIN ISO 9613) bieten. Ein Aspekt ist die Berücksichtigung der signifikanten dreidimensionalen Richtcharakteristik vieler Schießgeräuschquellen mit einer ausgeprägten vertikalen Komponente. Ein weiterer Aspekt ist die Möglichkeit, die Wirkung der Schallschutzmaßnahmen unter beliebigen Brechungsverhältnisses in der Atmosphäre auch in größeren Abständen ($>$ 1000 m) abschätzen zu können. Dieser Aspekt ist besonders im Rahmen eines Lärmmanagements von besonderer Bedeutung, da die Wirksamkeit der Schallschutzmaßnahme nicht unbedingt anhand eines Falls mit günstigen Schallausbreitungsbedingungen, der zwar zu hohen Immissionspegeln führt aber nur selten, insbesondere unter Berücksichtigung der üblichen Betriebszeit eines Schießplatzes, auftritt.
Die WTD 91 hat eine Studie mit dem Ziel begonnen, ein unter diesen Aspekten sachgerechtes Planungswerkzeug zu entwickeln. Das zugrunde liegende Schallausbreitungsmodell soll gerade für Waffenknalle zuverlässig sein. Es ist deshalb eine zentrale Forderung, dass auch Zeitverläufe des Schalldrucks prognostiziert werden können. Diese Zeitverläufe, aus denen sich dann z.B. auch der für Schießgeräusche bedeutsame LAFmax ermittelt lässt, werden ein wesentliches Kriterium bei der Validierung des Modells sein. Der Beitrag stellt den Zweck und das Ziel der Studie dar und diskutiert erste Ansätze.

Mi. 14:25 helium 3.09 Lärmschutz 1

Vergleich der Geräuschemissionen von Pkw und Motorrädern bei der Vorbeifahrt

C. Fend
ACCON GmbH

Motorräder erbringen vielerorts einen wesentlich höheren Beitrag zur Lärmempfindung als es ihrer Fahrleistung und Verkehrsstärke relativ zu anderen Verkehrsteilnehmern entspricht. Ursache können die spezifischen Lärmemissionen der Motorräder und die Fahrweise sein.
In einer Untersuchung im Auftrag der LUBW wurden die von Motorrädern und Pkw verursachten Geräuschemissionen in großen Datenmengen erfasst und nach verschiedenen akustischen und verkehrstechnischen Gesichtspunkten miteinander verglichen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden vorgestellt.
Die Integration der Lärmquelle ”Motorrad” in den derzeit gültigen Berechnungs- und Beurteilungsvorschriften und die Frage der besonderen Störwirkung bzw. Lästigkeit von Motorradlärm werden diskutiert.
Für ausgewählte Vorbeifahrten wurden die psychoakustischen Parameter Lautheit, Rauigkeit und Schärfe ausgewertet. Die Ergebnisse werden vorgestellt und mit Bezug auf die Emissionspegel diskutiert. Dies wird mit Hörbeispielen veranschaulicht.

Mi. 14:50 helium 3.09 Lärmschutz 1

Lärmarme Reifen - Umsetzung mittels Informationskampagne

D. Schneuwly und T. Meloni
Bundesamt für Umwelt, Schweiz

In der Schweiz sind rund 1.2 Millionen Menschen (jede 6. Person) übermässigem Strassenlärm ausgesetzt, welcher sich über dem gesetzlich festgelegten Grenzwert befindet. 85% der übermässig belasteten Personen befinden sich in urbanen Gebieten, wo traditionelle Lärmschutzmassnahmen wie Lärmschutzwände nur bedingt einsetzbar sind. Insbesondere in dicht besiedelten Räumen drängen sich Lärmschutz-Massnahmen an der Quelle auf. Bei modernen PKWs dominieren die Reifen-Fahrbahn-Geräusche bereits ab 30 km/h. Lärmmessungen an Reifen zeigen, dass zwischen verschiedenen Reifenprodukten Emissionsunterschiede von mehreren dB bestehen, ein flächendeckender Einsatz von leisen Reifen könnte somit einen bedeutenden Beitrag zur Reduktion der Lärmbelastung leisten. Ab November 2012 werden Reifen mit dem EU-Reifenlabel versehen sein, welches unter anderem Auskunft über die Lärm-Emission des Produktes gibt. Damit sind die Kunden künftig in der Lage, leise Reifen zu erkennen um mit deren Kauf einen direkten Beitrag zur Lärmreduktion des Strassenverkehrs an der Quelle zu leisten. Das BAFU wird deshalb mit verschiedenen öffentlichen und privaten Partnern eine landesweite Informationskampagne durchführen, um die Kunden dazu zu bewegen, sich beim nächsten Reifenkauf für ein leises Produkt zu entscheiden. Der Beitrag wird aufzeigen, welches

Lärmreduktionspotential in leisen Reifen steckt und wie die anstehende Kampagne gestaltet wird.

Mi. 15:15 helium 3.09 Lärmschutz 1

Die neuen EU-Emissionsvorschriften für Fahrzeuge - Schutzpotential in der Schweiz

I. Schlachter
Bundesamt für Umwelt, Schweiz

Die Schweiz blickt auf eine 25-jährige Erfahrung im Vollzug der Lärmbekämpfung zurück. Trotz grossen Sanierungsanstrengungen mit Investitionen in Milliardenhöhe sind immer noch rund 15% der Bevölkerungen von übermässigem Strassenlärm betroffen. Es zeigt sich immer deutlicher, dass das in der schweizerischen Gesetzgebung festgelegte Schutzziel nur erreicht werden kann, wenn vermehrt Lärmschutz an der Quelle betrieben wird. Dabei kommt dem emittierten Schall eines Fahrzeuges hinsichtlich Leistung und Charakteristik eine bedeutende Rolle zu. Die seit 1995 gültigen Messverfahren und Emissionsgrenzwerte, dargelegt in der "Vehicle noise directive" (70/157/EEC), wurden von der Schweiz in ihre Gesetzgebung übernommen. Die nun laufende Überarbeitung der EU-Emissionsvorschriften für Fahrzeuge, sowohl im Bereich des Messverfahrens als auch in der schrittweisen Senkung der Emissionsgrenzwerte, birgt die Chance, die Lärmbekämpfung an der Quelle bedeutend zu stärken. Damit könnte der Schutz der Bevölkerung vor übermässigem Lärm einen umfangreichen Schritt vorwärts gebracht werden. Volkswirtschaftlich betrachtet könnten zudem immense Einsparungen durch die Reduktion von Sanierungs- und externen Kosten erzielt werden. Im Kongressbeitrag wird der aktuelle Entwurf des EU-Vorschlags diskutiert und das damit einhergehende Schutzpotential für die Schweiz aufgezeigt.

Mi. 15:40 helium 3.09 Lärmschutz 1

Veränderung des Beurteilungspegels durch einen lärmgeminderten Asphalt an einer innerstädtischen Straße

U. Ritterstaedt[a] und G. Eckers[b]
[a] *Ing.-Büro für Schallschutz, Neuss;* [b] *Stadt Neuss, Tiefbauamt*

Auf einer stark befahrenen innerstädtischen Ausfallstraße wurde der Fahrbahnbelag saniert. In einem Abschnitt wurde ein konventioneller Splittmastixasphalt, in einem anderen Bereich ein offenporiger Gussasphalt (PMA) aufgebracht.
Vor und nach der Sanierung wurden an beiden Abschnitten Geräuschimmissionsmessungen über 1 Woche mit gleichzeitigen Verkehrszählungen durchgeführt. Ferner fanden vor und nach der Sanierung Messungen an Einzelvorbeifahrten im Bereich des PMA-Belages statt.
Die Verbesserung der Geräuschsituation durch den PMA ist geringer als erwartet. Die Pegelunterschiede werden diskutiert.

Mi. 16:30 helium 3.09 Lärmschutz 1

Entwicklung und Perspektiven der Straßenverkehrslärmbekämpfung

T. Beckenbauer
Müller-BBM GmbH

Mit Erfindung des Rades hat alles begonnen. Eigenartigerweise wollte man die Geräuschentstehung aber, bis in die jüngste Vergangenheit, nie so richtig genau an dieser Stelle, also am Reifen-Fahrbahn-Kontakt anpacken. Das System Fahrzeug-Reifen-Fahrbahn war akustisch lange Zeit vom Antrieb dominiert, weshalb man genau und nur dieser Schallquelle gesetzlich akustische Grenzen gesetzt und diese kontinuierlich verschärft hat. Gleichzeitig musste man aber feststellen, dass es - unabhängig von der Verkehrszunahme - auf den Straßen nicht wesentlich leiser wurde. Während man diesem Problem in der Praxis mit immer höheren Abschirmeinrichtungen und immer besser wirkenden Schallschutzfenstern begegnete, hat in den 1980er Jahren eine Phase der intensiven wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Reifen-Fahrbahn-Kontakt begonnen. Der Sonderforschungsbereich ”Hochfrequenter Rollkontakt” an der TU Berlin, das EU-Forschungsprojekt RATIN, das niederländische Projekt ”Weg met geluid” und das großangelegte deutsche Forschungsprojekt ”Einfluss der Fahrbahntextur auf das Reifen-Fahrbahn-Geräusch” waren Meilensteine auf dem Weg eines besseren und grundlegenden Verständnisses der Vorgänge im Reifen-Fahrbahn-Kontakt und deren Beeinflussung durch Reifen- und Fahrbahneigenschaften. Die daraus entstandenen Rechenmodelle werden helfen, neuartige Materialien und Herstellverfahren für geräuschmindernde Reifen und Fahrbahnbeläge zu entwickeln. Der Beweis ihrer Praxistauglichkeit wird diese Phase abschließen. Fahrbahnbeläge in Form von herstellerspezifischen Produkten und das Elektrofahrzeug werden ein Übriges zur Verbesserung der Lärmsituation an Straßen beitragen.

Mi. 16:55 helium 3.09 Lärmschutz 1

Witterungsbedingte Geräuschimmissionen von Höchstspannungsfreileitungen: Messung und Beurteilung

C. Hettig und R. Kurz
Kurz und Fischer GmbH

Der zur Umsetzung der Energiewende erforderliche Ausbau des Stromnetzes führt zu verstärkter Neu- und Umbauplanung von Höchstspannungsleitungen. Im Rahmen eines Planungsverfahrens für eine Höchstspannungsfreileitung sind auch Fragen nach deren witterungsbedingten Entladungsgeräuschen u. U. detailliert und rechtssicher zu beantworten. Dem gebotenen Schutz der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen in angemessener Weise gerecht zu werden ist oft in dicht besiedelten Bereichen eine besondere Herausforderung. Der Beitrag soll schalltechnische Untersuchungen von Koronageräuschen unter Berücksichtigung der zahlreichen Einflussgrößen und der Streubreite

realer Messwerte auf eine breitere Basis stellen. Dazu wird neben dem theoretischen Wissensstand über Entstehung und Einflussfaktoren die messtechnische Ermittlung der realen Emissionen verschiedener Leitungsbauarten dargestellt. Weiter wird auf der Basis der Vorschläge für die zu verwendenden Emissionsansätze der weitere Umgang im Kontext der TA Lärm in Bezug auf die Entstehung und Eigenarten des Geräuschs behandelt.

Mi. 17:20 helium 3.09 Lärmschutz 1

Gehörrichtige Wahrnehmung von Kindergeräuschen - zum Kinderbonus

S. Friebe und E.-J. Völker
Institut für Akustik und Bauphysik Oberursel

Seit Juli 2011 ist der von Kindertageseinrichtungen und Kinderspielplätzen ausgehende Lärm im Regelfall nicht mehr als schädliche Umwelteinwirkung anzusehen. Mit dem 10. BImSchG-Änderungsgesetz wurde dem § 22 BImSchG der Abs. 1a hinzugefügt, welcher eine derartige Privilegierung von Kindergeräuschen festlegt. Die Formulierung "im Regelfall" sieht dabei einen Spielraum für Ausnahmefälle vor. Doch nach welchen Grenz- bzw. Richtwerten sind diese hierbei zu beurteilen? Kindergeräusche werden häufig als besonders lästig dargestellt. Diese Annahme liegt aufgrund der frequenten Zusammensetzung mit Energiemaxima im Bereich um 2 kHz zunächst auch nahe. Im Vergleich mit Baustellenlärm hat sich jedoch gezeigt, dass Kindergeräusche bei gleicher Lautheit einen um etwa 5 dB höheren A-bewerteten Dauerschallpegel aufweisen. Dies konnte in einem Hörversuch bestätigt werden. Hierbei nähert sich die mittlere Lautheit nach DIN 45631/A1 sehr gut der empfundenen Lautstärkewahrnehmung an. Die ausschließliche Betrachtung des A-Pegels führt bei Kindergeräuschen somit zu einer Benachteiligung gegenüber Baustellenlärm. Ein ähnliches Verhalten zeigt sich beim Vergleich von Straßen- und Schienenverkehr, woraus der Schienenbonus abgeleitet wurde. Vorgeschlagen wird demnach ein Kinderbonus, welcher die geringere Lautstärkeempfindung von Kindergeräuschen berücksichtigt.

Mi. 17:45 helium 3.09 Lärmschutz 1

Entwicklung und Perspektiven der Industrielärmbekämpfung

C.-C. Hantschk
Müller-BBM GmbH

Die fortschreitende Industrialisierung und das gleichzeitige Wachstum der Ballungsgebiete ließ in den vergangenen Jahrzehnten in Europa vielerorts Industrie und Wohngebiete immer näher zusammenrücken. Um die damit einhergehende Lärmwirkung in den zu schützenden Gebieten auf ein verträgliches Maß zu begrenzen, wurden gesetzliche Regelungen geschaffen und entsprechende Grenzwerte festgelegt. Damit deren Einhaltung geplant, sichergestellt und überprüft werden konnte, mussten

jedoch zunächst die dazu notwendigen Grundlagen zur Verfügung gestellt werden: Typische industrielle Schallquellen wurden bestimmt und charakterisiert, praxistaugliche Messmethoden sowie Berechnungsverfahren zur Vorhersage der Schallemissionen und -immissionen wurden erarbeitet und innovative Schallschutzmaßnahmen und -konzepte wurden entwickelt.
Die Ergebnisse dieser Arbeiten zählen bis heute zu den wichtigsten Grundlagen der Industrielärmbekämpfung. Diese hat über Jahrzehnte hinweg kontinuierlich und maßgeblich dazu beigetragen, die von Industrieanlagen ausgehenden Schallemissionen zu reduzieren und die Schallimmissionen auf ein akzeptables Maß zu begrenzen. Sie hat damit letztendlich ein verträgliches Nebeneinander von Industrie- und Wohnnutzung trotz der zunehmenden Siedlungsdichte erst möglich gemacht. Die vorliegende Veröffentlichung veranschaulicht diese Entwicklung und den aktuellen Stand anhand ausgewählter Beispiele und gibt einen Einblick in bestehende und zukünftige Herausforderungen für die Industrielärmbekämpfung.

Mi. 18:10 helium 3.09 Lärmschutz 1

Leichtbaudeckel zur Reduzierung der Lärmemission von Großgetrieben

F. Kolbe[a], W. Hufenbach[a], S. Geller[a], M. Dannemann[a], D. Wohlfahrt[a], O. Renner[b] und M. Pohl[b]
[a] *TU Dresden, Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik;* [b] *Leichtbau-Zentrum Sachsen GmbH*

Die zunehmende Lärmbelastung in der Umwelt hat in den vergangenen Jahren zu einer Beschränkung der zulässigen Lärmemission verschiedener technischer Anlagen geführt. Um die daraus resultierenden Anforderungen jetzt und in Zukunft zu erfüllen, sind zunächst geeignete Lärmminderungsmaßnahmen an den Hauptlärmquellen wie Motoren, Aggregaten und Turbinen vorzunehmen. Darüber hinaus müssen auch andere Teillärmquellen wie etwa Getriebe und Kupplungen berücksichtigt werden, um das Lärmminderungspotential einer Anlage bestmöglich ausschöpfen zu können. Da die Umsetzung von wirksamen Primärmaßnahmen zur Reduzierung der Lärmemissionen etwa an Getrieben meist sehr zeit- und kostenintensiv ist, werden hierfür häufig Sekundärmaßnahmen in Form von Schallschutzkapselungen präferiert. Zu Service- und Wartungszwecken sind diese Kapselungen mit gut handhabbaren und somit leichten Deckeln auszustatten. Ausgehend von der Analyse verschiedener derzeit verwendeter Deckel für ein Großgetriebe wurden unterschiedliche Konzepte für neuartige, akustisch günstigere und zugleich leichtere Deckelvarianten abgeleitet. Nach einer detaillierten Bewertung erfolgte die Auswahl vielversprechender Konzepte sowie deren Auslegung, Fertigung und experimentelle Charakterisierung. In einem abschließenden Feldversuch konnte die Reduzierung des abgestrahlten Schalls durch Einsatz der neuartigen Getriebedeckel eindrucksvoll nachgewiesen werden.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Lärmschutz (Poster)

Pre-environmental study for the implementation of a new road system - a case study in Curitiba, Brazil

P.E.K. Fiedler, F. Bunn und P.H.T. Zannin
Federal University of Parana, Brazil

This study involves a pre-analysis of environmental noise pollution caused by a large road construction project in the city of Curitiba, Brazil. Data were collected on the equivalent sound pressure levels generated by vehicle traffic and by the worksite under analysis. Measurements were taken at 16 points spaced 500 m apart over a stretch of approximately 8 km of the road. A noise map was created for each measured point, considering the main determining factors of road traffic noise: heavy vehicle flow, road pavement conditions, and average traffic speed. A comparison of the measured noise levels against the levels established by Law No. 10625, which governs the noise emissions in Curitiba, indicates that the current situation in the region is unsatisfactory and that the high noise levels recorded may disturb the local population. The environmental impact assessment indicated the existence of noise pollution in the area. These levels must be mitigated urgently, particularly since this is one of the requirements of the Inter-American Development Bank (IDB), which is financing this road construction project.

Keywords: Noise; Traffic noise; Environmental noise pollution; Environmental Impact Study.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Lärmschutz (Poster)

Mehrkanalmessungen an Lärmschutzwänden im Rahmen des EU-Projekts "QUIESST"

G.K. Behler, P. Dietrich und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Im Rahmen des europäischen 7. Rahmenprogramms (FP7) startete 2009 das Projekt QUIESST (QUItening the Environment for a Sustainable Surface Transport). Das Ziel des Forschungsvorhabens ist, Lärmschutzmaßnahmen speziell im Sinne der Umweltverträglichkeit, Qualität und Nachhaltigkeit zu optimieren. Eine wichtige Aufgabe stellt dabei die Überwachung und Kontrolle der akustischen Eigenschaften von Lärmschutzwänden dar, die im Arbeitspaket 3 (WP3) von mehreren Teilnehmern des Forschungsvorhabens bearbeitet wird. Messtechnisch wird dabei versucht, die bereits bestehende und etablierte "Adrienne-Methode" aus ISO EN 1793 um ein mehrkanaliges Mikrofonarray zu erweitern. Der derzeitige Standard spezifiziert sequentiell auszuführende einkanalige Messungen, die bereits Auskunft über das Reflexionsverhalten einer Wand in-situ liefern sollen. In diesem Beitrag wird die im laufenden QUIESST Projekt neu vorgeschlagene Methode diskutiert und es werden Erkenntnisse sowie Probleme aus zwei Feld-Messungen neben weiteren theoretischen Überlegungen erläutert.

Sitzung „Lärmausbreitung (Poster)“

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Lärmausbreitung (Poster)

Road Noise Emission Model for CNOSSOS

W. Bartolomaeus
Bundesanstalt für Straßenwesen

In 2002 Environmental Noise Directive END was introduced. So long, only (national) interim methods are developed to be used for the task of noise-mapping every five years. In the projects HARMONOISE and IMAGINE a harmonized method - across Europe and for the different noise sources: road, rail, flight and industry - was not finalized. Since 2010 a new method CNOSSOS is under development to fill the gap for the third round in 2017. The new French model of NMPB, which is based on model mentioned in END as a European interims model, will form the core of the CNOSSOS model for road noise. For the emission part of the future model called CNOSSOS the decision on which concept is to be used is very important. The amount and quality of input data - e.g. national databases and classification systems for the noise emission from different road surfaces - are heavily depending on the choice of propagation model also. In the view of renovating the national guidelines for noise abatement on roads RLS-90 the CNOSSOS model should be as complex as necessary and as simple as possible. Then there is a big chance to merge END and RLS.

Sitzung „Hydroakustik (Poster)“

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Hydroakustik (Poster)

Merkmalsextraktion von Klicklauten zur Erkennung von Meeressäugern

R. Kreimeyer
C.-A.-Universität zu Kiel, Technische Fakultät / DSS

Meeressäuger orientieren sich unter Wasser und kommunizieren untereinander mit Hilfe von Schall, wozu sie unterschiedliche Laute wie zum Beispiel Pfeiftöne oder Klicks verwenden. Letztere sind die am häufigsten auftretenden Laute und können zur Erkennung der Spezies herangezogen werden. Hierzu wird eine Parametrierung der Klicks benötigt, die neben der Frequenzlage auch den zeitlichen Bezug der Klicks zueinander einschließt. In der Praxis besteht ein wesentliches Problem darin, dass Meeressäuger häufig in Gruppen auftreten und sich somit die Klickserien einzelner Tiere überlagern. Weitere Faktoren wie Echos durch Reflexionen, welche beispielsweise an Sprungschichten der Wassertemperatur entstehen, müssen ebenfalls berücksichtigt werden. Es wird eine Vorgehensweise beschrieben, bei der geeignete Merkmale von Klicklauten extrahiert werden, um auch bei den oben erwähnten Situationen eine Erkennung zu ermöglichen.

Sitzung „Medizinische Akustik (Poster)“

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Medizinische Akustik (Poster)

Cochlea-Modell

O. Bschorr und H. Albrecht
Aeroakustik, Stuttgart

Aufgabe ist ein akustisches Modell der Cochlea, gebildet aus der Basilarmembran mit den verschieden abgestimmten Querfasern und der mit Lymphflüssigkeit gefüllten Scala vestibulis (SV) als Leiter von Deviationswellen. Die deviatorische Wellengeschwindigkeit wird durch die elastische Nachgiebigkeit der Wandungen, insbesondere auch der Basilarmembran bestimmt. Die auf den Querfasern sitzenden inneren und äußeren Haarzellen wirken als Sensoren und Aktuatoren und eine einfache, fest eingestellte Proportionalverstärkung reicht aus, damit im Sinne von ANVC (=acitive noise and vibration control) mittels einer ”negativen Dämpfung” ausgeprägte Resonanzmaxima für die einzelnen Querfasern zu realisieren. Diese Resonanzstellen verursachen im eindimensionalen SV-Wellenleiter spektrale Impedanzeinbrüche und damit ”schallweich” abgeschlossene, deviatorische Stehwellen. Speziell die $\lambda/2$-Wellen zwischen ovalem Fenster und der jeweiligen Resonanzstelle ermöglichen eine hohe Frequenzschärfe und eine große Dynamik.

Sitzung „Physikalische Akustik (Poster)“

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Physikalische Akustik (Poster)

Waves Propagation in Non-conducting Magnetizable Continuum with Frozen-in Magnetization

V. Sokolov
Moscow State University of Instrument Engineering and Computer

Some times ago we put forward the general suggestion that the magnetization frozen in substance of magnetic materials. The condition of frozen-in magnetization leads to new equation of magnetization motion. We employed of equations of ferrohydrodynamics with frozen-in magnetization to investigate propagating shear waves in non-conducting magnetic fluid subjected to uniform magnetostatic field. Expressions were derived for velocity and attenuation of shear waves indicate the mixed forms of these waves. In general, there are two types of waves - the pure shear wave, which has the same properties as in viscous fluid, and new wave, which similar Alfven wave in conducting fluid. However Alfven-type wave propagating in non-conducting magnetic fluid is accompanied by oscillations of the magnetization. Also we have developed the theory for describing the propagation of elastic waves in solid insulator with the frozen-in magnetization. The basic result of our theory as a follows: there exists a longitudinal wave, pure shear wave and new wave which have mixed form of Alfven-type and shear waves. Our study showed that the relative change of ultrasonic velocity due a magnetic field in the case

of shear waves in a magnetic field are greater in some times that for longitudinal waves.

Sitzung „Ultraschall (Poster)“

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Ultraschall (Poster)

Quantitative Bildgebung für die 3D-Ultraschall-Computertomographie

R. Dapp, M. Zapf und N. Ruiter
Karlsruher Institut für Technologie

Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) entwickeln wir ein neuartiges, vollständig dreidimensionales Verfahren zur Brustkrebsfrühdiagnose mittels Ultraschall. Unser 3D-Ultraschall-Computertomograph vereint Methoden aus dem klinischen Ultraschall als auch der Computertomographie. So ist unser Aufbau in der Lage, drei verschiedene Modalitäten aufzuzeichnen: Reflexionsbilder, Schallgeschwindigkeits- und Dämpfungsbilder. Die Hauptbildgebung erfolgt mit Reflexionsbildern, die qualitative Aussagen über das Gewebe liefern. In der klinischen Praxis sind allerdings auch quantitative Werte von Bedeutung: Die Schallgeschwindigkeit einzelner Ultraschall-Wellen als auch deren Dämpfung erlauben quantitative Aussagen über die Struktur des untersuchten Gewebes. Man weiß, dass krebsartiges Gewebe sich in diesen beiden Eigenschaften deutlich von Fett- oder etwa Drüsengewebe unterscheidet. In diesem Beitrag werden die quantitativen bildgebenden Verfahren vorgestellt, die vollständig dreidimensionale Bilder der menschlichen Brust erzeugen. Besondere Herausforderungen hierbei sind die große Datenmenge und deren Verarbeitung als auch der Umgang mit Rauschen und Schallcharakteristik der genutzten Ultraschallwandler. Des weiteren werden die notwendigen Vorverarbeitungsschritte bei der Signaldetektion erläutert.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Ultraschall (Poster)

Gesteuerte Laser-Akustische Quellen in zeit- und räumlich aufgelöster Darstellung

T. Windisch[a,b], F. Schubert[b] und N. Meyendorf[b]
[a] *TU Dresden;* [b] *Fraunhofer IZFP-D, Dresden*

Bei der Laser-Akustischen Materialprüfung werden thermisch induzierte Volumenwellen zur Detektion von Inhomogenitäten genutzt. Für eine zerstörungsfreie Arbeitsweise wird die Intensität der Laserquellen soweit reduziert, dass ausschließlich thermoelastische und damit reversible Verschiebungen im Materialgitter hervorgerufen werden. Als Folge stellen sich typische akustische Abstrahlcharakteristiken α ein, die anhand numerischer Simulationsrechnungen und begleitender Messungen

untersucht wurden. Die Ergebnisse zeigen die räumliche Intensitätsverteilung sowie transienten Entwicklung der fortschreitenden Wellenfronten $I_R(\alpha, r, t)$ welche sich bei unterschiedlichen optischen Intensitätsverteilungen des Lasers $R(\vec{x})$ ergeben. Anhand dieser Werkzeuge lassen sich durch Variationen im optischen Setup verschiedene akustische Intensitätsverteilungen vorhersagen sowie gezielt ansteuern und dabei den Schall in bestimmte Regionen konzentrieren oder gleichmäßig im Volumen verteilen.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Ultraschall (Poster)

Pressure Pulse Fields: Comparison of optical hydrophone measurements with simulations using FIELD II

A. Jamshidi Rad und F. Ueberle
HAW Hamburg

Several approaches for simulating ultrasound are available. While finite and boundary element methods are very effective and flexible tools for simulating a variety of sound problems, the computing-power requirement and the prime cost are still very high. As long as the sound propagation occurs in the linear range the emitted and the scattered field can also be calculated using spatial impulse response methods. A couple programs simulate the sound field by using the concept of spatial impulse response, such as FIELD II and ULTRASIM. Both of them are free for use, if the results of its use are published and a reference to one of the papers about the programs are made. We compare two types of optical hydrophones developed for pressure pulse measurements, the fiber-optic-hydrophone and the light-spot-hydrophone. Both are based on reflection changes of a laser beam due to the medium density modulation by a sound wave at the sensitive end of the device. The aim of this paper is to compare the results of the measurements with simulations made by FIELD II.

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Ultraschall (Poster)

Simulation und Entwicklung von Ultraschallwandlersystemen für die 3D-Ultraschall-Computertomographie

B. Kohout und N. Ruiter
Karlsruher Institut für Technologie

Brustkrebs ist die häufigste Krebserkrankung bei Frauen in Europa und Nordamerika. Die gängige Standarduntersuchung der Röntgen-Mammographie ist für die Patientinnen jedoch unangenehm und strahlenbelastend. Die Sensitivität für Brustkrebs innerhalb der Risikogruppe mit dichtem Drüsengewebe ist gering. Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wird deshalb ein neues Verfahren zur Brustkrebsfrüherkennung entwickelt: die 3D-Ultraschall-Computertomographie (3D-USCT). Ein wichtiger Bestandteil dieses Aufbaus sind die speziellen, eigens entwickelten und gefertigten Ultraschallwandlersysteme (”Transducer Array Systems”, TAS) zum Senden und Empfangen der Ultraschallsignale.

Diese müssen annähernd unfokussierte Kugelwellen abstrahlen und sowohl kostengünstig als auch gut reproduzierbar sein. Bedingt durch das Design des Messbehälters und begrenzt durch die Messdauer und die anfallende Datenmenge pro Messung, werden 157 TAS verwendet, die insgesamt 2041 einzelne Ultraschallwandler enthalten.
In diesem Beitrag werden die Wandlersysteme und deren Simulationsmöglichkeiten vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Herausforderungen und Ergebnissen der Simulation des akustischen Wandlerverhaltens und dessen Schallabstrahlung mittels der Finiten Elemente Methode im Vergleich zu gemessenen Daten realer Wandler. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf dem Einfluss verschiedener simulierter Designmöglichkeiten auf den charakteristischen elektrischen Impedanzverlauf des Wandlers. Ergänzt wird dies durch die numerische und analytische Berechnung der Richtcharakteristiken für variable Wandlergeometrie und Anregungssignale.

Sitzung „Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung (Poster)“

Mittwoch (ab 13:30, bis Do.) Zerstörungsfr. Werkstoffprüfung (Poster)

Tap Test without Tapping: Investigation into Methods for Detection of Superficial Flaws in Sandwich Panels

M. Avelar[a], P. Bonifacio[b], A. Tourinho[a] und P. Dietrich[c]
[a] *Universidade de Brasilia;* [b] *Instituto Federal de Santa Catarina, Joinville (Brazil);* [c] *Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen*

A simple and traditional method for the inspection of composite structures is the tap test, also known as ”coin tapping”. It consists of tapping different points with an appropriate hammer and rating the sound in order to evaluate whether there are failures or not. Although ultrasound techniques are efficiently used for inspection during the assembly or in predictive maintenance of sandwich panels in the aerospace industry, the tap test is still in use. In order to overcome its subjective aspect, at least one commercial equipment uses the contact time between the hammer and the structure as indicator. However, if the face sheets are made of very thin and light-weight aluminum or carbon fiber, there may be a potential risk of damage during the test. This work presents an investigation into the use of a deconvolution technique, which implies an alternative way of excitation. In this case, the excitation energy is distributed over a longer period, but the result is an impulse response as well. Different parameters obtained from this impulse response are compared in order to evaluate their ability to indicate flaws.

Fachvorträge am Donnerstag, den 22.03.2012

Sitzung „Aktive akustische Systeme“

Do. 8:30 Spectrum A Aktive akustische Systeme

Entwicklung und Perspektiven der aktiven Schallfeldbeeinflussung
R. Schirmacher
Müller-BBM GmbH
Ausgehend von der physikalischen Idee der Superposition zweier gegenphasiger Schallfelder entwickelte sich parallel mit den Werkzeugen und Methoden der Elektroakustik die aktive Geräuschminderung und darauf aufbauend allgemeiner die aktive Schallfeldbeeinflussung.
Ausgehend vom Patent von P. Lueg (1933) spannt der Beitrag einen Bogen über die Epochen der analogen Schaltungstechnik und Entwicklung der Elektroakustik und der digitalen Signalverarbeitung und Algorithmenentwicklung. Es zeigt sich aber, dass für die aktuellen kommerziellen Umsetzungen der Technologie das Verständnis der physikalischen Akustik ebenso wichtig ist und erst die Synthese aller dieser Zweige zu praktisch nutzbaren Anwendungen führt.
Aufbauend auf den seit 2004 beobachtbaren Anwendungen im Automobilbau (die mit den aktuellen Vorstellungen der Audi S8 - Modelle auch in Europa Einzug halten) werden die aktuelle und künftige Rolle von ANC als Wegbereiter für CO2-mindernde Antriebstechnologien sowie Voraussetzungen für eine breitere Anwendung dargestellt.

Do. 8:55 Spectrum A Aktive akustische Systeme

Globale Lärmminderung durch lokalen Gegenschall im Transmissionspfad
T. Kletschkowski und D. Sachau
Helmut-Schmidt-Universität Hamburg
Um die potentielle akustische Energie in geschlossenen Räumen durch aktiven Gegenschall global zu minimieren, ist es notwendig, diese durch im Raum verteilte Mikrophone messtechnisch zu erfassen und durch geeignet positionierte Lautsprecher aktorsich zu beeinflussen, was im Allgemeinen nur bei geringer Modendichte mit einem vertretbaren apparativen Aufwand zu erreichen ist. Lokale Gegenschallverfahren, die bereits die Emission des Störschalls an der Quelle unterbinden oder aber dessen Übertragung im Transmissionspfad unterdrücken, bieten insbesondere bei breitbandigen Störsignalen eine wirkungsvolle Alternative, die im vorliegenden Fall am Beispiel eines gekippten Fensters diskutiert wird. Letzteres stellt einen definierten Übertragungspfad dar, durch den Straßenlärm in Wohn- und Schlafräume gelangt. Experimentelle Untersuchungen in einem Transmissionsprüfstand (bestehend aus einem

reflexionsarmen Senderaum und einem schallhart berandeten Empfängerraum) belegen, dass durch den Einsatz eines lokal im Transmissionspfad wirksamen adaptiven Gegenschallsystems signifikante Peglreduktionen im gesamten Innenraum erreicht werden können. Im vorliegenden Fall wurden zehn im Schallpfad angeordnete Fehlermikrophone und vier vor der Transmissionsöffnung positionierte Gegenschallquellen verwendet. Die Signalverarbeitung erfolgte in Echtzeit auf einem Rapid-Control-Prototyping-System und ermöglichte Pegelreduktionen von bis zu 18 dB bei breitbandiger Anregung von bis zu 480 Hz.

Do. 9:20 Spectrum A Aktive akustische Systeme

Entwicklung und Realisierung eines Systems zur Schwingungsunterdrückung

D. Hölker, M. Wensing, P. Richert und H.-G. Fehn
Fachhochschule Münster, Fachb. Elektrotechnik und Informatik

Lärm als Umweltproblem verursacht einen beträchtlichen volkswirtschaftlichen Schaden. Durch die zunehmende Automatisierung steigt die Lärmbelastung stetig, da Geräte, die früher passiv und somit nahezu schallemissionsfrei waren, motorisiert betrieben werden und dabei Lärm verursachen.
Diese Schallemissionen bestehen aus schmalbandigen und breitbandigen Störungen. Es werden aktive und passive Systeme zur Lärmreduzierung aufgezeigt. Aktive Systeme beruhen auf dem Effekt der destruktiven Interferenz, also der Auslöschung einer Schwingung durch eine entgegengesetzte Schwingung. Mechanische Dämpfer, wie zum Beispiel Schwingmetalle, gehören zu den passiven Systemen.
Zur idealen Positionierung der Systeme werden die Ursachen und die Ausbreitungswege der Schwingungen dargestellt. Für die dadurch gefundenen geeigneten Positionen werden aktive und passive Systeme entwickelt und deren Möglichkeiten und Problematiken aufgezeigt. Mithilfe objektiver und subjektiver Bewertungen wird analysiert, welche Art von System in einem späteren Produkt eingesetzt werden kann.

Do. 9:45 Spectrum A Aktive akustische Systeme

Feedback-Reglerauslegung für aktive Lärmkompensation bei In-Ear-Kopfhörer

C. Bruhnken[a], S. Priese[a], H. Foudhaili[b], D. Voss[b], E. Reithmeier[a] und J. Peissig[b]
[a] *Leibniz Universität Hannover, Institut für Mess- u. Regelungstechnik;*
[b] *Sennheiser electronic GmbH & Co. KG*

Heutzutage wird in vielen Berufszweigen eine immer höhere Mobilitätsbereitschaft verlangt. Damit verbunden steigen die Häufigkeit und Dauer der Nutzung von Verkehrsmitteln, wie Flugzeug, Bahn oder PKW. Dies führt zu einer ständigen Konfrontation mit Lärm. Eine passive Dämpfung dieses Lärms ist aufgrund des häufig dafür nötigen Zusatzgewichtes nur begrenzt möglich. Eine Kombination aus passiver und aktiver Dämpfung

bieten Kopfhörer mit zusätzlicher aktiver Lärmminderung (active noise control - ANC). Zurzeit sind vor allem ohrumschließende Produkte mit zum Teil guten Dämpfungseigenschaften auf dem Markt zu finden. Jedoch wird der nötige Bügel von manchen Benutzern als störend empfunden. Auch das Gewicht kann den Tragekomfort mindern. Diese Nachteile können mit In-Ear-ANC-Kopfhörern umgangen werden. Bei ANC-Kopfhörern wird der Störschall aufgenommen und darauf basierend eine Schallwelle ausgegeben, um den Lärm mittels destruktiver Interferenz am Trommelfell zu minimieren. Dieses Vorgehen basiert auf zwei Strategien: Der Feedforward-Filterung, bei der der Referenzschall mit einem Außenmikrofon aufgenommen wird und der Feedback-Regelung, bei der ein innenliegend eingebautes Fehlermikrofon verwendet wird. Im Vortrag wird auf die spezielle Problematik der Feedback-Reglerauslegung bei In-Ear-Kopfhörern eingegangen: Aufgrund hoher interpersoneller Varianzen der Regelstecke gestaltet sich die Auslegung eines stabilen Reglers mit guten Dämpfungseigenschaften als schwierig. Es wird eine Lösung mittels modellbasierter Optimalregelung vorgestellt.

