

**Die Erforschung synaptischer Prozesse am Beispiel einer schnellen Synapse der Hörbahn**

Neher, E.

Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie

Seit den Untersuchungen von Del Castillo und Katz in den frühen 50er Jahren ist bekannt, dass ein Anstieg der intrazellulären Kalziumkonzentration ( $[Ca^{++}]$ ) in Nervenendigungen der unmittelbare Auslöser der Freisetzung von Neurotransmittern ist. Bis vor kurzem war jedoch nicht bekannt, wie hoch  $[Ca^{++}]$  ansteigen muß, um dies zu bewerkstelligen und welche Faktoren den Zeitverlauf und die Wirksamkeit des Signals beeinflussen. Elektrophysiologische und mikrofluorimetrische Untersuchungen an einer 'Riesensynapse', dem sog. Held'schen Kelch im Hirnstamm, erlauben nun eine detaillierte Beantwortung dieser Fragen, sowie eine Aufklärung von Mechanismen der 'Kurzzeitplastizität' synaptischer Verbindungen im Nervensystem.

Der Held'sche Kelch ist die dritte Synapse im Verlauf der Hörbahn. Wegen des Erfordernisses sehr präziser und sicherer Signalweiterleitung ist diese Nervenendigung sehr viel größer als vergleichbare glutamaterge Terminalen und erlaubt deswegen detaillierte biophysikalische Untersuchungen. Entgegen der Erwartung, dass die Synapse als einfaches, zeitlich konstantes Relais funktioniert, zeigt sie eine ausgeprägte Kurzzeitplastizität.



**Hördiagnostik und Hörgeräteanpassung bei Kleinkindern - eine audiologische Herausforderung.  
Der Stand in Deutschland und Europa**

Wiesner, T., Bohnert, A.

Abt. Phoniatrie und Pädaudiologie, Werner-Otto-Institut, HamburgKlinik für Kommunikationsstörungen,  
Mainz

Hintergrund und Fragestellung: Mit der Einführung des Neugeborenen Hörscreenings in einer Reihe von Ländern Europas sowie auch einigen Regionen Deutschlands kann bei zunehmend mehr Kindern die Hörstörung bereits im ersten halben Lebensjahr diagnostiziert werden. Zeitnah bedürfen diese Kinder dann auch einer apparativen Versorgung sowie einer Hörsprachfrühförderung. Eine erfolgreiche Frühversorgung erfordert jedoch eine Optimierung und Adaptation der bisherigen Diagnostik-, Anpass- und Fördermethoden.

Methode: Entsprechend einer vorausgegangenen Studie der Universität Manchester (Bamford, 2001), wurden erfahrene pädaudiologische Zentren in Deutschland, Belgien, Frankreich, Spanien, Schweiz und Portugal zu ihrem aktuellen diagnostischen und anpasstechnischen Vorgehen befragt.

Ergebnisse: Nicht überall führt das Neugeborenen Hörscreening zu einer frühen Diagnose und eine frühe Diagnose führt nicht zwangsläufig zu einer frühen Versorgung. Es besteht bisher kein einheitliches Vorgehen in der Hörgeräteanpassung in den ersten Lebensmonaten und die notwendigen audiologischen Vorraussetzungen werden bisher vielerorts nur unvollständig umgesetzt.

Schlussfolgerungen: Eine verlässliche Hördiagnostik und Hörgeräteanpassung im Säuglingsalter erfordert den konsequenten Einsatz von "Good Practice"-Regeln z.B. im Rahmen der frequenzspezifischen BERA, der unkonditionierten und konditionierten subjektiven Audiometrie, der RECD-Messung und dem Einsatz altersentsprechender Anpassformeln. Nur so lassen sich in Verbindung mit einer engen interdisziplinären Zusammenarbeit auch diese zugegebenermaßen schwierigen Versorgungssituationen nachvollziehbar meistern.

Literatur:

Bamford J, Beresford D, Mencher G, DeVoe S, Owen V, Davis A, Provision and Fitting of New Technology Hearing Aids: Implications from a Survey of some "Good Practice Services" in UK and USA, in Proceedings from the 2nd International Conference: A Sound Foundation Through Early Amplification (2001)



**Best Practice Procedures for Hearing Evaluation in Infants**

Gravel, J. S.

