



MEDIZINISCHE
FAKULTÄT

Forschungsbericht 2020

Universitätsklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie

UNIVERSITÄTSKLINIK FÜR HALS-, NASEN- UND OHREN-HEILKUNDE, KOPF- UND HALSCHIRURGIE

Leipziger Straße 44, 39120 Magdeburg
Tel. 49 (0)391 67 13800, Fax 49 (0)391 67 13806
christoph.arens@med.ovgu.de

1. LEITUNG

Prof. Dr. med. Christoph Arens

2. FACHBEREICHE

Arbeitsbereich Phoniatrie und Pädaudiologie

3. FORSCHUNGSPROFIL

- Diagnose von Dysphonien mittels Stimmanalyse
- Endoskopische bildgebende Verfahren bei Dysplasien und Karzinomen im oberen Aerodigestivtrakt
- Stellenwert der Manuellen Medizin in der Behandlung postoperativer Schmerzen
- Sprecherunterscheidung und Musikwahrnehmung bei Kindern mit Cochlear Implant
- Komplikationen und Heilungsverlauf nach Provoxprotheseneinlage nach Laryngektomie
- Stereolithografische Modellrealisierung von Felsenbeinfaksimiles zum OP-Training
- Zur Inzidenz und Behandlung von Kindern mit persistierenden Schallleitungsstörungen im Neugeborenen-screening Sachsen-Anhalt
- Zur Korrelation der Felsenbeinbildgebung vor und nach der Cochlear-Implantation im Vergleich zu elektrischen Anpassparametern postoperativ
- Entwicklung innovativer Strategien zur Optimierung der Signalverarbeitung beim Einsatz evozierter Potenziale in der audiologischen Diagnostik, insbesondere zum Einsatz stationärer auditorisch evozierter Potenziale (ASSR) beim frequenzspezifischen Follow-up nach dem universellen Neugeborenen-Hörscreening
- Musikwahrnehmung bei Patienten mit Cochlear Implant
- Registrierung evozierter Potenziale des auditorischen Systems bei Stimulation mit elektronischen Hörprothesen (Cochlear Implants, Aktive Mittelohrimplantate)
- Implantate bei bilateraler Recurrensparese
- 3D-Visualisierung im oberen Aerodigestivtrakt
- Endoskopentwicklung zur optimierten Darstellung intraoperativer Befunde
- Vergleichende Studien zur diagnostischen Aussagekraft verschiedener larynxendoskopischer Verfahren
- Evaluierung phonochirurgischer Verfahren
- Neuronale Verarbeitung akustischer und elektrischer Stimulation im zentralen auditorischen System bei Normalhörigkeit und Ertaubung

4. SERVICEANGEBOT

- Stimmtauglichkeitsuntersuchungen für sprechintensive Berufe
- Gutachten zu allen HNO-relevanten Erkrankungen

- Beratung und Diagnostik bei ein- bzw. beidseitigen Cochlear-Implantation und knochenverankerten Hörgeräten
- Endoskopisch bildgebende Verfahren (OCT, Autofluoreszenz, Narrow Band Imaging, Kontaktendoskopie, Hochgeschwindigkeitsglottografie, Stroboskopie)
- Stimmfeldmessung, Stimmbelastungstest
- Larynx-EMG
- Diagnostik und Therapie von beidseitigen Recurrensparesen

5. METHODIK

Methoden

- Cochlea-Implantation, knochenverankerte Hörgeräte
- Funktionsdiagnostik (BERA, OAE, Tympanogramm etc.)
- Stimmfunktionsdiagnostik (Stimmfeldmessung, DSI, Stimmbelastungstest, Lungenfunktionstest etc.)
- Sämtliche phonochirurgische Verfahren
- Larynx-EMG
- Neuromonitoring
- Glottiserweiternde Operationen bei beidseitiger Rekurrensparese
Manualtherapeutische Verfahren (Chirotherapie, manuelle Stimmtherapie, manuelle Faszilitation)
- Elektrophysiologische Ableitungen im zentralen auditorischen System (Tiermodelle)

Ausrüstungen

- CO2-Laser
- Dioden-Laser

6. KOOPERATIONEN

- "Kroschke Stiftung für Kinder"
- AG Ultraschall der Deutschen HNO-Gesellschaft
- AudioMed Akademie Braunschweig
- Fehlbildungsmonitoring Sachsen-Anhalt
- Kompetenzzentrum "frühkindliches Hören"
- Landesbildungszentrum für Hörgeschädigte Halberstadt
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg - Prof. Dr. Lutz Christian Anders
- Ministerium für Gesundheit und Soziales
- Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr
- Verein "Sachsen-Anhalt hört früher e.V." mit seiner Initiative "Sachsen-Anhalt hört auf seine Kinder"

7. FORSCHUNGSPROJEKTE

Projektleitung: Prof. Dr. Christoph Arens
Projektbearbeitung: Prof. Dr. habil. Susanne Voigt-Zimmermann
Förderer: Haushalt - 01.12.2014 - 30.11.2021

Retro - und prospektive Untersuchung der Ergebnisse nach Glottisrekonstruktion bei Glottisinsuffizienzen

Ziel: Effektivitätsnachweis der Larynxrekonstruktion durch Nasenknorpelimplantation bei Patienten mit Stimmlippennarben nach Chordektomien (totale und partielle), stumpfen Traumata, Entzündungen, Verätzungen usw.

Projektleitung: Prof. Dr. Christoph Arens
Projektbearbeitung: Susanne Dr. Voigt-Zimmermann
Förderer: Haushalt - 01.11.2015 - 31.10.2021

Anwendung der 4K-Technologie zur Untersuchung des oberen Aerodigestivtraktes

Im Rahmen des Forschungsprojektes werden die Einsatzmöglichkeiten und der Nutzen der 4K-Technologie bei der Endoskopie des oberen Aerodigestivtraktes untersucht. Dabei wird auch die spezifische prädiktorische Aussagekraft der Technologie in Kombination mit weiteren endoskopischen Verfahren getestet (WL, NBI, AF, Kontaktendoskopie).