Do. 10:10 Spectrum A Aktive akustische Systeme

Entwurf einer strukturintensitätsbasierten Regelung

S. Buckert[a], J. Bös[a] und H. Hanselka[a,b]

[a] *TU Darmstadt, Systemzuverläss. und Maschinenakustik SzM;* [b] *Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt*

Es wird ein Regelungskonzept vorgestellt, dessen Regelgröße die Strukturintensität (STI) ist. Die STI ist eine vektorielle Größe und beschreibt den Körperschallfluss in der Struktur. Zur Verwendung als Regelgröße wird die STI aus vier Beschleunigungsgrößen auf Basis des 2-Aufnehmerverfahrens (2 Aufnehmer für jede Koordinatenrichtung) berechnet. Die Ergebnisse der STI-Regelung werden mit denen einer Regelung der Beschleunigung an derselben Stelle verglichen. Als Regler wird für beide Konzepte ein fx-LMS-Filter (filtered reference - least mean squares) verwendet, das auf einem FIR-Filter (finite impulse response) basiert. Als Regelstrecke wird in der Simulation ein analytisches Plattenmodell verwendet, das neben dem Krafteingang (Störgröße) die Beeinflussung der Platte sowohl mit einer weiteren Punktkraft (Shaker) als auch mit einem Piezopatch ermöglicht. Die Simulationsergebnisse werden durch Experimente verifiziert. Neben der Schwingungsminderung ist die Anpassung und Anwendung von Methoden zur Bewertung geregelter Systeme ein Schwerpunkt der Untersuchungen. Die Verfahren zur Bewertung aktiver Systeme basieren ebenfalls auf der STI und ermöglichen eine quantitative energetische Betrachtung der geregelten Struktur. Anhand der Beispielsysteme werden diese Methoden vorgestellt.

Do. 14:00 Spectrum A Aktive akustische Systeme

Entwicklung und Realisierung einer aktiven Schwingungsunterdrückung zur Dämpfung schmalbandiger Störungen im Körperschall

M. Wensing, D. Hölker, H.-G. Fehn und P. Richert
Fachhochschule Münster, Fachb. Elektrotechnik und Informatik

Motoren erzeugen durch die Drehbewegung Schwingungen, die einen schmalbandigen Charakter haben und deren Frequenz eng mit der Motordrehzahl gekoppelt ist. Über die Lagerung der Motoren werden diese Schwingungen weitergeleitet und können durch Abstrahlung zu Lärm werden. Um genau dies zu verhindern, wird eine Methode vorgestellt, mit der sich diese Schwingungen gezielt durch das Erzeugen von Gegenschwingungen auslöschen lassen (Active Noise Control, ANC). Das Prinzip basiert auf der destruktive Interferenz und wurde erstmals 1936 vom deutschen Physiker Paul Lueg in einem Patententwurf erwähnt.
Der Filtered-X-Least-Mean-Square-Algorithmus in Form eines adaptiven Notch-Filters wird zur Unterdrückung schmalbandiger Störungen eingesetzt. Die theoretische Leistungsfähigkeit des Algorithmus wurde durch Simulationen nachgewiesen und anschließend erfolgte die Portierung des Algorithmus auf einen DSP zur Analyse der Leistungsfähigkeit an einem realen System.
Die Hardware-Realisierung hat ergeben, dass sich ein adaptives Notch-Filter sehr gut zur Unterdrückung schmalbandiger Störsignale im Körperschall eignet, sofern sich die aktive Komponente im Ausbreitungsweg der Schwingungen befindet.

Do. 14:25 Spectrum A Aktive akustische Systeme

Aktive Schallreduktion mit Ohrkanalhörern

S. Priese[a], C. Bruhnken[a], D. Voss[b], H. Foudhaili[b], E. Reithmeier[a] und J. Peissig[b]
[a] *Leibniz Universität Hannover, Institut für Mess- u. Regelungstechnik;*
[b] *Sennheiser electronic GmbH & Co. KG*

Lärm kann stören, belasten oder sogar gesundheitsschädlich sein. Kopfhörer mit aktiver Schallreduktion (ANC-Active Noise Control) können insbesondere auf Reisen einen erheblichen Komfortgewinn erzielen. Im Flugzeug, in der Bahn, auf der Straße oder auch am Arbeitsplatz bieten sie die Möglichkeit den umgebenden Lärm zu reduzieren. Das Angebot der auf dem Markt erhältlichen ANC-Kopfhörer wächst ständig. Ohraufliegende und ohrumschließende Kopfhörer mit verschiedenen Regelstrategien sind schon länger im Handel erhältlich, wobei das Sortiment erst in den letzten Jahren auf Ohrkanalhörer erweitert wurde. Diese weisen eine gute passive Dämpfung auf und sind zusätzlich mit einer Feedforward-Regelung zur aktiven Schallreduktion ausgestattet. Besonders gute Dämpfungsergebnisse werden mit teiladaptiven digitalen Regelungen erzielt, die abhängig vom Lärmspektrum den besten Filter auswählen und sich manuell an den Benutzer anpassen lassen. Da

sich eine volladaptive Regelung schon bei Pilotenkopfhörern und anderen ANC-Anwendungen als sehr effektiv erwiesen hat, wird neben einer Marktanalyse von ANC-Kopfhörern die Umsetzung einer volladaptiven Feedforward-Regelung für Ohrkanalhörer präsentiert und die Ergebnisse in Bezug zur statischen Feedforward-Regelung analysiert.

Do. 14:50 Spectrum A Aktive akustische Systeme

Semi-aktive Anbindungsimpedanzen: Ein Ansatz zur Nachbildung realistischer Randbedingungen in Versuchsaufbauten

T. Jungblut[a], O. Alber[b] und S. Wolter[a]

[a] *Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt;* [b] *TU Darmstadt*

Bislang werden Systeme aus elektromechanischem Wandler und angekoppeltem elektrischen Shunt-Schaltkreis vorwiegend hinsichtlich einer Minderung von unerwünschten Strukturschwingungen (Shunt-Damping) untersucht. Ein weiteres Einsatzgebiet für solche Systeme könnte allerdings auch darin bestehen, in Versuchsaufbauten flexibel unterschiedliche mechanische Randbedingungen nachzubilden und somit die Aussagefähigkeit der Versuchsergebnisse zu steigern. Verglichen mit aktiven Lösungen zur Nachbildung von Randbedingungen zeichnen sich solche semi-aktiven Anbindungsimpedanzen durch geringe Kosten, kompakten Bauraum und überschaubare Komplexität aus. Zugleich ermöglicht die elektro-mechanische Realisierung der Randbedingungen es aber auch, dass durch Anpassung der elektrischen Parameter zeitlich veränderliche Anbindungsbedingungen während des Versuches realisiert werden können.

Im Rahmen dieses Vortrags werden Realisierbarkeit und Grenzen dieser Anwendung aufgezeigt. Eine Modellierung semi-aktiver Anbindungsimpedanzen mit Hilfe linearisierter Wandlermodelle liefert die Grundlage für die Analyse der Eignung unterschiedlicher elektromechanischer Wirkprinzipien hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit. Zusätzlich erfolgt eine analytische Grenzwertbetrachtung der Shunt-Parameter. Die für die Nachbildung mechanischer Anbindungsstrukturen aussichtsreichste Kombination von Shunt und elektromechanischem Wandler wird experimentell mit dem vorgegebenen Verhalten verglichen.

Insbesondere bei der Nachbildung schwach gedämpfter mechanischer Strukturen ergeben sich sehr hohe Anforderungen an die passiven elektrischen Bauteile. Eine vielversprechende Lösung stellt die Nutzung von Operationsverstärkerschaltungen (virtuelle Bauteile) dar. Die Nachbildung der Dynamik einer mechanischen Struktur durch eine semi-aktive Anbindungsimpedanz mit virtueller Induktivität wird im Experiment erfolgreich nachgewiesen.

Sitzung „Raumakustik 2“

Do. 8:30 Spectrum B Raumakustik 2

Raumakustik im Gesundheitsbau: Bedeutung und Auswirkungen für den Menschen - eine interdisziplinäre Betrachtung

T. Angelbeck
Ecophon Deutschland

”Evidence-based Design” (EBD) beschreibt die nachgewiesenen Auswirkungen der räumlichen Gestaltung auf das Wohlbefinden des Menschen und die Wirtschaftlichkeit von medizinischen Einrichtungen. Derzeit gibt es eine steigende Anzahl wissenschaftlicher Studien, welche die akustische Umgebung von Krankenhäusern und die Auswirkungen auf den Menschen in der besonderen Situation im Krankenhaus beleuchten. All diese Studien zielen darauf ab, ein besseres Verständnis für die Bedeutung der akustischen Gestaltung von Krankenhäusern zu erringen.

Die schädlichen Auswirkungen von Lärm auf das Wohlbefinden des Menschen sind mittlerweile hinreichend bewiesen. Hinzu kommt, dass ein deutlicher Anstieg der Lärmpegel in Krankenhäusern über die letzten Jahre zu verzeichnen ist.

Die Studie *”Acoustic Design For Health - A Study Of A Coronary Critical Care Unit”* beleuchtet die Auswirkungen der Raumakustik auf den Genesungsverlauf der Patienten und die Arbeitsbelastung des Personals. Die Ergebnisse wurden aus subjektiven Fragebögen und medizinisch messbaren Daten gewonnen.

Dieser Beitrag wirft einen interdisziplinären Blick auf das Zusammenspiel zwischen den normativen Vorgaben und Richtlinien (beispielsweise durch DIN, DGUV oder WHO) und den Auswirkungen auf die subjektive Wahrnehmung sowie auf die medizinischen Ergebnisse.

Do. 8:55 Spectrum B Raumakustik 2

Akustik in Restaurants

I. Eilers[a], R. Weber[a], C. Nocke[b] und M. Meis[c]
[a] *Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik;* [b] *Akustikbüro Oldenburg;* [c] *Hörzentrum Oldenburg GmbH*

Die akustischen Eigenschaften eines Raumes können einen großen Einfluss auf das Wohlbefinden haben. Ein Beispiel dafür ist die (Raum-) Akustik in Restaurants. In diesem Beitrag wird der Zusammenhang zwischen dem Wohlbefinden der Gäste und der akustischen Situation in Restaurants untersucht. Die Einschätzungen der Gäste wurden mit einem speziell entwickelten Fragebogen erfasst, die raumakustischen Messungen wurden in den unbesetzten Speiseräumen der jeweiligen Restaurants durchgeführt. Im Augenblick lässt sich der Rücklauf der 1000 gedruckten Fragebögen noch nicht absehen. In diesem Vortrag wird der aktuelle Stand der Untersuchung hinsichtlich der Bewertungen der Gäste und den raumakustischen Messungen berichtet.

Do. 9:20 Spectrum B Raumakustik 2

Raumakustik in Sporthallen - Einfluss der Diffusität und der Schallabsorption von Wandbekleidungen

F. Schnelle[a], J. Zander[b] und R. Kurz[b]
[a] *Kurz u. Fischer GmbH, Zweigbüro Halle;* [b] *Kurz und Fischer GmbH*

Sporthallen gehören in der Nutzung zu den Räumen mit sehr hohen Geräuschpegeln. In der Regel werden Sporthallen mit rechteckigem Grundriss und ebenen parallel gegenüber liegenden Wandflächen errichtet.

Zur Einhaltung der Anforderungen an Nachhallzeiten nach DIN 18041: 2004-05 ist daher in Sporthallen mit einer Nutzung für den Schul- und Vereinssport zur wirksamen Bedämpfung der Reflexionen in der Horizontal- und Vertikalebene der Einbau von schallabsorbierenden Maßnahmen an den Wänden und der Decke erforderlich.

Aus verschiedenen Bauvorhaben werden anhand von Messungen und Berechnungen die Einflüsse der Diffusität und der Ausführung von unterschiedlichen Wandbekleidungen auf die Nachhallzeiten in den Sporthallen dargestellt. Aus den Untersuchungen werden Konsequenzen für die raumakustische Planung von Sporthallen und die Anwendung von raumakustischen Berechnungsverfahren abgeleitet.

Bei diesen raumakustischen Verhältnissen mit üblicherweise geringer Diffusität der Räume können im Rahmen der Planung nur Berechnungen der Nachhallzeiten mit raumakustischen Simulationsprogrammen sinnvolle Ergebnisse liefern.

Do. 9:45 Spectrum B Raumakustik 2

Measurements of diffuse field absorption of audience at low frequencies

E. Shabalina[a], A. Shanin[b] und M. Vorländer[a]
[a] *Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen;* [b] *Moscow State University, Faculty of Physics*

Correct absorption coefficients of audience are important to predict reverberation time in occupied concert halls. There were a lot of measurements conducted, but the frequency range was usually restricted to above 100 Hz (usually due to the size of reverberation chambers and lack of interest in the lower frequency range). However, modern concert sound reinforcement systems extend reproduced frequency range down to 20 Hz, so correspondent absorption data are required. The paper presents the results of low frequency (20-100 Hz) absorption measurements. A group of maximum 20 people was measured in diffuse field in different configurations, absorption data are presented and discussed.

Do. 10:10 Spectrum B Raumakustik 2

Positionsbedingte Unsicherheiten raumakustischer Parameter für geringe Modendichten anhand eines analytischen Rechteckraummodels

M. Guski, P. Dietrich und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

In vorangegangenen Arbeiten wurden immer wieder großen Messunsicherheiten bei raumakustischen Parametern im tiefen Frequenzbereich beobachtet. Ein großer Unsicherheitsfaktor konnte aus empirisch erhobenen Daten der Positionsgenauigkeit der Sensoren und Quellen zugeordnet werden. Diese Fehler lagen bei den Auswertungen schon bei kleinen Positionsabweichungen teilweise oberhalb der Wahrnehmungsschwelle der entsprechenden Parameter. Dies steht z.B. im Gegensatz zu der gängigen Nachhalltheorie, die besagt, dass an allen Punkten im Raum die gleiche Nachhallzeit vorherrschen sollte. In weiteren Experimenten konnte die örtliche Verteilung der Parameter mit der Größenordnung der Wellenlänge der betrachteten Frequenzbänder in Verbindung gebracht werden. Um schließlich die Ursachen genauer und differenzierter zu untersuchen, wurde als Beispiel mit einem analytischen Modell ein idealer Rechteckraum simuliert. Aus den berechneten Impulsantworten für verschiedene Positionen kann der Effekt gezeigt werden. Dieser Beitrag erklärt die Herangehensweise an die Problematik über die Auswertung ausgewählter raumakustischen Parameter der Simulationen und vergleicht diese Ergebnisse mit anderen Publikationen.

Do. 14:00 Spectrum B Raumakustik 2

Der Kanteneffekt in der Praxis

M. Vercammen und M. Lautenbach
Peutz bv

Bei Messungen der Schallabsorption im Hallraum nach ISO 354 werden die Ergebnisse nicht nur durch die Aborptionseigenschaften der Materialien beeinflusst, sondern auch durch die Abmessungen der Prüflinge und die Beziehung zum Schallfeld im Randbereich. Bei einer Übertragung der Messergebnisse aus dem Hallraum in eine Praxissituation mit abweichenden Abmessungen sollten die abweichenden Abmessungen berücksichtigt werden. Im Rahmen der Anpassung der ISO 354 soll ein praxisrelevanter, informativer Anhang für die Norm aufgestellt werden, in welchem dieser Kanteneffekt beschrieben wird. Im vorliegenden Beitrag wird ein Überblick über die zugrundeliegende Theorie und vorhandene Messergebnisse gegeben und es werden Möglichkeiten zur Vereinfachung besprochen.

Do. 14:25 Spectrum B Raumakustik 2

Leichte und lichtdurchlässige schallabsorbierende Vorhänge

K. Eggenschwiler[a], R. Pieren[a], A. Douglas[b] und M. Lachmann[c]
[a] *Empa, Dübendorf (CH);* [b] *Annette Douglas Textiles AG;* [c] *applied acoustics GmbH*

Der textile Vorhang ist grundsätzlich ein ausgezeichneter Schallabsorber der sehr breit eingesetzt werden kann. Bisher konnten gute Werte der Schallabsorption aber nur mit lichtundurchlässigen Vorhängen mit einem grossen Flächengewicht erreicht werden. Ziel eines interdisziplinären Projekts der Textildesignerin Annette Douglas, der Empa und der Weberei Weisbrod-Zürrer war es, gewobene Vorhänge zu entwickeln, welche lichtdurchlässig, leicht, schwer entflammbar sowie schallabsorbierend sind und trotzdem sehr hohe Designansprüche erfüllen. In dem durch die Förderagentur für Innovation KTI unterstützten Projekt wurde dazu ein Rechenmodell zur Prognose des statistischen Schallabsorptionsgrads von Vorhängen entwickelt, welches sowohl die mikroskopische Struktur der Gewebe als auch den makroskopischen Aufbau abbildet. Zusammen mit akustischen Messdaten von gewobenen Proben konnte ein Anforderungsprofil für die akustische Optimierung der Gewebe gefunden werden. Schliesslich gelang es, die neuen Erkenntnisse webtechnisch zu übersetzen und die entsprechenden Prozesse so zu optimieren, dass die gewünschten Eigenschaften bei industriell hergestellten Textilien erreicht werden. Im Vortrag werden Entwicklung und erreichte Absorptionswerte vorgestellt. Der beste Vorhang erreichte einen bewerteten Schallabsorptionsgrad α_w von 0.6(H), was bei einem Flächengewicht 130 g/m^2 und verglichen mit den bisher erhältlichen Vorhängen beachtlich ist. Schliesslich werden auch Beispiele für den Einsatz der neuen Vorhänge gezeigt.

Do. 14:50 Spectrum B Raumakustik 2

The Reverberation Time as a Function of the Surface Scattering Coefficients

U.M. Stephenson
HafenCity Universität Hamburg

In contrast to common reverberation theory, the reverberation time RT in non-diffuse sound fields does also depend on the room shape, the distribution of the absorption and especially the scattering coefficients over the surface. With parallel plane walls, as in typical shoe-box-rooms, flutter echoes may occur with a RT much longer than according to Sabine - depending on the scattering coefficients s. The opposite is the case with focussing effects onto absorbing parts of the surface (often the audience) as in domes or semi-circular rooms. This depends on the scattering of the ceiling. However, the RT can up to now only be computed numerically or for totally diffusely reflecting walls. The aim is to

find practical approximating formulae for a RT correction factor compared with the Sabine value as a direct function of s. By considering absorption probabilities, a surprisingly simple formulae for the semi-circular room was found - also a semi-analytical result for the shoe-box room - and compared with sound particle simulations (simplified to 2D). Some further alternative cases are discussed.

Do. 15:40 Spectrum B Raumakustik 2

Entwicklung von kostengünstigen Prüfeinrichtungen zur Bestimmung der Akustikeigenschaften von Wand- und Deckenpaneelen während der Herstellungsphase

K. Moritz[a], L. Kurtze[a], U. Keil[b], J. Amrhein[c], J. Bös[a] und H. Hanselka[a,d]
[a] *TU Darmstadt, Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik SzM;* [b] *Schreinerei Keil GmbH;* [c] *Jürgen Amrhein CAD-CAM-Anwendungen;* [d] *Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt*

Im Rahmen eines Projektes zur Herstellung von feuerfesten Wand- und Deckenpaneelen durch eine Schreinerei wurden kostengünstige Lösungen zur Ermittlung der Akustikeigenschaften der Paneele erarbeitet, die bereits im Entwicklungsstadium eingesetzt werden können. Dabei mussten Randbedingungen beachtet werden, die für die anschließende Bewertung des Materials von Bedeutung sind (wie z.B. Frequenzbereich und Wandabstand).

Dazu wurde ein Kundtsches Rohr entworfen, das nach der Zwei-Mikrofon-Methode arbeitet, an den später bewerteten Frequenzbereich angepasst ist und aufgrund der robusten Bauform und der intuitiv zu bedienenden Auswertesoftware direkt in der Produktionsumgebung einer Schreinerei benutzt werden kann.

In einem weiterführenden Schritt wurde eine vereinfachte Hallkabine errichtet. Diese dient als Prüfraum für kleine Materialflächen von ca. 1 m^2. Die Einrichtung und Vermessung der Kabine erfolgte unter der Prämisse, dass im Frequenzbereich der späteren Beurteilung unverfälschte Messungen möglich sind und Raumgeometrien sowie Anregungs- und Messpositionen reproduzierbare Werte liefern. Die Absorptionsgradbestimmung über das Nachhallzeitverfahren verlangte einen Kompromiss zwischen geringer Probengröße und maximaler Raumgröße einerseits und ausreichender Nachhallzeit andererseits. Der Einsatz während der Entwicklungsphase von Materialien ermöglicht eine frühzeitige Steuerung des Produktionsprozesses und spart Materialaufwand und Kosten für wiederholte Prüfungen in einem normgerechten Hallraum.

Do. 16:05 Spectrum B Raumakustik 2

Combining Ray Tracing with Higher Order Diffraction Based on the Uncertainty Relation

A. Pohl und U.M. Stephenson
HafenCity Universität Hamburg

In both room and city acoustics, geometrical acoustic simulation methods are widely used. However, there is still a lack of correct diffraction simulation. There are several approaches for the introduction of diffraction into the image source method, which, however, lead to an explosion of computation time. A combination with ray tracing, on the other hand, promises higher efficiency. Stephenson‘s uncertainty based diffraction module is an approach, that has been validated in recent years quite well at the single screen and the slit as reference cases. While it seems quite clear how to extend this model to higher order diffraction, it has not yet been implemented and evaluated up to now.
In this contribution, first time an analytical formulation of the uncertainty based diffraction is presented also for second order diffraction. Detailed evaluations of this analytical formulations are presented with Svensson‘s wave theoretical approach as reference case. Also some results of ray tracing combined with diffraction for practical cases are shown. As every diffraction event causes a split up of sound particles and, thus, an explosion of computation time, a re-unification of sound particles with the Sound Particle Radiosity is aimed at.

Sitzung „Bauakustik 3“

Do. 8:30 Spectrum C Bauakustik 3

Zur Unsicherheit von Werten aus Bemessungkurven

V. Wittstock und W. Scholl
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Zur Zeit wird die deutsche Schallschutznorm DIN 4109 im Rahmen der europäischen Harmonisierung völlig neu überarbeitet. Hierzu gehört auch, dass künftig der Nachweis der Erfüllung der bauaufsichtlichen Anforderungen an den Schallschutz eine Unsicherheitsberechnung umfasst, aus der hervorgeht, wie sicher die jeweilige Anforderung erreicht wird. Im Rahmen mehrerer, vom DIBt geförderter Projekte wurden erstmals gesicherte Werte für die Unsicherheiten der entsprechenden bauakustischen Messverfahren, der einzelnen Produkte und der darauf basierenden Prüfzeugnisse und Schallschutznachweise bestimmt. Hierbei war allerdings zugrundegelegt, dass für die am Gebäude beteiligten Bauteile deren Schalldämmwerte durch individuelle Prüfzeugnisse nachgewiesen waren. In der Neufassung der DIN 4109 zeichnet sich aber ab, dass der sehr umfangreiche - in der alten Fassung bauaufsichtlich eingeführte - Bauteilkatalog zahlreiche Bemessungskurven enthalten wird, die in irgendeiner Weise aus individuellen Messergebnissen gebildet wurden. Obwohl in der Regel mehrere Messergebnisse an der

Bildung einer solchen Kurve beteiligt sind, kann nicht davon ausgegangen werden, dass diese Kurven im Sinne einer Mittelung kleinere Unsicherheiten als Einzelwerte aufweisen, da auch Werte abgelesen werden können, denen gar kein Messwert gegenüber steht. Im Vortrag wird diskutiert, wie man in solchen Fällen zu Unsicherheiten kommt und welche Werte für die Anwendung in der DIN 4109 vorgeschlagen werden.

Do. 8:55 Spectrum C Bauakustik 3

Verlustfaktormessungen mit unterschiedlichen Anregungsarten

M. Schmelzer[a] und J. Muncke[b]
[a] *Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig;* [b] *Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg*

Frühere Forschungen u.a. an der PTB haben gezeigt, dass für die Bestimmung der Luftschalldämmung massiver Wände die Messung des Verlustfaktors erforderlich ist, um die Einbaubedingungen im Prüfstand zu berücksichtigen. Häufig werden diese Messungen mit Hammer-Anregung durchgeführt.
Verschiedene Messungen zeigten dabei eine Abhängigkeit des Verlustfaktors von der Schlagstärke. Da eine solche Abhängigkeit bei Shaker-Anregungen nicht auftrat, stellte sich die Frage, ob dies an der Art der Anregung oder der erreichbaren Anregungsstärke und somit an vorhandenen Nichtlinearitäten liegt.
Um diese Frage zu entscheiden, wurden neuere Messungen durchgeführt mit einem Shaker, dessen Anregungskraft von derselben Größe war wie bei einem Hammerschlag. Außerdem wurden die Messungen an verschiedenen Wänden durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Messungen werden präsentiert.

Do. 9:20 Spectrum C Bauakustik 3

Installationsgeräuschmessungen nach alter und neuer Norm im Vergleich

H. Bietz und V. Wittstock
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Die Norm ”DIN 4109-Schallschutz im Hochbau” definiert Anforderungswerte für die Geräusche aus haustechnischen Anlagen. Grundlage für den messtechnischen Nachweis dieser Anforderungen war in der Vergangenheit die Messnorm DIN 52219. Mit der Einführung der international harmonisierten Messnorm DIN EN ISO 10052 wurde die DIN 52219 zurückgezogen, wodurch die deutsche Normung in Zugzwang kam, die Anwendung der neuen Messnorm zu regeln. Dies ist mit der Einführung des Teils 11 der DIN 4109 nunmehr geschehen. Weiterhin wurden ergänzende nationale Regelungen formuliert, welche die Messung der Nachhallzeit und die Störpegelkorrektur betreffen. Ein wesentlicher Unterschied zwischen altem und neuem Messverfahren besteht darin, dass DIN 52219 lediglich die Verwendung einer Mikrofonposition ”ungefähr in Raummitte” vorschreibt, wogegen DIN EN ISO 10052

ein zusätzliches Mikrofon in der Nähe einer Raumecke verlangt. Um die Auswirkungen der neuen Messnorm auf die Messergebnisse von haustechnischen Anlagen zu untersuchen, und um die Unsicherheit solcher Messungen abschätzen zu können, wurde in der PTB ein hausinterner Ringversuch durchgeführt. Hierbei wurden von insgesamt sieben Messteams die Geräusche verschiedener Sanitärinstallationen sowie eines Fahrstuhls nach beiden Normen vermessen. Weiterhin wurden Monte-Carlo-Simulationen durchgeführt, um die Unterschiede zwischen beiden Messverfahren erklären zu können. Im Vortrag werden die Untersuchungsergebnisse vorgestellt und mögliche Konsequenzen für die DIN 4109 aufgezeigt.

Sitzung „Entwurf elektromechanischer Systeme der Mikrotechnik und Mechatronik mit Netzwerk- und Finite-Elemente-Methoden“

Do. 9:45 Spectrum C Entwurf elektromechanischer Systeme

Die Netzwerktheorie als leistungsfähige Entwurfsmethode für elektromechanische Systeme der Mikrotechnik und Mechatronik

R. Werthschützky[a] und G. Pfeifer[b]

[a] *TU Darmstadt, Institut für Elektromechanische Konstruktionen;* [b] *TU Dresden, Inst. für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik*

Die Beschreibung elektrischer Systeme durch die Netzwerktheorie zählt zum Grundwissen von Ingenieuren der Elektrotechnik- und Informationstechnik. Die Anwendung der übersichtlichen und anschaulichen Analyseverfahren von elektrischen Netzwerken bilden die Vorteile dieser Methode. Auf Basis der im Beitrag gezeigten Isomorphie zu mechanischen und akustischen Teilsystemen kann die Netzwerkmethode vorteilhaft zur Beschreibung des dynamischen Verhaltens elektromechanischer Systeme genutzt werden.

Ausgehend von der Beschreibung mit konzentrierten Bauelementen erfolgt der Übergang zur Beschreibung von Systemen mit verteilten Parametern, vor allem im erhöhten Frequenzbereich. Die zu Grunde liegenden Randbedingungen werden erläutert und die daraus folgenden Konsequenzen aufgezeigt. Durch die Einführung von verlustfreien, linearen und zeitinvarianten Wandlern zwischen mechanischen und akustischen als auch mechanischen und elektrischen Teilsystemen können unterschiedliche physikalische Domänen in Form von elektrischen, mechanischen und akustischen Teilsystemen zu einem komplexen Gesamtnetzwerk verknüpft werden. Die Leistungsfähigkeit dieser anschaulichen Entwurfsmethode wird an aktuellen Beispielen aus der Mikrotechnik und Mechatronik aufgezeigt.

Abschließend wird ein Ausblick auf die Möglichkeit der Kombination der Netzwerkmethode mit der diskreten FEM-Methode gegeben. Durch Nutzung der spezifischen Vorteile beider Beschreibungsmethoden können die bisherigen Einschränkungen beim Entwurf weiter reduziert werden. Damit liegt zukünftig eine noch effizientere Methode zur Berechnung des dynamischen Verhaltens komplexer elektromechanischer Systeme vor.

Do. 10:10 Spectrum C Entwurf elektromechanischer Systeme

Kombination von Netzwerk- und Finite-Elemente-Methoden für die effiziente Modellierung und Optimierung akustischer und elektromechanischer Systeme

E. Starke und G. Pfeifer
TU Dresden, Inst. für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik

Für den zielführenden Entwurf akustischer und elektromechanischer Systeme sind Simulationsmethoden erforderlich, die eine effiziente Modellierung des dynamischen Verhaltens mit gleichzeitiger entwurfsbegleitender Optimierung gestatten. Eine in dieser Hinsicht vorteilhafte Methode ist die ”Kombinierte Simulation”, bei der Netzwerkmethoden und Finite-Elemente-Methoden durch den Anwender kombiniert werden. Im Unterschied zu anderen Ansätzen erfolgt die Kombination ohne eine Verbindung von Simulationsprogrammen auf Programmebene, weshalb auch kein spezielles Koppelprogramm nötig wird. Die Leistungsfähigkeit der Kombinierten Simulation bei der Vorausberechnung des dynamischen Verhaltens elektromechanischer Systeme ist typischerweise höher als bei alleiniger Anwendung von Finite-Elemente-Methoden oder Netzwerkmethoden. Insbesondere für Entwicklungsingenieure mit Erfahrungen auf dem Gebiet der Netzwerkmethoden stellt die Kombinierte Simulation ein effizientes, flexibles und gut beherrschbares Werkzeug dar. Darüber hinaus hat sie didaktische Vorteile, da sie als strukturierte Methode in Stufen gelehrt und gelernt werden kann. Im Vortrag wird die Kombinierte Simulation als Methode vorgestellt und in Anwendungsgebiete strukturiert. Zur Verdeutlichung des Vorgehens und der Leistungsfähigkeit werden kurze Beispiele für die einzelnen Anwendungsgebiete dargestellt.

Do. 14:00 Spectrum C Entwurf elektromechanischer Systeme

Bestimmung von Netzwerkparametern piezo-magnetischer Zweischicht-Biegeelemente mit Kombinierter Simulation

U. Marschner und E. Starke
TU Dresden, Inst. für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik

Zweischicht-Elemente mit einer piezomagnetisch aktiven und einer magnetisch inaktiven Schicht finden Anwendung als Biegeaktoren oder Biegesensoren. Ausgehend von der Biegetheorie von Zweischicht-Elementen kann ein umkehrbares finites Netzwerkmodell für den piezomagnetischen Wandler aufgestellt werden. Dieser Wandler beschreibt kleine Änderungen der magnetischen und rotatorischen mechanischen Koordinaten um den Arbeitspunkt. Er kann direkt mit Modellen elektromagnetischer Wandler, beispielsweise einer Flachspule oder einer Zylinderspule, und einem translatorisch-rotatorischen Wandler gekoppelt werden. Damit kann das dynamische Verhalten magnetischer Wandler

vorausberechnet werden. Für einfache Anordnungen und bekannte Materialparameter ist eine analytische Berechnung des magnetomechanischen Wandlerfaktors möglich. Der Einfluss inhomogener Magnetfeldverteilungen in der magnetischen Schicht und der Einfluss von anisotropem piezomagnetischen Materialverhalten auf den Wandlerfaktor können mit einem Finite-Elemente-Modell (FE) simuliert werden. Mit FE-Simulationen können auch die Struktur des elektromechanischen Netzwerkes und einzelne Netzwerkparameter bestimmt werden. Bei der direkten Bestimmung des Parameters eines einzelnen Netzwerkelementes folgen die Netzwerkkoordinaten des Elementes direkt aus den Ergebnissen der FE-Analysen oder sind durch einfache Rechnungen bestimmbar. Für energiespeichernde Elemente genügen alternativ auch eine Netzwerkkoordinate und die zugehörige Energie. Im Beitrag werden diese Anwendungen der Methodik der kombinierten Simulation zur Bestimmung von Netzwerkparametern piezomagnetischer Zweischicht-Biegeelemente vorgestellt.

Do. 14:25 Spectrum C Entwurf elektromechanischer Systeme

Netzwerkbeschreibung von piezoelektrischen Biegeelementen

R.G. Ballas und K. Mayer
Karl Mayer Textilmaschinenfabrik GmbH

Piezoelektrische Biegeaktoren finden sich in nahezu allen Bereichen der Elektrotechnik, des Maschinenbaus, der Akustik, der Automatisierungstechnik, des Automobilbaus, der Medizintechnik und in vielfältigen weiteren Einsatzgebieten der Industrie und des täglichen Lebens.
Mit der Realisierung piezoelektrischer Biegeaktoren in Multilayer-Technologie lässt sich die zum aktorischen Betrieb notwendige Ansteuerspannung signifikant reduzieren, so dass deren Einsatz insbesondere in miniaturisierten und mikrotechnischen Baugruppen ermöglicht wird (z.B. Proportionalventilantriebe, Hörimplantate etc.).
Der Inhalt dieses Beitrags ist die systematische Entwicklung einer schaltungstechnischen Darstellung für piezoelektrische Multilayer-Biegeaktoren im Rahmen der Netzwerktheorie. Um zu einer Beschreibung des dynamischen Verhaltens zu gelangen, werden die Masse eines differentiellen Balkenelements sowie die bei Bewegungen auftretenden Reibungskräfte im Sinne der äquivalenten viskosen Dämpfung berücksichtigt. Als Lösung für die Biegung eines homogenen Balkens ergibt sich eine inhomogene Differentialgleichung vierter Ordnung in komplexer Form.
Über das differentielle Biegeverhalten eines Vielschichtaktorsegmentes bei elektrischer Ansteuerung erfolgt die allgemeine Darstellung der elektromechanischen Kopplung elektrischer und mechanischer Größen mittels eines Vierpols. Die Verknüpfung des Vierpols mit dem Achtpol führt zur allgemeinen Darstellung des piezoelektrischen Vielschichtaktors als elektromechanisches System.

Die analytischen Berechnungen und die daraus resultierende Netzwerbeschreibung auf Basis der in dem Beitrag vorgestellten strukturdynamischen Ansätze werden realen Messungen an einem monomorphen Biegeaktor in Multilayertechnologie gegenübergestellt.

Do. 14:50 Spectrum C Entwurf elektromechanischer Systeme

Transparenz von Teleoperationssystemen - Anwendung der Netzwerktheorie auf mehrdimensionale, parallelkinematische haptische Bedienelemente

S. Kassner

TU Darmstadt, Institut für Elektromechanische Konstruktionen

Telemanipulationssysteme erlauben es einem Nutzer über eine Mensch-Maschine-Stelle als Master einen Roboter als Slave zu steuern. Ein Anwendungsfeld sind chirurgische Roboter für minimalinvasive Eingriffe. Eine Erweiterung ist die Integration einer Aktorik in den Master, um dem Nutzer eine fühlbare Kraftrückmeldung über seine Manipulations-Aufgabe zu geben. Hierzu erfasst ein Kraftsensor die Kontaktkraft zwischen Slave und manipuliertem Objekt, z.B. dem operierten Gewebe.

Entwurfsziel bei der Entwicklung haptischer Telemanipulationssysteme ist deren weitestgehend transparentes Verhalten. Dies bedeutet, dass der Nutzer am Master die mechanische Impedanz des manipulierten Objektes möglichst verlustfrei spürt. Das Übertragungsverhalten haptischer Systeme wird in der Literatur, typischerweise für Systeme mit einem Freiheitsgrad, durch gekoppelte Zwei-Tor-Modelle beschrieben. Für einen räumlichen Krafteindruck sind jedoch mindestens drei kartesische Freiheitsgrade erforderlich. Weiterhin kommen häufig parallelkinematische Mechanismen mit stark nichtlinearem Getriebeverhalten zur Kraftübertragung zum Einsatz.

Auf Basis der Netzwerktheorie mit gekoppelten, starren Stäben wird in diesem Beitrag erstmals die Dynamik parallelkinematischer Mechanismen als n-Pol beschrieben. Das Ergebnis der Modellierung ist die durchgängige Modellierung des Telemanipulationssystems mit Hilfe der Netzwerktheorie und die Quantifizierung der Übertragungsqualität schon im Entwurfsstadium.