Accurate assessment of hearing sensitivity and auditory system integrity is critical to the timely provision of optimal early intervention services. Currently, audiologists are faced with meeting the hearing evaluation needs of infants who have been identified as being at risk for hearing loss through newborn screening programs. This results in early referral for confirmatory audiological testing well before the age of 6 months. Some proportion of the infants who will be referred for hearing evaluation have one or more co-occurring medical and neurological risk factors.

Over the first year of life, repeated audiological evaluations are necessary to initially determine the type, degree, and configuration of the hearing loss and over time, to fully characterize hearing in both ears across the speech frequency range. This is critical for the optimum fitting and refining of hearing aids. In addition, the audiological evaluations performed regularly in the early years of life allow the stability of the hearing loss to be monitored.

A comprehensive audiologic test battery that includes otoacoustic, electrophysiologic and behavioral test procedures will be discussed and suggestions for implementation provided.



**Best Practice Procedures for Fitting Amplification in Infants**

Seewald, R. C.

Increasingly, hearing health care professionals are required to follow preferred practice guidelines and submit scientific evidence in support of the clinical procedures they apply. This presentation will describe the growing consensus seen in recently published preferred practice guidelines on best practice in pediatric amplification and in generic hearing instrument prescription and fitting procedures developed for application with infants. Particular attention will be given to special considerations in the audiometric assessment, electroacoustic selection and verification stages of the pediatric amplification fitting process.



## Neue Fragebogeninventare – ein weiteres Werkzeug in der Verbesserung der Hörgeräteanpassung im Kindesalter

Wiesner, T., Bohnert, A., Strauch, A., Drach, M., Heinz, J., Baumann, M.

Abt. für Phoniatrie und Pädaudiologie, Werner-Otto-Institut, Hamburg, Klinik für Kommunikationsstörungen, Mainz, Kind Hörgeräte, Hamburg-Fuhlsbüttel, Landesbildungszentrum für Hörgeschädigte, Friedberg, Widex micro-technic GmbH, Stuttgart, Hörgeräte Iffland, Esslingen

Hintergrund und Fragestellung: Im Gegensatz zu großen Fortschritten in der Früherkennung und Versorgung von kindlichen Hörstörungen sowie der Entwicklung immer leistungsfähiger digitaler Hörsysteme, halten seit einigen Jahren die audiometrischen Methoden zur Überprüfung der Anpassergebnisse mit diesen Fortschritten nicht mehr Schritt. Diese Diskrepanz zeigt sich heutzutage sowohl bei Erwachsenen und auf Grund der altersbedingt zusätzlich eingeschränkten Testmöglichkeiten noch in verstärktem Maße bei Kindern. Um trotzdem den Gewinn und mögliche Problembereiche besser erfassen zu können, wird bei Erwachsenen seit längerem der Einsatz von Fragebogeninventaren empfohlen. Bei der Sichtung von Fragebogeninventaren (Anderson und Matkin, 1996; Anderson und Smaldino, 2000; Weichbild et al., 2003; Zimmermann et al. 1998), die bei Kindern zum Einsatz kommen können, zeigten sich gleich zwei Probleme: Es gibt bisher kein altersabgestuftes Inventar und die meisten Fragebögen verstehen sich primär als Endergebnismessinstrument zur Ermittlung eines "Qualitätsscores". Wir suchten jedoch ein "Arbeitsinstrument", das uns bereits während der Anpassung hilft, durch eine strukturierte und wiederholte Datenerhebung die Anpassqualität kontinuierlich zu verbessern.