Projektleitung: Prof. Dr. Christoph Arens
Förderer: Haushalt - 01.11.2015 - 31.10.2021

Quantifizierung vaskulärer Strukturen bei gutartigen vaskulären Veränderungen der Stimmlippen

Im Rahmen der Studie wird ein objektives Verfahren zur Quantifizierung vaskulärer Strukturen hinsichtlich ihres differentialdiagnostischen Wertes bei (gutartigen) vaskulären Veränderungen der Stimmlippen getestet.

Projektleitung: Prof. Dr. Christoph Arens
Förderer: Haushalt - 01.12.2016 - 28.11.2021

Strömungssimulation im Larynx

Im Rahmen der Forschungszusammenarbeit der HNO-Klinik Magdeburg und dem Lehrstuhl für Strömungsmechanik und Strömungstechnik der OvGU Magdeburg wird die Luftströmung im menschlichen Kehlkopf mit Methoden der numerischen Strömungsmechanik untersucht. Im Fokus steht zunächst eine detaillierte Beschreibung der Turbulenz im gesunden Kehlkopf sowie bei vorliegenden Pathologien. Das anschließende Ziel ist, ein tieferes Verständnis der vorliegenden Mechanismen zu erlangen und die Wechselwirkungen zwischen Strömungsphysiologie und Stimmqualität darzustellen.

Projektleitung: Prof. Dr. Christoph Arens
Projektbearbeitung: Maike Vollmer, Andrew Curran
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.12.2016 - 30.06.2021

Elektrophysiologische Grundlagenforschung zur zentral-neuronalen Verarbeitung akustischer und elektrischer Stimulation der Hörbahn

Untersucht wird der entwicklungsabhängige Einfluss von Ertaubung und elektrischer cochleärer Stimulation auf die neuronale Verarbeitung interauraler Zeitdifferenzen im auditorischen Mittelhirn (Tiermodell).

Projektleitung: apl. Prof. Dr. habil. Ulrich Vorwerk
Förderer: Haushalt - 01.10.2015 - 31.12.2023

Neugeborenen-Hörscreening und Tracking Sachsen-Anhalt (Projekt gemeinsam mit dem Fehlbildungsmonitoring Sachsen-Anhalt)

Seit 01.01.2009 wurde in Deutschland das universelle Neugeborenen-Hörscreening eingeführt. Es besteht jedoch keine einheitliche Gesetzgebung zur Nachuntersuchung auffälliger Hörbefunde. Ohne dieses sogenannte Tracking führen die Screeninguntersuchungen jedoch nicht zu einer rechtzeitigen Diagnose einer Schwerhörigkeit. In Sachsen-Anhalt wurde in Zusammenarbeit mit dem Stoffwechselmonitoring und Fehlbildungsmonitoring ein Trackingsystem aufgebaut. Das Projekt befasst sich mit der Evaluierung der Daten entsprechend der Kinderrichtlinie.

Projektleitung: apl. Prof. Dr. habil. Ulrich Vorwerk
Förderer: Land (Sachsen-Anhalt) - 01.01.2015 - 31.12.2023

"Sachsen-Anhalt hört auf seine Kinder" - Ein Projekt zur Erfassung, Inklusion und Integration hörgeschädigter Kinder als Reaktion auf den demografischen Wandel in Sachsen-Anhalt

Sicheres und umfassendes Erfassen von Kindern mit Hörstörungen bereits im Neugeborenenalter (Schulung des Neugeborenen-Screening-Personals in den Geburtskliniken Sachsen-Anhalt) sowie Durchsetzung einer hörgerichteten Frühförderung für die betroffenen Kinder und Umsetzung eines Ausbildungsplans für das Frühförderpersonal.

Projektleitung: apl. Prof. Dr. habil. Ulrich Vorwerk
Förderer: Sonstige - 01.01.2016 - 01.01.2023

Die Erfassung von Hörstörungen von Kindern in MD zum Zeitpunkt der Einschulung im Vergleich zu Referenzdaten des Neugeborenenhörscreening Sachsen-Anhalt und ggf. Einleitung einer Therapieoptimierung

Untersucht werden sollen alle eingeschulten Kinder des Jahres 2008/2009 mittels Hörscreening und Hörprüfung und die Daten sollen mit den Referenzdaten des Neugeborenen-Hörscreenings abgeglichen werden und es soll eine Handlungsanweisung für eine Therapieoptimierung abgeleitet werden.

Projektleitung: Dr. Beate Wendt
Projektbearbeitung: apl. Prof. Dr. habil. Ulrich Vorwerk
Kooperationen: Fachhochschule Magdeburg-Stendal; Mensch-Technik-Interaktion; Prof. Schwarzenau
Förderer: Haushalt - 01.10.2020 - 31.12.2023

CI-Träger im Spannungsfeld Mensch-Technik-Interaktion

Im Rahmen von studentischen Projektarbeiten soll untersucht werden, wie CI-TrägerInnen zum einen mit ihrem Hörsinnes-Implantat zurechtkommen, zum anderen wie die angebotene Zusatztechnik (z.B. T-Spule, Bluetooth-Clip, CI-Nutzer-App) von ihnen genutzt wird.

Aus diesen Erkenntnissen solln begünstigende und hemmende Faktoren in der Anwendung der Technik herausgearbeitet werden. Im Anschluss sollen Vorschläge und Konzepte entwickelt werden, die die begünstigenden Faktoren verstärken und die hemmenden Faktoren möglichst ausschließen.

8. EIGENE KONGRESSE, WISSENSCHAFTLICHE TAGUNGEN UND EXPONATE AUF MESSEN

- Coronabedingt haben keine Kongresse und wissenschaftliche Tagungen stattgefunden.