Anwendungsbeispiel ist ein handgehaltenes Chirurgie-System mit einer parallelen DELTA-Kinematik im Bedienelement und einer vier-Freiheitsgrad Parallelkinematik im Slave.

Do. 15:40 Spectrum C Entwurf elektromechanischer Systeme

Entwurf der Wandlereinheit eines vollimplantierbaren Mittelohrhörgerätes mit Finite-Elemente-Methoden und Netzwerkmethoden

M. Krause[a], E. Starke[a], G. Pfeifer[a], W.-J. Fischer[a] und T. Zahnert[b]
[a] *TU Dresden, Inst. für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik;* [b] *Universitätsklinik Dresden, Klinik und Poliklinik für HNO*

Kommerzielle Mittelohrhörgeräte verfügen derzeit über mechanisch getrennte Sensoren und Aktoren. In einem neuartigen, vollimplantierbaren Mittelohrhörgerät werden die elektromechanische Sensor- und Aktoreinheit in einer gemeinsamen Wandlereinheit untergebracht. Gegenüber anderen Hörimplantaten besitzt das einteilige System den Vorteil, dass es vom Operateur einfacher implantiert werden kann. Nachteil des Systems ist jedoch, dass mechanische Schwingungen von der Aktoreinheit über das Gehäuse der Wandlereinheit leicht zur Sensoreinheit übertragen werden können. Um eine hohe Verstärkung bei gleichzeitig stabilem Schwingungsverhalten der Wandlereinheit zu gewährleisten, wird diese um eine Kompensationseinheit mit einem elektromechanischen Antrieb erweitert. Aufgabe der Kompensationseinheit ist es, ein Aufschwingen des Hörgerätes durch die aktive Reduzierung der vom Aktor verursachten Gehäusebewegung bzw. der ins Gehäuse eingeleiteten Kraft zu verhindern.

Im Beitrag wird die Entwurfsmethodik der Wandlereinheit vorgestellt. Zur Untersuchung des dynamischen Systemverhaltens werden die Wandlereinheit sowie die umgebenden Impedanzen des Mittel- und Innenohres in ein Netzwerkmodell überführt. Die Netzwerkparameter werden mit analytischen Berechnungen sowie mit Finite-Elemente-Modellen bestimmt. Die Kombination von Netzwerkmodellen und Finite-Elemente-Modellen ermöglicht einen effizienten simulationsgestützten Entwurfsprozess, bei dem systematisch und anhand ausgewählter Kriterien die optimalen Geometrie- und Materialparameter der Wandlereinheit bestimmt werden können.

Do. 16:05 Spectrum C Entwurf elektromechanischer Systeme

Messtechnische Charakterisierung eines netzwerkgestützten Gewebemodells

C. Neupert, S. Kirthivasan, S. Kassner und R. Werthschützky
TU Darmstadt, Institut für Elektromechanische Konstruktionen

Das Entwicklungsziel von haptischen Telemanipulationssystemen für minimalinvasive Eingriffe an Weichgewebe besteht in der Gewährleistung von transparentem Verhalten. Bei ideal transparentem Verhalten spürt der Nutzer am haptischen Bedienelement des Systems verlustfrei die mechanische Impedanz des manipulierten Objektes. Um Transparenz erreichen zu können ist folglich die Kenntnis der Impedanz des manipulierten Gewebes notwendig. Zur Messung dieser Impedanz wird ein Messstand entwickelt und aufgebaut.

Während der Messung wird eine sinusförmige Kraft im Bereich von bis zu 5 N bei variabler Frequenz von DC...20 Hz in das Messobjekt eingeleitet. Die hohe Nachgiebigkeit des organischen Gewebes erfordert eine definierte Wegamplitude des impedanzgeregelten Systems von bis zu 15mm. Als Kraftquelle wird ein DC-Motor mit nachgeschaltetem Seilgetriebe eingesetzt, um eine lineare Bewegung zur Krafteinleitung in das Messobjekt zu gewährleisten. Zur Verringerung der Messunsicherheit wird die Kraft direkt an der Krafteinleitungsstelle zum Messobjekt gemessen. Die Geschwindigkeitsantwort des Gewebes wird durch Differentiation der Messsignale eines Lasertriangulators bestimmt.
Die viskoelastischen Eigenschaften des Gewebes werden durch ein elektro-mechanisches Netzwerk modelliert. Die in der Messung ermittelten charakteristischen Amplituden- und Phasenverläufe der Gewebeimpedanz werden zur Parametrisierung der Netzwerkelemente genutzt. Ergebnis ist eine für den Entwurf des haptischen Systems nutzbare dynamische Beschreibung der mechanischen Gewebeeigenschaften.

Do. 16:30 Spectrum C Entwurf elektromechanischer Systeme

Charakterisierung eines Injektsystems auf Basis der Netzwerktheorie

L. Salun
TU Darmstadt, Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren

Im Beitrag wird das Übertragungsverhalten eines Inkjetsystem zum Drucken dünner Schichten in der Mikrotechnik mittels der Netzwerktheorie simuliert. Das Ziel besteht in der Bestimmung des dynamischen Verhaltens des Systems bei der Tropfenbildung. Abhängig von den eingesetzten Fluiden und weiteren Eingangsparametern soll der Druckvorgang optimiert werden.
Das hier beschriebene System beinhaltet sowohl elektrische als auch mechanische und akustische Bauelemente. Die elektrische Energie wird im System mittels eines piezoelektrischen Wandlers in mechanische Energie umgeformt und anschließend in akustische Energie gewandelt. Das akustische Netzwerk besteht aus mehreren Kanälen, die mit Fluid gefüllt sind. Durch die Druckausbreitung im akustischen Netzwerk wird das Fluid gezwungen, aus der Düse auszutreten und einen Tropfen zu bilden. Vom besonderen Interesse ist dabei die Beschreibung des akustischen Netzwerks, dessen Eigenschaften zur Stabilität der Tropfenbildung beitragen und von den Fluideigenschaften abhängen.
In dieser Arbeit werden elektrische, mechanische und akustische Systemelemente durch lineare Bauelemente mit konzentrierten Parametern modelliert, um das dynamische Systemverhalten zu beschrieben. Die einzelnen Netzwerke werden durch Koppelelemente miteinander verbunden und das Gesamtsystem wird analytisch charakterisiert. Weiterhin wird das System auf BIBO-Stabilität durch Beschreibung der Reaktion auf eine Sprungfunktion getestet und charakteristische Systemfrequenzen werden ermittelt.

Sitzung „Strömungsinduzierte Strukturschwingungen und deren Abstrahlung“

Do. 8:30 chromium 2.02 Strömungsinduz. Strukturschwingungen

Simulationsansätze zur Berechnung der Innenraumakustik eines generischen Fahrzeugmodells

C. Gabriel[a], S. Müller[b], J. Grabinger[a], F. Ullrich[c] und R. Lerch[a]
[a] *Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik;* [b] *Univ. Erlangen-Nürnberg, Prozessmaschinen und Anlagentechnik;* [c] *BMW AG*

Mit dem steigenden Komfortbewusstsein der Gesellschaft rückt auch die Reduzierung der Lärmbelastung immer mehr ins Blickfeld der Forschung. Insbesondere an die tolerierbaren Schallpegel in KFZ-Fahrgastzellen werden hohe Anforderungen gestellt. Aus diesem Grund ist es für den KFZ-Hersteller interessant, den Schalldruckpegel in der Fahrgastzelle schon in einem frühen Entwicklungsstadium abschätzen zu können. Maßgeblich für die Schallentstehung im Innenraum ist hierbei die Strukturschwingung der Seitenscheibe. Diese wird sowohl von einer turbulenten Grenzschicht als auch von anderen großskaligen Wirbeln, die auf die Überströmung des Seitenspiegels und der A-Säule zurückzuführen sind, mechanisch angeregt. Um die Zusammenhänge in diesem System besser zu verstehen, wurde im Rahmen des Forschungsverbundes "'FORLärm"' ein generisches Fahrzeugmodell aufgebaut, das auf dem SAE (Society of Automotive Engineers)-Körper basiert, jedoch speziell auf akustische Messungen ausgelegt ist. Hiermit ist es möglich, den Schalleintrag in die Fahrgastzelle auf den Eintrag durch die Seitenscheibe zu reduzieren. Ferner können Einflüsse auf die Überströmung gezielt durch modulare Hindernisse wie Seitenspiegel und A-Säule variiert werden. Messungen an diesem Fahrzeugmodell dienen im Folgenden als Referenz für neue Berechnungsmethoden für die Innenraumakustik. Auf Basis von Schwingungsmessungen der Seitenscheibe werden verschiede Simulationsmethoden wie FE (Finite-Elemente) und SEA (Statische Energieanalyse) zur Berechnung der Innenraumakustik verglichen.

Do. 8:55 chromium 2.02 Strömungsinduz. Strukturschwingungen

Einfluss des strömungsinduzierten Vibrationsschalls auf die Innenraumakustik an einem vereinfachten Fahrzeugmodell

S. Müller[a], C. Gabriel[b], F. Ullrich[c] und S. Becker[a]
[a] *Univ. Erlangen-Nürnberg, Prozessmaschinen und Anlagentechnik;* [b] *Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik;* [c] *BMW AG*

Ziel in der heutigen Fahrzeugentwicklung ist es, in frühen Produktstadien eine Aussage über die Innenraumakustik treffen zu können. Ein signifikanter Geräuschbeitrag rührt von den Strömungsvorgängen im Bereich der Seitentüren her. Zum einen stellt die turbulente Strömung ein akustisches Quellgebiet dar und zum anderen kommt es zu einer Anregung der Türen durch die Strömung im Nachlauf der Frontpartie, der A-Säule

sowie der Spiegel. Diese Strukturanregung hat die Abstrahlung von Strukturschall zur Folge. Im Rahmen des Forschungsverbunds "FOR-Lärm" wurde ein vereinfachtes Fahrzeugmodell aufgebaut, bei dem der Schalleintrag in den Innenraum durch eine entsprechende Dämmung auf den Bereich der Fahrertüre beschränkt ist. Die überströmte Außengeometrie ist identisch zum SAE-Modellkörper. Zu Beginn der Untersuchungen wurde die erreichte Dämmung des Fahrzeugmodells überprüft und die Nachhallzeit im Innenraum an reale Fahrzeuge angepasst. Im weiteren Verlauf wurden und werden phasenaufgelöste Schwingungsmessungen an verschiedenen Türsegmenten zur Quantifizierung des Energieeintrags durchgeführt. Dabei wurde die Strömung durch Hindernisse im Bereich der A-Säule sowie durch verschiedene Spiegelvarianten gezielt beeinflusst. Ergänzend wurde die instationäre Druckverteilung auf der Türoberfläche erfasst. Als Referenz dienen zeitgleiche Mikrofonmessungen außerhalb und innerhalb des Fahrzeugmodells. Neben der Möglichkeit zur Weiterentwicklung experimenteller Methoden bzw. Analysetechniken entsteht so eine Vergleichsbasis für numerische Simulationen der Fahrzeugumströmung und der Schallausbreitung im Innenraum.

Do. 9:20 chromium 2.02 Strömungsinduz. Strukturschwingungen

Berechnung strömungsinduzierter tieffrequenter Strukturanregung für die Anwendung in der Automobilindustrie

A. Businger[a], S. Schimmelpfennig[a], G. Wickern[b] und R. Lerch[a]

[a] *Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik;* [b] *Audi AG*

Der Stellenwert der Aeroakustik in der Automobilindustrie hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Im Fokus standen zunächst ortbare und tonale Geräusche, also die hochfrequenten Schallquellen. Tiefe Frequenzen unterhalb 500 Hz wurden lange Zeit noch von Fahrzeuggeräuschen wie Antrieb oder Rollgeräuschen dominiert. Bei aktuellen Serienfahrzeugen überwiegen allerdings die Anteile des Windgeräusches im Innengeräuschpegel bereits ab einer Geschwindigkeit von ca. 120 km/h. Niederfrequente Windgeräusche können hier ebenfalls als störend wahrgenommen werden. Die durch Überströmung des Fahrzeuges verursachten niederfrequenten Windgeräusche entstehen in erster Linie durch Turbulenzballen und Strömungsablösung mit hoher Energie im Unterbodenbereich und an der Karosserie. Diese Turbulenzballen können z. B. das gesamte Blechfeld der Unterbodengruppe zum Schwingen anregen. Fallen die Eigenmoden der Karosseriebleche auf die des Innenraums, können sehr unangenehme Wummer-Effekte die Folge sein. In diesem Beitrag wird eine Methode vorgestellt, mit der die Strukturanregung und die Schallabstrahlung an kritischen Karosseriebauteilen berechnet werden kann. Dabei soll zunächst auf die Besonderheiten der Windanregung bei geringen Machzahlen und tiefen Frequenzen eingegangen werden. Danach wird gezeigt, wie diese Anregung modelliert werden kann und der berechnete Wechseldruck als Last

auf Finite-Elemente-Modelle aufgebracht wird. Für die Bewertung der Schallabstrahlung kommt ebenfalls die Finite-Elemente-Methode zum Einsatz.

Do. 9:45 chromium 2.02 Strömungsinduz. Strukturschwingungen

Eine Multipolmoment erhaltende Kondensation bei strömungsinduzierten akustischen Quadrupolquellen

S. Marburg[a], P. Croaker[b], N. Kessissoglou[b] und R. Kinns[b]

[a] *Universität der Bundeswehr München, Inst. für Mechanik;* [b] *School of Mechanical and Manufacturing Engineering*

Dieser Beitrag präsentiert ein netzfreies Multipolmoment erhaltendes Kondensationsverfahren (MmMPC), bei dem viele räumliche Quadrupolquellen ähnlich dem Multipolverfahren zu einzelnen Multipolen zusammengefaßt werden. Die erwähnten Quadrupolquellen wurden zuvor aus einer CFD-Berechnung entsprechend der Lighthill-Analogie extrahiert. Es ist das Ziel dieses Verfahrens, sowohl die Zahl der akustischen Quellen und den Umfang der zu speichernden Daten während der CFD-Berechnung deutlich zu reduzieren, während die Genauigkeit der akustischen Berechnung nahezu unbeeinflußt bleibt. Das Verfahren nutzt eine Approximation (particle approximation) der Verteilung der Quadrupolquellen und erreicht durch einen Taylor-Reihenansatz für die Greensche Funktion im Freifeld, daß die entsprechenden Quellen räumlich zusammengefaßt werden und dabei die Multipolmomenten bis zu einer Ordnung m erhalten werden. Im vorgestellten Beispiel eines umströmten Zylinders werden Richtcharakteristiken für die Wirbelablösefrequenz sowie die ersten drei Harmonischen der Wirbelablösefrequenz gezeigt. Die Strömung um den Zylinder hat im Beispiel eine Reynoldszahl von 100 sowie eine Machzahl von 0.02, kann jedoch für beliebige Unterschallströmungen verwendet werden. Mit dem MmMPC-Verfahren wurde die Zahl der Quellen um den Faktor 120 reduziert, während sich die Genauigkeit des Fernfeldschalldrucks um maximal 0.5 dB (bei allen vier Frequenzen) änderte.

Do. 10:10 chromium 2.02 Strömungsinduz. Strukturschwingungen

Predicting Interior Noise due to Fluctuating Surface Pressures from Exterior Flows

D. Blanchet[a] und P. Shorter[b]

[a] *ESI, Munich;* [b] *ESI, San Diego (USA)*

In many applications the exterior flow over a structure is an important source for interior noise. In order to characterize such sources it is important to know both: (i) the spatial and spectral statistics of the exterior fluctuating surface pressures (across a broad frequency range) and (ii) the way in which these fluctuating surface pressures are transmitted through a structure and radiated as interior noise. One approach for former is to use Computational Fluid Dynamics (CFD). While CFD is used

routinely for external aerodynamics, its application to the characterization of exterior fluctuating surface pressures for broadband interior noise problems is relatively new. Accurate prediction of both the convective and acoustic wavenumber content of the flow across a broad frequency range can therefore present some challenges. In order to predict the interior noise generated by a particular fluctuating surface pressure it is necessary to model both the vibration response of the structure and also the interior acoustic space across a broad frequency range. This paper presents numerical examples of the spatial and spectral statistics for a typical flow and demonstrates how these fluctuating surface pressures can be incorporated into Finite Element and Statistical Energy Analysis (SEA) models to predict interior noise.

Do. 14:00 chromium 2.02 Strömungsinduz. Strukturschwingungen

Implementation of the Hybrid FE/SEA method for aircraft structure
M. Mezni
EADS Innovation Works
In the context of aircraft interior noise prediction in the mid-frequency range, the hybrid FE/SEA method is implemented as a Matlab tool. At this stage, the tool accepts only the fuselage as an FE substructure and the different acoustic cavities as SEA subsystems. The modal acoustic impedance matrix is fully and precisely computed using the wavelet method proposed by R. Langley and in addition a computational improvement is introduced to deal with large scale panels in order to reduce the CPU calculation time. The tool is validated on test case structure where several types of excitations are applied and compared to results from the commercial software VAONE.

Do. 14:25 chromium 2.02 Strömungsinduz. Strukturschwingungen

Modellierung von strömungsinduzierter Schalleinleitung in poroelastische Materialien
S.C. Beck und S. Langer
TU Braunschweig, Institut für Angewandte Mechanik
Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 880 “Grundlagen des Hochauftriebs künftiger Verkehrsflugzeuge” wird unter anderem der Einsatz poröser Materialien auf überströmten Bauteilen zur Beeinflussung der Aeroakustik untersucht. Die Eigenschaften eines poroelastischen Materials haben jedoch auch Auswirkungen auf das strukturelle Schwingungsverhalten. Hier interessiert insbesondere der Körperschalleintrag in ein Bauteil und dessen Weiterleitung, beispielsweise bis in den Flugzeugrumpf.
Es wird ein Ansatz vorgestellt, der das System “Strömung – poroelastisches Material – Struktur – akustisches Fluid” abbildet. Die einzelnen Teilsysteme werden mit Hilfe von üblichen Verfahren (CFD, FEM, BEM)

simuliert, wobei die Interaktionen untereinander durch Kopplungsbedingungen realisiert werden. Um Strömung mit einem poroelastischen Material zu koppeln, sind hier spezielle Interfacebedingungen implementiert, die die Kontinuität der Spannungen, die Kontinuität der Geschwindigkeit und die Beavers-Joseph-Saffman-Bedingung sicherstellen. Die Rückwirkungen der Wellenausbreitung im porösen Material auf die Strömung werden nicht berücksichtigt.

Sitzung „Technische Akustik“

Do. 15:15 chromium 2.02 Technische Akustik

Schallmessungen im akustischen Nahfeld von Transformatoren - eine numerische Analyse

M. Ertl[a] und H. Landes[b]
[a] *Siemens Energy Sector;* [b] *SIMetris GmbH*

Die internationale Norm zur Bestimmung des Schallleistungspegels von Transformatoren erlaubt die Schalldruck- als auch die Schallintensitätmessmethode. Da die Schallmessungen in unmittelbarer Nähe der Transformatoren erfolgen, dominieren akustische Nahfeldeffekte die Schallfeldcharakteristik an den Messpositionen. So weisen beide Methoden Unterschiede von bis zu 8 dB im ermittelten Leistungspegel auf. Auf der Grundlage von 3D-FEM-Analysen unter Berücksichtigung der Fluid-Struktur-Kopplung wird der Einfluss der industriellen Messumgebung (schallharter Boden, teilreflektierende Wände, stehende Wellen, Hintergrundgeräusche) hinsichtlich ihres Einflusses auf das Schalldruck- und Intensitätsfeld analysiert. Die gemessenen Pegelunterschiede können in der numerischen Analyse reproduziert und erklärt werden.

Do. 15:40 chromium 2.02 Technische Akustik

Untersuchungen zur Lärmentstehung und -abstrahlung von Lüftungsanlagen

P. Horn[a], C. Scheit[b], J. Grabinger[a], S. Becker[b] und R. Lerch[a]
[a] *Univ. Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Sensorik;* [b] *Univ. Erlangen-Nürnberg, Prozessmaschinen und Anlagentechnik*

Lüftungsanlagen finden heute nicht nur in technischen Anlagen sondern auch im Wohnbereich und damit in Bereichen von Ruhezonen Anwendung. Dadurch rücken neben den Leistungsdaten für die Belüftung zunehmend die Geräuschemissionen in den Vordergrund. Diese können nicht nur lästig sondern unter Umständen sogar gesundheitsschädlich sein. Das diesem Beitrag zu Grunde liegende Projekt beschäftigt sich daher mit der Reduzierung der Lärmemissionen von Lüftungsanlagen als Teil des Forschungsverbundes ”Lärmminderung von technischen Anlagen - FORLärm”. In diesem Beitrag werden Methoden vorgestellt, die eine getrennte Betrachtung der einzelnen Geräuschentstehungseffekte in Lüftungsanlagen ermöglichen. Diese Methoden sind notwendig, um

die spektralen Beiträge der Geräuschentstehungsmechanismen und deren Wirkungsweise besser verstehen und untersuchen zu können. Neben dem vom Lüfter in das System eingebrachten Körperschall treten in Lüftungsanlagen auch Geräusche aeroakustischer Natur auf. Diese stammen zum einen vom Lüfter selbst, zum anderen aber auch von Strömungshindernissen, wie z.B. Engstellen. Der Schwerpunkt dieses Beitrags liegt auf der Isolation und getrennten Betrachtung des Körperschalls, der von einem Querstromlüfter in eine vereinfachte Modellanlage eingebracht wird. Es werden messtechnische Methoden, Finite-Elemente-Simulationen aber auch ein hybrides Verfahren aus Messung und Simulation vorgestellt. Hierbei wird die Schallabstrahlung einer Kanalwand und die Schallausbreitung im Kanal auf Basis der gemessenen Oberflächennormalengeschwindigkeiten simuliert. Die Simulationsergebnisse werden Messergebnissen gegenübergestellt.

Do. 16:05 chromium 2.02 Technische Akustik

Einfluss von Verschmutzung auf die Absorptionswirkung von porösen Materialien

J. Klesa und S. Langer
TU Braunschweig, Institut für Angewandte Mechanik

Poröse Oberflächen haben positive akustische Eigenschaften und werden in verschiedenen technischen Anwendungen verwendet. Im Zuge des Gebrauchs bzw. des technischen Einsatzes und im Laufe ihrer Lebensdauer werden diese Materialien häufig verschmutzt, was sich auch nachteilig auf die akustischen Eigenschaften auswirken kann. Im Speziellen ist dies im Rahmen des DFG-Sonderforschungsbereichs 880 - Hochauftrieb künftiger Verkehrsflugzeuge- von Interesse, in dem u.a. die Integration des Propellerantriebs in die Oberseite des Tragflügels studiert wird, um eine Außengeräuschreduzierung am Boden zu bewirken. Hiermit sind potentiell Innengeräuschprobleme und eine Verstärkung des Schalls in andere Richtungen verbunden. Als Minderungsmaßnahme werden poröse Oberflächen eingesetzt, die den Strömungslärm positiv beeinflussen und die Anregung des Körperschalls verändern. Im Betrieb ist die Tragflügeloberfläche oft verschmutzt und deshalb ist der Einfluss der Verschmutzung auf die Eigenschaften der porösen Materialien im Rahmen des Projektes von besonderer Bedeutung. Der Absorptionsgrad kann mittels analytischer und numerischer Methoden aus den Materialparametern ermittelt werden. Die Verschmutzung der Poren wird hier zunächst durch Änderung der Materialparameter simuliert. Die Studien zu den Auswirkungen erfolgen sowohl auf Basis analytischer Berechnungen als auch numerisch mit Hilfe des institutseigenen FEM-Code ElPaSo. Im weiteren Projektverlauf werden begleitend Messungen an gezielt verunreinigten Materialproben durchgeführt werden.

Do. 16:30 chromium 2.02 Technische Akustik

Analysis of the acoustic damping of an annular tail pipe

R. Boonen, P. Sas und E. Vandenbulck
KU Leuven, Dept. Mechanical Engineering

A damping device combining low flow resistance with high acoustic damping has been developed. Such device can be applied in for example ventilation systems, turbo-engines, intake and exhaust systems of IC-engines. The device consists of a central tube surrounded by a narrow slit. The central tube behaves as an acoustic mass which impedance increases by frequency. This results in an increasing acoustic flow through the slit in terms of frequency. There, its kinetic energy will be dissipated. The properties of the device are investigated using impedance measurements using the two microphone method on a duct setup in terms of sound amplitude and an analytical model based on an electrical equivalent circuit. The damping mechanism, consisting of viscous damping and dissipation of flow kinetic energy behind the slit, has been analyzed analytically including the flow distribution in the slit. This model is capable to predict the acoustic properties of the device quite well. Acoustic absorption values of 50% are reached in this stage of the research.

Sitzung „Audiologische Akustik 2“

Do. 8:30 vanadium 2.03 Audiologische Akustik 2

Minimum Audible Angles with Dynamic Binaural Synthesis and Bilateral Noise Vocoder: Effects of Channel Distribution

F. Völk, M.A. Fintoc und H. Fastl
AG Technische Akustik, MMK, TU München

The ability of normal hearing subjects to differentiate directional information extracted from vocoded stimuli may be used as indication for discriminative directional information potentially present in cochlear implant listening. In this contribution, the angle formed with respect to the listener’s head by two sound sources, perceptually just differentiable in position when sounded in succession, the Minimum Audible Angle (MAA) is measured for normal hearing subjects with dynamic binaural synthesis playback. The synthesized signals are passed through symmetric but interaurally uncorrelated vocoder systems before being presented to the listeners. The results indicate considerable effects of the channel distribution on the MAA.

Do. 8:55 vanadium 2.03 Audiologische Akustik 2

Subjektive Evaluation verschiedener Methoden zur Entzerrung von Hörgeräten

T. Sankowsky-Rothe[a], M. Blau[a], H. Mojallal[b], C. Thiele[b] und M. Teschner[b]

[a] *Institut für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule Oldenburg;* [b] *Hörzentrum Hannover der HNO-Klinik, Med. Hochschule Hannover*

Aufgrund der individuell verschiedenen Anatomie des Außenohres ist eine individuelle Entzerrung von Hörgeräten erstrebenswert, denn es steht außer Frage, dass ein und dasselbe Hörgerät an verschiedenen Ohren einen unterschiedlichen Schalldruck am Trommelfell erzeugt. Eine Methode zur Entzerrung von Hörgeräten wird durch eine Messung des vom Hörgerät erzeugten Schalldrucks vor dem Trommelfell realisiert. Da eine korrekte Messung des Schalldrucks am Trommelfell jedoch nicht ganz einfach durchzuführen ist, wurden Methoden zur Vorhersage des Schalldruckes am Trommelfell aus einfacher durchzuführenden Messungen entwickelt.

Nachdem bereits eine objektive Evaluation der Reflektanzphasen-Methode und der Schalldruckminima-Methode zur Entzerrung von geschlossenen Hörgeräteversorgungen durchgeführt wurde, wird hier eine Untersuchung zur Wahrnehmbarkeit von Unterschieden durch verschiedene Methoden zur Entzerrung von Hörgeräten vorgestellt. Hierfür wurden von erfahrenen Hörgeräteträgern Darbietungen über entzerrte Hörgeräte jeweils mit einer Freifelddarbietung verglichen und nach verschiedenen Kriterien beurteilt.

Die Ergebnisse aus dieser Untersuchung werden präsentiert und diskutiert.

Do. 9:20 vanadium 2.03 Audiologische Akustik 2

Der Effekt einer Dehiszenz des oberen Bogengangs auf das Hören - Untersuchungen am Felsenbein

D. Pazen, J.-C. Lüers, D. Beutner, H. Meister und K.-B. Hüttenbrink

Uniklinik Köln

Der obere Bogengang ist ein Teil des Innenohres und von einer teilweise sehr dünnen knöchernen Wand umgeben. Darin kann sich eine kleine Öffnung, eine sogenannte Dehiszenz, bilden. Bei Patienten mit einer solchen Dehiszenz wird oftmals ein Hörverlust gemessen, der üblicherweise mit der Theorie des ”dritten Fensters” erklärt wird. Danach entweicht ein Teil der Energie im Innenohr durch die Dehiszenz und wird nicht in die Cochlea eingeleitet. Ob damit allein das Ausmaß der entstehenden Hörverluste erklärbar ist, ist Gegenstand der aktuellen Diskussion. In dieser Arbeit werden die Auswirkungen einer Dehiszenz auf das Hörvermögen mit einem einfachen Modell identifiziert und deren Größenordnung mit Messungen am humanen Felsenbeinpräparat bestimmt. Dabei liegt ein besonderes Augenmerk auf der Nachbildung physiologisch sinnvoller Randbedingungen. Mit der aufliegenden Dura und dem Liquor

ist eine Masse durch die Dehiszenz an das Innenohr angekoppelt und die Randbedingungen am ovalen und runden Fenster ändern sich durch eine veränderte Vorspannung. Die Auswirkungen dieser Effekte werden mittels einer Ankopplung von Luft- und Wassersäulen an die Dehiszenz untersucht. Dabei zeigt sich zwar eine starke Abhängigkeit von den realisierten Randbedingungen und Präparaten, jedoch immer ein signifikanter Verlust hinter der Cochlea bei tiefen Frequenzen.

Sitzung „Medizinische Akustik“

Do. 9:45 vanadium 2.03 Medizinische Akustik

OAS - Aktive Vergrößerung der Kollektorfläche?

H. Albrecht und O. Bschorr
Aeroakustik, Stuttgart

Mit der Hörschwelle nahe dem Brownschen Molekulardruck hat das menschliche Ohr die maximal mögliche Empfindlichkeit und verarbeitet bei einer 120-dB-Skala auch 6 Zehnerpotenzen höhere Drücke, bzw. 12 Zehnerpotenzen höhere Schallintensitäten. Für diese Dynamik benützt das Ohr vergleichbar der elektronischen Datenverarbeitung auch aktive Mittel wie Verstärker, Sensoren und Aktuatoren und nichtlineare Algorithmen. Aus der Antischalltechnik - englisch: active noise and vibration control (ANVC) - ist bekannt, dass sich mit diesen Mitteln die Wirkung von Akustikelementen potenzieren lässt. So kann durch ANVC-Steuerkräfte auf die Membran eines Mikrofons dessen Kollektorfläche - ”Antennenquerschnitt” - bis zum physikalischen Limit vergrößert werden. Grundsätzlich sind auch die evozierten, otoakustischen Bewegungen des Trommelfells in der Lage, die Kollektorfläche und damit das Hörvermögen zu beeinflussen. Da es sich beim OAE-Effekt offenbar um ein normales, nicht-pathologisches Phänomen handelt, das nicht nur bei Säuge- und Wirbeltieren, sondern auch bei Insekten auftritt, besteht die Vermutung, dass der OAE-Effekt analog zum aktiven Mikrofon dazu dient, die Kollektorfläche des Ohrs primär zu vergrößern und sekundär der momentanen Schallintensität anzupassen. Diese Vermutung soll hier anhand von Modellrechnungen auf Plausibilität geprüft werden.

Do. 10:10 vanadium 2.03 Medizinische Akustik

Audiologische Messungen mittels Wellenfeldsynthese

T. Weißgerber[a], U. Baumann[b] und K. Neumann[c]
[a] *HNO, Goethe-Universität Frankfurt am Main;* [b] *Audiologische Akustik, Goethe-Universität Frankfurt am Main;* [c] *Phoniatrie/Pädaudiologie, Goethe-Universität Frankfurt am Main*

Im klinischen Setup für audiologische Messungen werden üblicherweise nur wenige Lautsprecher zur Messung von Sprachverstehen oder zu Lokalisationsexperimenten eingesetzt. Dieses Setup ist jedoch nicht ausreichend, um Messungen unter für den Patienten realistischen Bedingungen durchzuführen. Zusätzlich können Hörereignisse zwischen den

Lautsprechern mittels Summenlokalisation erzeugt werden, hier ist jedoch die Untersuchung von Patienten mit Cochlea Implantaten (CI) oder Hörgeräten problematisch. Durch den Einsatz von Wellenfeldsynthese (WFS) können Hörereignisse unabhängig von der Position der Wiedergabelautsprecher erzeugt werden. In Kombination mit einer Zeigermethode mittels LEDs ist es möglich, Lokalisationsfähigkeit und Sprachverstehen von hörgeschädigten Patienten zur Diagnostik und Therapie in realistischen Umgebungen (z.B. Straßenverkehr, Klassenraum, etc.) zu testen. Das hier vorstellte Wellenfeldsynthese-System besteht aus einem rechteckigen Lautsprecherarray mit 128 Lautsprechern. Die WFS-Quellen werden mit dem SoundScape Renderer (Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin) berechnet. In diesem Setup wird die Sprachverständlichkeitsschwelle (SVS) im Störgeräusch von CI-Patienten mit dem Oldenburger Kindersatztest unter verschiedenen Bedingungen bestimmt. Die SVS wird bei Nutzschall- und Störschallwiedergabe aus 0° sowie in einem Mehrquellen-Störschallfeld ermittelt. Weiterhin wird der kleinste akustisch zu unterscheidende Einfallswinkel (Minimal Audible Angle) der Probanden bestimmt. In diesem Beitrag werden die Möglichkeiten und Grenzen von Wellenfeldsynthese für audiologische Messungen diskutiert und die Hörleistungen von CI-Trägern in den verschiedenen Störgeräuschsituationen vorgestellt.

Do. 14:00 vanadium 2.03 Medizinische Akustik

Akustische Charakterisierung von organischem Gewebe

R. Schmelter[a], A. Lohrengel[a], D. Klüß[b] und C. Ruther[b]
[a] *Technische Universität Clausthal, Institut für Maschinenwesen;* [b] *Universität Rostock, FORBIOMIT*

Bei vielen medizintechnischen Fragestellungen, z.B. der Diagnose von Implantatlockerungen, können akustische Mess- und Analyseverfahren unterstützen und somit die Aussagefähigkeit der Diagnose erhöhen. Dafür ist es jedoch notwendig, die akustischen Eigenschaften der verschiedenen Materialien und Gewebe genau zu kennen. Für den Bereich der Ultraschalluntersuchungen liegen dafür schon umfangreiche, gesicherte Daten vor. Jedoch für den Frequenzbereich von 10 Hz bis 20 kHz gibt es kaum Aussagen zu den akustischen Eigenschaften der Gewebe. In diesem Artikel werden erstmals akustische Eigenschaften organischen Gewebes im genannten Frequenzbereich dargestellt, um weiterführend auch diesen Bereich des Schalls zur Diagnose und Vorhersage nutzen zu können.

Do. 14:25 vanadium 2.03 Medizinische Akustik

An ultrasonic instrument for vital cutting of bone in spinal surgery

A. Jamshidi Rad und F. Ueberle
HAW Hamburg

The spinal stenosis is a narrowing of the spinal column that occurs in any of the regions of the spine but most often in the lower back - known

as lumbar spinal stenosis. The narrowing leads to pressure on the spinal cord or spinal nerves. Spinal stenosis causes pain, loss of sensibility and painful cramping. Laminectomy is the standard treatment of the lumbar spinal stenosis, where lamina is partly removed to make way for spinal nerves. Removing bone is the most critical part of the intervention. There is a high risk of nerve-tissue-injury while working with high-power-cutting instruments such as drills, oscillating saws and forceps. The aim of this presentation is to introduce an ultrasonic bone-cutting-instrument which takes advantages of the tissue selectivity of ultrasound while providing high cutting-power, without heat generation. First clinical trials are presented.

Do. 14:50 vanadium 2.03 Medizinische Akustik

Dynamische Visualisierung der Lungenbelüftung mittels Atemgeräuschanalyse

B. Balzer
Technische Hochschule Mittelhessen

In der vorliegenden Studie wurde ein neuartiges, bildgebendes Verfahren basierend auf der Analyse von Atemgeräuschen getestet und überprüft. Atemgeräusche entstehen durch turbulente Strömungen, welche im Bronchialsystem hervorgerufen werden. Sie liegen in einem Frequenzbereich zwischen 75 Hz und 2000 Hz. Die detektierte Lautstärke und auch die detektierte Frequenzverteilung geben einen direkten Hinweis über die lokale Belüftung der Lunge am Messort. Durch Verwendung von mehreren Sensoren über einen längeren Zeitraum, im Sinne eines Monitorings der gesamten Lunge, kann frühzeitig eine Minderbelüftung von bestimmten Lungenarealen erkannt werden.
Zur Durchführung der Pilotstudie wurde das neuentwickelte ThoraView-System (ThoraTech GmbH, Deutschland) verwendet. Es besteht aus einem dorsal angebrachten Sensorsystem, welches auf dem Rücken des Probanden platziert wird. Synchron wurde der Atemfluss des Probanden über einen Pneumotachographen ermittelt. Die gewonnenen Daten wurden mit den Ergebnissen der Ventilationszsintigraphie verglichen.
In der Pilotstudie wurden bisher 20 Probanden und 10 Patienten mit einseitiger Minderbelüftung gemessen. Die Auswertung der Daten konnte eine gute Übereinstimmung mit den vorhandenen Diagnosen belegen.
Die vorliegende Methode ist sowohl nicht-invasiv als auch strahlungsfrei. Sie liefert eine qualitative Aussage über die Belüftung der unterschiedlichen Lungenareale im Sinne eines kontinuierlichen Monitorings und ist damit sehr gut für die Überwachung von Hochrisikopatienten, wie etwa auf der Intensivstation, geeignet.