Methode: Im Rahmen einer interdisziplinären Arbeitsgruppe (Pädaudiologie, Hörgeräteakustik und Hörgeschädigtenpädagogik) wurde zunächst ein umfassender Fragenpool gesammelt, doppelte Fragen eliminiert, der Wortlaut ähnlicher Fragen optimiert und die Fragen nach Altersgruppen sortiert. In einem internen Abstimmungsprozess wurden dann erste Version eines Fragebogens für das Entwicklungsalter 0-2 Jahre (der noch nicht sprechenden Kinder) zusammengestellt. Nach einer multizentrischen Erprobung wurden die Erfahrungen und Rückmeldungen gesammelt und über eine erneut in der Praxis erprobte 2.Version eine vorläufige Endversion entwickelt. Parallel wurde mit der Arbeit an einer Version für das Vorschulalter begonnen und nach deren Fertigstellung nun eine Version für das Grundschulalter in Angriff genommen.

Ergebnisse: Die Fragebögen für das Entwicklungsalter 0-2 und das Alter 3-5 Jahre stehen jetzt allen Interessierten als pdf-Datei im Internet sowie als gedruckte Version über einen Hörgerätehersteller zur Verfügung. Sowohl Trageverhalten, Hörverhalten, Selektionsfähigkeit und selbst Fragen zur Höranstrengung werden berücksichtigt. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass auch Eltern mit einem eingeschränkten Bildungsniveau mit der Beantwortung der Fragen erfreulich gut zurecht kommen. Auf professioneller Seite zeigte sich, dass Fortschritte und Problembereiche in der Hörsystemanpassung mit den Fragebögen deutlich schneller und vollständiger erfasst und dokumentiert werden können.

Schlussfolgerungen: Die bisher erstellten Fragebögen haben sich als neues Arbeits- und Dokumentationsinstrument in der Optimierung der Hörgeräteanpassung von Kindern in unterschiedlichen Altersgruppen bewährt. Es hat sich gezeigt, dass eine Zentren und Berufsgruppen übergreifende Einigung auf ein Fragebogeninventar erfolgreich möglich ist. Eine Englischsprachige Version der Fragebögen trifft derzeit auch im Ausland bereits auf zunehmendes Interesse. Im Sinne der Qualitätssicherung sollte auch in der Hörsystemanpassung bei Kindern der Einsatz von Fragebogensystem fest verankert werden (Wiesner et al., 2002).

### Literatur:

Anderson KL, Matkin ND; Screening Instrument for Targeting Educational Risk in Preschool Children (age 3-kindergarten) (Preschool SIFTER). Tampa, FL, Educational Audiology Association. (1996).

Anderson KL, Smaldino J.; Children's Home Inventory of Listening Difficulties (CHILD). Educational Audiology Review, 17(3), Suppl. (2000).

Weichbild V, Tsiakpini L, Coninx, F, Konstruktion des Eltern-Fragebogens LittLEARS® zur Entwicklung des auditiven Verhaltens von Kleinkindern. (2003)

Zimmerman S, Osberger MJ, Robbins AM.; Infant-Toddler: Meaningful Auditory Integration Scale (IT-MAIS). In: W. Estabrooks (ed). Cochlear Implants for Kids. Washington: AG Bell Association for the Deaf. (1998).

Wiesner T, Bohnert A, Massinger C, Konsenspapier der DGPP zur Hörgeräte-Versorgung bei Kindern, verabschiedet auf der DGPP-Jahrestagung am 12.9.2002 in Erlangen.



## **Historie des Göttinger Kindersprachverständnistests**

Gabriel, P.

Vor 30 Jahren steckte die Pädaudiometrie immer noch „in ihren Kinderschuhen“. Prof. P. Biesalski als Arzt und Prof. A. Loewe als Pädagoge propagierten deren Eigenständigkeit und die Notwendigkeit fehlende kinderaudiometrische Verfahren zu entwickeln, indem sie gebräuchliche Verfahren hart kritisierten und deren Fehlerhaftigkeit in Bezug auf Kinder aufdeckten. Mit dem Göttinger Sprachverständnis-Test I + II wurde von uns ein kindgerechter phonetisch ausgewogener Sprachtest nach dem Vorbild des Freiburger Testes entwickelt - zur gleichen Zeit als der Mainzer Sprachtest entstand.

Das Thema des DGA-Kongresses hat mich dazu motiviert, den Göttinger Kindersprachverständnis-Test zu überarbeiten und eine dichotische Variante als ernst gemeinte Spielerei mit dem vorhandenen Material zu entwickeln und vorzustellen.