9. VERÖFFENTLICHUNGEN

BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

Arens, Christoph; Schwemmler, Cornelia Christiane; Voigt-Zimmermann, Susanne

Chirurgie des Larynx - Teil 2b: transzervikale chirurgische Therapie maligner Läsionen
Laryngo-Rhino-Otologie - Stuttgart [u.a.]: Thieme, Bd. 98.2020, 11, S. 817-830
[Imp.fact.: 0.972]

Arens, Christoph; Schwemmler, Cornelia Christiane; Voigt-Zimmermann, Susanne

Chirurgische Rekonstruktionen beim Larynxkarzinom
HNO : Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie - Berlin : Springer, Bd. 68.2020, 9, S. 666-677,
Illustrationen
[Imp.fact.: 1.0]

Beitel, Ralph Eugene; Schreiner, Christoph E.; Vollmer, Maïke

Spectral plasticity in monkey primary auditory cortex limits performance generalization in a temporal discrimination task
Journal of neurophysiology - Bethesda, Md.: Soc., 1938, Bd. 124.2020;
[Imp.fact.: 2.225]

Boese, Axel; Arens, Christoph; Friebe, Michael

Novel flexible endoscope concept with swiveling camera tip - a new approach for endoscopic inspection of narrow anatomical structures
Current directions in biomedical engineering - Berlin : De Gruyter - Bd. 6.2020, 3, 20203073, S. 288-291

Davaris, Nikolaos; Lux, Anke; Esmaeili, Nazila; Illanes, Alfredo; Boese, Axel; Friebe, Michael; Arens, Christoph

Evaluation of vascular patterns using contact endoscopy and narrow-band imaging (CE-NBI) for the diagnosis of vocal fold malignancy
Cancers - Basel: MDPI, 2009, Bd. 12.2020, 1, Art.-Nr. 248, insges. 9 S.;
[Imp.fact.: 6.126]

Esmaeili, Nazila; Illanes, Alfredo; Boese, Axel; Davaris, Nikolaos; Arens, Christoph; Navab, Nassir; Friebe, Michael

Laryngeal lesion classification based on vascular patterns in contact endoscopy and narrow band imaging - manual versus automatic approach
Sensors - Basel: MDPI, 2001, Vol. 20.2020, 14, Art.-Nr. 4018, insges. 12 S.;
[Imp.fact.: 3.275]

Esmaeili, Nazila; Illanes, Alfredo; Boese, Axel; Davaris, Nikolaos; Arens, Christoph; Navab, Nassir; Friebe, Michael

Manual versus automatic classification of laryngeal lesions based on vascular patterns in CE+NBI images
Current directions in biomedical engineering - Berlin : De Gruyter - Bd. 6.2020, 3, 20203018, S. 70-73

Knolle, Julienne; Pierau, Mandy; Hebel, Katrin; Lampe, Karen; Jorch, Gerhard; Kropf, Siegfried; Arens, Christoph; Brunner-Weinzierl, Monika

Children from the age of three show a developmental switch in T-cell differentiation
Frontiers in immunology - Lausanne: Frontiers Media, 2010, Vol. 11.2020, Art.-Nr. 1640, insgesamt 12 Seiten;
[Imp.fact.: 5.085]

Mehlum, Camilla Slot; Døssing, Helle; Davaris, Nikolaos; Giers, Anja; Grøntved, Ågot Møller; Kjaergaard, Thomas; Möller, Sören; Godballe, Christian; Arens, Christoph

Interrater variation of vascular classifications used in enhanced laryngeal contact endoscopy
European archives of oto-rhino-laryngology and head & neck : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) ; official journal of the European Laryngological Society - Berlin : Springer, Bd. 277.2020, 9, S. 2485-2492
[Imp.fact.: 1.809]

Papatsoutsos, Efstathios; Aumann, Volker; Vorwerk, Peter; Redlich, Antje Karen; Tammer, Ina; Arens, Christoph; Vorwerk, Ulrich

Zervikale Lymphadenitis durch atypische Mykobakterien bei Kindern mit unterschiedlichem Wohnsitz
Laryngo-Rhino-Otologie - Stuttgart [u.a.]: Thieme, 1980, Bd. 99.2020, 9, S. 628-636;
[Imp.fact.: 0.972]

Stöver, Timo; Dazert, Stefan; Hoffmann, Thomas K.; Plontke, Stefan K.-R.; Ambrosch, Petra; Arens, Christoph; Betz, Christian Stephan; Beutner, Dirk; Bohr, Christopher; Bruchhage, Karl-Ludwig; Canis, Martin; Dietz, Andreas; Guntinas-Lichius, Orlando; Hagen, Rudolf; Hosemann, Werner; Iro, Heinrich; Klußmann, Jens Peter; Knopf, Andreas; Kramer, Sabine Maria; Lang, Stephan; Leinung, Martin; Lenarz, Thomas; Löwenheim, Hubert Martin; Matthias, Christoph; Mlynski, Robert Arndt; Olze, Heidi; Park, Jonas; Plinkert, Peter K.; Radeloff, Andreas Daniel; Rotter, Nicole; Rudack, Claudia; Bozzato, Alessandro; Schipper, Jörg; Schrader, Martin; Strieth, Sebastian; Stuck, Boris; Volkenstein, Stefan; Westhofen, Martin; Wolf, Gregor; Wollenberg, Barbara; Zahnert, Thomas; Zenk, Johannes

Auswirkungen der SARS-CoV-2-Pandemie auf die universitäre Hals-Nasen-Ohrenheilkunde im Bereich der Krankenversorgung
Laryngo-Rhino-Otologie - Stuttgart [u.a.]: Thieme, Bd. 99.2020, 10, S. 694-706
[Imp.fact.: 0.972]

BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

Höbel-Müller, Juliane; Siegert, Ingo; Gottschalk, Martin; Heinemann, Ralph; Wendemuth, Andreas

Investigation of the influence of standing waves on distant speech emotion recognition
Fortschritte der Akustik - DAGA 2020: 46. Jahrestagung für Akustik, 16.-19. März 2019 in Hannover - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), 2020 . - 2020, S. 822-825;
[Konferenz: DAGA 2020, Hannover, 16.-19. März 2020]

ABSTRACTS

Cyran, Anna-Maria; Naß, Norbert; Swierczynski, Piotr; Sprung, Susanne; Naumann, Michael; Haybäck, Johannes; Arens, Christoph

Expression der eukaryotischen Initiationsfaktoren (eIFs) in plattenepithelialen Kopf- und Halskarzinomen (HNSCC) - potenzielle therapeutische Implikationen
Laryngo-Rhino-Otologie - Stuttgart [u.a.]: Thieme, 1980, Bd. 99.2020, S 02, S. S90-S91;
[Imp.fact.: 0.972]