Do. 15:15 vanadium 2.03 Medizinische Akustik

Survey on the Potential of Additional Modalities for Hearing Instruments

B. Tessendorf[a], P. Derleth[b], M. Feilner[b], D. Roggen[a], T. Stiefmeier[a] und G. Tröster[a]

[a] *ETH Zürich;* [b] *Phonak AG*

Hearing instruments (HIs) analyze the acoustic environment in order to automatically adapt to the user's current hearing need. Recently, it has been shown that the automatic adaption can be improved by enhancing HIs with additional modalities such as the user's body movement or location. To this end we address in this paper the following research questions: (1) In which situations would HI users benefit from improvements by enhanced context awareness using additional modalities? (2) Which additional modalities would HI users accept and are, thus, available to enhance HIs? We conducted a survey among 80 HI users in the area of Basel and Zurich, Switzerland. We identified activities and locations in which users demand more support from their hearing instruments, e.g. many HI users would appreciate more support in traffic situations. Concerning implementation aspects of enhanced HIs, we found that mobile phones are a promising novel complementing information source for hearing instruments. Moreover, HI users consider battery lifetime as a critical factor.

Sitzung „Ultraschall"

Do. 8:30 titanium 2.04 Ultraschall

Charakterisierung und Anwendung von Luftultraschallwandlern

T. Waschkies[a], R. Licht[a], D. Bruche[a], W. Gebhardt[b], T. Hahn-Jose[b] und P. Becker[b]

[a] *Fraunhofer IZFP;* [b] *Inoson GmbH*

Die Luftultraschallprüfung, ein Verfahren zur berührungslosen zerstörungsfreien Werkstoffcharakterisierung, wird seit einigen Jahrzehnten erforscht. Die Vorteile des Verfahrens liegen vor allem in der berührungslosen Messung und der hohen lateralen Auflösung, die wegen der geringen Ultraschallgeschwindigkeit in Luft erreicht wird. Die Luftultraschallprüfung eignet sich insbesondere zur Prüfung von dünnen Bauteilen mit hoher akustischer Dämpfung, wie z.B. Faserverbundwerkstoffen, einem Werkstoff der zunehmend an Bedeutung gewinnt. Aus diesem Grund wurde in Kooperation mit dem Industriepartner Fa. Inoson am Fraunhofer IZFP ein leistungsfähiges Luftultraschall-Prüfsystem entwickelt.

Im Rahmen des Vortrags werden die Neuentwicklungen vorgestellt und ihre Möglichkeiten anhand von Untersuchungsergebnissen demonstriert. Die Vorstellung umfasst das Prüfsystem sowie die am IZFP vorhandenen Möglichkeiten zur Charakterisierung von Luftultraschall-Wandlern. Hierzu wird auf theoretische Ansätze und Simulationen mit FEM und Punktquellensynthese zum Verständnis und zur Optimierung

der Luftultraschall-Prüfköpfe eingegangen und erste Ergebnisse gezeigt. Weiterhin werden einige Neuentwicklungen vorgestellt, wie z.B. ein neues Konzept zur Fokussierung des Ultraschalls. Der Vortrag wird durch die Darstellung einiger Prüfergebnisse an unterschiedlichen Materialien abgeschlossen.

Do. 8:55 titanium 2.04 Ultraschall

Untersuchungen zur räumlichen Mittelung von Membranhydrophonen bei Ultraschallfrequenzen im unteren MHz-Bereich

O. Bessonova und V. Wilkens
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Ultraschallhydrophone besitzen eine endlich große Empfängerfläche und sind damit keine idealen Punktempfänger des Schallwechseldrucks. Die effektive Größe der Empfängerfläche ist eine wichtige Kenngröße eines Hydrophons und hat Einfluß auf dessen Einsatzbereich und auf Korrekturfaktoren bei der Kalibrierung und bei der anschließenden Messung von Ultraschallfeldern. Die Bestimmung der Empfängerflächengröße bzw. des effektiven Durchmessers erfolgt im Allgemeinen durch die Messung der Richtcharakteristik. Insbesondere bei Membranhydrophonen erhält man eine starke Frequenzabhängigkeit des auf diese Weise bestimmten effektiven Durchmessers, hier mit asymptotischem Verlauf gegen einen konstanten Wert bei hohen Frequenzen und mit starker Zunahme bei niedrigen Frequenzen im unteren MHz-Bereich, die auf den Einfluß von Lambwellen zurückzuführen ist. Das tatsächliche laterale Mittelungsverhalten bei senkrechtem Einfall fokussierter Schallbündel im Frequenzbereich 1 MHz bis 3 MHz wurde untersucht durch die Messung von Schallfeldprofilen mit Membranhydrophonen verschiedener nomineller Durchmesser und dem Vergleich mit den Profilen aus korrespondierenden numerischen Schallfeldsimulationen. Als Ultraschallsender wurde dafür ein Schallkopf verwendet, der zur Erzeugung von hochintensivem therapeutischen Ultraschall (HITU), z. B. zur Tumorablation, eingesetzt werden kann. Durch die sehr große Apertur und der kurzen Brennweite dieser Schallquelle ergibt sich eine starke Fokussierung mit schmalen Bündelabmessungen im Fokus. Zusammen mit der niedrigen Arbeitsfrequenz liegen dadurch extreme Test- und Anwendungsbedingungen für die Hydrophone vor.

Do. 9:20 titanium 2.04 Ultraschall

Rekonstruktion der Phaseninformation aus Schlierenaufnahmen

S. Olfert und B. Henning
Universität Paderborn, EIM-E, Elektrische Messtechnik

In der Ultraschallakustik besteht häufig die Notwendigkeit die räumliche und zeitliche Ausbreitung von Ultraschall zu charakterisieren. Das Schlierenverfahren ist ein schnelles und nichtinvasives Verfahren zur Visualisierung von Ultraschallfeldern in Flüssigkeiten. Bei diesem Verfahren wird eine ebene elektromagnetische Welle an einer Ultraschallwelle gebeugt. Das Beugungsmuster wird durch ein optisches System in

der Fourierebene abgebildet. Um die mittlere Helligkeit in der Darstellung der Ultraschallwellen zu eliminieren, erfolgt eine Ortsfilterung in der Fourierebene. Als Ortsfilter werden in der Regel eine Messerschneide oder eine Punktblende eingesetzt. Hierbei wird ein Teil der Fourierebene ausgeblendet und der unbeeinflusste Anteil in Richtung des Bildaufnahmesensors transmittiert. Der Einsatz solcher Amplitudenfilter hat den Nachteil, dass die Phaseninformation einer Schallwelle in der Abbildung der Ultraschallwelle nicht erfasst wird. Der am Fachgebiet Elektrische Messtechnik der Universität Paderborn entwickelte Schlierenmessplatz ist durch ein variables Amplitudenfilter gekennzeichnet. In diesem Beitrag wird ein Verfahren vorgestellt, wie durch Kombination von unterschiedlichen Filtern die Phaseninformation einer Ultraschallwelle rekonstruiert werden kann. Hierzu werden die mathematischen Grundlagen zur Rekonstruktion der Phase hergeleitet und die ersten Messergebnisse vorgestellt.

Do. 9:45 titanium 2.04 Ultraschall

Analyse des Ultraschall-Rückstreusignals zur Partikelcharakterisierung an hochkonzentrierten Dispersionen

U. Hempel[a], S. Wöckel[a], J. Auge[b], R. Weser[c] und B. Wessely[c]

[a] *ifak e.V. Magdeburg;* [b] *Hochschule Magdeburg-Stendal;* [c] *TU Dresden, Inst. für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik*

Inline-Messtechnik für die Prozessverfolgung an dispersen Stoffsystemen ist vor allem für hohe Feststoffgehalte kaum verfügbar - optische Systeme versagen oftmals, in Ultraschall-Transmissions-Anordnungen setzen sich die prinzipbedingt kleinen Messspalte häufig zu. Der Beitrag greift diese Problematik auf und stellt sich die Analyse des an der Dispersion rückgestreuten (anstatt des transmittierten) Ultraschallsignals zum Ziel. Äquivalent zur Transmissionsmessung sollen die Partikel charakterisiert werden, jedoch ohne eine Verstopfung der Messstrecke bei hohen Konzentrationen zu riskieren. Kerngedanke ist der Einsatz breitbandiger Sende- / Empfangswandler in Verbindung mit gezielt optimierten Sendesignalen. Durch Erhöhung der Signalbandbreite soll nicht nur eine hohe Empfindlichkeit gegenüber den Zielgrößen gewährleistet, sondern auch der Einfluss störender Messeffekte minimiert werden. Zur Erreichung einer hohen Messauflösung und Reproduzierbarkeit der Sensorsignale unter dem Einfluss von Mehrfachstreueffekten an Partikeln und einer starken Schalldämpfung werden die Signale in Abhängigkeit von der Eindringtiefe und Schallfrequenz erfasst und ausgewertet. Ähnlich der Dämpfung bei Extinktionsverfahren wird eine frequenzabhängige Streudämpfung modelliert, aus der sich Partikelgröße und -konzentration ableiten lassen. Mit Hilfe des methodischen Ansatzes der Ultraschall-Rückstreuung soll die Entwicklung prozessfähiger, kostengünstiger Partikelmesstechnik vorangetrieben und ein wichtiger Beitrag für die Inline-Prozessüberwachung vor allem in Anwendungsbereichen, die auf aufwändiger Offlineanalytik basieren, geliefert werden.

Do. 10:10 titanium 2.04 Ultraschall

Stand der Technik von Ultraschallreinigung in der Halbleiterfertigung

A. Lippert, F.L. Holsteyns und H. Okorn-Schmidt
LAM Research AG

Der Fortschritt in der Produktion von ”Integrierten Schaltungen”, beschrieben durch das ”Moorsche Gesetz”, wurde immer getrieben durch die Miniaturisierung. Diese Miniaturisierung geht mit einer stetigen Erhöhung der Transistordichte pro Halbleiterfläche einher, welche ebenfalls mit einer Steigerung der Leistungsfähigkeit von ”Integrierten Schaltungen” und einer Minimierung der Kosten pro Transistor gekoppelt ist. Die Herstellungskosten von Transistoren sind direkt mit einer wichtigen, messbaren Größe der Halbleiterproduktion verbunden, der Ausbeute. Eine zentrale Rolle für die Steigerung der Ausbeute spielt die Reinigung der Halbleiteroberfläche während des Entstehungsprozesses des Halbleiterbausteins. Diese Reinigungsprozesse entfernen Partikel und organische, metallische bzw. ionische Kontaminationen auf Halbleiteroberflächen. Die Ultraschallreinigung wurde zu einem wichtigen Bestandteil der ‘RCA-Reinigung‘. Der weitläufige Trend ging immer mehr zu höheren Frequenzen, da diese hinsichtlich der Erosion von Oberflächen ein geringeres Potential aufweisen, und somit für eine schonende Reinigung der Oberfläche geeignet sind. Durch das fortlaufende Verkleinern der Geometrie von Halbleiterbausteinen bis zu aktuell 32 nm und darunter, werden beim Reinigen ernsthafte Schäden an sensitiven Strukturen verursacht. Große Anstrengungen werden unternommen, um das akustische Schallfeld in Reinigungsbecken und Einzelscheibenanlagen so zu gestalten und zu kontrollieren, dass zwar eine Reinigung von Kontaminationen durch akustische Kavitation gewährleistet wird, die Beschädigung von sensiblen Strukturen aber ausgeschlossen ist.

Sitzung „Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung“

Do. 14:00 titanium 2.04 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

Parametrisierung eines Äquivalenzmodells für Klebungen am Beispiel einer geklebten Piezokeramik auf einer Metallelektrode

F. Bause und B. Henning
Universität Paderborn, EIM-E, Elektrische Messtechnik

Die Modellierung von Ultraschallwandlern spielt gerade im Hinblick auf die Mannigfaltigkeit ihrer Einsatzgebiete eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung piezoelektrische Sensor- und Aktorsysteme. Der jeweils für eine spezielle Anwendung zu erreichende Grad der Realitätsnähe der eingesetzten Modelle ist dabei essentielle Voraussetzung für die Legitimation des virtuellen Designs. Viele Arbeiten wurden aus diesem Grund auf

dem Gebiet der akustischen Materialdatenbestimmung sowohl passiver als auch aktiver Materialien durchgeführt. Ein Ultraschallwandler besteht aus einer Komposition von aktiven und passiven Elementen, welche z.B. mittels Klebungen zusammengefügt werden. Aktuelle Praxis ist die Vernachlässigung der Klebschichteigenschaften oder eine Korrektur der durch die Klebschichtdicke hervorgerufenen Frequenzverschiebung durch virtuelle Vergrößerung eines der Fügeteile. Dabei werden die Koppelbedingungen zwischen den gefügten Materialien als ideal angenommen.
Gegenstand aktueller Untersuchungen ist die Wirkung verschiedener Klebungen zwischen einer Piezokeramik und einer Metallelektrode, welche in der industriellen Praxis häufig zur einfachen Kontaktierung der vorderen gesputterten Elektrode genutzt wird, auf das Resonanzverhalten. Zunächst wird eine Untersuchung anhand des elektrischen Impedanzverlaufs durchgeführt, um den Einfluss verschiedener Klebschichten auf den elektro-akustischen Wandler näher zu beleuchten. Auf Basis dieser Untersuchung wird ein Äquivalenzmodell zur Berücksichtigung der Klebschicht vorgeschlagen und in einer Standard-FEM-Umgebung implementiert. Über einen inversen Ansatz werden die Parameter des Äquivalenzmodells identifiziert und ihr Gültigkeitsbereich diskutiert.

Do. 14:25 titanium 2.04 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

Modellierung der Lambwellenausbreitung mit Hilfe der Finiten Integrationstechnik (EFIT)

M.-U. Rahman und J. Prager
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin

In diesem Beitrag wird die numerische Modellierung der Lambwellenausbreitung in dünnen Platten mit Hilfe der Elastodynamischen Finiten Integrationstechnik (EFIT) und deren messtechnische Validierung vorgestellt. Lambwellen können in Platten und plattenartigen Strukturen effektiv zur Detektion von Schäden in großflächigen Bereichen genutzt werden. Allerdings sind Lambwellen dispersiv und man benötigt ein tiefgreifendes Verständnis der Wellenausbreitung, um eine zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) mit der Lambwelle durchführen zu können. Zur Modellierung solcher komplexen Wellenausbreitung können moderne Simulationsverfahren wie die Finite Integrationstechnik (FIT), die Finite Element Method (FEM) und die Boundary Element Method (BEM) eingesetzt werden. Die Elastodynamische Finite Integrationstechnik (EFIT) ist eine effektive Methode zur Modellierung der Lambwellenausbreitung. Grund dafür ist die recht einfache Diskretisierungstechnik und die konsistente Einarbeitung der Übergangs- und Randbedingungen. Mit Hilfe der Ergebnisse der EFIT-Simulationen wurde die Ausbreitung der symmetrischen und antisymmetrischen Moden analysiert. Darüber hinaus wurde eine Technik entwickelt, um einzelne Wellenmoden selektiv anzuregen und die Moden voneinander zu trennen. Außerdem wurde der Einfluss von Rissen auf die Ausbreitung der Lambwellen und die Modenumwandlung studiert.

Do. 14:50 titanium 2.04 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

Numerische Berechnung der Dispersionseigenschaften von Lambwellen in Platten mit beliebiger Materialzusammensetzung

H. Gravenkamp[a], J. Prager[a] und C. Song[b]

[a] *Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin;* [b] *University of New South Wales*

Um Lambwellen für die zerstörungsfreie Materialprüfung einzusetzen, ist eine genaue Kenntnis der Dispersionseigenschaften in dem zu untersuchenden Material essentiell. Für homogene oder einfache geschichtete Strukturen werden häufig analytische Verfahren eingesetzt. Diese sind für komplexe Strukturen aus vielen Schichten oder Materialien mit kontinuierlich veränderlichen elastischen Parametern in Dickenrichtung nur eingeschränkt anwendbar. In diesem Beitrag wird ein numerisches Verfahren, basierend auf der Scaled Boundary Finite Element Method, vorgestellt, bei dem sich die Wellenzahlen der ausbreitungsfähigen Lambwellen-Moden als Lösungen eines Eigenwertproblems ergeben. Lediglich die Dickenrichtung der Platte muss dafür mit einem Finite-Elemente-Ansatz diskretisiert werden. Die Methode ist einsetzbar für Strukturen, die aus beliebig vielen Schichten zusammengesetzt sind oder bei denen sich die Materialparameter als stetige Funktionen in Dickenrichtung ändern. Für die Diskretisierung wurden Elemente mit Formfunktionen höherer Ordnung verwendet, was zu einer drastischen Verbesserung der Effizienz und Genauigkeit des Verfahrens führt.

Do. 15:40 titanium 2.04 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

Anwendung multidimensionaler analytischer Signale mit single-orthant-Spektren zur Aufbereitung von SAFT-Daten in der Ultraschallprüfung

C. Höhne, R. Boehm und J. Prager

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin

Die Rekonstruktion von Materialfehlern aus gemessenen A-Bildern mit Hilfe der Synthetic Aperture Focussing Technique (SAFT) ist ein bildgebendes Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung. Die Auswertbarkeit der gewonnenen Ergebnisse wird dabei maßgeblich durch die Darstellung der mittels SAFT-Rekonstruktion zusammengestellten Daten bestimmt welche zunächst nur in Form positiver und negativer Amplitudenwerte (HF-Daten) vorliegen.

Die Aufbereitung dieser Daten erfolgt durch Bildung der Einhüllenden der Amplituden aus dem zugehörigen analytischen Signal. Die Erweiterung dieses, nur im eindimensionalen Fall eindeutig definierten, Konzepts auf zweidimensionale Signalverläufe erfolgt dabei in Form einer

Mittelung über die Betragsquadrate aller möglichen mit single-orthant-Spektren (SO-Spektren) zu bildenden analytischen Signale. Es wird gezeigt dass dies der Verwendung einer Approximation als separables Signal entspricht und für den zweidimensionalen Fall eine Möglichkeit abgeleitet Signale anhand ihrer partiellen und totalen Hilberttransformationen auf Separabilität und damit Anwendbarkeit dieser Näherung zu testen.
Die Ergebnisse der so durchgeführten Bildverbesserung werden am Beispiel einer zweidimensionalen SAFT-Rekonstruktion an verschiedenen Reflektorarten dargestellt.

Do. 16:05 titanium 2.04 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

Zerstörungsfreie Charakterisierung und Prüfung kohlefaserverstärkter Kunststoffkomposite mit linearen und nichtlinearen Ultraschallverfahren

S. Hirsekorn, U. Rabe, T. Helfen, K. Geng und C. Boller
Fraunhofer IZFP

Kohlefaserverstärkte Kunststoffkomposite (CFK) sind wegen ihrer hervorragenden mechanischen Eigenschaften bei gleichzeitig geringem spezifischem Gewicht für viele industrielle Anwendungen, z.B. im Flugzeug- und Automobilbau und Freizeitindustrie, von zunehmender Bedeutung. Für die Qualitätssicherung von CFK-Komponenten während der Herstellung sowie im Betrieb sind an das Material angepasste zerstörungsfreie Prüftechniken erforderlich, die Detektion und Bewertung von Fehlern und Schädigungen sowie die Beobachtung und Beurteilung der Alterung des Materials durch Ermüdung und Bestrahlung bis hin zur Versagensvorhersage ermöglichen. Geeignete Methoden sind lineare und nichtlineare Ultraschallverfahren, auch wenn die zweiphasige anisotrope Struktur von CFK besondere Anforderungen an die Techniken stellt, weil Ultraschallstreuung, Schallstrahlablenkung und Schallfeldverzerrungen berücksichtigt werden müssen. Die globale Charakterisierung der Textur des Materials und seiner anisotropen (richtungsabhängigen) elastischen und dämpfenden Eigenschaften sowie die Detektion von offenen Delaminationen und Poren erfolgt mit linearen Verfahren. Für die Detektion, Lokalisierung und Bewertung geschlossener Risse oder schwacher Bindungen (z.B. auch beginnende Schädigung) wird das nichtlineare Spannungs-Dehnungs-Verhalten solcher Bereiche genutzt, das zur Erzeugung von höheren und sub-Harmonischen sowie Mischfrequenzen der Ultraschallanregung führt. Zusätzlich werden Resonanzfrequenzen und Dämpfungsverhalten der Komponenten von der Anregungsamplitude abhängig. In diesem Beitrag werden gemessene Ultraschallantwortsignale von CFK-Testkörpern mit verschiedenen Signalverarbeitungstechniken ausgewertet und bewertet.

Do. 16:30 titanium 2.04 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung

3D Raytracing Model for Ultrasonic Sound Field Evaluation in General Inhomogeneous Anisotropic Materials: Model and Experimental Validation

S.R. Kolkoori, M.-U. Rahman und J. Prager
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin

In this contribution a 3D Ray tracing model for ultrasonic sound field determination in general inhomogeneous anisotropic materials such as austenitic welds is presented. The inhomogenity in the anisotropic material is approximated as several homogeneous layers. The general problem of energy reflection and transmission at the boundaries of the layers is solved resulting 3D amplitude and energy reflection and transmission coefficients. The directivity factor for the ultrasonic rays in general arbitrary oriented anisotropic austenitic weld material (including layback orientation) is determined based on Lamb's reciprocity theorem. The ultrasonic sound fields are accurately evaluated by employing directivity, divergence, phase relations and transmission coefficients. The ultrasonic sound fields are computed for both point source as well as finite dimension transducers. Experiments are performed on austenitic weld material with inhomogeneous structure using finite dimension piezo-electric transducer as transmitting probe and amplitudes along the back wall as well as inspection surface are sampled using an electro dynamic probe. Finally, the ray model results are compared with the experiments.

Sitzung „Unterwasserschall bei Errichtung und Betrieb von Offshore-Bauwerken"

Do. 8:30 palladium 2.05 Unterwasserschall und Offshore-Bauwerke

Der Einfluss der Offshore Windenergie auf die Unterwasserschallsituation in der Nordsee

A. Lübben, T. Neumann und J. Gabriel
DEWI GmbH

Meeressäugetiere sind für die Orientierung, Kommunikation und Beutefang auf ihr Gehör angewiesen. Doch immer mehr Lärmquellen tragen zu einem immer lauter werdenden Schallpegel bei. Zu den Lärmquellen gehören neben Schiffen, seismischen Untersuchungen und militärischen Sonaren zur Ortung von U-Booten auch die Errichtung und der Betrieb von Windenergieanlagen. Etwa 24 Windparks mit fast 1700 Anlagen sind in der deutschen Nordsee geplant. Dies wird trotz vorgesehener Schallminderungsmassnahmen beim Bau einen grossen Beitrag für das Unterwasserlärmklima leisten. Um Hydroschalldaten im Bereich der deutschen Nordsee kontinuierlich aufzuzeichnen, wurde im Juli 2009 eine Unterwasserakustik-Monitoringstation an der Forschungsplattform FINO1 installiert. Die Station befindet sich in nächster Nähe zum Windpark Alpha Ventus, der ebenfalls 2009 installiert worden ist. Sowohl die

Errichtungsgeräusche als auch die Betriebsgeräusche werden mit der Unterwassermonitoringstation gemessen. Ferner werden die Rammgeräusche von weiter entfernten Windparks aufgenommen sowie auch andere Umgebungsgeräusche wie beispielsweise Schiffslärm und wetterbedingte Signale. In dieser Präsentation wollen wir das Unterwassergeräuschklima, welches in den letzten 2 Jahren aufgezeichnet worden ist, darstellen und zeigen, wie sich dieses durch die Errichtung und den Betrieb der ersten deutschen Offshorewindparks verändert hat.

Do. 8:55 palladium 2.05 Unterwasserschall und Offshore-Bauwerke

Modellierung von ramminduzierter Schallausbreitung in Wasser und Boden

K. Reimann
TU Hamburg-Harburg, Institut für Geotechnik und Baubetrieb

Der fortschreitende Ausbau der Offshore-Windenergie in der deutschen Nord- und Ostsee bringt eine erhebliche Lärmbelastung der Meeresumwelt mit sich. Die Gründungsstrukturen der Offshore-Windenergieanlagen werden meistens mittels Pfählen am Meeresboden fixiert. Diese müssen unter schwierigen Bedingungen auf hoher See in den Boden gerammt werden, was bei entsprechend großen Pfahldurchmessern zu erheblichen Schallemissionen führt. Vor allem die Hydroschallimmissionen können das Hörvermögen von marinen Säugetieren wie Robben und Schweinswale beeinträchtigen und zu dauerhaften Schädigungen des Gehörs und des Orientierungssinns der Tiere führen. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) fordert daher eine umweltverträgliche Bauweise und legt entsprechende Grenzwerte für die Hydroschallpegel fest. Der Einfluss der Strukturparameter sowie der des Baufortschritts auf den Schalldruckpegel ist Gegenstand der Forschung. Dieser Beitrag präsentiert ein Verfahren zur numerischen Simulation der ramminduzierten Schallausbreitung unter Offshore-Bedingungen. Der Schlagimpuls beim Rammvorgang breitet sich hauptsächlich über den Wasserkörper aus. Ein geringer Anteil wird dabei auch, wie Messungen des Schalldruckpegels belegen, über den Meeresboden übertragen. Durch numerische Studien wird unter anderem der Einfluss des Einspannungsgrades des Pfahls auf den Schalldruckpegel im Wasser- und im Bodenkörper untersucht.

Do. 9:20 palladium 2.05 Unterwasserschall und Offshore-Bauwerke

Schallminderungsmaßnahmen in der Modellbildung

T. Grießmann, R. Rolfes, J. Rustemeier und M. Neuber
Leibniz Univ. Hannover - Institut für Statik und Dynamik

Stand der Technik bei der Verankerung von Offshore-Windenergieanlagen am Meeresboden ist die mit erheblichen Hydroschallemissionen verbundene Rammpfahlgründung. Bei dieser Gründungsart werden die vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) festgeschriebenen Grenzwerte für Schalldruckpegel in 750 m Entfernung

von der Baustelle in den meisten Fällen deutlich überschreiten. Angesichts der ambitionierten Ausbauziele der Bundesregierung gewinnt die Bereitstellung einsatzfähiger Schallminderungssysteme zunehmend an Bedeutung. Zusätzlich zum Nachweis der praktischen Einsatzfähigkeit werden validierte Rechenmodelle benötigt, die Schallminderungssysteme bezüglich ihrer wesentlichen physikalischen Effekte zutreffend beschreiben und im Vorfeld der Windparkerrichtung die notwendige Planungssicherheit bieten. Es werden Ergebnisse aus numerischen Simulationen zur Optimierung der Rammparameter bei der Schlagrammung präsentiert sowie Modellansätze, die die Dämpfung oszillierender Blasen in Abhängigkeit der Frequenz berechnen und die schallmindernde Gesamtwirkung des Mediums in ideellen Schichten zusammenfassen.

Do. 9:45 palladium 2.05 Unterwasserschall und Offshore-Bauwerke

Untersuchungen des Wirkprinzips eines Blasenschleiers durch Computersimulation

M. Markiewicz und T. Michels
Novicos GmbH

Offshore-Windparks in den deutschen Hoheitsgewässern werden zur Zeit mit Hilfe von gerammten Gründungsstrukturen errichtet. Die dabei entstehende Hydroschallemission überschreitet die festgelegten Grenzwerte erheblich. Als eines der möglichen Schallschutzsysteme wird ein Blasenschleier eingesetzt. Die bisherigen Erkenntnisse zur Wirksamkeit dieser Maßnahme basieren auf Untersuchungen im Frequenzbereich bei stationärer Anregung. Der während der Rammarbeiten entstehende Schall hat jedoch einen impulsartigen Charakter, so dass es unklar ist, ob die schallmindernde Wirkung eines Blasenschleiers auf dem Resonanzprinzip basieren kann. In dem Beitrag werden Simulationsergebnisse der Wechselwirkung einer akustischen Impulswelle mit einem Blasen-Wasser-Gemisch im Zeitbereich dargestellt. Es wird eine Folge von Aufgabenstellungen mit ansteigender Komplexität der Wechselwirkung zwischen den Systemkomponenten betrachtet. Beginnend mit einer Einzelblase werden anschließend eine gleichmäßige Blasenanordnung und ein Blasencluster untersucht.

Do. 10:10 palladium 2.05 Unterwasserschall und Offshore-Bauwerke

Schockwellendämpfung mit einem Luftblasenschleier im Flachwasser

E. Schmidtke
FWG (Wehrtechnische Dienststelle 71), Eckernförde

Seit 2009 führt der Forschungsbereich für Wasserschall und Geophysik der WTD71 in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Katastrophenschutz des Landes Schleswig-Holstein Experimente zur Dämpfung von Schockwellen mit einem Luftblasenschleier durch. Die Schockwellen entstehen bei der Beseitigung von Altmunition, wenn am Grunde der

Ostsee gesprengt wird. Die von der Schockwelle ausgehende Gefährdung der Schweinswale wird mit dem Luftblasenschleier als Dämpfungsmechanismus reduziert. Spätestens mit der Kampagne 2010 konnte nachgewiesen werden, dass auch Schockwellen, die von der Sprengung erheblicher Mengen (ca. 300 kg) ausgehen, durch einen Luftblasenschleier signifikant gedämpft werden können. In den Jahren 2011 und 2012 gelten die Experimente der Variation der experimentell zugänglichen Parameter: Abstand des Sensors zum Sprengort und verwendete Luftmenge. Die Ergebnisse der Kampagnen werden vorgestellt.

Sitzung „Hydroakustik“

Do. 14:00 palladium 2.05 Hydroakustik

Der neue Arbeitsausschuss ’Akustische Belastung im Meer’ im Normenausschuss Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

D. Pérez Kaiser
DIN Deutsches Institut f. Normung e.V.

Es wurde mittlerweile erkannt, dass Unterwasserlärm erhebliche negative Auswirkungen auf die Meeresumwelt haben kann. So nutzen viele marine Lebewesen Schallemissionen zur Kommunikation, Nahrungssuche und zur Orientierung. Unterwasserlärm betrifft jedoch auch den Menschen. So sind z.B. Taucher bei der Errichtung von Unterwasserbauwerken oftmals einer hohen Lärmbelastung ausgesetzt.
Dies zeigt, dass es notwendig ist, einheitliche Methoden zur Messung und Beurteilung von Unterwasserlärm von verschiedenen Quellen, sowie zur Bestimmung der Schallausbreitung im Wasser zu entwickeln.
Der Normenausschusses Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI stellt sich dieser Herausforderung und hat sich hierfür mit der Gründung des Arbeitsausschusses ”Akustische Belastung im Meer” neu ausgerichtet.
Das Arbeitsgebiet des Arbeitsausschusses umfasst alle Fragestellungen der Geräuschentstehung, -ausbreitung und -minderung im Meer und u. a. Fragestellungen der:
- Messung von Wasserschall (Emission und Immission)
- Minderung der Geräuschemissionen im Wasser betriebener Systeme
- Ausbreitung von Wasserschall (Prognose)
- Geräuschkartierung von Meeren und Ozeanen

Das Arbeitsgebiet wurde dabei bewusst weit gefasst, um auch die zukünftige Bearbeitung weiterer Quellen und Themen, wie z. B. Lärmkartierung abdecken zu können.
Dieser Beitrag hat zum Ziel Experten über die nationalen und internationalen Aktivitäten auf diesem neuen Normungsgebiet zu informieren.

Do. 14:25 palladium 2.05 Hydroakustik

Echounterdrückung in hydroakustischen Messungen

S. Schulze und W. Loges
Atlas Elektronik GmbH

Anwendungen in der Raumakustik messen oder unterdrücken Verzerrungen (Obertöne) durch Ausblendung in der Impulsantwort (Impulse Response), der Fourier-Rücktransformierten der Transferfunktion. In der hydroakustischen Messtechnik in räumlich begrenzenden Umgebungen hat man es mehr mit Echos und Nachhall zu tun, die das gewünschte Messergebnis stören. Sowohl Harmonische als auch Echos separieren sich in der Impulsantwort abseits der Grundkomponente.
Das Ausblendprinzip wurde jetzt auf Echos und Nachhall adaptiert. Es gelingt, das Messergebnis auf den Direktschallanteil zu reduzieren und so Freifeldbedingungen zu simulieren. Das Verfahren erlaubt die Verwendung beliebig langer Anregungspulse von typisch 10 Sekunden. Die mangelnde Frequenzauflösung der Kurzfensteranalyse, in Messtanks wenige Millisekunden bis zum Eintreffen der ersten Echos, wird überwunden. Als Anregungen eignen sich Rauschen (Gaußisch oder Binär, breitbandig oder bandbegrenzt), besonders aber FM-Sweeps. Mit bestimmten Sweeps lassen sich Harmonische und Echos gleichzeitig entfernen. Eigens abgestimmte FM-Kennlinien vorkompensieren den Frequenzgang des Senders (Preemphasis), so dass das Empfangsspektrum oder das Signal-Rausch-Verhältnis akustisch weiß wird.
Der Algorithmus, genannt Blanked Impulse Response Methode, wird am Blockschaltbild erläutert. Gemessene Transferfunktionen einer hydroakustischen Messstrecke werden mit denen der klassischen Kurzfensteranalyse verglichen.

Do. 14:50 palladium 2.05 Hydroakustik

Ein Beamformer zur hochauflösenden Darstellung des Wasser- und Nichtwasserschallbereichs einer Linearantenne

D. Brosig und M. Maiwald
Atlas Elektronik GmbH

Gewöhnliche Darstellungen von Beamformern äquidistanter Linearrays erfolgen auf Basis einer 2-dimensionalen FFT-Analyse. Diese Darstellung hat einige Nachteile, wie z.B. die geforderte Äquidistanz der akustischen Sensoren innerhalb des Arrays sowie die lineare Abhängigkeit der Auflösung von der Frequenz. Um eine Optimierung vorzunehmen, wird eine andere, wenn auch zeitintensivere Berechnung vorgestellt, bei der als Parameter die Schallgeschwindigkeit variiert wird. Dieser Beamformer ist anwendbar auf jegliche Linearantennen, liefert auch im tieffrequenten Bereich hochaufgelöste Ergebnisse und zeigt sowohl den Wasser- als auch den Nichtwasserschallbereich. Dadurch können selbst Strukturen im Körperschallbereich sichtbar gemacht werden, was die Detektion und Identifikation der Störquelle (beispielsweise am

U-Boot) wesentlich vereinfacht. Somit werden auch physikalische Phänomene beobachtet, die akustische Dispersionseffekte aufweisen.

Sitzung „Psychoakustik 3“

Do. 8:30 aurum 2.07 Psychoakustik 3

Zeitlich-räumliche Verarbeitung von frühen Reflexionen in Sprachsignalen

J. Rennies[a], A. Warzybok[b], T. Brand[b] und B. Kollmeier[b]
[a] *Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie, Oldenburg;* [b] *Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg*

Die Verständlichkeit von Sprache wird wesentlich durch die Raumakustik beeinflusst. Frühe Reflexionen werden dabei im Allgemeinen als nützlich angesehen, während späte Reflexionen keinen Gewinn für die Sprachverständlichkeit bewirken, sondern in bestimmten Situationen sogar schädlich sind. Um die zeitliche und räumliche Integration einer frühen Reflexion mit dem Direktschall zu untersuchen, wurden in dieser Studie Sprachverständlichkeitsschwellen in unterschiedlichen Konfigurationen von Verzögerung (0 bis 200 ms) und Azimuthwinkel (0°, 45°, ... , 315°) einer einzigen Reflexion bei normalhörenden Probanden gemessen. Zusätzlich wurde die Interaktion der binauralen Verarbeitung der Reflexion mit einer frontalen (0°), einer lateral gerichteten (135°) und einer ungerichteten Störgeräuschquelle untersucht. Die Messdaten zeigen eine vollständige Integration der Reflexion bis zu einer Verzögerung von mindestens 25 ms unabhängig von der Störgeräuschbedingung, was darauf hindeutet, dass binaurale Entmaskierung durch räumlich getrennte Sprach- und Störgeräuschquellen und zeitliche Integration der Reflexion unabhängige Prozesse sind, solange die räumliche Richtung der Reflexion nicht mit der Störgeräuschrichtung übereinstimmt. Diese Hypothese wird durch Vorhersagen kürzlich entwickelter binauraler Sprachverständlichkeitsmodelle unterstützt. Werden Reflexion und Störgeräusch aus einer ähnlichen, lateralen Richtung angeboten, findet weder eine zeitliche Integration einer frühen Reflexion noch ein störender Effekt einer späten Reflexion statt. Dieser Effekt kann durch unabhängig modellierte Verarbeitung von räumlichen und zeitlichen Prozessen nicht vorhergesagt werden.