Davaris, Nikolaos; Giers, Anja; Papaioannou, Vasiliki-Anna; Gartmann, Laura; Mertens, Anke; Palm, Almut; Lux, Anke; Arens, Christoph

Einsatz der Narrow Band Imaging-verstärkten Kontaktendoskopie zur intraoperativen Erkennung von perpendikulären Gefäßveränderungen bei Stimmlippenläsionen
Laryngo-Rhino-Otologie - Stuttgart [u.a.]: Thieme, 1980, Bd. 99.2020, S02, Seite S53-S54;
[Imp.fact.: 0.972]

Palm, Almut; Arens, Christoph

Hat die Immunhistochemie einen Stellenwert bei der Beurteilung leukoplakischer Stimmlippenläsionen?
Laryngo-Rhino-Otologie - Stuttgart [u.a.]: Thieme, 1980, Bd. 99.2020, S02, Seite S14-S15;
[Imp.fact.: 0.972]

Papaioannou, Vasiliki-Anna; Arens, Christoph

Vergleich des endoskopischen Bildes HPV-positiver und HPV-negativer Oropharynxkarzinome
Laryngo-Rhino-Otologie - Stuttgart [u.a.]: Thieme, 1980, Bd. 99.2020, S02, Seite S55;
[Imp.fact.: 0.972]

Vees, Tilman; Schwemmler, Cornelia Christiane; Arens, Christoph

Darstellung eines Behandlungskonzepts bei kindlicher multipler Larynxfehlbildung
Laryngo-Rhino-Otologie - Stuttgart [u.a.]: Thieme, 1980, Bd. 99.2020, S02, Seite S16;
[Imp.fact.: 0.972]

DISSERTATIONEN

Vosiková, Tereza; Schubert, Daniel [ErwähnteR]; Viebahn, Richard [ErwähnteR]

Bedeutung der Lymphknotenausbeute beim Rektumkarzinom

Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2019, Dissertation Universität Magdeburg 2020, 2-112

Blätter, Diagramme, Formulare

ABTEILUNG FÜR EXPERIMENTELLE AUDIOLOGIE

Leipziger Straße 44
39120 Magdeburg

1. LEITUNG

Prof. Dr. rer. nat. Jesko L. Verhey

2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Prof. Dr. rer. nat. Jesko L. Verhey

3. FORSCHUNGSPROFIL

- Psychoakustik und Anwendungen
- Modellierung des Gehörs
- Schallempfindungsgrößen
- Schallbewertung
- Akustisch evozierte Potenziale
- Audiologie
- Infraschallwahrnehmung
- Cochlea-Implantat

4. SERVICEANGEBOT

- Psychoakustische Messungen
- Psychoakustische Modellvorhersagen
- Schallpegelmessungen

5. METHODIK

- Reflexionsarmer Raum mit psychoakustischem Messplatz
- Doppelwandige Hörkabine
- Binaurale Aufnahmetechnik:
 - Neumann KU 100 (Kunstkopf)
 - HEAD acoustics HSU III (Kunstkopf)
 - HEAD acoustics BHS II (binaurales Headset)
 - HEAD acoustics SQuadriga II (mobiles Aufnahme- und Wiedergabesystem)
 - HEAD acoustics labP2 (Playback Equalizer)
 - HEAD acoustics ArtemiS Suite (mehrkanalige Schall- und Schwingungsanalyse)
- 31-Lautsprecher Halbkreis zur akustischen Raumwahrnehmung

- Schallpegelmesser B&K 2250 für Messungen nach DIN
- Ohrsimulator B&K 4157 und künstliches Ohr B&K 4152/53 zur Kalibrierung von Audiometrie Hörern
- EEG-Labor mit 64-Kanal-EEG-Verstärker *SynAmps RT*
- klinischer Messplatz für akustisch evozierte Potentiale (ERA, ASSR)
- Hochleistungs-Audio-Analysator Audio Precision APx555

6. KOOPERATIONEN

- Dr Ian Winter, CNBH, University of Cambridge, UK: Frequenzübergreifende Verarbeitung auf der Ebene des Nucleus cochlearis
- Dr. habil. Daniel Oberfeld-Twistel, Allgemeine Experimentelle Psychologie, Johannes Gutenberg-Universität, 55122 Mainz
- Dr. Ifat Yasin, Ear Institute, UCL, London, UK: Korrelate der Wahrnehmung von verdeckten Tönen im EEG
- Dr. Roland Schaette, Ear Institute, UCL, London, UK: Wahrnehmung der Intensität im pathologischen Gehör
- Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Informations- und Kommunikationstechnik (IIKT), Jun.-Prof. Dr.-Ing. Ingo Siegert
- PD Dr. Peter Heil, Leibniz-Institut für Neurobiologie Magdeburg: Physiologisch motivierte Modellierung
- Prof. Steven van de Par, Acoustics group, Oldenburg: Off-frequency BMLD

7. FORSCHUNGSPROJEKTE

Projektleitung: Prof. Dr. Jesko Verhey
Projektbearbeitung: Dr. Monika Kordus
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2017 - 31.10.2020

Optimale klinische Registrierparameter Chirp-evozierter Auditorischer Stationärer Potenziale (ASSR)

Im Methodeninventar der klinischen Audiometrie nehmen Verfahren zur zuverlässigen Bestimmung der Hörschwelle einen zentralen Platz ein. Bei kooperativen Patienten werden hierfür Sinustöne und Sprachreize verwendet. Bei nicht kooperativen Patienten und besonders bei kleinen Kindern muss die Hörschwelle aus physiologischen Antworten des Hörsystems, den akustisch evozierten Potenzialen (AEP) und otoakustischen Emissionen (OAE) geschätzt werden. Besonders die aus dem Elektroenzephalogramm (EEG) extrahierten AEP erlauben dabei eine objektive und robuste Bestimmung der Hörschwelle.

Während die Registrierung von Klick-evozierten Hirnstammpotentialen seit über 40 Jahren eine Abschätzung der mittleren Hörschwelle über einen größeren Frequenzbereich ermöglicht, stößt die Verwendung von Klickreizen bei einer frequenzspezifische Vorhersage an seine Grenzen. Das international etablierte Verfahren, durch Tonpulse ausgelöste Potenziale zur Abschätzung der frequenzspezifischen Hörschwelle zu benutzen ist für einen robusten klinischen Einsatz nur bedingt geeignet.

Die Nutzung stationärer Potenziale des auditorischen Systems (Auditory steady state response, ASSR) verspricht, einige dieser Probleme zu lösen. So können ASSR im Spektrum der physiologischen Antwort mit leistungsfähigen statistischen Tests nachgewiesen werden. Klinisch besonders interessant ist die Möglichkeit, ASSR für bis zu vier Frequenzen und an beiden Ohren simultan zu registrieren. Kommerzielle Implementationen des Verfahrens werden seit einigen Jahren erfolgreich in der Klinik eingesetzt, wobei sie derzeit noch einen erheblichen Zeitaufwand beinhalten der durch optimale Wahl von Reiz- und Registrierparametern überwunden werden könnte.

Diese Studie verfolgt das Ziel, der Einfluss verschiedener Reiz- und Registrierparameter auf die ASSR für den speziellen, klinisch sehr bedeutsamen Reiztyp Chirp in multi-frequenten Reizparadigmen zu untersuchen. Chirpreize kompensieren die Laufzeit der Wanderwelle in der Cochlea und ermöglichen dadurch die Registrierung von AEP mit besonders großen Amplituden. Obwohl Chirp-ASSR bereits klinisch genutzt werden, sind Daten über den Einfluss grundlegender Reiz- und Registrierparameter in der Literatur nicht verfügbar. Es ist zu erwarten, dass durch eine systematische Optimierung der Reiz- und Registrierparameter die klinische Akzeptanz dieser Methode entscheidend verbessert werden kann. Durch die systematische Erfassung grundlegender Eigenschaften der Chirp-ASSR an erwachsenen Normalhörenden und Probanden mit einer sensorineuralen Hörminderung soll

im Rahmen dieser Studie eine Optimierung klinischer Reiz- und Registrierparameter erreicht werden.

Projektleitung: Prof. Dr. Jesko Verhey
Kooperationen: Dr. habil. Daniel Oberfeld-Twistel, Allgemeine Experimentelle Psychologie, Johannes Gutenberg-Universität, 55122 Mainz
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.12.2016 - 31.12.2020

Entwicklung eines dynamischen Lautheitsmodells mit perzeptiven Gewichten

Die Lautheit als wahrgenommene Intensität des Schalls ist eine wichtige Größe beim Hören. Sie spielt insbesondere bei der Bewertung von Umweltlärm eine fundamentale Rolle. Eine Reihe von Normen beschreibt schon erfolgreich einige Aspekte dieser Wahrnehmungsgröße. Die Normen beziehen sich auf Lautheitsmodelle, die auf Basis von Wahrnehmungsexperimenten mit vergleichsweise einfachen Schallen entwickelt wurden. Jedoch zeigen sich bei einigen komplexen Umweltschallen noch deutliche Unterschiede von Wahrnehmung und Vorhersage, insbesondere bei Schallen mit ausgeprägten zeitlichen Variationen. Dieses könnte daran liegen, dass nicht alle Aspekte der Lautheitswahrnehmung in bisherigen Ansätzen berücksichtigt wurden. So zeigen Grundlagenexperimente, dass Hörer verschiedene zeitliche und spektrale Signalanteile unterschiedlich gewichten. Zum Beispiel ist der Anfang eines Signals wichtiger für die Lautheitsbewertung als spätere Anteile. Ob die Position der Schallquelle in Relation zum Hörer (z.B. oberhalb oder vorne) eine Rolle bei der Lautheitsbewertung spielt, ist noch gänzlich unklar. Das Ziel des Projektes ist zum einen, die genauere empirische Untersuchung der vom Menschen vorgenommenen Wichtung einzelner Signalanteile. Zum anderen ist das Ziel die Entwicklung eines neuen Lautheitsmodells auf Basis bestehender und der neu zu erhebenden Daten. Im Gegensatz zu bestehenden Lautheitsmodellen enthält das neue Modell spezielle Wichtungen von verschiedenen Signalanteilen bei der Berechnung der Lautheit.

Projektleitung: Prof. Dr. Jesko Verhey
Projektbearbeitung: Dr. rer. nat. Björn Friedrich
Kooperationen: Dr.-Ing. Thomas Fedtke, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 15.02.2018 - 30.04.2020

Infraschall und seine Bedeutung für den Hörschall

Die Zahl der Menschen, die akustischen Expositionen durch Infraschall ausgesetzt sind, wächst. Es ist bekannt, dass einzelne Personen besonders empfindlich reagieren und dass ihre Lebensqualität durch eine Reihe von Beschwerden (Schlafstörungen, Konzentrationsstörungen, Unruhe, Migräne) erheblich eingeschränkt ist. Wie der Infraschall vom Menschen verarbeitet wird, ist jedoch weitestgehend ungeklärt. Das Ziel des Projektes ist es, die Mechanismen der Wahrnehmung von Infraschall und tieffrequentem Schall zu erforschen, damit zukünftig Mediziner und Psychologen die Auswirkungen auf den Menschen besser untersuchen können. Eine Hypothese, wie Infraschall gehört wird, ist, dass das Gehör nichtlineare Verzerrungen erzeugt, deren Frequenzen im Hörschallbereich liegen. Um das zu untersuchen, muss zunächst sichergestellt werden, dass die Verzerrungen nicht durch das Wiedergabesystem für die Infraschallstimuli selbst erzeugt werden. Daher steht am Anfang des Projekts die Entwicklung verzerrungsfreier Infraschall-Wiedergabetechnik sowie empfindlicher Gehörgangsmesstechnik. Diese wird im lebenden Ohr eingesetzt, um die gehörspezifischen nichtlinearen Verzerrungen zu quantifizieren. In Hörversuchen wird dann untersucht, inwieweit diese Verzerrungen für die Infraschallwahrnehmung mit und ohne externen Hörschall eine Rolle spielen. Eine alternative Hypothese zur Infraschallwahrnehmung besteht darin, dass der Hörschall durch den Infraschall moduliert und letzterer dadurch wahrnehmbar wird. Diese beiden Hypothesen werden anhand von Hörversuchen kritisch getestet. Auf Grundlage der Ergebnisse sowohl der Hörversuche als auch der technischen Messungen im Gehörgang werden Modelle zur Infraschallwahrnehmung entwickelt. Das langfristige Ziel besteht darin, die Erkenntnisse des Projektes für die Entwicklung eines Regelwerks zum Schutz vor gesundheitlichen Schäden durch Infraschall und die adäquate Beschreibung der Emissionsparameter von Infraschallquellen zu nutzen. Die Erkenntnisse werden damit sowohl für den Gesundheitsschutz (Schutz vor schädlicher Infraschallimmission) als auch für die wirtschaftliche Entwicklung (Infraschallemission, z. B. Hersteller und Betreiber von Windkraftanlagen) von Bedeutung sein.