Do. 8:55 aurum 2.07 Psychoakustik 3

Zusammenhang von Höranstrengung, Sprachverständlichkeit und STI

H. Schepker[a], J. Rennies[a], I. Holube[b] und B. Kollmeier[c]
[a] *Fraunhofer IDMT / Hör-, Sprach- und Audiotechnologie, Oldenburg;* [b] *Inst. für Hörtechnik und Audiologie, Jade Hochschule Oldenburg;* [c] *Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg*

Sprachkommunikation gewinnt durch den ansteigenden Informationsbedarf und die zunehmende Verbreitung akustischer Kommunikationssysteme im privaten Bereich und bei Anwendungen am Arbeitsplatz immer mehr an Bedeutung. Häufig ist die Sprache jedoch durch Nachhall und/oder Hintergrundgeräusche gestört. Auch wenn diese Störungen sich noch nicht auf die Sprachverständlichkeit auswirken, können sie sich deutlich in ihrer empfundenen Höranstrengung unterscheiden. In der Literatur wurde gezeigt, dass Sprachverständlichkeit im Störgeräusch und/oder im Nachhall konstant ist, solange die Kombination der beiden Faktoren einem konstanten Wert des STI entspricht. Des Weiteren wurde postuliert, dass der STI ebenfalls eine gute Vorhersage der Höranstrengung bietet. In diesem Beitrag wurde die Höranstrengung in unterschiedlichen akustischen Szenarien systematisch untersucht. Hierzu wurden 5 verschiedene STI-Werte durch unterschiedliche Kombinationen von Störschall und Nachhall realisiert und hinsichtlich der subjektiven Höranstrengung mit einem Skalierungsverfahren bewertet. Weiterhin wurde für einzelne Werte ebenfalls die Sprachverständlichkeit gemessen. Als Sprachmaterial dienten Sätze des Oldenburger Satztests und als Störgeräusch ein stationäres sprachsimulierendes Rauschen. Entgegen der Annahmen der Literatur unterscheiden sich sowohl Höranstrengung als auch Sprachverständlichkeit in bestimmten Konditionen trotz eines konstanten STI-Wertes. Für Bereiche, in denen die Sprachverständlichkeit bereits optimal ist, zeigen sich teilweise deutliche Unterschiede in der Höranstrengung, so dass diese als besser geeignetes Maß zur Bewertung realistischer Störeinflüsse dienen kann.

Do. 9:20 aurum 2.07 Psychoakustik 3

Performance Review of an Expert Listening Panel

M. Frank und A. Sontacchi
Institut für Elektronische Musik und Akustik, KU Graz

Within a research project in the last 3 years, an Expert Listening Panel (ELP) of 41 subjects was recruited, trained and employed for several experiments. These experiments used different evaluation methods and studied quality of codecs and earphones, speech intelligibility and spatial attributes of sound fields. This article reviews the individual performance of the ELP members. For each experiment and ELP member, intrarater reliability and interrater agreement are derived. These parameters are compared throughout members and experiments. Furthermore, the review investigates other relations, like the effect of general and specific

training (preliminary tests) and the individual duration of the experiments on the performance, as well as the comparison of the performance in the experiments and in the recruitment.

Sitzung „Physikalische Akustik“

Do. 9:45 aurum 2.07 Physikalische Akustik

Auswirkungen von Umwelteinflüssen auf die Schallübertragung im freien Feld

G. Krump[a], A. Schmeisl[a] und M. Endl[b]

[a] *Hochschule Deggendorf;* [b] *EXG-Media OHG*

Bei der Auslegung von Beschallungsanlagen wird Umwelteinflüssen oft zu wenig Beachtung geschenkt. Anhand von Messungen im Isar-Wald-Stadion in Dingolfing werden Auswirkungen von Witterungseinflüssen, insbesondere Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsveränderungen auf die Beschallung einzelner Positionen untersucht. Hierzu werden Beeinträchtigungen von Pegel und Frequenzgang an verschiedenen Abhörentfernungen zur Lautsprecheranlage quantitativ und qualitativ dargestellt. Die Messergebnisse werden nach Kompensation möglicher Fehlerquellen mit entsprechenden Simulationsresultaten bei unterschiedlichen realen Witterungssituationen verglichen, so dass eine Aussage über die realitätsnahe Simulation von Umwelteinflüssen getroffen werden kann.

Do. 10:10 aurum 2.07 Physikalische Akustik

Is thermal behavior of spark generated bubbles adiabatic?

K. Vokurka[a] und S. Buogo[b]

[a] *Technische Universitat Liberec;* [b] *CNR - Istituto di Acustica ’O. M. Corbino’, Roma*

In the presentation results concerning thermal behavior of spark generated bubbles oscillating in water are given. These results are based on analysis of both acoustic and optic radiations from the bubbles. It will be shown that the thermal behavior of the bubbles is not adiabatic. First, at the beginning of the bubble explosive growth a large part of the bubble internal energy is being lost due to thermal radiation. Second, during the initial instants of the bubble growth and the final stages of the bubble compression both liquid evaporation and condensation strongly influence the bubble thermal behavior as well. Relatively large sets of experimental acoustic and optic records have been measured and analyzed. Based on the results of these analyses, estimates of the plasma surface temperatures at the bubbles maximum and minimum volumes are obtained. Energy breakdowns for both the growth and compression phases of the bubbles are also given.

Sitzung „Lärmausbreitung“

Do. 14:00 aurum 2.07 Lärmausbreitung

Die Ermittlung der Emissionsdaten bestehender Anlagen für die Erstellung der strategischen Umgebungslärmkarten

W. Talasch
Österr. Arbeitsring f. Lärmbekämpfung

Die EU-Umgebungslärmrichtlinie verlangt in Ballunsräumen neben der Darstellung der Immissionen aus den Verkehrsträgern auch die Darstellung der Immissionen aus IPPC-Anlagen. Da es sich bei diesen Anlagen oft um seit Langem bestehende und meist auch komplexe Anlagen handelt, stellt die Ermittlung der maßgebenden Emissionen ein schwieriges Unterfangen dar. Gerade bei großen Anlagen mit einer Vielzahl an Schallquellen ist es nicht erforderlich jede einzelne Schallquelle zu erfassen, im Schallausbreitungsmodell zu modellieren und die Lärmkarte zu berechnen. Es ist für diesen Zweck ausreichend, die maßgebenden - d.h. jene Schallquellen zu berücksichtigen, welche den Immissionspegel um die Anlage bestimmen. Es sind dies meist Abstrahlungen von Gebäuden, welche vorteilhaft aus dem gemessenen Innenpegel und der Schalldämmung der Außenbauteile modelliert werden können, sowie einzelne dominante Schallquellen im Freien und Lüftungsöffnungen, welche als Punktschallquellen modelliert werden können. Die Festlegung, welche Schallquellen hiefür in Frage kommen, ist mit konventionellen Mitteln nicht oder nur sehr schwer beantwortbar. Mit Hilfe einer Akustischen Kamera können die maßgebenden Quellen sehr schnell und bequem ausfindig gemacht werden und auch gleichzeitig die für die Ausbreitung in die Nachbarschaft der Anlage maßgebende Emission als Schallleistungspegel ermittelt werden. Der Vergleich der so ermittelten und der gemessenen Immissionen in der Nachbarschaft einer Abfallbehandlungsanlage zeigte eine hervorragende Übereinstimmung.

Do. 14:25 aurum 2.07 Lärmausbreitung

Zur Schallausbreitung in Straßenschluchten

W. Probst
DataKustik GmbH

Die Fassaden von innerstädtischen Straßen sind einer erhöhten Lärmeinwirkung ausgesetzt, wenn aufgrund beidseitig geschlossener Bebauung Mehrfachreflexionen eine Rolle spielen. Zur Berechnung der zu erwartenden Schallpegel im Planungsfalle müssen diese Mehrfachreflexionen entweder durch Summation der anteiligen Pegel aller Einzelreflexionen berechnet oder - wie z.B. mit der Richtlinie zum Lärmschutz an Straßen RLS-90 - durch einen parametrisierten Korrekturzuschlag berücksichtigt werden. Im Auftrage der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) wurde untersucht, ob dieser Zuschlag Drefl eine angemessene

und auch unter Berücksichtigung der fortgeschritten Berechnungstechnik geeignete Methode zur Beschreibung dieser Pegelerhöhung darstellt. Es wurden die Unterschiede von spiegelnder und diffuser Reflexion auf die Schallausbreitung in Straßenschluchten rechentechnisch untersucht und mit Messergebnissen verglichen. Die Konsequenzen für die Schallausbreitungsberechnung im innerstädtischen Bereich werden dargestellt.

Do. 14:50 aurum 2.07 Lärmausbreitung

Tunnelportale

H. Hoislbauer
TAS-SV GmbH, Linz

Im Zuge eines Forschungsprojektes der FFG - Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft unter Mitwirkung der Projektpartner TU-Wien / Institut für Verkehrswissenschaften, psiA-Consult Umweltforschung und Engineering GmbH, TAS - Sachverständigenbüro für Technische Akustik SV GmbH, ÖAW - Österreichische Akademie der Wissenschaften / Institut für Schallforschung und der ÖBB Infrastruktur AG wurde für den Eisenbahnbereich unter anderem zum Thema Schallabstrahlung von Tunnelportalen eine Untersuchung vorgenommen, wo unter Berücksichtigung vorhandener Messergebnisse unterschiedliche Prognosemodelle zur Schallabstrahlung von Tunnelportalen einander gegenübergestellt werden und deren Aussagen hinsichtlich Emission verglichen werden. Gegenstand der Untersuchung zu diesem Thema ist die Analyse unterschiedlicher Modelle aus der Literatur. Hierbei werden Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede herausgearbeitet und dargestellt. Hierzu gehören eine Analyse der unterschiedlichen akustischen Modelle und deren Grundvoraussetzungen (Spiegelquellenmodell, diffuse Schallfelder, Energiefluss des Schalls) ebenso wie die Überprüfung der Annahmen hinsichtlich Emissionswerte, Fahrbahnen etc. Für ausgewählte Situationen werden Modellberechnungen durchgeführt und die Berechnungsergebnisse der unterschiedlichen Modelle miteinander verglichen. Eine Gegenüberstellung mit vorliegenden messtechnischen Untersuchungsergebnissen wird angestellt.

Do. 15:40 aurum 2.07 Lärmausbreitung

Berechnung des Schallleistungspegels von Industrieschallquellen - Simulation der Hüllflächenberechnung

F. Probst
DataKustik GmbH

Moderne Berechnungsmethoden ermöglichen die Simulation von Hüllflächenmessungen an Industriequellen. Hierbei werden reguläre Immissionspunktanordnungen auf Rechtecken, Kugel-, Quader- und Zylinderoberflächen erzeugt und z.B. entsprechend den Anforderungen der internationalen Normen ISO 3744 und ISO 3746 angeordnet. Anschließend wird an den so erzeugten Immissionspunkten der Schalldruckpegel berechnet und aus diesen Werten der Schallleistungspegel bestimmt. Dieses Vorgehen ermöglicht es auf komfortable Weise, die Bestimmung des Schallleistungspegels nach diesen Normen quasi virtuell zu simulieren und z.B. den von der gewählten Messflächenform abhängigen Fehler zu untersuchen. Dies gilt auch für Szenarien, die der praktischen Messung nicht zugänglich sind, wie beispielsweise die Schallleistungsbestimmung einer gesamten Fabrik oder einer Stadt nach dem Hüllflächenverfahren.

Do. 16:05 aurum 2.07 Lärmausbreitung

Auf der Suche nach einem ”best practice model” für die Schallausbreitung - oder wie vergleicht man Schallausbreitungsmodelle

K.-W. Hirsch[a] und B. Vogelsang[b]
[a] *Cervus Consult;* [b] *Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz*

Die Berechnung der Schallausbreitung im Freien ist unter verschiedenen, gegebenenfalls widerstrebenden Gesichtspunkten eine bleibende Herausforderung. Physikalische Beschreibungen der Schallausbreitung führen zu komplexen Modellen mit detaillierten Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Eingangsdaten bezüglich Orografie, Atmosphäre, Boden und Quelleigenschaften. Die langen Rechenzeiten beschränken ihren Einsatz auf besondere Fragestellung bzw. auf Einzelpunktberechnungen. Technische Modelle hingegen nutzen einfache Ansätze zur Berücksichtigung der physikalischen Phänomene, pauschalisieren ihre wenigen Eingangsgrößen, liefern nach kürzester Rechenzeit zuverlässige Ergebnisse und sind damit auch für die Berechnung von Lärmkarten geeignet, wie sie z. B. die Umgebungslärmrichtlinie vorschreibt. Wie aber lassen sich die verschiedenen Schallausbreitungsmodelle hinsichtlich ihres Anwendungszweckes untereinander vergleichen? Und wie kann ein solcher Vergleich das ”best practice model” liefern? Voraussetzung, um überhaupt Modelle vergleichen zu können, ist, dass die Schallausbreitungssituation so beschrieben wird, dass daraus die Eingangsdaten für alle Modelle abzuleiten sind, und zwar unabhängig davon, ob sie z. B.

zur Beschreibung der Brechung in der Atmosphäre einen Krümmungsradius oder die Windkomponente in 10 m Höhe oder ein Schallgeschwindigkeitsprofil in Anlehnung an die Klassierung der TA Luft benötigen? Der Beitrag stellt eine Methode zur modellunabhängigen Beschreibung einer Schallausbreitungssituation vor und zeigt an einfachen Beispielen für gängige Schallausbreitungsmodelle, wie DIN ISO 9613, VDI 2714 oder Harmonoise, konkrete Ergebnisvergleiche.

Do. 16:30 aurum 2.07 Lärmausbreitung

'0 dB + 0 dB' soll 0 dB sein, nicht 3 dB

W. Batko

University of Science and Technology, Cracow (PL)

In diesem Artikel wird die Analyse der mathematischen Regel für die Beschreibung der akustischen Phänomene in Dezibel-Algebra in Frage gestellt. Es handelt sich um Operationen wie die Addition von Schallpegeln und die dazu gehörenden Regeln wie Mittelungen, Subtraktion, Vervielfältigung, bzw. Schätzungen der aufgezeichneten Schallpegel, die für verschiedene Berechnungsverfahren realisiert wurden. Es wurde hier festgestellt, dass die Dezibel-Relationen der Axiomatik der Zahlentheorie wiedersprechen. Es werden Konsequenzen und Bedarf für die Einführung der Modifikationen diskutiert. Einige Formelkorrekturen für die Beschreibung der mitwirkenden Quellschallpegel und deren Addition, Subtraktion sowie Multiplikation werden gezeigt und vorgeschlagen. Es folgt eine physikalische Interpretation der Ergebnisse. Darüber hinaus wird eine Fehleranalyse der Annäherungsberechnungen für die bereits bestehenden Schätzungsregeln des Lärms angeschlossen. Die präsentierten Überlegungen und Analysen werden durch Beispiele und Ergebnisse aus durchgeführten akustischen Umweltuntersuchungen ergänzt und bestätigt.

Sitzung „Akustische Messtechnik 2"

Do. 8:30 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 2

Mechanical Fatigue and load-induced aging of loudspeaker suspension

W. Klippel[a,b]

[a] *Klippel GmbH;* [b] *TU Dresden, Institut für Akustik und Sprachkommunikation*

The mechanical suspension becomes more and more compliant over time changing the loudspeaker properties (e.g. resonance frequency) significantly. This aging process is reproducible and the decay of the stiffness can be modeled by accumulating the apparent power supplied to the suspension part and using an exponential relationship. The free parameters of this model are estimated from empirical data provided by on-line monitoring or intermittent measurements during regular power tests or other kinds of long-term testing. The identified model can be used to predict the load-induced aging for music or test signals having

arbitrary spectral properties. New characteristics are being introduced which simplify the quality assessment of suspension parts and separate mechanical fatigue from the initial break-in effect. Practical experiments are performed to verify the model and to demonstrate the diagnostic value for selecting optimal suspension parts providing sufficient long-term stability.

Do. 8:55 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 2

Automatisierte Modellerstellung für die experimentelle Modalanalyse

B. Späh und S. Rinderknecht
TU Darmstadt, Institut für Mechatronische Systeme

Die experimentelle Modalanalyse stellt ein wichtiges Werkzeug im Bereich der Akustik dar. Diese bedarf oftmals einer umfangreichen Vorbereitung. In diesem Beitrag werden Schnittstellen zwischen verschiedenen Programmpaketen vorgestellt, die diese Vorbereitung erleichtern. Der konkrete Anwendungsfall ist ein FE-Modell eines Handschaltgetriebes, das mit den Ergebnissen einer experimentellen Modalanalyse abgeglichen werden soll. Ziel ist die Verwendung der im FE-Modell (Ansys) vorhandenen Geometrieinformationen zur Modellerstellung im Modalanalyseprogramm (Test for I-deas). Die Modellerstellung erfolgt hierzu in zwei unabhängigen Schritten:
Geometrietransfer des FE-Modells zum Modalanalyseprogramm zur Unterstützung der visuellen Orientierung des Nutzers.
Definieren der Mess-Positionen am FE-Modell zur Messung von Anregung und Antwort während der experimentellen Modalanalyse.
Im ersten Schritt werden die Koordinateninformationen manuell am FE-Modell ausgewählter Knoten direkt in das Modalanalyseprogramm importiert. Im zweiten Schritt wird am FE-Modell für jede Messposition ein Set von drei Oberflächenknoten manuell ausgewählt. Die Koordinateninformationen eines jeden Sets werden mittels einer Hochsprache (Matlab) dazu verwendet, für jedes Set ein Koordinatensystem zu erstellen, dessen Applikate der Normalen zur Getriebeoberfläche entspricht. Diese Koordinatensysteme werden zusammen mit den Knotensets in das Modalanalyseprogramm importiert und entsprechen dort automatisch den Freiheitsgraden für die ausgewählten Messpositionen für Anregung und Antwort. Somit liegt schließlich ein nutzerfreundliches Modell vor, mit dem direkt die experimentelle Modalanalyse durchgeführt werden kann.

Do. 9:20 hassium 3.02 Akustische Messtechnik 2

Synthesis of room impulse responses for arbitrary source directivities using spherical harmonic decomposition

M. Kunkemöller, P. Dietrich, M. Pollow und M. Vorländer
Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

The acoustics of rooms can be described accurately by the room impulse response, stating the temporal succession of the room reflections encountered for a specific transfer path in the room. The measurement is usually performed with single channel spherical loudspeakers of approximately omnidirectional radiation pattern, providing an objective measure for a given transfer path in a room. The measurement result can be used to auralize sources in the measured room by convolution with a dry signal or to derive room acoustical parameters. However, every acoustic source has a distinct frequency dependent radiation pattern, which is to some extent responsible for the perceived characteristics of the sound source. This information is not represented in the conventionally measured room impulse responses.

This motivates an approach that is capable of obtaining room impulse responses for specific radiation patterns by superposing measurement results of a well-known sound source with different orientations. In this contribution, we discuss the methodology, the measurement setup and found limitations in terms of an upper frequency bound and spatial resolution.

Sitzung „Aeroakustische Messtechnik“

Do. 9:45 hassium 3.02 Aeroakustische Messtechnik

Erweiterung des inversen Verfahrens SODIX zur Schallquellenanalyse von Flugzeugtriebwerken

S. Funke[a], A. Skorpel[b] und U. Michel[a]
[a] *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Berlin;* [b] *TU Berlin*

Das inverse Verfahren SODIX (Source Directivity Modelling in Cross-Spectral Matrix) modelliert die breitbandigen Schallquellen von Flugzeugtriebwerken mit einem Gitter gerichteter Punktschallquellen aus den Daten von Mikrofonarraymessungen. In früheren Veröffentlichungen wurde gezeigt, dass die Beiträge der Schallquellen am Einlauf des Triebwerks, an den Düsen und im Strahl voneinander getrennt und quantifiziert werden können. Das von diesem Modell abgestrahlte Schallfeld weicht von gemessenen Fernfelddaten in einem großen Frequenz- und Winkelbereich weniger als 2 dB ab. Das Verfahren verwendete bisher eine Anfangslösung aus Berechnungen mit ungerichteten Punktschallquellen. In dieser Arbeit wird eine Erweiterung des Verfahrens gezeigt, mit der diese Anfangslösung nicht benötigt wird. Ebenfalls wird durch den mathematisch neu formulierten Ansatz die physikalische Nebenbedingung positiver Quellstärken implizit berücksichtigt. Das Verfahren wurde außerdem für die Verwendung mehrdimensionaler Quellgitter und Mikrofonanordungen erweitert.

Do. 10:10 hassium 3.02 Aeroakustische Messtechnik

Mehrpunktmessungen der Schallschnelle mit einem neuartigen optischen Verfahren

D. Haufe, A. Fischer, L. Büttner und J. Czarske
TU Dresden, Professur für Mess- und Prüftechnik

Zur Optimierung von Triebwerksschalldämpfern ist das Verständnis von komplexen strömungsakustischen Phänomenen zu erlangen, wofür es einer berührungslosen Mehrpunktmessung des Schallschnellefeldes und der überlagerten Strömungsgeschwindigkeit bedarf. Hierbei wird eine hohe Dynamik des Messverfahrens gefordert, da die in den Triebwerken vorliegenden Schallschnellen etwa 4 Größenordnungen kleiner als die ebenfalls zu messenden Strömungsgeschwindigkeiten sind. Hinsichtlich der Schallschnelle werden zudem zeitaufgelöste Messungen mit geringer Messunsicherheit von ca. 1 mm/s benötigt. Um diesen hohen Herausforderungen gerecht zu werden, bieten sich optische Messverfahren wie die Doppler-Global-Velozimetrie (DGV) an. Im Ergebnis wurde an der TU Dresden erstmals ein DGV-System mit Laserfrequenzmodulation (FM-DGV) erfolgreich eingesetzt.
Dabei wurde eine simultane Mehrpunktmessung der Schallschnelle in einem Kundtschen Staurohr mit einem optimierten FM-DGV-System durchgeführt. Hierbei konnte die Schallschnelle im Frequenzbereich von 800 Hz bis 17 kHz mittels spektraler Auswertung bestimmt werden. Die so gewonnenen Schnelleamplituden unterlagen einer Messunsicherheiten von minimal 3 mm/s, die Messdauer betrug dabei lediglich 10 s (bislang: 60 s mit konventioneller DGV). Weiterhin konnte bei Messungen an einer Düsenströmung mit 100 m/s gezeigt werden, dass die Schallschnelle auch bei überlagerter Strömung prinzipiell mit FM-DGV gemessen werden kann.
Somit werden Perspektiven eröffnet, die Schallschnelle zukünftig in Triebwerksschalldämpfern mit FM-DGV zu messen und damit langfristig zur Reduzierung von Fluglärm beizutragen.

Do. 14:00 hassium 3.02 Aeroakustische Messtechnik

Ein Messverfahren für Vorderkantenschall

E. Sarradj, T. Geyer und J. Giesler
BTU Cottbus

Im Beitrag wird die Anwendung eines Mikrofonarray-Messverfahrens für die Charakterisierung der Schallentstehung an der Vorderkante eines Tragflächenprofils infolge turbulenter Zuströmung beschrieben. Für die Untersuchungen wurde ein Aufbau im aeroakustischen Windkanal verwendet, bei dem die Erzeugung der Turbulenz in der Zuströmung durch den Einsatz verschiedener Gitter erreicht wurde. Um die Schallquellen an der Vorderkante des Tragflächenprofils möglichst genau zu charakterisieren und gleichzeitig von dem am Gitter selbst entstehenden Schall zu trennen, wurden die Messdaten des Mikrofonarrays mit Hilfe eines

Entfaltungsalgorithmus auf einem dreidimensionalen Gitter ausgewertet. Neben dem akustischen Messverfahren werden im Beitrag auch Beispiele für Messergebnisse vorgestellt und diskutiert.

Do. 14:25 hassium 3.02 Aeroakustische Messtechnik

Entwicklung eines akustischen Hohlspiegels mit integriertem Mikrofon-Array

M. Riegel
FKFS, Stuttgart

Zur Messung des von Fahrzeugen abgestrahlten Schalls in Windkanälen mit offenen Messstrecken eignen sich Hohlspiegelmikrofone. Dabei wird das Mikrofon innerhalb des Hohlspiegels so positioniert, dass es im Schnittpunkt der reflektierten einfallenden Schallstrahlen liegt. Sollen mehrere Punkte in der Objektebene vermessen werden (z.B. eine Schallquellenortung durchgeführt werden), so muss der Hohlspiegel mit einer Traversiereinrichtung vor der Messfläche verschoben werden. Dies ist in der Regel recht zeitaufwändig. Zur Reduzierung des Zeitaufwandes kann in der Bildebene statt des einzelnen Mikrofons auch ein Mikrofonarray eingesetzt werden. Eine Traversierung des Spiegels ist dann nicht mehr nötig.
Der Beitrag zeigt die konstruktive Auslegung eines solchen Array-Hohlspiegels und die technische Umsetzung des Konzeptes sowie erste Messergebnisse.

Do. 14:50 hassium 3.02 Aeroakustische Messtechnik

Zur Problematik des Eigengeräusches von Aeroakustik-Fahrzeugwindkanälen

R. Blumrich und O. Beland
FKFS, Stuttgart

Fahrzeugwindkanäle haben bei Betrieb eine Vielzahl von Schallquellen, die aeroakustische Untersuchungen an Fahrzeugen beeinträchtigen. Hierbei spielen die aerodynamischen Schallquellen des Windkanals eine wichtige Rolle, während der Eintrag der übrigen Schallquellen sich in der Regel relativ leicht reduzieren lässt. Aeroakustische Quellen sind u. a. der Ventilator, Siebe, der Kollektor und eventuell die Düse. Jedoch auch der Messstreckendiffusor kann hierbei eine Rolle spielen. Jede dieser Quellen hat Ihre eigene Problematik und muss auf spezielle Art und Weise modifiziert werden, um den Gesamtgeräuschpegel zu senken. So zeigt sich zum Beispiel, dass die Standardberechnung der Durchgangsdämpfung beim Messstreckendiffusor in bestimmten Frequenzbereichen versagt. Am Beispiel von einzelnen Komponenten des Fahrzeugwindkanals soll die Problematik und die Möglichkeit der Geräuschreduzierung gezeigt und diskutiert werden.

Do. 15:15 hassium 3.02 Aeroakustische Messtechnik

Beitrag verschiedener Strömungsgeräuschquellen zum Kabinenlärm

N. Hu[a], H. Buchholz[a], C. Spehr[b] und S. Haxter[b]
[a] *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Braunschweig;*
[b] *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Göttingen*

Der Kabinenlärm im Reiseflug ist ein entscheidender Faktor für den Flugpassagierkomfort, den es im Zuge wachsender Bemühungen zur Komfortsteigerung näher zu analysieren gilt. Rumpfgrenzschicht, Triebwerke und Klimaanlage werden als die drei Hauptverursacher von strömungsinduziertem Schalleintrag in die Kabine gesehen. Zur Untersuchung der relativen Bedeutsamkeit dieser Quellen und der Identifizierung von Hauptübertragungswegen in die Kabine wurden im Rahmen des LuFo IV Projektes SIMKAB (Simplifizierte Kabine) Flugversuche mit dem Testflugzeug A320-232 ATRA des DLR durchgeführt. Flughöhen, Fluggeschwindigkeiten, Triebwerks- und Klimaanlagenbetriebszustände wurden dergestalt gewählt, dass sich die Einzelbeiträge der verschiedenen Schallquellen in unterschiedlichen Flugsituationen zumindest teilweise voneinander isolieren lassen. Die umfangreiche Instrumentierung des Versuchsträgers umfasste u.a. in Längsrichtung in der Kabine installierte Mikrofonreihen. Der vorliegende Beitrag konzentriert sich in der Hauptsache auf die Auswertung dieser in axialer Richtung gemessenen Mikrofonsignale und dabei v.a. auf breitbandige Geräuschanteile, d.h. den Schalleintrag durch die Rumpfgrenzschicht, den Triebwerksstrahl sowie das Strömungsgeräusch von Klimaanlagenrohrkomponenten. Ein wesentliches Ergebnis ist, dass die Geräuschbelastung durch den Triebwerksstrahl zum Heck hin stetig zunimmt und nicht etwa ein Maximum an einer bestimmten axialen Position in der Kabine auftritt. Im vollständigen Konferenzbeitrag werden die Bedeutsamkeit der einzelnen Schallquellen in der Kabine, die Geräuschentwicklung in axialer Richtung sowie Schallpegel-Geschwindigkeitsbeziehungen dargestellt und diskutiert.

Sitzung „Sprachakustik in der Telekommunikation“

Do. 8:30 germanium 3.03 Sprachakustik in Telekommunikation

New Developments Improving Speech Quality in Mobile Phones

M. Lepage, S. Poschen und F. Kettler
HEAD acoustics GmbH

The mass market of mobile phones is a clear technology driver today due to the huge investments in mobile communication and the very short life cycle - or better the short use time - of mobile phones. The implemented technologies seem to be much more dynamically changing compared to the market of terminals for typical in-house use. New technologies like two microphone solutions, new algorithms such as speech enhancement and noise reduction in both, sending and receiving direction, and

- last but not least - the migration toward wideband transmission can be seen today. On the other hand, these new developments are also challenging for measurement technique, providing appropriate analysis tools and also suggest reasonable limits for implemented parameters. A state-of-the-art noise reduction algorithm should for example not attenuate the transmitted background noise as much as possible - it should provide a ”balanced” speech and noise quality. This contribution discusses typical test results on narrowband and wideband mobile phones and discusses state-of-the-art performance.

Do. 8:55 germanium 3.03 Sprachakustik in Telekommunikation

Internetumfrage zur Wahrnehmung heutiger Telefonkonferenzen im geschäftlichen Umfeld

J. Skowronek
Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin

In vielen Geschäftsbereichen sind Telefonkonferenzen zwischen mehr als zwei Gesprächspartnern Teil des normalen Arbeitstages. Befragt man Teilnehmer solcher Konferenzen über ihre Erfahrung, so werden oft schlechte Sprachqualität, hohes Maß an Konzentrationsaufwand und schwierige Kommunikation erwähnt. Um derartige informelle Beobachtungen mit quantitativen Daten zu stützen, wurde eine Internet-Umfrage mit Personen durchgeführt, die in ihrem Beruf Telefonkonferenzen durchführen. Teilnehmer wurden nach ihren Erfahrungen bezüglich Beeinträchtigungen und positive Aspekten von Telefonkonferenzen befragt, wobei sowohl die wahrgenommene Qualität als auch kommunikative Aspekte angesprochen wurden. In diesem Konferenzbeitrag werden Durchführung und Ergebnisse der Umfrage vorgestellt, sowie Schlussfolgerungen hinsichtlich zukünftiger Experimente zur Beurteilung der Qualität von Telefonkonferenzsystemen gezogen.

Do. 9:20 germanium 3.03 Sprachakustik in Telekommunikation

Cultural differences of speech quality perception in the presence of background noise

H.W. Gierlich, J. Reimes und G. Mauer
HEAD acoustics GmbH

During the last years the objective judgment of speech quality in the presence of background noise has gained more and more interest. Especially in wideband terminals the quality of the transmitted speech is of major importance in order to provide superior quality experience to the user. Since most of conversations today are made in the presence of background noise especially the performance of noise cancellation algorithms is getting more and more important. An objective model describing a procedure of predicting the speech quality in background noise is described in the ETSI standard EG 202 396 3. However, recently more and more discussions were raised regarding the prediction performance of the algorithm described in the ETSI standard. A very interesting

aspect in these discussions is the dependence of auditory judgements on the cultural background of the test panels. In order to further investigate the cultural influence a variety of auditory tests were performed. Of special interest are auditory tests which were conducted in different countries and/or cultural environments using the same data for conducting the listening tests. The contribution will discuss the differences as they can be expected in different cultures and ways to address these differences in objective test procedures.

Do. 9:45 germanium 3.03 Sprachakustik in Telekommunikation

Über den Zusammenhang zwischen Wahrnehmungsraum und Qualität

M. Wältermann[a], A. Raake[b] und S. Möller[a]
[a] *Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin;* [b] *Assessment of IP-based Applications, T-Labs, TU Berlin*

Die Wahrnehmung eines physikalischen Ereignisses, z.B. eines Schalls, ist im Allgemeinen mehrdimensional. Das Wahrnehmungsereignis lässt sich demnach als ein Punkt im Wahrnehmungsraum darstellen. Aussagen über die Qualität eines Wahrnehmungsereignisses erfordern nach allgemein akzeptierter Vorstellung einen Vergleich zwischen Wahrgenommenem und einer internen Referenz, die die gewünschte Beschaffenheit des Wahrgenommenen beschreibt, also die Erwartung.

Die Trennung zwischen Wahrnehmungsraum und Qualität wirft die Frage nach einer geeigneten Abbildungsfunktion auf. Es ist vorstellbar, dass die Qualität proportional zum Abstand zwischen Wahrnehmungsereignis und einem idealen Punkt im Wahrnehmungsraum abnimmt (Idealpunktmodell). Ein alternatives Modell basiert auf der Annahme eines ”Qualitätsvektors” im Wahrnehmungsraum: Qualität ist hier proportional zu der Projektion eines Punktes im Wahrnehmungsraum auf diesen Vektor (Vektormodell). Die Modellannahmen können für jede Wahrnehmungsdimension verschieden sein.

Diese von J. D. Carroll vereinheitlichten Modellvorstellungen werden in diesem Beitrag rekapituliert und an einem Beispiel aus der Sprachübertragung erläutert. Es zeigt sich, dass das Vektormodell als Spezialfall des Idealpunktmodells aufgefasst werden kann, mit einem Idealpunkt im Unendlichen. Daraus ergeben sich jedoch unterschiedliche Implikationen bezüglich der Referenz: Diese ist impliziter Bestandteil des Idealpunktmodells und - zumindest konzeptionell - unbestimmt im Vektormodell. Dies lässt wiederum Hypothesen über grundlegende Eigenschaften eines universellen Qualitätskontinuums zu.

Do. 10:10 germanium 3.03 Sprachakustik in Telekommunikation

Intelligibility Assessment of a System for Artifical Bandwidth Extension of Telephone Speech

F. Heese, B. Geiser und P. Vary
Institute of Comm. Systems and Data Proc. (IND), RWTH Aachen

Techniques for artificial bandwith extension (ABWE) aim to extend the limited audio bandwith (0.3 kHz - 3.4 kHz) of current narrowband telephone systems towards the wideband frequency range (0.3 kHz - 7 kHz). Several previous studies already report a consistent quality advantage of the enhanced signals over narrowband speech. In this contribution we want to evaluate an ABWE algorithm under realistic conditions and assess its impact on the speech intelligibility.

In a first step, the parameter settings of a given ABWE algorithm (more than 200 possible parameter combinations) have been optimized by using instrumental speech quality measures such as the (differential) log spectral distortion (LSD). Then, to subjectively evaluate the identified algorithm configuration, a listening test (modified rhyme test) has been conducted. Therefore, real narrowband telephone recordings and their processed ABWE version have been used. In addition realistic background noise environments (e.g., babble noise and car noise) have been created. The test stimuli have been encoded with the ITU-T G.722 codec and presented to the subjects using standard DECT+/CAT-iq wideband handsets under controlled conditions. An improved speech intelligibility was found in noisy environments. The results of the intelligibility test are, for reference, compared with objective speech intelligibility measurements.

Do. 14:00 germanium 3.03 Sprachakustik in Telekommunikation

Vorhersage des Einflusses verzögerter Telefonverbindungen auf Konversationsfluss und wahrgenommene Sprachqualität

A. Raake[a], K. Schoenenberg[b], S. Egger[c] und R. Schatz[c]
[a] *Assessment of IP-based Applications, T-Labs, TU Berlin;* [b] *Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin;* [c] *FTW Forschungszentrum Telekommunikation Wien GmbH*

Die Auswirkungen von Übertragungsverzögerung auf die Benutzung eines Telefondienstes ist zweifach: (1) bei z.B. akustischen Reflexionen auf der Empfangsseite kann ein Sprecherecho entstehen; (2) der Kommunikationsfluss wird gestört. Dieser Beitrag befasst sich mit Aspekt (2) und untersucht den Einfluss von Verzögerung auf Konversationsfluss und die wahrgenommene Sprachqualität.

Bei einem Telefongespräch übermitteln die beiden Kommunikationspartner Inhalte in sprachakustischer Form. Dabei resultieren Inhalt und Form der einzelnen Konversationsabschnitte aus dem grundsätzlichen Inhalt des Gesprächs, dem jeweiligen sprachlichen Verhalten der beiden Teilnehmer und ihrer Interaktion. Eine verzögerte Übertragung wirkt sich nicht auf das beim Hörer eintreffende akustische Signal aus, allerdings

auf den Ablauf der Konversation. Je nach Art der Konversation sind in unterschiedlichem Ausmaß die formale oder die inhaltliche Struktur betroffen, die zudem nicht unabhängig sind.
Auf Basis von Konversationstests zeigt der Beitrag, dass sich die Oberflächenstruktur von ”natürlichen” Telefongesprächen bei Verzögerungen wenig ändert, da die Versuchspersonen versuchen ihren Sprachrhythmus beizubehalten. In stärker strukturierten Konversationen ist dies nicht mehr möglich. Es wirkt sich dabei deutlich auf die Qualitätsurteile aus, wenn die Teilnehmer keine strukturelle Möglichkeit der Kompensation haben. Auf Grundlage der Testergebnisse wird ein Modell vorgeschlagen, das anhand des Verhaltenstypus der Teilnehmer, der Interaktivität der Konversationsaufgabe und der Übertragungsverzögerung Sprachqualitätsurteile sowie Konversationsperformanz vorhersagt.

Do. 14:25 germanium 3.03 Sprachakustik in Telekommunikation

Entwicklung eines auditiven Verfahrens zur Evaluation synthetisch erzeugter Hörbücher

F. Hinterleitner[a], G. Neitzel[a], S. Möller[a] und C. Norrenbrock[b]
[a] *Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin;* [b] *Digitale Signalverarbeitung und Systemtheorie, CAU Kiel*

Die großen Fortschritte der letzten Jahre in der Entwicklung von Sprachsynthesesystemen hat dazu geführt, dass synthetische Sprache Teil unseres Alltags geworden ist. Bereits jetzt werden Text-to-Speech (TTS) Systeme zum Vorlesen von Emails oder SMS verwendet. Die wachsende Beliebtheit von Hörbüchern und deren langwieriger Aufnahmeprozeß legt es nahe selbst auf diesem Gebiet synthetisch erzeugte Sprache einzusetzen. Im Gegensatz zur Synthese einzelner Sätze sind bei der Synthese ganzer Bücher neben Natürlichkeit und Prosodie weitere Qualitätsaspekte von Bedeutung. Als wie anstrengend empfindet der Hörer den vorgelesenen Text? Ist das System in der Lage den Tonfall der Situation anzupassen? Dieser Artikel präsentiert ein auditives Verfahren, das speziell zur Evaluation synthetisch erzeugter Hörbücher entwickelt wurde. Zur Validierung des Verfahrens wurde ein Hörversuch durchgeführt bei dem Passagen aus 10 Büchern von den TTS-Systemen IVONA und CereProc synthetisiert und anschließend von Versuchspersonen auf 11 Skalen bewertet wurden. Eine Faktorenanalyse der Ergebnisse ergab zwei relevante Qualitätsdimensionen. Diese erfassen den ”Hörgenuß” sowie die ”Prosodie”. Die im Hörversuch erfaßten Daten sollen in Zukunft dazu dienen die Entwicklung von Qualitätsvorhersagemodellen für synthetische Sprache weiter voranzutreiben. Insbesondere die Möglichkeit zur Vorhersage einzelner Qualitätsdimensionen wäre ein für Entwickler von TTS-Systemen wichtiges Instrument.