Projektleitung: Prof. Dr. Jesko Verhey
Projektbearbeitung: Dipl.-Phys. Martin Gottschalk
Förderer: Haushalt - 15.06.2017 - 15.06.2020

Wahrnehmung von tiefen Frequenzen

Die Wahrnehmung tiefer Frequenzen erfolgt einerseits durch auditive Wahrnehmung von Schall, andererseits durch die taktile Wahrnehmung von Vibrationen. Die Wahrnehmung und Verarbeitung mit beiden Sinnen und ihre gegenseitige Beeinflussung sind Gegenstand dieses Forschungsprojektes. Eine Messapparatur, die Vibration und akustische Reize gleichzeitig erzeugen kann, wird aufgebaut. Mit dieser werden anschließend psychophysikalische Probandenstudien durchgeführt.

Projektleitung: Prof. Dr. Jesko Verhey
Projektbearbeitung: Andreas Hauser
Förderer: Haushalt - 01.09.2016 - 30.06.2021

Simulation elektromagnetischer Felder bei Stimulation eines Cochlea-Implantats.

Für die Simulation der Ausbreitung elektromagnetischer Felder bei der Stimulation über ein Cochlea-Implantat (CI) werden in der Literatur bereits diverse Ansätze mit Annahmen von Näherungen beschrieben. Das Ziel dieses Projektes besteht darin, die vollständige Elektrodynamik auf diese Fragestellung anzuwenden.

Aufgrund einer vergleichsweise komplizierten geometrischen Struktur, verbunden mit Materialien unterschiedlichster elektrischer und magnetischer Eigenschaften, ist eine hohe Auflösung der betreffenden Strukturen notwendig. Die aus technischen Gründen damit verbundene Menge an benötigtem Arbeitsspeicher und zudem anfallender Rechenzeit erlaubt es gegenwärtig nicht, die bekannten Standard-Verfahren, wie die der Finiten Elemente, im befriedigendem Umfang anzuwenden.

Deshalb wird auf Grundlage der "Lattice Boltzmann Methode" - ein in der Fluid-Dynamik bereits gut etabliertes Verfahren zur Simulation von Strömungen - ein Modell konzipiert, das die Elektrodynamik, beschrieben über die Maxwell Gleichungen, erfüllt und damit den o.g. Anforderungen besser entspricht.

Die Simulationen sollen einen detaillierteren Aufschluss über die Evolution der Felder und der damit verbundenen Größen, wie die der elektrischen Ladung, geben. Diese Prozesse sind gegenwärtig nur grob verstanden, sodass Weiterentwicklungen dieses Implantat-Systems auf empirische Erkenntnisse zurückgehen. Da experimentelle Messungen ethischen wie technischen Einschränkungen unterliegen, ist deshalb die Möglichkeit theoretischer Aussagen von großem Wert.

Projektleitung: Prof. Dr. Jesko Verhey
Projektbearbeitung: M.Sc. Gloria-Tabea Badel
Kooperationen: Prof. Steven van de Par, Acoustics group, Oldenburg: Off-frequency BMLD
Förderer: Sonstige - 01.03.2018 - 31.12.2020

Empfindungsgrößen niedertouriges Fahren

Zukünftige Regulierungen und stetig wachsende Sensibilität bei Kunden fordern ein deutlich verringertes Emissions- und Verbrauchsverhalten bei aktuellen und zukünftigen PKW-Entwicklungen. Die Effizienz von Verbrennungskraftmaschinen kann unter anderem durch den Betrieb bei niedrigen Drehzahlen gesteigert werden. Für die besonders bei diesen niedertourigen Fahrzuständen auftretenden Sinneseindrücke, wie zum Beispiel "R-Rauigkeit", "Wummern", "Brummen" und "Dröhnen" liefern kommerziell erhältliche psychoakustische Berechnungsverfahren keine oder nicht ausreichend verlässliche Vorhersagen.

Da Geräusche, die wummern, brummen oder dröhnen, durchaus als unangenehm, ermüdend oder belastend

empfundene werden und somit zu einem verringerten Geräuschkomfort führen, würde ein Auftreten solcher Komponenten in niedertourigen Betriebszuständen die Akzeptanz für diese effizienzsteigernden Maßnahmen senken.

Reine physikalische Messungen oder Simulationen von Schallfeldern im Fahrzeug reichen für eine Vorhersage bzw. Beschreibung des empfundenen Geräuschkomforts nicht aus, da diese nur ungenügend die oben genannten Wahrnehmungsaspekte beschreiben. Grundlegende Erkenntnisse über den Einfluss wesentlicher Signaleigenschaften auf psychoakustische Empfindungsgrößen können dabei schon in der frühen Entwicklungsphase eine Vermeidung bzw. Reduktion komfortmindernder Geräuschkomponenten ermöglichen.

Basierend auf diesen grundlegenden Erkenntnissen werden im Rahmen des Projekts Berechnungsverfahren für einzelne, in diesem Kontext relevante, perzeptive Größen entwickelt.

Da auch andere technische Schalle tieffrequente Modulationen aufweisen, wäre eine modellhafte Beschreibung der für diese Schalle relevanten Empfindungsgrößen nicht nur für die Fahrzeugakustik relevant.