Do. 14:50 germanium 3.03 Sprachakustik in Telekommunikation

On Prosodic Quality of Text-to-Speech Signals

C. Norrenbrock[a], F. Hinterleitner[b] und U. Heute[a]
[a] *Digitale Signalverarbeitung und Systemtheorie, CAU Kiel;* [b] *Deutsche Telekom Laboratories, TU Berlin*

We will present a pilot study of the question to what extent prosodic quality aspects in synthesized speech signals could be captured by F0-related parameters only. Although the relation between a given F0 contour and its time-varying perceptual relevance is highly nontrivial, we find that a substantial part of the mean subjective quality impression, determined from an auditory test comprising a broad quality space, can be explained by the joint evaluation of formal prosodic parameters. The results highlight the feasibility of instrumental assessment techniques of TTS quality. The decision about the applicability of TTS systems for telecommunication services could thus be simplified in the future.

Do. 15:40 germanium 3.03 Sprachakustik in Telekommunikation

A Modified Overlap-Add Filter Bank With Reduced Delay

J. Withopf, L. Jassoume, G. Schmidt und A. Theiß
Digitale Signalverarbeitung und Systemtheorie, CAU Kiel

Filter bank structures are often realized by a sliding window short-time Fourier transform (STFT) as analysis stage. Depending on the method that is used for the signal synthesis, these filter banks are categorized as overlap-add (OLA) or overlap-save (OLS) filter banks. Since both methods have their own advantages and drawbacks, we propose a trade-off between them that helps to reduce the signal delay. A design procedure for analysis and synthesis window is shown and the performance of the filter bank is evaluated.
The proposed filter bank has been successfully applied and tested for in-car communication systems and breathing masks for firefighters. In both applications, only a small signal delay can be tolerated.

Do. 16:05 germanium 3.03 Sprachakustik in Telekommunikation

Simulation of Non-linear Echo Characteristics of Terminals

R. Serafimov und F. Kettler
HEAD acoustics GmbH

Delay and echo disturbances are likely the most dominant quality degradation factors in modern telecommunication scenarios. The use of echo compensation in terminals like mobile devices and IAD (Integrated Access Devices) with wireless phones (DECT terminals) is mandatory today in order to provide high speech quality. Miniaturization and the use of low priced components often introduce non-linearities which cannot be appropriately handled by echo cancellation, neither in terminals nor in IAD's. Consequently an appropriate simulation of such echo components is necessary in order to provide realistic testing capabilities for echo cancellers to verify performance in such scenarios. Different

sources of non-linearities such as loudspeaker distortions, housing vibrations and of course the linear part modeled by impulse responses in terminals are discussed in this contribution. A simulation model is derived and fed with objective measurement data from existing terminals to cover the most im-portant sources of non-linearities.

Do. 16:30 germanium 3.03 Sprachakustik in Telekommunikation

Real-time implementation of an adaptive beamformer-postfilter system

C. Lüke, J. Bajorat, N. Eiselt und G. Schmidt
Digitale Signalverarbeitung und Systemtheorie, CAU Kiel

The presented system consists of a beamformer and a postfilter. The beamformer is based on the well-known generalized side lobe canceller structure and features several extensions. The postfilter is a modified Wiener filter. Special emphasis is on extracting information about interfering signals within the side-lobe path and on the (frequency-selective) control of the adaptive blocking matrix and the interference cancellation. A signal-to-interference ratio (SIR) estimation with maximum and minimum tracking was implemented to allow a frequency-selective adaptation of the blocking matrix. The absence of any desired speaker is reliably detected by a criterion based on a smoothed instantaneous SIR estimate. The postfilter features several extensions compared to the original Wiener filter such as comfort noise and adaptive overestimation of noise and interference components in order to improve its performance in real-world applications. Furthermore, a technique called modal subspace decomposition was implemented to improve the control of the beamformer even further.

Sitzung „Adaptronische Ansätze zur Lärm- und Schwingungsminderung“

Do. 8:30 radon 3.05 Adaptronische Ansätze

Die zweite Projektphase des LOEWE-Zentrums AdRIA

J. Bös[a], T. Bein[b] und H. Hanselka[a,c]
[a] *TU Darmstadt, Systemzuverlässigkeit und Maschinenakustik SzM;* [b] *LOEWE-Zentrum AdRIA, Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt;* [c] *Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt*

Im Sommer 2011 wurde die zweite Projektphase (”Betriebsphase”) des LOEWE-Zentrums AdRIA (Adaptronik - Research, Innovation, Application) mit einer Laufzeit von drei Jahren bewilligt. Das LOEWE-Zentrum AdRIA 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.

Die erste Projektphase (”Aufbauphase”) konnte mit einer erfolgreichen Zwischenbegutachtung im Frühjahr 2011 abgeschlossen werden. Nun steht im Fokus der Betriebsphase die konsequente Fortsetzung der intensiven Vernetzung zwischen den interdisziplinären Projektpartnern, der begonnenen Arbeiten hin zu produktnahen Prototypen, der Erarbeitung von Grundlagen sowie der Maßnahmen zur Verstetigung dieses Themengebietes am Forschungsstandort Darmstadt durch intensive Industriekooperationen und zusätzlich eingeworbene Drittmittel.
Dieser Beitrag gibt einen kurzen Rückblick auf einige der bisher in der Aufbauphase erzielten Projektergebnisse und einen ausführlichen Überblick auf die für die Betriebsphase geplanten Aktivitäten. In den drei sog. Leitprojekten ”Adaptives Auto”, ”Leises Büro” und ”Adaptive Tilger” und in den nunmehr neun Technologiebereichen sollen die in der Aufbauphase entwickelten Technologien in der Betriebsphase an realitätsnahen Demonstrationsstrukturen erprobt, weiterentwickelt und praxistauglich gemacht werden.

Do. 8:55 radon 3.05 Adaptronische Ansätze

Schwingungsreduzierung am Stabtragwerk mit aktiven virtuellen Tilgern

C. Sabirin
Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt

Um Schwingungen von Strukturen wie Brücken oder Maschinenbetten zu mindern, werden häufig Tilger verwendet. Passive mechanische Tilger sind auf eine feste bestimmte Frequenz abgestimmt und können deshalb nicht in Anwendungen mit veränderlicher Anregungsfrequenz eingesetzt werden. Adaptive mechanische Tilger bieten die Möglichkeit, die Resonanz einer sich ändernden Erregerfrequenz anzupassen. Der Frequenzbereich des adaptiven mechanischen Tilgers ist dennoch begrenzt, weil die Aktoren in ihrem Arbeitsbereich zur Adaptierung des Tilgerfrequenz einen gewissen Aussteuerbereich haben. Unterschiedliche Harmonische bei tonalen Anregungen müssten von mehreren adaptiven mechanischen Tilgern abgedeckt werden. Die Funktionen können stattdessen von einem einzigen virtuellen Tilger übernommen werden. Hierbei werden Aktoren zur Kraftgenerierung eingesetzt, die Kompensationskräfte entsprechend einer Wirkung von Tilgern ausübt, daher der Begriff virtueller Tilger. Die Funktionsweise der virtuellen Tilger wird an einem Stabtragwerk getestet, welches stellvertretend für verschiedene Leichtbaustrukturen steht. Hierzu wird an jedem der vier Lagerungspunkte des Stabtragwerks ein Inertialerreger eingebaut. Die Inertialerreger werden durch eine Echtzeit-Steuerelektronik geregelt, so dass die Inertialerreger mit einem bestimmten Tilgungseffekt entsprechend eines Tilgers mit adaptierbarer Tilgungsfrequenz (Tilgersteifigkeit und -masse) und Dämpfung wirken. Bei einer tonalen Anregung des Stabtragwerks mit veränderlicher Anregungsfrequenz werden die Effekte der virtuellen

Tilger zur Schwingungsreduzierung und ihrer Wechselwirkung zueinander untersucht, sowohl bei statischer als auch bei dynamischer Anregung.

Do. 9:20 radon 3.05 Adaptronische Ansätze

Umsetzung und Erprobung von aktiven Lagern im Fahrwerksbereich

H. Atzrodt, T. Drögemüller, C. Klein, J. Millitzer und B. Seipel
Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt

Die Innenraumakustik in einem Fahrzeug wird unter anderem durch die Fahrbahnanregung beeinflusst. Das Rollgeräusch wird dabei über die Reifen und Fahrwerkskomponenten in die Fahrzeugkarosserie eingeleitet. Werden Fahrwerkskomponenten mittels aktiver Lager von der Karosserie entkoppelt, ist eine Reduktion des Schalldruckes im Innenraum zu erwarten.

In diesem Beitrag soll die komplette Entwicklungskette von der Simulation bis zur Erprobung im Fahrzeug von aktiven Lagern dargestellt werden. Anhand von numerischen Untersuchungen konnte das Konzept überprüft, die Designparameter für das aktive Lager ermittelt, die Regelung erprobt und die mögliche Performance abgeschätzt werden. Mit diesen Ergebnissen wurde ein erster konstruktiver Entwurf umgesetzt und umfangreich getestet. In den aktiven Lagern werden piezokeramische Aktoren eingesetzt, die auch im höheren Frequenzbereich die Schwingungen und somit den Schalldruck im Fahrzeuginneren reduzieren können.

Nachdem alle Anforderungen an die aktiven Lager erfüllt wurden, konnte der Einbau von vier aktiven Lagern in ein Versuchsfahrzeug erfolgen. Die Signalverarbeitung, Regelung und die Verstärker wurden für den Einsatz im Fahrzeug vorbereitet und an das Bordnetz angeschlossen. In Versuchen auf einem Prüfstand und bei Fahrten auf einer Teststrecke wurde die Performance der aktiven Lager ermittelt und die Wirksamkeit erfolgreich nachgewiesen.

Do. 9:45 radon 3.05 Adaptronische Ansätze

Aktive Schwingungs- und Schallreduktion am Verbrennungsmotor

S. Ringwelski[a], M. Zornemann[b], T. Luft[b], U. Gabbert[a] und R. Kasper[b]
[a] *O.-v.-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Mechanik;* [b] *O.-v.-Guericke-Universität Magdeburg, Inst. für Mobile Systeme*

Der Beitrag gibt einen Überblick über die Ergebnisse des Teilprojekts ”Aktive Schwingungs- und Schallreduktion”, das in den letzten Jahren im Rahmen des Verbundprojekts ”COmpetence in MObility” an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg bearbeitet wurde. Im ersten Teil der Arbeit wird die für die Auslegung eines aktiven Systems zur

Schwingsungs- und Schallreduktion angewandte Vorgehensweise vorgestellt. Hierfür werden Simulationsergebnisse eines Rumpfmotors präsentiert. Anschließend wird erläutert, wie auf einer Ölwanne, die aufgrund ihrer flächigen Struktur einen dominierenden Strahler am Motor darstellt, optimale Aktorpositionen bestimmt werden. Darauf folgend wird die experimentelle Erprobung des entwickelten Designs einer aktiven Ölwanne an einem Labordemonstrator und an einem befeuerten Motor zusammenfassend dargestellt. Im zweiten Teil der Arbeit wird die Entwicklung eines aktiven Motorlagers beschrieben. Zunächst werden die im Motorbetrieb auftretenden Störsignale betrachtet, die aus Verbrennungsvorgängen sowie den Massenträgheitskräften der bewegten Bauteile resultieren. Danach wird der Frage nach einer geeigneten Konstruktion für das aktive Interface nachgegangen. Den Anforderungen an eine Aktorlagerung zur Reduktion der dynamischen Kraftanteile wird dabei die Forderung nach großen zulässigen Lagereinfederwegen wie sie im Leerlaufbetrieb oder bei Lastwechselschlägen auftreten, gegenübergestellt. Im abschließenden Teil des Beitrags werden Ergebnisse eines Gesamtdemonstrators präsentiert, der die Wirkung aller entwickelten aktiven Konzepte unter Nutzung einer einheitlichen Ansteuerung vereint.

Do. 10:10 radon 3.05 Adaptronische Ansätze

Experimentelle Sensitivitätsanalyse eines aktiven Struktursystems mittels Optimal Design

Y. Li[a], T. Pfeiffer[b], J. Nuffer[b], J. Bös[c] und H. Hanselka[b,c]

[a] *Fachgebiet SzM, LOEWE-Zentrum AdRIA;* [b] *Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt;* [c] *TU Darmstadt, Systemzuverläss. und Maschinenakustik SzM*

In vielen Anwendungsfällen bieten sich aktive Maßnahmen als eine geeignete Lösung für die Reduktion der Strukturschwingung und dadurch die Reduktion der Schallabstrahlung an. Ein aktives System hat oft eine komplexe Systemstruktur, in der unterschiedliche Komponenten vernetzt sind. Die Einflüsse dieser unterschiedlichen Komponenten auf die Systemperformance und -zuverlässigkeit sowie die Wechselwirkungen zwischen diesen Komponenten sind oft nicht direkt erkennbar. Die Identifizierung und Bewertung der Effekte auf die Systemleistung und der Wechselwirkungen unterschiedlicher Systemparameter eines komplexen aktiven Systems kann durch eine Sensitivitätsanalyse erfolgen. Die experimentelle Sensitivitätsanalyse mittels klassischen DoE-Designs verwendet normalerweise vollfaktoriellen Versuchspläne. Dies garantiert eine vollständige Trennung aller Effekte und Wechselwirkungen im Ergebnis der Sensitivitätsbewertung. Allerdings ist der Versuchsaufwand dabei oft sehr hoch und nimmt mit zunehmender Anzahl der Parameter exponentiell zu. Unkonventionelle experimentelle Designs bieten die Möglichkeit, den Versuchsaufwand stark zu reduzieren und trotzdem eine gute Qualität des Ergebnisses der Sensitivitätsbewertung

zu gewährleisten. In diesem Beitrag wird eine experimentelle Sensitivitätsanalyse eines aktiv schwingungsreduzierenden Struktursystems mittels eines unkonventionellen experimentellen Designs, eines D-Optimal Designs, vorgestellt. Ein Vergleich mit klassischem vollfaktoriellen Design im Bezug auf den Versuchsaufwand und die Qualität des Ergebnisses wird dargelegt.

Do. 14:00 radon 3.05 Adaptronische Ansätze

Ein numerischer Demonstrator zur Erprobung adaptronischer Wolfston-Unterdrückungskonzepte

J. Tschesche[a], C. Thyes[a], J. Bös[b] und H. Hanselka[b,c]
[a] *LOEWE-Zentrum AdRIA, Fachgebiet SzM, TU Darmstadt;* [b] *TU Darmstadt, Systemzuverläss. und Maschinenakustik SzM;* [c] *Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt*

Bei Streichinstrumenten können akustische Phänomene auftreten, die den Klang des Instruments negativ beeinflussen. Diese äußern sich beispielsweise durch starke Schwebungen des Klangs oder quietschende Töne und werden Wolfstöne genannt. Bisherige passive Lösungsansätze können das gesamte Klangbild beeinträchtigen. Alternativ existieren erste adaptronische Konzepte zur Unterdrückung des Wolfstons. Um diese Konzepte zu erproben, wurde am LOEWE-Zentrum AdRIA ein numerisches Modell entwickelt, mit dem ein Wolfston simulativ erzeugt werden kann. Das Modell bildet eine Platte ab, die über einen Steg mit einer einzelnen Saite gekoppelt ist. Die Saite kann zu Schwingungen angeregt werden, die sich dann über den Steg auf die Platte fortpflanzen und als Luftschall abgestrahlt werden. Dieses System lässt sich so abstimmen, dass eine charakteristische Schwebung entsteht, die für einen Wolfston typisch ist. Am Beispiel des Demonstrators wird der Wolfston phänomenologisch erklärt, und mögliche Maßnahmen zu dessen Unterdrückung werden aufgezeigt. Abschließend werden Simulationsergebnisse von Unterdrückungssystemen vorgestellt, welche die prinzipielle Funktion des Demonstrators validieren.

Do. 14:25 radon 3.05 Adaptronische Ansätze

Interaktion eines adaptiven Helmholtz-Resonators mit Hohlraumschwingungen einer Kavität

T.B. Klaus und O. Heuss
LOEWE-Zentrum AdRIA, Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt

Helmholtz-Resonatoren (HR) werden zur Beeinflussung des Luftschalls eingesetzt. In Analogie zu mechanischen Tilgern mindern sie monofrequent den Schalldruck. Um die Tilgungswirkung bei variablen Frequenzen zu ermöglichen wird der HR adaptiv ausgelegt. Unterschiedliche Tilgungsfrequenzen werden durch eine gezielte Beeinflussung geometrischer Parameter, die Auswirkung auf die Masse und die Steifigkeit des Resonators haben, erreicht. Die Einstellung des realisierten HR erfolgt durch einen axial verstellbaren Kolben. Auf diese Weise ist es möglich

die Steifigkeit des HR zu variieren und somit die Tilgungsfrequenz variabel einzustellen. In ihrer Wirkung als Tilger nehmen HR Einfluss auf das Eigenverhalten des Schallfeldes im Raum. Dieser Effekt kann sowohl durch FE-Simulationen als auch durch experimentelle akustische Modalanalysen charakterisiert werden. Untersucht wird die Wirkung eines HR auf die Hohlraumschwingungen in einer quaderförmigen Kavität. Diese stellt, mit ihren schallharten Wänden, die Abstraktion eines realen Raumes dar. Nach der Vorauslegung des Gesamtsystems wird ein adaptierbarer HR an die Kavität appliziert und dessen Rückwirkung auf das Schallfeld bestimmt. Der Innenraum ist hierbei mit Mikrofonen ausgestattet um die Beeinflussung der Hohlraummoden zu erfassen und einen Abgleich mit den Simulationen zu ermöglichen. Mit dieser Erkenntnis ist es nun möglich das Schallfeld mit adaptierbaren HR zu untersuchen.

Do. 14:50 radon 3.05 Adaptronische Ansätze

Regelung mechanischer Impedanzen mit Hilfe interner Modelle

T. Kletschkowski und D. Sachau
Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

Die aktive Regelung schwingungsfähiger Systeme ermöglicht es nicht nur, ungewünschte Störungen zu eliminieren. Vielmehr gelingt es auch, das dynamische Verhalten physikalisch nicht vorhandener Strukturelemente durch echtzeitfähige Simulationsmodelle nachzubilden. Auf diese Weise ist es möglich, zum Teil großen Originalsystemen entstammende kleinere Strukturelemente derart in Testumgebungen zu integrieren, dass sich diese hinsichtlich ihres dynamischen Verhaltens nicht vom ursprünglichen Einbauzustand unterscheiden. Das hierfür notwendige prinzipielle Vorgehen wird am Beispiel eines biegelastischen Krag-Balkens unter harmonisch veränderlicher Einzellast diskutiert, wobei es durch aktive Regelung der Anbindungs-Impedanz bei instantaner Messung von Kraft und Schnelle möglich ist, verschiedene Lagerungen nachzubilden. Die Echtzeit-Regelung auf Basis interner Modelle der Übertragungsstrecken erfolgt im Frequenzbereich unter Verwendung eines Rapid-Control-Prototyping-Systems mit dessen Hilfe ein elektrodynamischer Schwingungserreger betrieben wird. Die Qualität der mit diesem Vorgehen im Versuch erzielten Ergebnisse wird am Beispiel der freien und am Beispiel der gelenkigen Lagerung für niederfrequente Schwingungen im Bereich der ersten und zweiten Eigenschwingungsform diskutiert.

Do. 15:40 radon 3.05 Adaptronische Ansätze

Simulation Environment For FPGA-based Sensor-Actuators for Active Vibration Control

F. Philipp[a], F. Samman[b] und M. Glesner[a]

[a] *TU Darmstadt;* [b] *TU Darmstadt, FG Integrierte Elektronische Systeme*

In order to keep the computational latency within the domain of real-time constraints, a low latency signal processing unit is essential for a complex distributed active vibration control system. In a decentralized scenario, where multiple control units are spatially deployed on structures, high performance computing units could furthermore compensate delays induced by the communication between the control units. However, processing and communication delays of classical systems are difficult to precisely estimate and complicate the optimisation of the system. An efficient model of the system is required accordingly. FPGA devices are highly suitable for such scenarios because multiple computing units can be concurrently implemented, leading to higher performance compared to its counterpart, DSP devices. FPGA-based systems can also be quickly modelled simulated within the framework of Matlab/Simulink model and synthesizable high-level blocksets and tools from third party. When the systems are coupled with accurate propagation and acquisition models, the whole system can be evaluated with high precision. Such environment enables the simultaneous optimisation of the active vibration control algorithm and its implementation, so called architecture-algorithm co-design. Finally, by using the high-level synthesis tools, the hardware design can be directly compiled and transferred to a target platform for in-circuit testing and verification.

Do. 16:05 radon 3.05 Adaptronische Ansätze

Beschleunigungsaufnehmer-Arrays auf Basis von Piezoelektret-Folien zur Realisierung modaler Sensoren: Messung an einer Platte

P. Pondrom[a], L. Stein[b], L. Kurtze[c], J. Hillenbrand[d], J. Bös[c], H. Hanselka[c,e] und G.M. Sessler[d]

[a] *LOEWE-Zentrum AdRIA, Fachgebiet SzM, TU Darmstadt;* [b] *TU Darmstadt, Fachgebiet Regelungstechnik und Mechatronik rtm;* [c] *TU Darmstadt, Systemzuverläss. und Maschinenakustik SzM;* [d] *TU Darmstadt, Institut für Nachrichtentechnik;* [e] *Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt*

Piezoelektrete (auch Ferroelektrete genannt) zeichnen sich durch hohe d_{33}-Konstanten aus und eignen sich sehr gut zur Herstellung von leichten Beschleunigungsaufnehmern mit hoher Empfindlichkeit und einfachem Aufbau. Mit seismischen Massen von 2 g werden typischerweise Empfindlichkeiten von 5 bis 10 pC/*g* bei Resonanzfrequenzen von 3 bis 4 kHz erreicht. Durch das Aufbringen mehrerer Piezoelektret-Beschleunigungsaufnehmer auf flexible Leiterplatten wurden in der vorliegenden Arbeit Arrays hergestellt. Diese wurden auf einer in einen Rahmen fest eingespannten und mit einem elektrodynamischen Shaker angeregten Aluminiumplatte befestigt. Die Platte ist ca. 4 mm dick,

700 mm lang und 600 mm breit. Wegen ihres geringen Gewichts ist der Einfluss der Sensoren auf das Schwingungsverhalten der Platte vernachlässigbar. Durch gewichtete Überlagerung der einzelnen Sensorausgänge werden neue Ausgangssignale generiert, die in einem begrenzten Frequenzbereich dem Einfluss einzelner Schwingungsmoden der Platte entsprechen. Damit können im Frequenzbereich bis 400 Hz die Schwingungsamplitude und die Phasenlage der einzelnen Moden gemessen werden. Der Einsatz solcher modaler Sensoren soll beispielsweise die gezielte aktive Dämpfung von Plattenschwingungen, die zu einer starken Schallabstrahlung führen, vereinfachen. Entsprechende Ergebnisse werden vorgestellt.

Do. 16:30 radon 3.05 Adaptronische Ansätze

Adaptronische akustische Maskierung von Maschinengeräuschen

C. Thyes[a], J. Tschesche[a], J. Bös[b] und H. Hanselka[b,c]

[a] *LOEWE-Zentrum AdRIA, Fachgebiet SzM, TU Darmstadt;* [b] *TU Darmstadt, Systemzuverläss. und Maschinenakustik SzM;* [c] *Fraunhofer-Institut LBF, Darmstadt*

Akustische Maskierung beschreibt die Überdeckung von Geräuschen durch andere Schallereignisse. Sie entsteht im menschlichen Gehör durch die Art und Weise, wie unterschiedliche Frequenzbereiche ausgewertet werden. Im Wesentlichen gibt es zwei Möglichkeiten der Erzeugung von akustischen Maskierungseffekten. Erstens kann das Geräusch in seiner Charakteristik verändert und zweitens von einem Maskierungsgeräusch überdeckt und damit unhörbar werden. Das Maskierungsgeräusch wird dabei in Abhängigkeit vom aktuellen Geräusch erzeugt.

Am LOEWE-Zentrum AdRIA wurde ein Prüfstand zur Simulation von adaptronischer akustischer Maskierung aufgebaut. Am Prüfstand erfolgt die Abstraktion einer realen Maschine über eine mittels elektrodynamischen Schwingerreger zu Schwingungen angeregte Struktur, die Schall abstrahlt. Auf die schallabstrahlende Oberfläche der Struktur wird ein piezokeramischer Wandler nahezu strukturkonform appliziert. Durch ihn können künstlich erzeugte zusätzliche Schwingungen in die schallabstrahlende Oberfläche eingeleitet und so das entstehende Geräusch gezielt beeinflusst und maskiert werden.

Durchgeführte Experimente zeigen, dass vor allem bei tiefen Frequenzen eine Maskierung eines Sinus-Tons mit schmalbandigem Rauschen erreicht werden kann, ohne den Schalldrucksummenpegel wesentlich zu erhöhen.

Sitzung „Auditive Wahrnehmung und multimodale Interaktion 2“

Do. 8:30 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 2

Physiologische und psychologische Reaktionen auf Klang und Vibration am Beispiel von Klangschalen

C. Imbery, T. Biberger, S. van de Par und R. Weber
Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik

Starke Schall- und Vibrationsexpositionen können negativen Einfluss auf den Gesundheitszustand haben. Im Gegensatz dazu zeigt diese Studie an einem Beispiel wie Klang und Vibration zu einem positiven Effekt führen können. Es wird untersucht, wie sich die physiologischen Parameter verhalten, wenn mal akustische Reize (Multitonsignale) und mal akustische und vibratorische Reize dargeboten werden. Die Erfassung von physiologischen Parametern erfolgt bei acht Probanden durch die Ableitung des Hautleitwerts, der Hauttemperatur, der Herzrate und der Atmung. In einer Kontrollmessung werden die physiologischen und psychologischen Reaktionen ohne äußere Reize ermittelt. Während der 45-minütigen Messung liegen die Probanden in einer Hörkabine auf einer Liege. Als Klang- und Vibrationsgeber dienen Klangschalen. Die Vibrationen werden über den Solarplexus oder über die Unterlage eingeleitet. Um den Empfindungszustand jedes Probanden zu ermitteln, findet im Anschluss an jede Messung eine Befragung statt. Im Unterschied zu den erfassten psychologischen Variablen zeigen die gemessenen physiologischen Parameter keine klaren Unterschiede zwischen einer Kontrollsituation und der Situation mit Schall- und Vibrationsdarbietung.

Do. 8:55 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 2

Unterstützen Schall und Vibrationen die Durchführung kognitiver Aufgaben?

T. Biberger[a], M. Bulut[b], C. Imbery[a], A. Kohlrausch[b], S. van de Par[a] und R. Weber[a]
[a] *Universität Oldenburg, Institut für Physik - Akustik;* [b] *Philips Research Europe, Eindhoven*

Menschen sind bei vielen Tätigkeiten, die Aufmerksamkeit erfordern, Schall und Vibrationen ausgesetzt. Diese Arbeit untersucht daher den Einfluss von Musik und Ganzkörpervibrationen auf die Performance bei der Durchführung kognitiver Aufgaben (Stroop Test), während gleichzeitig ein physiologisches und psychologisches Zustandsmonitoring erfolgt. Zunächst werden im Rahmen einer Fragebogenuntersuchung die akustischen Stimuli (Musikstücke) gewonnen. Die zu den Musikstücken kongruenten Vibrationsstimuli werden über ein Probandenexperiment ausgewählt. Sämtliche Experimente finden im Vibrationslabor der Arbeitsgruppe statt. Die akustische Wiedergabe erfolgt über Lautsprecher, und zur Ganzkörpervibrationsanregung wird eine Vibrationsplattform verwendet. Die Probanden führen unter vier verschiedenen Randbedingungen (Ruhe, Musik, Vibration, Musik & Vibration) für jeweils 7 min. Stroop

Tests durch, aus denen Performance-Parameter (Reaktionszeit, Richtigkeitsrate, Anzahl der durchgeführten Tests) abgeleitet werden. Während des Experiments werden zudem physiologische Parameter (Hautleitwert, Temperatur, Herzrate und Respirationsrate) aufgezeichnet, sowie psychologische Daten (Fragebogenfaktoren) erhoben. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden vorgestellt.

Do. 9:20 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 2

Experimente zum zeitlichen Ventriloquismus in audio-visuellen Stimuli

A. Kohlrausch[a], I. Kuling[b], R. van Eijk[b] und J.F. Juola[b]
[a] *Philips Research Europe, Eindhoven;* [b] *Techn. Universität Eindhoven*

Der Begriff des zeitlichen Ventriloquismus beschreibt eine Hypothese bzw. ein Konzept, das seit einigen Jahren in der audio-visuellen Literatur verwendet wird. Ähnlich wie beim räumlichen Ventriloquismus (Bauchrednereffekt) die Richtung eines akustischen Stimulus durch einen gleichzeitig angebotenen visuellen Stimulus beeinflusst wird, wird beim zeitlichen Ventriloquismus der Zeitpunkt der Wahrnehmung eines visuellen Stimulus durch einen kurz vorher oder nachher angebotenen Klick systematisch verschoben. Unsere Experimente zielten darauf ab, diesen Einfluss zu quantifizieren. Zur Messung des Zeitpunktes der Wahrnehmung des visuellen Stimulus griffen wir auf eine Methode aus der Sprachforschung zurück, mit der der perzeptive Anfang von Silben gemessen wird: Aus 5 sequentiellen Markern (visuell, auditiv, oder kombiniert, Zeitabstand 700 ms) wird eine rhythmische Sequenz aufgebaut. Anstelle des mittleren Markers wird ein Teststimulus (identisch mit den Markern, oder unterschiedlich) eingefügt, dessen Anfangszeitpunkt von der Versuchsperson iterativ so eingestellt werden muss, dass die gesamte Sequenz aus Markern und Teststimulus isorhythmisch wahrgenommen wird. Aus dem Vergleich von eingestelltem Zeitpunkt und isorhythmischem Referenzzeitpunkt lassen sich Änderungen bzw. Unterschiede im Wahrnehmungszeitpunkt zwischen Marker- und Testsignalen ableiten, wodurch eine eventuelle zeitliche Verschiebung, im Sinne des zeitlichen Ventriloquismus, gemessen werden kann. Unsere Messungen zeigen solche Verschiebungen von bis zu 40 ms.

Do. 9:45 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 2

Audio-visuelles Training der Schallquellenlokalisation mit manipulierten spektralen Merkmalen

P. Majdak und B. Laback

Institut für Schallforschung, Österr. Akademie d. Wissenschaften

Lokalisation von Schallquellen basiert auf der Auswertung akustischer Merkmalen in den Außenohrübertragungsfunktionen (engl.: head-related transfer functions, HRTFs). Es wird angenommen, dass binaurale Merkmale für die Wahrnehmung der lateralen Auslenkung der Schallquellen und spektrale Merkmale der individuellen HRTFs für die

Wahrnehmung der Schallquellenposition in Vertikalebenen verantwortlich sind. Das auditorische System ist plastisch, um sich an Modifikationen der HRTFs anpassen zu können, wobei die Kortex-gesteuerte Plastizität auf der multimodal gesammelten Information (vorwiegend visuell und propriozeptiv) basiert.
In diesem Vortrag werden Ergebnisse von zwei Lokalisationstrainings unter multimodalen Bedingungen diskutiert. Zuerst wurden die Versuchspersonen untrainiert mit und ohne visuelle Umgebungsinformation getestet. Anschließend wurde ihre Lokalisationsfähigkeit mit eigenen HRTFs in einer visuellen Umgebung trainiert. In einem anderen Experiment absolvierten Versuchspersonen ein ähnliches Training mit zwei verschiedenen Arten der spektralen Modifikation der HRTFs.
Alle Versuchspersonen zeigten Verbesserung der Lokalisationsfähigkeit im Trainingsverlauf. Die Generalisierung der erlernten Fähigkeiten mit eigenen HRTFs deutet auf den Beitrag des prozeduralen Trainings. Die Verbesserung der Lokalisation mit modifizierten HRTFs wird auf die Rekalibrierung des auditorischen Systems zurückgeführt. Die Ergebnisse demonstrieren die Relevanz des audio-visuellen Trainings bei Schallquellenlokalisation und zeigen potentielle Anwendungen, z.B. gezieltes Training bei Hörgeschädigten zur Verbesserung der Lokalisationsfähigkeit mit Hörhilfen.

Do. 10:10 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 2

Experiments on audio-visual room perception: a methodological discussion

H.-J. Maempel
TU Berlin, Fachgebiet Audiokommunikation

There is some tradition of investigating audio-visual interaction effects experimentally. Accordingly, those effects apply many stages of the perception process. Typically, basal stimuli are used in order to shed light on fundamental questions. The investigation of audio-visual room perception seems to be a technological and methodological challenge in particular. There is previous knowledge on the subject, and no clear research strategy seems to have formed up until now. This might be due to specific difficulties inherent to the subject, e.g. the physical and perceptual complexity of real rooms and the incommensurability of auditory and visual measures, as well as to the technology, e.g. limitations in simulating complex opto-acoustic stimuli. Moreover, the latent paradigm of a general or preponderant visual dominance occasionally influences experimental approaches. Firstly, methodological implications of these difficulties are discussed. With regard to the investigation of the audio-visual interaction in room perception, secondly, methodological guidelines are developed and applied to an exemplary experimental design.

Do. 14:00 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 2

Audiovisuelle Integration in Synästhesie

G.R. Szycik, J. Neufeld, C. Sinke, F. Wedegärtner und M. Zedler
Medizinische Hochschule Hannover

Synästhesie ist eine Eigenschaft, bei der Stimuli einer bestimmten sensorischen Modalität (Induktor) zur Wahrnehmungen anderer sensorischen Modalität (Konkurrent) führen. Häufige synästhetische Kopplungen betreffen auditorische und visuelle Modalitäten. Zum Beispiel werden in auditorisch-visueller Synästhesie bestimmte akustische Ereignisse durch die Wahrnehmung von sich oft bewegenden bunten Formen begleitet. So kann Synästhesie als erweiterte sensorische Integration von Induktor und Konkurrent verstanden werden. Dabei stellt sich die Frage bezüglich der Universalität bzw. Exklusivität dieser erweiterten Kopplung bei Menschen mit Synästhesie. Einen guten Zugang zur Erforschung multimodaler Integration stellen dabei bekannte Illusionen dar, die das Zusammenspiel mehrerer sensorischer Modalitäten voraussetzen (McGurk-Effekt und Doppelblitz-Illusion). Die Ergebnisse unserer Verhaltensstudien an Menschen mit Synästhesie zeigen eine geringere Suszeptibilität dieser gegenüber audiovisuellen Illusionen und deuten auf Exklusivität synästhetischer Kopplung zwischen Induktor und Konkurrent hin. Diese Exklusivität scheint ebenfalls unabhängig von Komplexität der Stimuli zu sein (Sprache vs. Sinustöne). Darüber hinaus deuten unsere kernspintomographischen Daten auf die Beteiligung aufmerksamkeitsrelevanter Hirnstrukturen bei synästhetischen Prozessen hin. Dies kann im Sinne einer veränderten Top-Down-Verarbeitung interpretiert werden. Die Konnektivitätsanalyse unserer kernspintomographischen Daten unterstützt diese Hypothese.

Do. 14:25 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 2

Auditory-visual interaction in saccadic eye movements: Theory and applications

H. Colonius[a], R. Steenken[a], L. Weber[b] und A. Diederich[c]
[a] *C.-v.-O. Universität Oldenburg, Institut für Psychologie;* [b] *OFFIS FuE Bereich Verkehr | R&D Division Transportation;* [c] *Jacobs University Bremen*

Multisensory research within experimental psychology has led to the emergence of a number of lawful relations between response speed and various empirical conditions of the experimental setup (spatiotemporal stimulus configuration, intensity, number of modalities involved, type of instruction, and so forth). We present a conceptual framework to account for the effects of visual-auditory stimulation on response speed. Here we focus on modeling saccadic reaction time as a measure of orientation performance toward cross-modal stimuli. The central postulate is the existence of a critical ”time-window-of-integration” (TWIN) controlling the combination of information from different modalities. It is demonstrated that a few basic assumptions about this timing mechanism imply a

remarkable number of empirically testable quantitative predictions including computation of a Bayes-optimal time window size. An application of the approach to the development of a virtual driver assistance system will be demonstrated.