Projektleitung: Prof. Dr. Jesko Verhey
Projektbearbeitung: M.Sc. Florian Doleschal, Katja Fröhlingsdorf, Prof. Dr. Stefan Pischinger
Kooperationen: RWTH Aachen
Förderer: BMWi/AIF - 01.09.2019 - 31.08.2021

Störgeräusche im Fahrzeuginnenraum mit elektrifizierten Antrieben

Der empfundene Qualitätseindruck ist ein bedeutender Faktor für die Kaufentscheidung. Dabei ist für die Qualität des Fahrzeuginnengeräusches kontextunabhängig die empfundene Lästigkeit und der Wohlklang maßgeblich. Besondere Bedeutung gewinnt dieser Aspekt bei der gegenwärtigen Markteinführung von Elektro- und Hybridfahrzeugen. Um Kundenakzeptanzprobleme zu vermeiden, muss bereits zu diesem Zeitpunkt die Kundenerwartung an ein möglichst störgeräuscharmes Innengeräusch erfüllt sein. Sowohl die fortschreitende Elektrifizierung als auch zunehmend verbreitete aktive Gestaltung des Fahrzeuginnengeräusches stellen neue Herausforderungen für das Nachfolgevorhaben zu "Motorstörgeräusche im Innenraum" (MSI) dar. Durch den Wegfall des Verbrennungsmotors als akustisch maskierende Komponente treten auch bei niedrigen Geschwindigkeiten Reifen-/Fahrbahn-, Wind- und Hilfsaggregategeräusche in den Vordergrund. Zur Unterstützung der aktiven Gestaltung des Fahrzeuginnengeräusches ergibt sich - neben der isolierten Betrachtung von Störgeräuschanteilen - die neue Anforderung, in Abhängigkeit der angestrebten Angenehmheit Informationen zur gezielten Maskierung von Komponentengeräusche zur Verfügung zu stellen. Ziel des Vorhabens ist die Zerlegung des Fahrzeuginnengeräusches von Elektro- und Hybridfahrzeugen in einzeln wahrnehmbare Geräuschanteile, welche anschließend automatisiert den verursachenden Motorkomponenten zugeordnet werden. In Anbetracht der gegenwärtigen Markteinführung von Fahrzeugen mit elektrifizierten Antriebssystemen wird in diesem Vorhaben die Angenehmheit der Geräuschkomponenten elektrifizierter Antriebe auf Basis der Kundenerwartung und mittels psychoakustischer Parameter quantifiziert. Des Weiteren sollen in Abhängigkeit von der Angenehmheit verdeckende Schalle für Komponentengeräusche so gestalten werden, dass letztere als möglichst angenehm empfunden werden. Die Ergebnisse sind in einem Entwicklungswerkzeug für die Anwendung nutzbar zu machen.

Projektleitung: Dr. Martin Böckmann-Barthel
Projektbearbeitung: Prof. Dr. Jesko Verhey, Tobias Seefeldt
Förderer: Haushalt - 02.05.2019 - 30.06.2021

Konsonanz musikalischer Intervalle bei Nutzern eines Cochlea-Implantats

Ein Cochlea-Implantat wandelt Schall in eine elektrische Stimulation des Hörnerven um. Dieser wird in eine geringe Zahl von Frequenzbereichen mit festen Grenzen eingeteilt. Nutzer eines CI sind dadurch bei Wahrnehmung spektraler Parameter eingeschränkt. Das wirkt sich insbesondere bei Musik aus.

Konsonanz musikalischer Intervalle beruht auf dem Abstand der zwei Intervalltöne. Im Projekt soll untersucht werden, ob Nutzer eines Cochlea-Implantats ohne Restgehör die selben Intervalle als konsonant bewerten wie Normalhörende. Im Blick steht dabei auch ein möglicher Einfluss der Lage Intervalltöne zu den Grenzen der Frequenzbereiche des Geräts.

Projektleitung: Dr. Martin Böckmann-Barthel
Projektbearbeitung: Prof. Dr. Jesko Verhey, Ece Koyutürk
Kooperationen: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Informations- und Kommunikationstechnik (IIKT), Jun.-Prof. Dr.-Ing. Ingo Siegert
Förderer: Haushalt - 15.08.2020 - 28.02.2022

Wahrnehmung der paraverbalen Information in datenreduzierter gesprochener Sprache bei Nutzern von Cochlea-Implantaten

Datenreduktion ist nicht nur bei synthetisierten Ansagen, sondern auch bei Sprache-produzierenden Kommunikationssystemen (z.B. Siri, Alexa, VoIP, mobile Navigationssysteme) und bei der Übertragung von Telefonie (Voice over IP, VoIP) elementar. Nutzer eines Cochlea-Implantats sind mit einer starken Beeinträchtigung spektraler Information im Schall konfrontiert, die vor allem die exakte Wahrnehmung von Tonhöhe einschränkt. Das Projekt untersucht, inwieweit insbesondere Emotion in gesprochener Sprache wahrgenommen wird und wie sich eine zusätzliche Beeinträchtigung durch Datenreduktion auswirkt.

8. VERÖFFENTLICHUNGEN

BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

Doleschal, Florian; Verhey, Jesko L.

Comodulation masking release with random variations of flanking-band center frequencies

The journal of the Acoustical Society of America: JASA-O/ Acoustical Society of America - Melville, NY: AIP Publ., 1929, Bd. 148.2020, 2, S. 692-700;

[Imp.fact.: 1.78]

Doleschal, Florian; Verhey, Jesko L.; Schumann, Christian; Pischinger, Stefan

Effiziente Optimierung des Fahrzeuginnengeräuschs

Automobiltechnische Zeitschrift: ATZ ; die technisch-wissenschaftliche Fachzeitschrift für Entwicklung und Produktion in der Automobilindustrie - Wiesbaden: Vieweg, 1998, Bd. 122.2020, 1, S. 76-81;

Fischenich, Alexander; Hots, Jan; Verhey, Jesko L.; Oberfeld, Daniel

The effect of silent gaps on temporal weights in loudness judgments

Hearing research - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, 1978, Vol. 395.2020, article 108028;

[Imp.fact.: 3.693]

Friedrich, Björn; Joost, Holger; Fedtke, Thomas; Verhey, Jesko L.