Do. 14:50 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 2

The human auditory system concurrently maintains contradictory predictions on expected acoustic events

A. Widmann, M. Pieszek und E. Schröger
Universität Leipzig, Institut für Psychologie

It has been shown in several fields that human perception employs generative predictive processing of expected sensory events to save resources, to speed up information processing and to separate relevant from irrelevant information. In audition, expectations are, e.g., built from acoustic regularities (as revealed by the Mismatch Negativity event-related brain potential; MMN; ERP) as well as from visual symbolic information on upcoming acoustic events (as revealed by the Incongruency Response ERP; IR). In the present study we show that predictive information derived from different source channels is not only processed in a cumulative way, as IR and MMN are shown to be additive, but even contradictory expectations are concurrently maintained by the human auditory system. That is, ERPs reflect the violation of an expectation about the quality of an acoustic event as predicted by one source channel even if it was correctly predicted by another source channel. This demonstrates that the human cognitive system exploits all available information by means of predictive coding to be optimally prepared for upcoming events.

Do. 15:40 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 2

Bewegung hören, Bewegung sehen: Elektrophysiologische Korrelate bimodaler Bewegungswahrnehmung

S. Getzmann und J. Lewald
IfADo Dortmund

Neurophysiologische Befunde zur multimodalen Wahrnehmung deuten auf eine frühe Integration von auditiven und visuellen Bewegungsreizen hin. Ausgehend von der sogenannten ”Motion Onset Response”, einer im EEG sichtbaren spezifischen kortikalen Antwort auf den Beginn einer Schallbewegung (z.B. Getzmann S, Eur J Neurosci 33:1339-1350, 2011), wurde in der vorgestellten Studie der Einfluss visueller Bewegungsreize auf die Verarbeitung auditiver Bewegungsreize mittels einer kombinierten Anordnung von Schall- und Lichtquellen in der Horizontalebene untersucht. Probanden wurden unter akustischen Freifeldbedingungen Schallreize dargeboten, die sich aus einer frontalen Position heraus entweder nach rechts oder links bewegten (unimodale Bewegung). In einer zweiten Bedingung wurden simultan sich kohärent oder inkohärent bewegende Licht- und Schallreize dargeboten (bimodale Bewegung). Kohärente wie inkohärente bimodale Bewegungen lösten eine

deutliche frühe okzipitale Aktivierung aus; aber nur die kohärenten Bewegungen bewirkten eine im Vergleich zur unimodalen Schallbewegung starke zusätzliche Aktivierung in parietalen und temporalen Arealen und eine schnellere Detektion der Schallbewegung. Inkohärente bimodale Bewegungen führten dagegen zu einem starken Anstieg von Fehlern, die von einer frühen Aktivierung im inferioren Parietallappen begleitet wurden. Insgesamt sprechen die Befunde für einen differentiellen Einfluss visueller Bewegungsreize auf frühe und späte Prozesse der auditiven Bewegungsverarbeitung. Implikationen für mögliche bimodale Integrationsmechanismen der kortikalen Bewegungsverarbeitung werden diskutiert.

Do. 16:05 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 2

Repräsentation von Bewegungsvorgängen in Geräuschen

M. Haverkamp
Ford Werke GmbH

Im Rahmen der aktuellen Diskussion um die Gestaltung künstlicher Geräusche für Elektrofahrzeuge ist die Frage nach der auditiven Repräsentation von Bewegungsvorgängen von großer Bedeutung. Dieses Thema betrifft auch zahlreiche Anwendungen funktionaler Geräusche. Zunächst ist die Bewegung von Schallquellen im Rahmen des räumlichen Hörens repräsentiert. Aus der alltäglichen Wahrnehmungserfahrung ist darüber hinaus jedoch bekannt, dass ein Geräusch selbst Informationen zu Bewegungsvorgängen vermitteln kann. Allerdings wurden bislang keine psychoakustischen Parameter abgeleitet, die quantitative Ableitungen bewegungsrelevanter Größen auf Basis von Messungen ermöglichen. Daher ist es zunächst notwendig, die subjektiven Inhalte der Geräuschwahrnehmung phänomenologisch zu betrachten und daraus Ansätze für ein analytisches Vorgehen abzuleiten. Die Korrelation visueller und auditiver Parameter stellt dabei einen wichtigen Aspekt dar. In der Literatur finden sich vorwiegend Arbeiten zur Bewegung in der Musik und zur Dynamik der Textdeklamation. Heute gewinnt das Thema bewegungsorientierter akustischer Feedbacks rasch an Bedeutung. Der Vortrag versucht auf Grundlage des derzeitigen Wissenstands, das Feld möglicher Anwendungen abzustecken.

Do. 16:30 neon 3.08 Auditive Wahrn. / multimod. Interaktion 2

Fusion Function, Content Classification, and Perceived Quality of Audiovisual Media Content

U. Reiter
Norwegian University of Science and Technology

In today's application scenarios like IP-TV, teleconferencing, or transmission of media content over packet-based networks in general, perceived quality estimation is done using mono-modal objective metrics, as no truly cross-modal metrics are available. After estimating auditory and visual qualities separately, an overall audiovisual quality is determined

by applying a so-called fusion function, usually looking something like AVQ=a+b*AQ+c*VQ+d*AQ*VQ. Going through the literature it becomes apparent that there is little agreement on the magnitude of weighting factors b, c, and d to be used in the fusion function. This is because different content used in different publications draws users' attention towards different quality attributes. These can be located in either the auditory or the visual domain, or can be truly cross-modal. This dependency on content is one of the main inhibitors in the development of reliable, universal objective quality metrics for audiovisual content. In spite of its apparent importance, classification of audiovisual content is still in its infancy. This paper elaborates on the problem and discusses possible ways to address it.

Sitzung „Lärmschutz 2"

Do. 8:30 helium 3.09 Lärmschutz 2

Ausweisung von Windvorrangzonen und Immissionsschutz

D. Piorr

Landesamt für Natur, Umwelt & Verbraucherschutz NRW

Die von der Bundesregierung im Juni 2011 beschlossene Energiewende wird zu einem verstärkten Ausbau der Windenergie und damit zur Ausweisung neuer Windvorrangzonen führen. Ein ganz wesentliches Kriterium bei der Ausweisung von Vorranggebieten ist die Windhöffigkeit. Es ist sinnvoll, im Rahmen der Planung von Vorranggebieten bereits den Schutz der Nachbarschaft vor erheblichen Geräuschbelästigungen zu berücksichtigen. Wird dieses bei der Ausweisung von Vorrangzonen nicht beachtet, kann dieses dazu führen, dass nachts auf den Flächen einige Windenergieanlagen aus Gründen des Lärmschutzes nicht oder nur gedrosselt betrieben werden können und damit die Vorrangzone nicht optimal genutzt werden kann. Es ist es daher wünschenswert, wenn im Rahmen der vorbereitenden Arbeiten zur Ausweisung von Windvorrangzonen die Belange des Immissionsschutzes unter Berücksichtigung der konkreten Lage der Wohngebiete und Splittersiedlungen bzw. der einzelnstehenden Gehöfte einbezogen werden. Ein Verfahren, wie dieses möglich ist, wird vorgestellt.

Do. 8:55 helium 3.09 Lärmschutz 2

25 Jahre Lärmschutz-Verordnung in der Schweiz

T. Meloni

Bundesamt für Umwelt, Schweiz

Das Umweltschutzgesetz der Schweiz hat zum Ziel, die Bevölkerung vor schädlichem oder lästigem Lärm zu schützen. Im Sinne der Vorsorge sind Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden können zudem frühzeitig zu begrenzen. Der Bundesrat hat diese Vorschriften 1987 in der Lärmschutz-Verordnung weiter konkretisiert. Diese Vorgaben sollen

mit einer kurzen Darstellung der Grundzüge der schweizerischen Lärmbekämpfung hervorgehoben werden. Bisher wurde viel Lärmschutz betrieben insbesondere mit Massnahmen bei der Ausbreitung des Lärms und im Sinne von Ersatzmassnahmen beim Schallschutz an Gebäuden. Trotzdem ist heute noch jeder sechste Mensch in der Schweiz schädlichem Lärm ausgesetzt. Nötig sind deshalb weiter führende Strategien zur Lärmbegrenzung wie z.B. die Nutzung des technischen Potenzials zur Vermeidung von Lärm direkt an der Quelle. Auch Anreize zu mehr Lärmschutz sollen den Schutz der Bevölkerung vor schädlichem Lärm in Zukunft noch weiter verbessern.

Do. 9:20 helium 3.09 Lärmschutz 2

Messtechnische und numerische Schalldämmmaßanalyse von evakuierten Paneelen

B. Dilba[a], O. von Estorff[b] und O. Zaleski[a]
[a] *Novicos GmbH;* [b] *TU Hamburg-Harburg, Inst. f. Modellierung und Berechnung*

Das sukzessive Entziehen von Materie innerhalb eines abgeschlossenen Volumens reduziert die Übertragung von Schall durch dieses Volumen. Das Evakuieren ist folglich eine besonders interessante Schalldämmmaßnahme, da sie ohne zusätzliches Gewicht auskommt. Gerade in Bereichen, in denen Masse eine kritische Größe darstellt, wie z.B. im Flugzeugbau, sind möglichst leichte Dämmmaßnahmen von großem Interesse. In diesem Beitrag wird das akustische Verhalten eines evakuierbaren Paneels untersucht. Betrachtet wird ein dünnwandiges Paneel mit einem luftdichten Innenraum, dessen Innendruck variabel einstellbar ist. Die akustische Wirksamkeit des Paneels wird anhand des Schalldämmmaßes bewertet. Diese wird mit Hilfe der 4-Mikrofon-Messmethode im Impedanzrohr ermittelt, bei der das Schalldämmmaß für normal einfallenden Schall bestimmt wird. Entsprechend dem Messaufbau und der Einspannsituation des Paneels werden numerische Berechnungsmodelle entwickelt, die es ermöglichen, neben der Schalldämmmaßermittlung die wesentlichen vibro-akustischen Effekte in dem evakuierten Paneel zu analysieren. Anhand des validierten Simulationsmodells können detaillierte Einblicke in die Funktionsweise des Paneels gewonnen werden, die im Beitrag vorgestellt und diskutiert werden.

Sitzung „Lärmwirkungen“

Do. 9:45 helium 3.09 Lärmwirkungen

Wirkungen von Hintergrundgeräuschen auf Arbeitsgedächtnisleistungen bei Kindern und Erwachsenen

A. Prölß, T. Lachmann und M. Klatte
TU Kaiserslautern

Die Frage nach den Wirkungen von Lärm mittlerer Pegel auf kognitive Leistungen ist seit langem Gegenstand intensiver Forschung. In diesbezüglichen Studien erwies sich das Behalten sprachlicher Information

im Arbeitsgedächtnis als besonders sensitiv für Störungen durch Lärm. Zeitlich variierende Hintergrundgeräusche wie Sprache oder Instrumentalmusik beeinträchtigen die Leistung signifikant, während kontinuierliche, subjektiv ”glatte” Geräusche gleichen oder höheren Pegels keine Störung bewirken.
Die vorliegende Studie untersucht den ISE bei Kindern und Erwachsenen. Hierfür wurden Aufgaben konstruiert, die kurzzeitiges Speichern bzw. lautanalytische Verarbeitung von Information im Arbeitsgedächtnis erfordern. Neben der Art der Hintergrundgeräusche und der Altersgruppe wurde die Präsentationsmodalität der zu verarbeitenden Information variiert (bildlich vs. auditiv präsentierte Nomen). Die Ergebnisse zeigen, dass Kinder erheblich stärker durch Hintergrundlärm beeinträchtigt werden als Erwachsene. Dieser Effekt zeigt sich gleichermaßen bei bildlicher und auditiver Präsentation der Information. Erhöhte Höranstrengung oder Maskierung können daher als Ursache für die besondere Beeinträchtigung der Kinder ausgeschlossen werden. Das Befundmuster belegt die hohe Lärmsensitivität des kindlichen Arbeitsgedächtnisses. Die beeinträchtigten kognitiven Prozesse sind beim Laut- und Schriftspracherwerb von maßgeblicher Bedeutung. Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung guter akustischer Umweltbedingungen für erfolgreiches Lernen.

Do. 10:10 helium 3.09 Lärmwirkungen

Effects of noise-vocoded speech in the irrelevant-sound paradigm

W. Ellermeier[a], F. Kattner[a], K. Ueda[b], K. Doumoto[b] und Y. Nakajima[b]
[a] *TU Darmstadt, Institut für Psychologie;* [b] *Kyushu University*

In order to investigate the mechanisms by which unattended speech impairs short-term memory performance on a visual serial-recall task, speech samples were systematically degraded in different degrees by means of a noise vocoder. To that effect, recordings of short German and Japanese sentences were passed through a filter bank dividing the spectrum between 50 and 7000 Hz into 20 critical-band channels or combinations of those, yielding 20, 4, 2, or just 1 frequency channel(s) of noise-vocoded speech. Forty native German subjects were exposed to these processed sounds, the unprocessed original speech, or silence while trying to memorize and recall visually presented sequences of digits in the correct order in a standard irrelevant-sound paradigm. Half of them received the German, the other half the Japanese speech samples. The results show large irrelevant-speech effects with performance being systematically affected by the number of frequency channels used for synthesis. The results are further analysed with respect to their relation to speech intelligibility, and to the language - foreign or native - of which the irrelevant speech consists.

Do. 14:00 helium 3.09 Lärmwirkungen

NORAH (Noise-Related Annoyance, Cognition and Health) - Eine Studie zur Wirkung von Verkehrslärm

D. Schreckenberg[a], T. Eikmann[b], R. Guski[c], M. Klatte[d], U. Möhler[e], U. Müller[f], C. Peschel[a], J. Schmitt[g], A. zur Nieden[b] und A. Seidler[g]

[a] *ZEUS GmbH;* [b] *Justus-Liebig-Universität Gießen;* [c] *Ruhr-Universität Bochum;* [d] *TU Kaiserslautern;* [e] *Möhler + Partner Ingenieure AG;* [f] *Dt. Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Köln;* [g] *TU Dresden*

Seit 15 Jahren besteht in der Rhein-Main Region eine lebhafte Diskussion zum Ausbau des Frankfurter Flughafens, insbesondere zum Bau der vierten Flugbahn (Nord-West-Landebahn), die am 21.10.2011 in Betrieb genommen wurde. Im Vordergrund dieser Diskussion stehen die gesundheitsbezogenen Fluglärmwirkungen. Um einen vertieften Einblick in die Wirkung von Fluglärm an einem expandierenden Flughafen im Zeitverlauf, in Relation zur Wirkung anderer Verkehrslärmquellen (Schienen- und Straßenverkehr) und im Vergleich zur Fluglärmwirkung an anderen expandierenden sowie "Bestands"-Flughäfen zu erlangen, hat die Gemeinnützige Umwelthaus GmbH, Kelsterbach, eine 100%-Tochter des Landes Hessens und Sitz des Forums Flughafen und Region, die umfassende Lärmwirkungsstudie NORAH (Noise-Related Annoyance, cognition, and Health-Studie) im April 2011 in Auftrag gegeben. Die NORAH-Studie besteht aus insgesamt 11 zu drei Modulen zusammengefassten Teilstudien. Diese beschäftigen sich mit den Verkehrslärmwirkungen auf die Belästigung und Lebensqualität (Modul 1), auf die Gesundheit (Modul 2) und auf kognitive Leistungen und die Lebensqualität von Grundschulkindern (Modul 3). In der NORAH-Studie werden über einen dreijährigen Erhebungszeitraum (2011-2013) Längs- und Querschnittserhebungen kombiniert. Neben quellenspezifischen Berechnungen und Messungen des Verkehrslärms kommen zur Wirkungserfassung Befragungen, physiologische Erhebungen, psychologische Testverfahren und eine Analyse von Krankenkassendaten kombiniert mit einer Fall-Kontroll-Studie zum Einsatz. In diesem Beitrag werden Inhalt, Ziele, Konzept und die angewandte Methodik der Studie vorgestellt.

Do. 14:25 helium 3.09 Lärmwirkungen

Bedeutung von motorisierten Zweirädern im Kontext straßenverkehrsbedingter Geräuschbelästigung

A. Fiebig[a], A. Mayer[b], P. Marla[a] und R. Sottek[a]

[a] *HEAD acoustics GmbH;* [b] *Hochschule für Angewandte Wisssenschaften Amberg-Weiden (HAW)*

Im europäischen Forschungsprojekt CityHush werden Maßnahmen erarbeitet, die den nachhaltigen Erhalt bzw. die zielgerichtete Schaffung von leisen Zonen im innerstädtischen Bereich zum Ziel haben. Zur Validierung der konzipierten Geräuschminderungsmaßnahmen wird eine Technologie zur Synthese und Simulation entwickelt, die die Erzeugung

und Auralisierung beliebiger Verkehrsszenarien erlaubt. Damit lassen sich diverse Maßnahmen, wie verändertes Verkehrsmanagement, besondere Zufahrtsbeschränkungen, Auswirkungen gradueller Elektrifizierung des Straßenverkehrs auf das Gesamtverkehrsgeräusch, erproben und hörbar evaluieren. Gerade in Hinblick auf die erwarteten neuen Straßenverkehrsgeräusche aufgrund der zunehmenden Verbreitung neuer Fahrzeugantriebskonzepte ist eine detaillierte Prädiktion der akustischen Konsequenzen notwendig, um das damit verbundene Lärmminderungspotential optimal ausschöpfen zu können. Ein weiterer wesentlicher Untersuchungsschwerpunkt ist die detaillierte Betrachtung von motorisierten Zweirädern, die offensichtlich, wie Beschwerdestatistiken zeigen, ausgeprägte Reaktionen bei Exponierten evozieren. Bereits einzelne derartige Geräuschereignisse können intensive Reaktionen hervorrufen. Mit Hilfe von Messungen, Simulationen und verschiedenen Hörversuchen wird die (psycho-) akustische und perzeptive Bedeutung von Zweirädern mit Verbrennungsmotor und mit Elektromotor im Kontext von komplexen Straßenverkehrsgeräuschen erörtert. Dabei sollen die Auswirkungen von motorisierten Zweirädern auf die straßenverkehrsbedingte Geräuschbelastung und Geräuschbelästigung gleichermaßen diskutiert werden.

Do. 14:50 helium 3.09 Lärmwirkungen

Lärmbelastung von Personal und Patienten im Krankenhaus - eine aktuelle Literaturauswertung

G. Notbohm und S. Siegmann
H.-Heine-Univ. Düsseldorf, Inst. f. Arbeits- und Sozialmedizin

In den letzten 10 bis 15 Jahren ist die Zahl wissenschaftlicher Arbeiten zum Thema Lärm im Krankenhaus angestiegen, vor allem in den englischsprachigen Ländern, aber auch in Deutschland. Vermutlich spiegelt die steigende Zahl von Veröffentlichungen die Zunahme des Problems wider. Im Mittelpunkt des Interesses stehen Intensivstationen, da die Patienten dort nicht nur durch ihre Erkrankung und deren Begleitumstände besonders belastet, sondern auch besonders hohen Schallpegeln ausgesetzt sind. In einer Auswertung internationaler Literatur ergab sich eine kontinuierlich Zunahme der Schallbelastung über die Jahre, wenn die jeweils berichteten Schallpegel der untersuchten Krankenhäuser verglichen wurden. Die Mittelungspegel oder energieäquivalenten Dauerschallpegel Leq stiegen von 1960 - 2005 im Schnitt tagsüber von 57 auf 72 dB(A) und nachts von 42 auf 60 dB(A). Auch wenn sich Krankenhäuser international erheblich hinsichtlich Bauweise, technischer Ausstattung, Belegung usw. unterscheiden, gibt es doch ähnliche Brennpunkte: Hauptursache der hohen Schallpegel ist gerätebedingter Lärm, gefolgt vom personalbedingten Lärm durch Gespräche auf den Fluren oder Arbeitsgeräusche beim Hantieren mit Material und Arbeitsgeräten. Es wird ein Überblick über die Belastungssituation an Hand der aktuellen Literatur gegeben und ein Vergleich mit den rechtlichen Rahmenbedingungen

gezogen. Auch werden Schutzmaßnahmen und Präventionsprogramme, wie sie in der Regel an einzelnen Krankenhäusern entwickelt und angewendet werden, kurz vorgestellt.

Do. 15:40 helium 3.09 Lärmwirkungen

Der Einfluss des Bremssystems von Eisenbahnfahrzeugen auf die wahrgenommene Lästigkeit von Schienenverkehrslärm

C. Kasess, A. Noll und H. Waubke
Institut für Schallforschung, Österr. Akademie d. Wissenschaften

Bei Geschwindigkeiten unter 200 km/h ist das durch die Rauigkeit der Kontaktfläche Rad-Schiene entstehende Rollgeräusch maßgeblich an der Schallemission beteiligt. Die höhere Radrauigkeit bei Wagen mit Graugussbremsen führt zu einem deutlich erhöhten Schallpegel im Vergleich zu Scheiben- oder K-Sohlebremsen. Die durchgeführte Studie hatte zum Ziel, die Unterschiede in der subjektiven Wahrnehmung von Wagen mit Scheiben-, Grauguß- und K-Sohlebremsen zu untersuchen. Dabei beurteilten 20 Probanden die relative Lästigkeit von Zugsgarnituren mit unterschiedlichen Bremssystemen. Verursacht durch den um teilweise mehr als 10 dB erhöhten durchschnittlichen Schallpegel bei graugussgebremsten und daher rauen Rädern ergab sich ein signifikanter Unterschied der Lästigkeit bezogen auf anders gebremste Wagen. Der durchschnittliche Schallpegel erklärte mehr als 90% der Varianz der subjektiven Beurteilung. Der Einfluss des Pegels war auch innerhalb der verschiedenen scheibengebremsten Garnituren trotz Pegelunterschieden von maximal 3 dB vorhanden. Klangfarbenunterschiede dagegen erklärten auch bei geringeren Pegelunterschieden nur einen geringfügigen zusätzlichen Anteil der Varianz und scheinen für die Beurteilung der Samples von sekundärer Natur zu sein. Die Ergebnisse zeigen, dass der durch glatte Räder auf glattem Gleis erzielte Pegelabfall eine signifikante Abnahme in der Lästigkeit zur Folge hat. Die Verwendung solcher Bremssysteme scheint daher deutliche Vorteile im Bezug auf Lärmempfindung zu bringen.

Do. 16:05 helium 3.09 Lärmwirkungen

Akustischer Reiz, Stress- oder Lärmwirkung - Nachweismöglichkeiten über eine medizintechnische Meridian-Feedback-Messmethode

F.M. König
FKE / Ultrasone

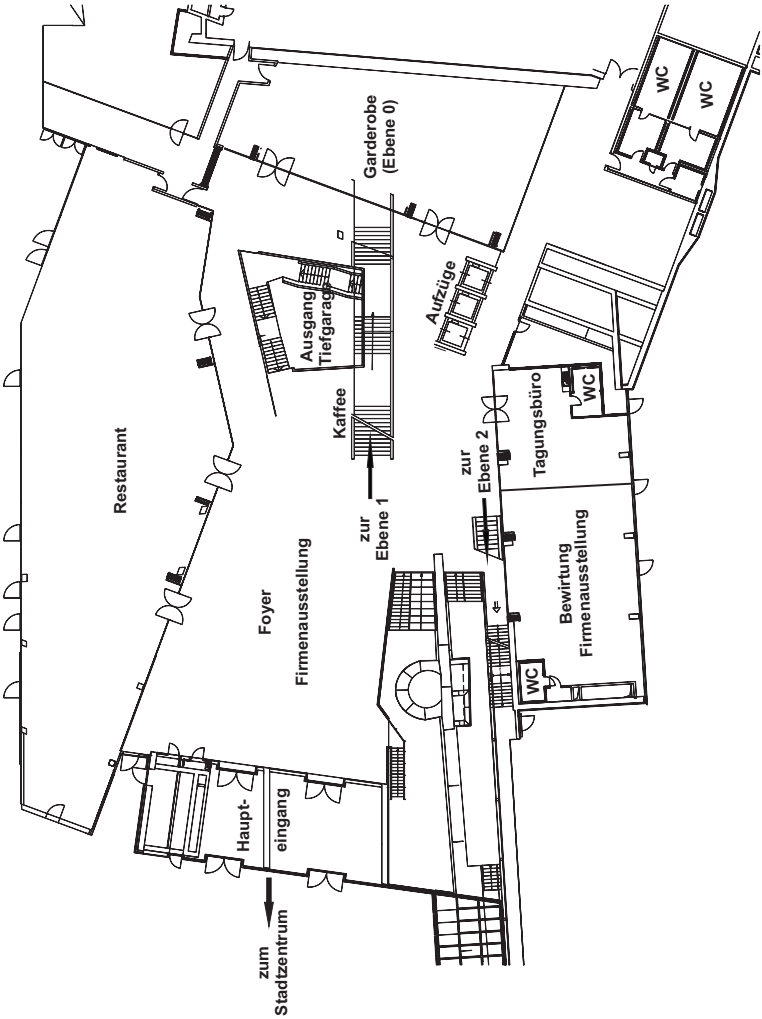
Die Frage nach der Wirküberprüfbarkeit von Schallreizen ist unumstritten eine der wesentlichen Kernforschungsgebiete der Akustik. Vergleichende Hauptfragen dazu können lauten: Wann ist ein Hörreiz akzeptiert bzw. angenehm oder natürlich-räumlich, wie beispielsweise Musik, die nicht stört. Ab wann wirken hingegen Hörereignisse (physiologisch, psychisch oder psychoakustisch"?") stressend, störend auf den Menschen? Wie lässt sich dies einfach und insbesondere überschaubar sowie vorzugsweise kurzfristig Jedermann sichtbar machen? Eine aus der

”Traditionell Chinesischen Medizin” herrührende und über 15 Jahre entwickelte Meridian-Feedback-Messmethode ist hierbei seitens neuerer Untersuchungen u.a. um die Stresserkennung von Strahlenquellen (vergleiche natürliche und künstliche Wechselfelder in unserer Umgebung) als Nebenprodukt bei der Bewertung von akustischen sowie technischen Vorrichtungen ins Blickfeld des Autoren geraten (vgl. www.sferics.eu), welche nunmehr ca. 25 Jahre der Forschung um binaurale, raumakustische Parameter der 3D-Tonwiedergabe/-Beschallung einnehmen. Es zeichneten sich Tendenzen ab, dass bereits nach kurzer Einwirkzeit von störend-stressenden Schallereignissen auf Probanden sofort-Effekte auf bestimmte Organe (s. Meridianwerte) sichtbar werden. Dies soll auch LIVE an Probanden demonstriert werden.

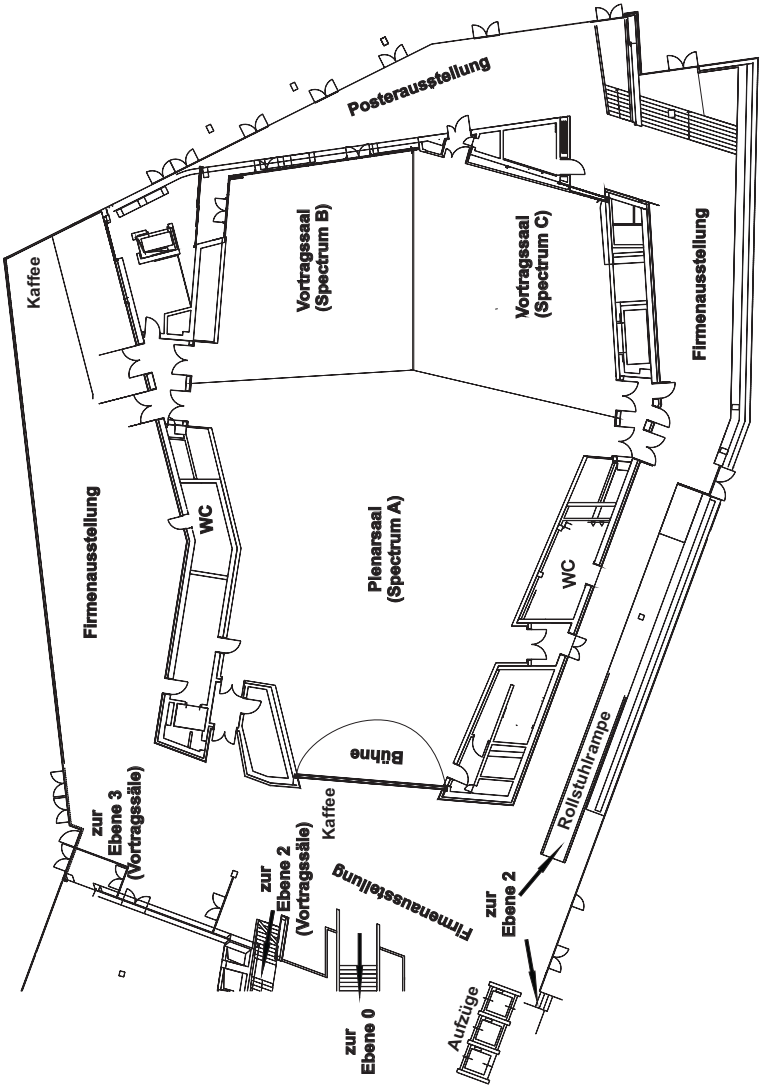
Raum- und Lagepläne

Raumpläne für das Wissenschafts- und Kongresszentrum darmstadtium

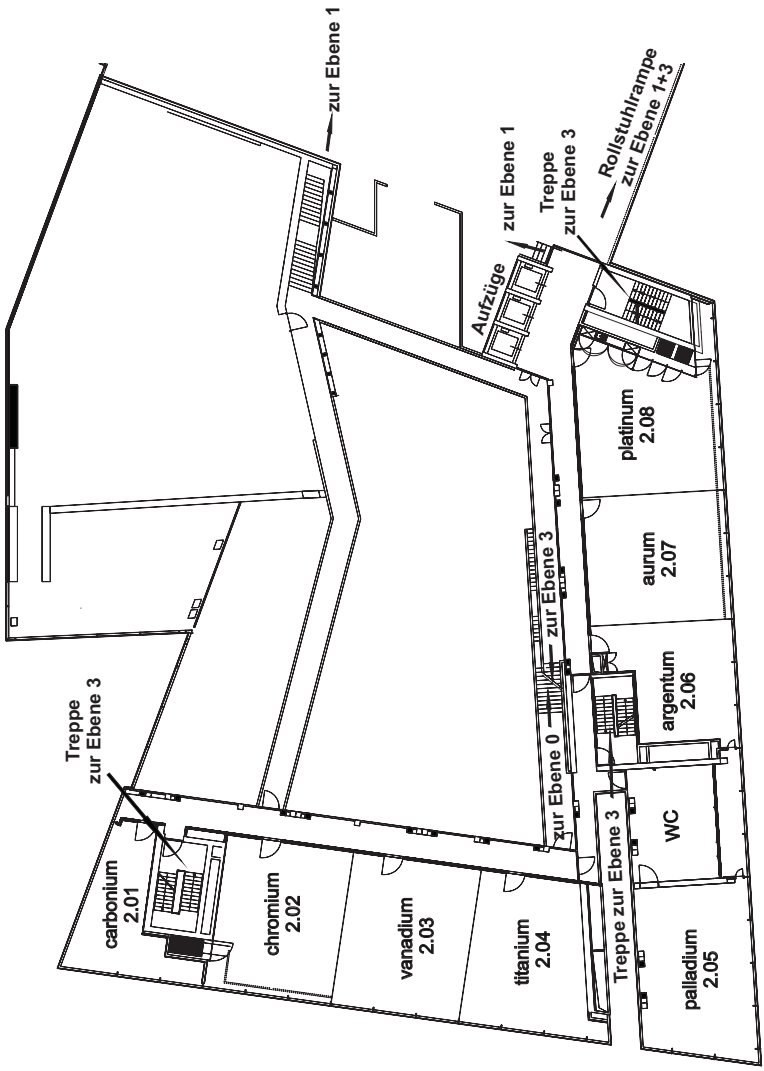
Ebene 0 (Foyer)



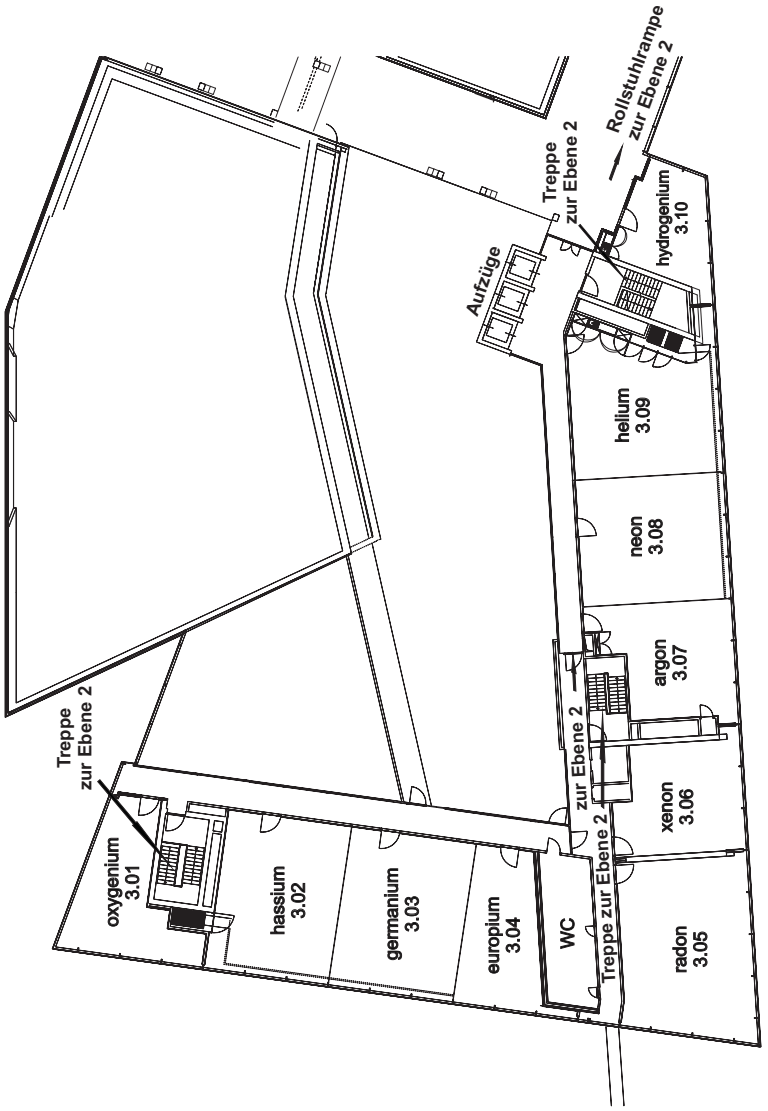
Ebene 1 (Plenarsaal)



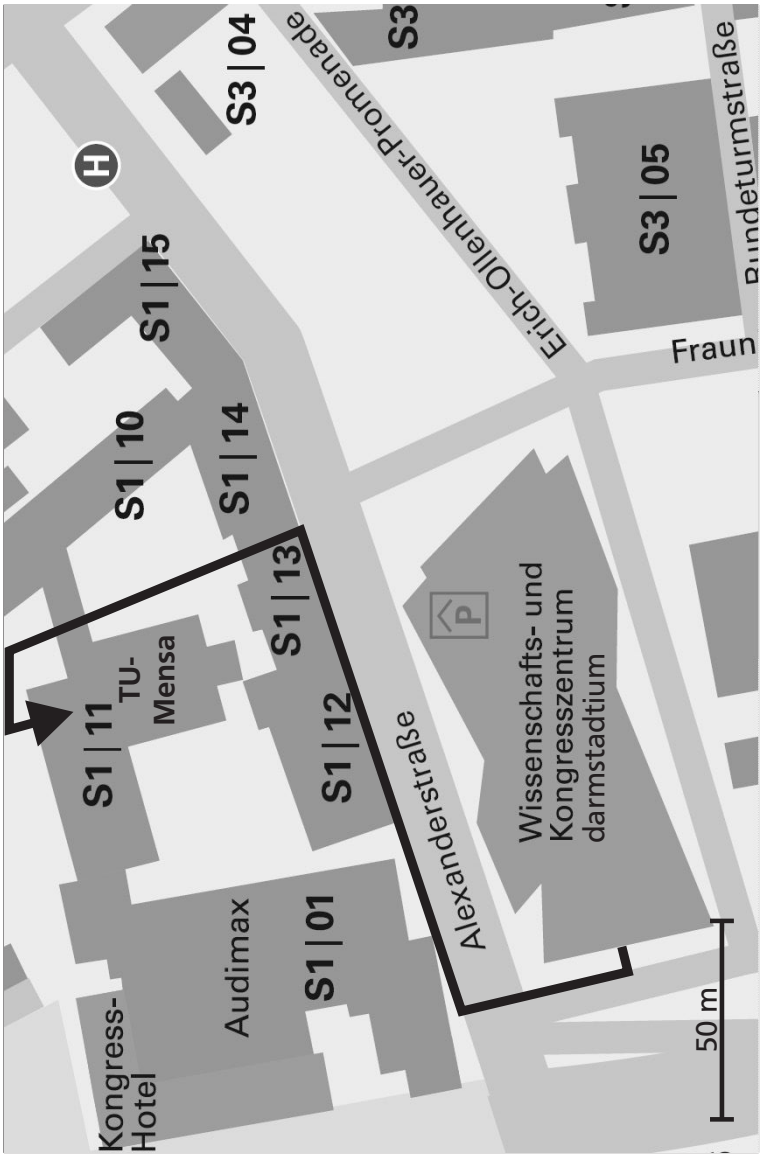
Ebene 2 (Vortragssäle)



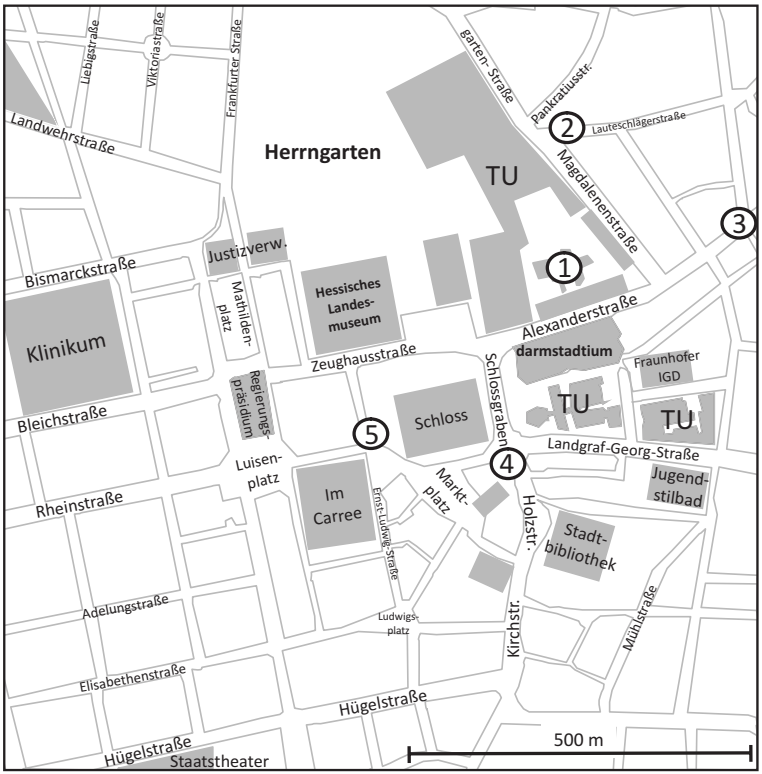
Ebene 3 (Vortragssäle)



Lageplan der Innenstadt-Mensa (Abendessen am 21.03.2012)



Möglichkeiten zum Mittagessen



- Restaurant, Café, Bar, Lounge „Calla“ im darmstadtium
  Info: www.calla-darmstadt.de

① Mensa und Bistro/Cafeteria der TU Darmstadt
Öffnungszeiten Mensa: 11:15 bis 14 Uhr
Öffnungszeiten Bistro/Cafeteria: 8 bis 16 Uhr
Info: www.studentenwerkdarmstadt.de/essen/essen.html

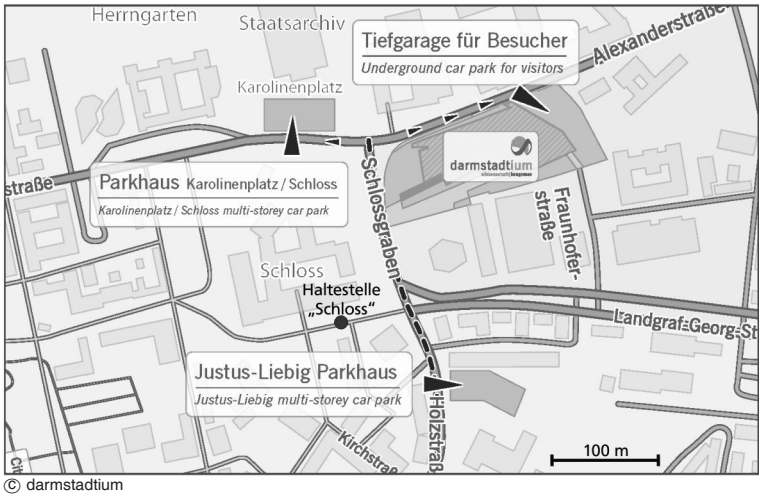
② Bäckerei, Metzgerei, Eiscafé, Studentenkneipen, Döner, Pizzeria

③ Bäckerei, Café, Supermarkt

④ diverse Asia-Restaurants, Bistros, Cafés und Bars in unmittelbarer Nähe des darmstadtium

⑤ in der Innenstadt zahlreiche Restaurants, Cafés, Bistros, Bäckereien, Metzgereien, Imbiss-Stände, Döner, Pizzerien, Fast-Food-Restaurants, Supermärkte usw.