Spectral integration of infrasound at threshold

The journal of the Acoustical Society of America: JASA-O/ Acoustical Society of America - Melville, NY: AIP Publ., 1929, Bd. 147.2020, 3, S. EL259-EL263;

[Imp.fact.: 1.78]

BEGUTACHTETE BUCHBEITRäge

Badel, Gloria-Tabea; Doleschal, Florian; Verhey, Jesko L.

Spektral-temporale Geräuschmanipulationen als Grundlage zur Erforschung der Empfindungsgröße Wummern

Fortschritte der Akustik - DAGA 2020: 46. Jahrestagung für Akustik, 16.-19. März 2019 in Hannover - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), 2020 . - 2020, S. 313-314;

[Konferenz: DAGA 2020, Hannover, 16.-19. März 2020]

Doleschal, Florian; Badel, Gloria-Tabea; Verhey, Jesko L.

Dröhnen im Fahrzeuginneren

Fortschritte der Akustik - DAGA 2020: 46. Jahrestagung für Akustik, 16.-19. März 2019 in Hannover - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), 2020 . - 2020, S. 298-300;

[Konferenz: DAGA 2020, Hannover, 16.-19. März 2020]

Friedrich, Björn; Joost, Holger; Fedtke, Thomas; Verhey, Jesko L.

Detektionsschwellen von Infraschall-Tonkomplexen

Fortschritte der Akustik - DAGA 2020: 46. Jahrestagung für Akustik, 16.-19. März 2019 in Hannover - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), 2020 . - 2020, S. 406-408;

[Konferenz: DAGA 2020, Hannover, 16.-19. März 2020]

Gottschalk, Martin; Höbel-Müller, Juliane; Siegert, Ingo; Verhey, Jesko L.; Wendemuth, Andreas

Filtering-based analysis of spectral and temporal effects of room modes on low-level descriptors of emotionally coloured speech

Elektronische Sprachsignalverarbeitung 2020 - Tagungsband der 31. Konferenz Magdeburg : Magdeburg, 4.-6. März 2020: Tagungsband der 31. Konferenz Magdeburg : Magdeburg, 4.-6. März 2020/ Konferenz "Elektronische Sprachsignalverarbeitung" - Dresden: TUDpress, 2020; Wendemuth, Andreas . - 2020, S. 219-226 - (Studientexte zur Sprachkommunikation; 95);

[Konferenz: 31. Konferenz "Elektronische Sprachsignalverarbeitung", Magdeburg, 4.-6. März 2020]

Hots, Jan; Oberfeld-Twistel, Daniel; Fischenich, Alexander; Verhey, Jesko L.

Räumliche Gewichtung bei der Lautheitswahrnehmung

Fortschritte der Akustik - DAGA 2020: 46. Jahrestagung für Akustik, 16.-19. März 2019 in Hannover - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), 2020 . - 2020, S. 808-809; [Konferenz: DAGA 2020, Hannover, 16.-19. März 2020]

Höbel-Müller, Juliane; Siegert, Ingo; Gottschalk, Martin; Heinemann, Ralph; Wendemuth, Andreas

Investigation of the influence of standing waves on distant speech emotion recognition

Fortschritte der Akustik - DAGA 2020: 46. Jahrestagung für Akustik, 16.-19. März 2019 in Hannover - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), 2020 . - 2020, S. 822-825; [Konferenz: DAGA 2020, Hannover, 16.-19. März 2020]

Schneider, Sebastian; Doleschal, Florian; Hots, Jan; Oetjen, Arne; Rottengruber, Hermann; Verhey, Jesko L.

Benchmark-Analyse verschiedener Tonhaltigkeitsmodelle anhand von Luftschallmessungen an aktuellen Fahrzeug-Elektromotoren

Fortschritte der Akustik - DAGA 2020: 46. Jahrestagung für Akustik, 16.-19. März 2019 in Hannover - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), 2020 . - 2020, S. 330-332; [Konferenz: DAGA 2020, Hannover, 16.-19. März 2020]

Verhey, Jesko L.; Vaghefi, Shirin Ashraf; Hots, Jan

Tonhaltigkeit und Hörvermögen

Fortschritte der Akustik - DAGA 2020: 46. Jahrestagung für Akustik, 16.-19. März 2019 in Hannover - Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V. (DEGA), 2020 . - 2020, S. 786-787; [Konferenz: DAGA 2020, Hannover, 16.-19. März 2020]

ABSTRACTS

Böckelmann, Irina; Pohl, Robert; Darius, Sabine; Thielmann, Beatrice; Sammito, Stefan; Riesemann, Michael; Jarczok, Marc N.; Glomb, Sina; Delhey, Manuela; Gündel, Harald; Verhey, Jesko L.; Frommer, Jörg; Metzner, Susanne

Beurteilung der Aktivierung des autonomen Nervensystems bei Schmerzpatienten anhand der Herzfrequenzvariabilität

8. Int. Symposium Herzfrequenzvariabilität (Online): Herzfrequenzvariabilität: Anwendungen in Forschung und Praxis : 14.11.2020 in Halle (Saale) : Abstractband/ Internationales Symposium Herzfrequenzvariabilität (Online), 2020 . - 2020, S. 3-4;

Doleschal, Florian; Hots, Jan; Verhey, Jesko L.; Oetjen, Arne; Schneider, Sebastian; Rottengruber, Hermann

Tonality benchmark analysis for electric vehicle interior noise

Advances in noise and vibration control technology: INTER-NOISE 2020 E-Congress : the 49th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering : August 23-26, 2020 / hosted by The Korean Association for Noise and Vibration Engineering ; on behalf of the I-INCE International Institute of Noise Control Engineering: INTER-NOISE 2020 E-Congress : the 49th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering : August 23-26, 2020 - Red Hook, NY: Curran Associates, Inc., 2020, 2020, Abstract 422, 1 Seite

DISSERTATIONEN

Nitschmann, Marc; Specht, Hellmut [ErwähnteR]; Rahne, Torsten [ErwähnteR]

Die Rolle von Pegelschwankungen bei der binauralen spektralen Verarbeitung

Magdeburg: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2019, verschiedene Seitenzählung, Diagramme