Anreise zum Wissenschafts- und Kongresszentrum darmstadtium



© darmstadtium

Anreise mit dem Pkw:

- Adresse für Navigationsgeräte: Schlossgraben 1, 64283 Darmstadt
- Parkmöglichkeiten in der Tiefgarage des darmstadtium, im Parkhaus Karolinenplatz oder im Justus-Liebig-Parkhaus (siehe Skizze oben)
- Von der Autobahn A5 (E35) oder A67 (E451) her kommend am Darmstädter Kreuz die Ausfahrt „Darmstadt Mitte“ nehmen und der Beschilderung Richtung Stadtmitte folgen.
- Dem City-Zubringer und im weiteren Verlauf der Rheinstraße (B26) folgen. Dabei der Beschilderung „darmstadtium“ und „Aschaffenburg“ (B26) folgen.
- Nach dem City-Tunnel an der nächsten Ampel links abbiegen (ausgeschildert).
- Geradeaus fahren bis zur zweiten Ampel. Rechterhand sehen Sie schon das darmstadtium, linkerhand das Schloss. An der Ampel rechts in die Alexanderstraße einfahren, um am Ende des Kongresszentrums rechts in die Tiefgarage einzubiegen.
- Alternativ können Sie an der Ampel Alexanderstraße auch links abbiegen, um wenige Meter weiter rechts in das Parkhaus „Karolinenplatz/Schloss/darmstadtium“ zu gelangen. Von dort der Beschilderung „darmstadtium“ im Parkhaus folgen; die Parkhäuser sind miteinander verbunden.

Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln:

- Am Darmstädter Hauptbahnhof mit der Buslinie F (Westseite des Bahnhofs, Ausgang „Weststadt, Linie F/Mathildenhöhe“, Platz 22, Richtung Oberwaldhaus), mit den Buslinien H und K (Ostseite des Bahnhofs, Ausgang „Stadtmitte, Ausgang Ost, Bus/Tram“, Platz 4, Linie H Richtung Kranichstein Kesselhutweg oder Alfred-Messel-Weg, bzw. Platz 2, Linie K Richtung TU-Lichtwiese/Mensa) oder mit den Straßenbahnlinien 2 und 3 (Ostseite des Bahnhofs, Ausgang „Stadtmitte, Ausgang Ost, Bus/Tram“, Platz 3, Linie 2 Richtung Böllenfalltor bzw. Linie 3 Richtung Lichtenbergschule) direkt ohne Umsteigen bis zur Haltestelle „Schloss“, die in unmittelbarer Nähe zum darmstadtium liegt (siehe Skizze auf Seite 353).
- Fahrpreise: Einzelfahrt 1,70 €, Tageskarte 3,30 € (Tarifgebiet „4001 (Darmstadt Mitte)“; Fahrkarten am Automaten an der Haltestelle, beim Busfahrer oder am Automaten in der Straßenbahn; Fahrkarte unmittelbar ohne Entwerten und nur für die nächste Fahrt gültig)
- Fahrpläne und Linienpläne im Internet unter www.heagmobilo.de, www.dadina.de und www.rmv.de .

Anreise mit dem Flugzeug:

- ca. 20 Minuten mit dem Taxi vom Flughafen Frankfurt
- Bus-Shuttle „Airliner“ alle 30 Minuten direkt zwischen dem Flughafen Frankfurt (Terminals 1 und 2) und dem Hauptbahnhof Darmstadt (Platz 20, „AIR“)
- vom Hauptbahnhof Darmstadt weiter wie oben unter „Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln“ beschrieben
- am Terminal 1 Abfahrt an Haltestelle 14 („AIR“) außerhalb des Ankunftsbereichs B (Straße überqueren), am Terminal 2 Abfahrt unmittelbar außerhalb des Ankunftsbereichs D+E (Ebene 2, Haltestelle „AIR“)
- Fahrpreis: Einzelfahrt 7,60 €
- weitere Informationen unter www.frankfurt-airport.de und www.heagmobibus.de/site/airliner.html

weitere Informationen zur Anreise:
www.darmstadtium.de/index.cfm/content/anreise

Verzeichnis der Autoren

Abel, M. 128
Abele, M. 235
Abshagen, J. 120, 120
Adel, Y. 184
Ahnert, W. 154
Alber, O. 266
Alber, T. 234
Albers, A. 43
Albrecht, B. 126
Albrecht, H. 288, 258
Altinsoy, M.E. . 142, 204, 244, 245, 246, 246
Amrhein, J. 271
Anderssohn, R. 90
Andreis, R. 64
Angelbeck, T. 267
Angster, J. 128, 129, 130, 130
Anjelo, K.L.H. 66
Aretz, M. 91, 221
Arnold, J. 232
Arseneau, J. 54
Ascherl, E.-M. 211
Assfalg, A. 193
Atzrodt, H. 68, 322
Auge, J. 293
Augustin, S. 196, 197
Augusztinovicz, F. 130
Avelar, M. 261
Bacher, S. 72, 72
Bade, M. 203
Bahnert, T. 142
Bajorat, J. 320
Balazs, P. 207
Ballas, R.G. 276
Balzer, B. 290
Bamberger, A. 131
Bartelt, M. 148, 222
Bartolomaeus, W. 257
Batke, J.-M. 131, 166
Batko, W. 309
Bauer, M. 234
Baumann, U. 184, 288
Baumgartner, R. 90
Bause, F. 294
Beck, S.C. 283
Beckenbauer, T. 253
Becker, Peter 291
Becker, Philipp 161
Becker, Sebastian 182, 183
Becker, Stefan .. 94, 95, 149, 280, 284
Becker-Schweitzer, J. ... 140, 212
Beer, D. 174
Behler, G.K. 256
Behrendt, M. 43
Behrens, T. 154
Bein, T. 320
Beitelschmidt, M. 90
Beland, O. 313
Bergner, J. 133
Bergström, K. 191
Bernschütz, B. 170
Bertels, W. 250
Bessonova, O. 292
Betgen, B. 147
Bethke, C. 74
Beutner, D. 287
Biberger, T. 328, 328
Bierbaums, T. 55, 208
Biermann, J. 176
Bietz, H. 232, 273
Binder, C. 141
Bitzer, J. 123
Bläsi, S. 224
Blanchet, D. 282
Blau, M. 92, 173, 287
Blauert, J. 109
Blumrich, R. 313
Böhle, M. 45
Boehm, R. 296
Bölke, O. 146
Bönnen, D. 141
Bös, J. . 46, 51, 68, 150, 264, 271, 320, 323, 324, 326, 327
Boller, C. 297
Bomhardt, R. 91
Bonhoff, H. 50, 233, 233
Bonifacio, P. 261
Boonen, R. 286
Borgmann, R. 201
Bork, I. 216
Bouvet, P. 147

Brand, T. 127, 303
Brandenburg, K. 40, 80
Brandl, S. 47
Brecher, C. 51
Brick, H. 146
Brix, S. 174
Brokmann, H. 156
Brosig, D. 302
Bruche, D. 291
Brückner, A. 158
Bruemmerstedt, J. 123
Bruhnken, C. 263, 265
Brumm, M. 51
Bschorr, O. 258, 288
Buchholz, H. 314
Buchner, H. 85, 169
Buchschmid, M. 77, 162
Buckert, S. 68, 264
Budde, C. 113
Budesa, B. 224
Bütikofer, R. 78
Büttner, L. 312
Buggert, D. 151, 152
Bulut, M. 328
Bumke, D. 198
Bunn, F. 256
Buogo, S. 305
Burgschweiger, R. 88
Burkhart, C. 158
Burstika, T. 221
Buschschlüter, S. 226
Businger, A. 281
Caglar, S. 95
Cairós Barreto, C. 228
Campbell, C. 156
Carl, C. 51
Chen, Z. 87
Chevret, P. 157
Choisel, S. 56
Christiansen, S. 103
Ciba, S. 171
Cicholewski, A. 207
Clausen, P. 86
Colonius, H. 331
Conrath, M. 46
Corinth, G. 110
Croaker, P. 282
Czarske, J. 312
Czolbe, C. 199, 199
Dannemann, M. 158, 244, 255
Dantscher, S. 186
Dapp, R. 259
Dau, T. 103
Dausel, M. 168
de Bree, H.-E. 216
de Vries, D. 80, 178
de Wild, M. 224
Demilly, F. 147
Derleth, P. 291
Diederich, A. 331
Dietrich, P. ... 138, 213, 214, 214, 217, 221, 256, 261, 269, 311
Dietz, M. 108
Dietzel, R. 58, 60
Dietzsch, F. 182
Dilba, B. 335
Dittmar, R. 65, 149
Doclo, S. 173
Donner, U. 87
Douglas, A. 270
Doumoto, K. 336
Drechsel, B. 148
Drechsler, A. 243
Drechsler, S. 156
Dreyer, T. 225
Drögemüller, T. 322
Dular, M. 227
Eberle, W. 100
Ebersold, M. 190
Eckers, G. 252
Eggenschwiler, K. 270
Egger, S. 317
Ehlig, J. 244
Ehrig, L. 174
Eikmann, T. 337
Eilers, I. 267
Einig, J. 78
Eiselt, N. 320
Eisener, J. 224
Elgezery, M. 231, 231
Ellermeier, W. 54, 336
Endl, M. 305
Engel, M. 66, 67
Enghardt, L. 97
Engler, T. 158
Enzner, G. 166

Epp, B. 104, 210
Erbes, V. 82
Ernst, S. 105
Ertl, M. 284
Espig, M. 153
Ewert, R. 49
Ewert, S. 127
Fackendahl, R. 96
Fässler, F. 224
Fallen, M. 45
Fassio, G. 122, 126
Fastl, H. 65, 84, 84, 184, 206, 206, 286
Fedtke, T. 218
Fehn, H.-G. 263, 265
Feilner, M. 291
Fellner, M. 114, 217
Fels, J. 213, 214
Fend, C. 251
Feneberg, G. 211
Fernandez Comesaña, D. 216
Ferraz, F.H. 66, 67
Fiala, P. 130
Fichtel, C. 159, 165
Fiebig, A. ... 55, 62, 202, 203, 337
Fiedler, P.E.K. 256
Finette, S. 118
Fingscheidt, T. 125, 125
Fintoc, M.A. 286
Fischer, A. 312
Fischer, F. 249
Fischer, H.-M. 157, 159
Fischer, Jost 128
Fischer, R.-L. 184
Fischer, S.A. 155
Fischer, W.-J. 278
Fodor, B. 125
Foken, W. 139
Fonseca, W.D. 181
Foudhaili, H. 263, 265
Franck, D. 69, 70
Frank, M. 85, 304
Freudenberger, J. 124
Freund, O. 222
Fricke, J.P. 151, 152
Fricke, M. 116
Friebe, Sebastian 254
Friebe, Stefan 158
Frommhold, P. 229
Fuchs, H.V. 194, 195
Funke, S. 311
Fuß, S. 176
Gabbert, U. 322
Gabi, M. 95
Gabriel, C. 280, 280
Gabriel, J. 298
Gebhardt, W. 291
Gehlken, M. 88, 89
Geiser, B. 317
Geißler, G. 232
Geller, S. 255
Geng, K. 297
Genuit, K. 62
Gerdes, F. 118
Gerdes, T. 184
Gergen, S. 63
Gerges, S.N.Y. 181
Gerhaher, U. 75
Gerlach, T. 147
Getzmann, S. 332
Gewalt, M. 145
Geyer, C. 76, 78
Geyer, T. 98, 312
Gibbs, B.M. 235
Giering, K. 196, 197
Gierlich, H.W. 315
Giesecke, D. 53
Giesler, J. 312
Girstmair, J. 44
Glesner, M. 326
Gloger, K. 131
Gnauck, M. 139
Goetze, S. 123
Goossens, S. 151
Gottschalk, A. 84
Grabinger, J. 175, 280, 284
Graf, B. 47
Grautstück, C. 63
Gravenkamp, H. 296
Gregor, H. 220
Greussing, D. 236
Grießmann, T. 299
Groh, J. 171
Grohmann, T. 149
Groß, D. 161
Grosse, J. 139

Grothe, T. 132
Grützmacher, V. 141, 145
Guettler, M. 236
Guski, M. 138, 269
Guski, R. 337
Gutmann, C. 101
Habermehl, K. 137
Haberzettl, S. 113
Hackl, A. 160
Häußler, A. 111, 170
Hahn-Jose, T. 291
Haltenorth, I. 247
Hameyer, K. 69, 70
Han, B. 228
Hanselka, H. 46, 51, 68, 150, 264, 271, 320, 323, 324, 326, 327
Hansen, M. 173
Hantschk, C.-C. 254
Hashimoto, T. 206
Haufe, D. 312
Haverkamp, M. 333
Haxter, S. 314
Heckmann, M. 241
Heeren, W. 54
Heese, F. 317
Heinemann, T. 94
Heinzer, R. 76
Helfen, T. 297
Helfer, M. 44
Hellbrück, J. 193
Helml, H.J. 149
Helwani, K. 85, 169, 171
Hemmert, W. 185
Hempel, U. 293
Henning, B. 292, 294
Hering, T. 46, 51
Herold, T. 69
Herrmann, B. 145
Hervella-nieto, L. 182
Hessinger, J. 72, 72
Hettel, R. 43
Hettig, C. 253
Heuss, O. 324
Heute, U. 319
Hillenbrand, J. 113, 326
Hilz, G. 162
Hinterleitner, F. 318, 319
Hintzsche, M. 134
Hirsch, H.-G. 240
Hirsch, K.-W. 250, 308
Hirsekorn, S. 297
Höh, H. 226
Höhn, B.-R. 149
Höhne, C. 296
Hölker, D. 263, 265
Höller, C. 235
Hör, J. 151
Hoever, C. 143
Hoffmann, E. 239
Hoffmann, R. 60
Hofmann, L. 126
Hoge, K. 177, 178
Hohmann, V. 108
Hoislbauer, H. 307
Holbach, G. 211
Holland, K. 216
Holsteyns, F.L. 229, 294
Holube, I. 108, 209, 304
Homm, A. 117
Horn, P. 95, 284
Hots, J. 210
Hu, N. 314
Hudde, H. 182, 183
Hudelmaier, M. 234
Hüppe, A. 93, 181
Hüttenbrink, K.-B. 287
Hufenbach, W. 158, 244, 255
Huth, C. 141
Ihle, M. 115
Imbery, C. 328, 328
Imlau, M. 119
Jäcker-Cüppers, M. 102
Jäschke, M. 135
Jamshidi Rad, A. 289, 260
Jassoume, L. 319
Jax, P. 166
Jean, P. 157
Jepsen, M. 103
Jürgens, F. 109
Jung, Christiane 224
Jung, Christoph 223
Jung, O. 141
Jungblut, T. 266
Jungmann, J.O. 114
Juola, J.F. 329
Kaletta, M. 92

Kaltenbacher, M. 93, 175, 181
Kameier, F. 96
Kamp, F. 202, 203
Karstadt, S. 48
Karstens, J. 117
Kasess, C. 339
Kasper, R. 322
Kassner, S. 277, 278
Kattner, F. 336
Keil, U. 271
Kellermann, W. 126, 239
Kerber, S. 206
Kerkmann, J. 238
Kessissoglou, N. 282
Kettler, F. 314, 319
Keuchel, S. 88, 89
Khater, H. 231, 231
Kiesbauer, J. 48
Kim, M. 134
Kinns, R. 282
Kirthivasan, S. 278
Kitson, P. 198
Kitzig, A. 240
Klärner, M. 70, 236
Klatte, M. 191, 192, 335, 337
Klaus, T.B. 324
Klein, C. 322
Klein, J. 217
Klein-Hennig, M. 108
Klesa, J. 285
Kletschkowski, T. .. 179, 212, 262, 325
Kling, C. 215
Klippel, W. 220, 220, 221, 309
Klockgether, S. 104, 106
Klocksin, J. 99
Klouche, T. 133
Klüß, D. 289
Knüttel, T. 155
Kob, M. 134
Koch, C. 226
Köhler, K. 228
Koehler, M. 74
Költzsch, P. 61
König, F.M. 339
Kohlrausch, A. . 59, 104, 328, 329
Kohout, B. 260
Kohrmann, M. 77, 162
Kohrs, T. 146
Kolbe, F. 255
Kolkoori, S.R. 298
Kollmeier, B. . 127, 191, 241, 303, 304
Kolossa, D. 239
Korany, N. 231, 231
Kornadt, O. 164, 232
Kowalski, C. 122
Krahé, D. 201, 202, 203
Krajči, L. 78
Kranzler, C. 85
Krause, M. 278
Krechel, B. 214
Kreimeyer, R. 257
Kremer, S. 145
Kreuzer, W. 87
Kroll, L. 70
Kronland-Martinet, R. 207
Kropp, W. 143
Kropsch, M. 64
Krüger, J. 46
Krump, G. 112, 171, 211, 305
Kruse, R. 170
Kubin, G. 121
Kühler, R. 139
Kuhl, S. 150
Kuipers, E. 219
Kuling, I. 329
Kunkemöller, M. 311
Kurch, M. 68
Kurfeß, D. 86
Kurtze, L. 271, 326
Kurz, R. 161, 253, 268
Kurz, T. 228
Laback, B. 172, 207, 329
Lachmann, M. 270
Lachmann, T. 191, 192, 335
Laguna, J.D. 148
Lamprecht, J. 194, 195
Landes, H. 284
Langer, S. 79, 283, 285
Langhof, C. 146
Lautenbach, M. 152, 269
Lauterborn, S. 225
Lawrenjuk, S. 173
Lechner, C. 64
Lehming, B. 201

Leistner, P. 75
Lepage, M. 314
Lerch, R. .. 41, 175, 280, 281, 284
Lesinski-Schiedat, A. 191
Letens, U. 140
Lewald, J. 332
Li, Y. 323
Licht, R. 291
Lichtinger, B. 206
Liebig, M. 220
Liebl, A. 75, 193, 193
Liegl, R. 160
Lindau, A. 80, 82
Lindberg, H. 148
Lippert, A. 229, 294
Lippert, S. 176
Ljubic, N. 151
Loges, W. 302
Lohrengel, A. 71, 289
Lorenz-Kierakiewitz, K.-H. ... 151, 152, 152
Lübben, A. 298
Lübken, B. 104
Lüers, J.-C. 287
Lühmann, H.-G. 230, 230
Lüke, C. 320
Luft, T. 322
Lutzenberger, S. 101
Maas, R. 126, 239
Maaßen, S. 108
Maempel, H.-J. 80, 83, 330
Maiwald, M. 302
Majdak, P. 172, 329
Mankiewicz, J. 225
Marburg, S. 70, 90, 176, 182, 236, 282
Marentakis, G. 85
Markiewicz, M. 94, 300
Marla, P. 62, 337
Marschner, U. 275
Marter, C. 87
Martin, R. 63
Masiero, B. ... 138, 213, 214, 214
Mathiowetz, S. 233
Maue, J. 189
Mauer, G. 315
Mauer, S. 168
Mauermann, M. 210
May, T. 122
Mayer, A. 337
Mayer, F. 114
Mayer, K. 276
Mayer, L. 176
Mayr, A. 73, 80
Mazur, R. 114
Mecking, S. 80
Mehnert, D. 60
Meier, M. 171, 173
Meier, S. 126, 239
Meis, M. 267
Meissnitzer, M. 114
Meister, A. 68
Meister, H. 287
Melchior, F. 168
Mellert, V. 173
Meloni, T. 251, 334
Merchel, S. 244, 246, 246
Merkel, T. 230, 230
Mertins, A. 114, 242
Mettin, R. 224, 227, 228, 228, 229, 229
Meunier, S. 207
Meyendorf, N. 259
Meyer, D. 75
Mezni, M. 283
Michel, U. 311
Michels, T. 94, 300
Miklos, A. 128, 129, 130, 130
Millitzer, J. 322
Milz, H.-J. 67
Möhler, U. 197, 337
Moeller, G. 100
Möller, S. 59, 316, 318
Moitzi, W. 217
Mojallal, H. 287
Moore, B.C.J. 105
Moorhouse, A. 234
Moosrainer, M. 86
Mores, R. 132
Moritz, K. 271
Mühlbauer, U. 84
Müller, A. 76, 78
Müller, B. 111
Müller, Florian 242
Müller, Friedrich 53
Müller, G. 77, 162

Müller, M. 124
Müller, S. 94, 280, 280
Müller, T. 224
Müller, U. 337
Müller-Trapet, M. ... 215, 138, 221
Münsterjohann, S. 149
Mummenthey, R.-D. 135
Muncke, J. 273
Myck, T. 248
Nakajima, Y. 336
Naunheimer, H. 41
Necciari, T. 207
Neitzel, G. 318
Nejedl, V. 117
Neuber, M. 299
Neufeld, J. 331
Neumann, K. 288
Neumann, T. 298
Neupert, C. 278
Ngouoko Mboungueng, S.K. . 241
Ni, X.-W. 228
Niepenberg, A. 203
Nijman, E. 44
Nissen, I. 116
Nitsch, C. 149
Nitschmann, M. 106
Nocke, C. 267
Noisternig, M. 166
Noll, A. 339
Norrenbrock, C. 318, 319
Notbohm, G. 338
Nowak, J. 81
Nowak, T. 229, 229
Nuffer, J. 323
Oberfeld-Twistel, D. 54
Obermayer, K. 171
Ochmann, M. 87, 88, 179
Oetjen, A. 56, 57, 204, 205
Oetjen, H. 205
Okorn-Schmidt, H. 294
Olfert, S. 292
Opdam, R. 178
Opitz, M. 85
Orglmeister, R. 239
Ortscheid, J. 248
Otto, M. 149
Panning-V. Scheidt, L. 222
Pardowitz, B. 97
Passero, C.R.M. 66
Pastillé, H. 125
Paulsen, R. 186
Pazen, D. 287
Pedersen, C. 86
Peissig, J. 263, 265
Pelz, P. 48, 98
Pelzer, S. 81
Pérez Kaiser, D. 301
Peschel, C. 337
Petermann, M. 225
Petrik, S. 121
Pfeifer, G. 274, 275, 278
Pfeiffer, T. 323
Pfister, G. 120, 120
Philipp, F. 326
Philippen, B. 144
Pieper, J. 151, 152
Pieren, R. 270
Pies, K. 45
Pieszek, M. 332
Piorr, D. 334
Piscoya, R. 179
Pohl, A. 272
Pohl, M. 255
Pollow, M. 81, 138, 213, 214, 214, 217, 311
Pomberger, H. 168, 169
Pommerer, M. 46
Pondrom, P. 326
Pongratz, R. 97
Poschen, S. 314
Pott, P. 237
Prager, J. 295, 296, 296, 298
Prengel, S. 244
Preukschat, T. 130
Priebsch, H.-H. 44
Priese, S. 263, 265
Probst, F. 308
Probst, W. 306
Prölß, A. 335
Püschel, D. 173
Putner, J. 65
Raake, A. . 83, 127, 171, 316, 317
Rabe, U. 297
Rabold, A. 72, 72
Rad, A.J. 226
Rader, T. 184

Rafaely, B. 80
Raffaseder, H. 242, 243
Rahman, M.-U. 295, 298
Rasumow, E. 173
Rauch, F. 136
Rebien, D. 225
Reed, D. 107
Reich, F. 44
Reichart, U. 101
Reichenberger, J. 97
Reimann, K. 299
Reimes, J. 315
Reindl, K. 126, 239
Reiter, U. 333
Reithmeier, E. 263, 265
Renner, O. 255
Rennies, J. 54, 108, 123, 209, 210, 303, 304
Reppenhagen, A. 181
Rescheleit, M. 177, 178
Rettberg, T. 85, 169
Rettenbacher, B. 114
Reuter, F. 228, 229
Rexeis, S. 121
Richert, P. 263, 265
Richter, D. 60
Riegel, M. 313
Rinderknecht, S. 310
Ringwelski, S. 322
Ristow, J.P. 181
Ritter, T. 230, 230
Ritterstaedt, U. 252
Rodriguez, R. 182
Röhle, I. 222
Roggen, D. 291
Rolfes, R. 116, 299
Rong, P. 92
Rosenkranz, R. 246
Rougier, C. 157
Rube, A. 74
Rucz, P. 129, 130, 130
Rudnicki, M. 185
Rümler, W. 163
Ruiter, N. 259, 260
Rurkowska, K. 79
Rust, A. 47
Rustemeier, J. 299
Ruther, C. 289
Sabirin, C. 321
Sachau, D. 179, 212, 262, 325
Salun, L. 279
Samman, F. 326
Samulewicz, T. 133
Sankowsky-Rothe, T. 287
Sarradj, E. 98, 146, 312
Sas, P. 286
Savel, S. 207
Sayer, A. 233
Schädler, M.R. 241
Schäfer, I. 118
Schäl, S. 117
Schaer, T. 119
Schärer, Z. 154
Schaffner, P. 224
Schanda, U. .. 73, 77, 78, 80, 161, 162
Scharrer, R. 138
Schatz, R. 317
Scheck, J. 159, 165
Scheit, C. 94, 95, 284
Schepker, H. 304
Scheuren, J. 58
Schiema, H. 237
Schiller, J. 140
Schimmelpfennig, S. 281
Schirmacher, R. 262
Schirmer, W. 58
Schlaak, H. 237
Schlachter, I. 252
Schlittenlacher, J. 54, 206
Schlittmeier, S. 193
Schlüter, R. 226
Schmeisl, A. 305
Schmelter, R. 289
Schmelzer, M. 273
Schmich, I. 157
Schmidt, G. 319, 320
Schmidt, J.-H. 77
Schmidt, K. 91
Schmidt, M. 188, 190
Schmidt, V. 159
Schmidtke, E. 300
Schmitt, J. 337
Schneeweiß, H. 46
Schneider, M. 157
Schnelle, F. 268

Schneuwly, D. 251
Schober, A. 97
Schoenenberg, K. 127, 317
Schönfeld, A. 111
Schoenmaker, E. 107
Schöpfer, F. 73
Schörkmaier, M. 217
Scholl, W. 163, 272
Schramm, M. 72, 72
Schreckenberg, D. 196, 337
Schröger, E. 332
Schubert, F. 259
Schubotz, W. 127
Schulte-Fortkamp, B. 212
Schultz, F. 82
Schulze, S. 302
Schuppisser, B. 76, 78
Schwarz, Alexander 43
Schwarz, Andreas 126, 239
Schwenninger, J. 121
Sedlbauer, K. 128
Seeber, B.U. 103
Sehlmeyer, R. 125
Sehr, A. 126, 239
Seidel, J. 158, 163
Seidler, A. 337
Seidler, H. 112
Seiler, R. 211
Seipel, B. 322
Sentpali, S. 45
Serafimov, R. 319
Sering, K. 56
Sessler, G.M. 113, 326
Seume, J.R. 148, 222
Shabalina, E. 268
Shanin, A. 268
Shorter, P. 282
Sickert, P. 189
Sieglitz, R. 199, 199
Siegmann, S. 338
Sim, I. 93
Simanowski, K. 212
Simon, C. 122, 126
Sinambari, G.R. 50
Sinke, C. 331
Skoda, S. 140
Skorpel, A. 311
Skowronek, A. 150
Skowronek, J. 315
Sladeczek, C. 174
Sobotta, R. 223
Söhnholz, H. 228
Sokolov, V. 258
Song, C. 296
Sontacchi, A. 85, 304
Sottek, R. .. 55, 62, 144, 202, 203, 208, 337
Späh, B. 310
Späh, M. 75
Spehr, C. 314
Sperlich, R. 100
Spors, S. 80, 82, 83, 85, 169, 171
Springer, M. 94
Stadtschnitzer, M. 114
Stahl, K. 149
Stahr, K. 71
Stamm, M. 244, 246
Stange-Kölling, S. 164
Stapelfeldt, H. 137
Starke, E. 275, 275, 278
Starnberg, M. 198
Steenken, R. 331
Steffens, J. 140, 212
Steigenberger, J. 97
Stein, A. 98
Stein, D. 121
Stein, L. 326
Stephenson, U.M. . 156, 223, 270, 272
Stiebel, D. 200
Stiefmeier, T. 291
Stiller, D. 119
Stirnemann, A. 187
Stoewer, T. 46
Stoltenberg, A. 117
Stritzelberger, B. 235
Sukalo, D. 115
Sukowski, H. 191
Svobodnik, A. 87
Szycik, G.R. 331
Talasch, W. 306
Tamm, C. 68
Tapken, U. 97
Taskan, E. 159
Telsnig, M. 187
Teschner, M. 287

Tessendorf, B. 291
Teuber, W. 155
Theiß, A. 319
Thiele, C. 191, 287
Thiemann, A. 229
Thoden, D. 71
Thöns-Zueva, A. 91
Thompson, D.J. 147, 198
Thyes, C. 324, 327
Töpken, S. 56, 208
Tourinho, A. 261
Toward, M. 198
Tröbs, H.-M. 78
Tröster, G. 291
Trommer, T. 128, 129, 130
Truong, V.A. 227
Tschentscher, J. 119
Tschesche, J. 324, 327
Ueberle, F. 226, 289, 260
Ueda, K. 336
Uehlinger, R. 224
Ullrich, F. 280, 280
Umbach, N. 56
Uppenkamp, S. 207
van De Par, S. . 80, 104, 106, 107, 107, 111, 122, 139, 170, 173, 232, 328, 328
van Eijk, R. 329
van Gemmeren, J. 221
Vandenbulck, E. 286
Vary, P. 317
Veiz, A. 86
Venghaus, H. 198
Vercammen, M. 269
Verhey, J. .. 54, 57, 104, 104, 106, 108, 204, 208, 209, 210, 210
Versümer, S. 96
Virnich, B. 145
Vnucec, D. 48
Völk, F. 84, 84, 286
Völker, E.-J. 60, 254
Völtl, R. 77, 161, 162
Vogel, Albert 164
Vogel, Alfred 228
Vogelsang, B. 195, 248, 308
Vokurka, K. 305
von Eicken, J. 226
von Estorff, O. 88, 89, 92, 94, 176, 177, 178, 235, 335
Vorländer, M. 80, 81, 91, 138, 155, 167, 178, 213, 214, 214, 215, 217, 219, 221, 256, 268, 269, 311
Voss, D. 263, 265
Wächtler, M. 209
Wältermann, M. 59, 316
Wagener, K. 191
Wahler, W. 187
Waldmann, H. 187
Wandel, M. 179
Wang, X. 219
Warzybok, A. 303
Waschkies, T. 291
Waubke, H. 87, 180, 339
Weber, Lars 331
Weber, Lutz 74, 75
Weber, R. .. 56, 57, 139, 140, 204, 205, 208, 267, 328, 328
Wedegärtner, F. 331
Wefers, F. 167
Weidlich, K.M. 161
Weinandy, R. 101
Weinert, M. 166
Weinzierl, S. 80, 82, 83, 154
Weißgerber, T. 288
Weitnauer, M. 171
Wensing, M. 263, 265
Werner, S. 109, 174
Werschnik, C. 226
Werthschützky, R. 274, 278
Weser, R. 293
Wessely, B. 293
Wickelmaier, F. 56
Wickern, G. 281
Widmann, A. 332
Wiegand, S. 221
Wierstorf, H. 82, 83, 171
Wijnant, Y. 219
Wilhelm, F. 226
Wilholt, L. 139
Wilkens, V. 292
Will, C. 120, 120
Wilson, S. 124
Wind, J. 216
Windelberg, D. 195, 249
Windisch, T. 259
Winkler, T. 121

Witew, I. 155
Withopf, J. 319
Wittstock, V. 74, 77, 164, 164, 272, 273
Wöckel, S. 293
Wohlfahrt, D. 255
Wohlmuth, B.I. 93, 175
Wolf, M. 158
Wolter, S. 266
Wrede, B. 241
Xiong, F. 123
Ystad, S. 207
Yu, H. 125
Zaar, J. 166
Zacharias, F.-C. 136
Zahnert, T. 278
Zaleski, O. 335
Zander, J. 268
Zannin, P.H.T. 66, 66, 67, 256
Zapf, M. 259
Zayani, M. 95
Zedler, M. 331
Zha, X. 195
Zheng, Y. 126, 239
Ziegelwanger, H. 172
Ziegenhals, G. 133, 237
Znidarcic, A. 227
Zollner, M. 42
Zornemann, M. 322
Zotter, F. ... 40, 90, 166, 168, 169
zur Nieden, A. 337

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, 19. März 2012

15:30 - 17:00	„Young Professionals - Icebreaker“	Ebene 0
17:00	DEGA-Mitgliederversammlung	germanium 2

Dienstag, 20. März 2012

12:30 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Elektroakustik	hassium
12:30 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Musikalische Akustik	neon
12:30 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Strömungsakustik	titanium
17:00	Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD)	palladium
17:30	„Young Professionals Meeting“	helium

Mittwoch, 21. März 2012

13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Bau- und Raumakustik	Spectrum C
12:30 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Fahrzeugakustik	Spectrum A
12:30 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Hörakustik	aurum
12:30 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Physikalische Akustik	radon

Donnerstag, 22. März 2012

13:00 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Lärm: Wirkungen und Schutz	helium
12:30 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Lehre der Akustik	vanadium
12:30 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Sprachakustik	germanium
12:45 - 14:00	DEGA-Fachausschuss Ultraschall	titanium

DAGA 2012 - 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):

❒ Ich ermächtige die DEGA e.V., den von mir zu entrichtenden Beitrag zur DAGA 2012 zu Lasten meines Kontos in Deutschland

Konto-Nummer:_____

bei:_____ Bankleitzahl:_____

mittels Lastschrift einzuziehen.

❒ Ich überweise den Beitrag auf das Konto der DEGA e.V.
Nr.: 108 372 01 00, Oldenburgische Landesbank, BLZ 280 200 50
Bitte geben Sie auf dem Überweisungsträger unbedingt an, für welche Person die Anmeldung gilt.

❒ 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)
und melde mich verbindlich zur Jahrestagung DAGA 2012 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 46 06 94-70