## **Göttinger Kindersprachtest als Untersuchungsinstrument nach Cochlea-Implantation bei Kindern**

Keilmann, A., Gaida, A.

Das wichtigste Ziel einer Cochlea-Implantation ist das Erreichen eines ausreichenden Sprachverstehens, insbesondere auch beim Vorliegen von Störgeräuschen.

Eine Gruppe von 86 Kindern wurde anhand des Alters bei der Operation und dem Vorliegen von Besonderheiten in 4 Gruppen eingeteilt. Bei der überwiegenden Anzahl der Kinder konnte eine Sprachaudiometrie durchgeführt werden, lediglich in der 1. Gruppe war der Anteil etwas geringer, weil die Kinder zum Untersuchungszeitpunkt noch ein geringes Lebensalter aufwiesen.

In einem ersten Schritt wurde analysiert, welche Art der Sprachaudiometrie möglich war und es konnte festgestellt werden, dass die Kinder, je älter sie bei der Operation waren, um so seltener mit einem altersentsprechenden sprachaudiometrischen Verfahren geprüft werden konnten. Etwa bei 60 % der Patienten konnte der Göttinger Kindersprachtest eingesetzt werden. Dabei erreichten je nach Gruppe 30 bis 100 % ein mindestens 80 %iges Sprachverstehen bei 60 dB. Das Lebensalter, in dem zum ersten Mal ein Sprachverstehen von mindestens 80 % bei 60 dB erreicht werden konnte, lag zwischen 5 und 13 Jahren. Je jünger das Kind bei der Operation war, desto früher im Leben war dies möglich. Betrachtete man hingegen die Zeit zwischen der Operation und dem Zeitpunkt, zu dem erstmals mindestens 80% der Wörter im Göttinger Kinder Sprachtest I oder II verstanden wurden, dann war dies bei in höherem Alter operierten Kinder früher der Fall. Die selbe Tendenz ergab sich bei der Untersuchung des Alters, in dem mindestens 80 % der Wörter bei 65 dB Nutzsoll und 50 dB Störgeräusch verstanden werden konnten.

Für Kinder im Vorschul- und Grundschulalter stellt der Göttinger Kindersprachtest bis heute ein wertvolles Untersuchungsinstrument dar.



**Die Regensburger Variante zur Messung des OLKI im Störgeräusch: Normierungsergebnisse und Kenngrößen bei hörgeschädigten Kindern.**

Steffens, T.

Universitäts-HNO-Klinik Regensburg

Die Regensburger Variante des OLKI wurde speziell für Messungen im Störgeräusch geschaffen. Der OLKI erwies sich aufgrund der Konzentrationsverstärkung auf das Zielwort durch seinen Ankündigungssatz als ideales Grundgerüst zur Kindersprachaudiometrie im Störgeräusch.

Die Diskriminationsfunktion normalhörender Kinder erreicht ein L50 bei -11 dB SN, mit einer Steigung von ca. 5 %/dB SN. Die Test-Retest-Genauigkeit entspricht der Binomialverteilung mit 12 Testwörter. Für normalhörende Kinder beträgt das Sprachverstehen unter SoNo-Bedingungen, diotisch mit Kopfhörer oder im Freifeld: bei 0 dB SN 91% (+- 14), bei -5 dB SN 75% (+-22) und bei -10 dB SN 55% (+-28) (Mittelwert +- doppelte Standardabweichung).

Der klinische Einsatz der Regensburger Variante reicht von der Diagnostik zentral-auditiver Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen, über die Beurteilung von Hörgeräten im Störgeräusch bis zur Dokumentation der Hörfähigkeit im Störgeräusch bei Cochlear Implant Kindern. Entsprechende Untersuchungen werden vorgestellt.





**Kindertests in der Klinik – Ein Überblick sprachaudiometrischer Verfahren**

Meister, H.

Universität zu Köln, Jean-Uhrmacher-Institut für klinische HNO-Forschung

Sprachaudiometrische Testverfahren für Kinder werden seit einigen Jahrzehnten klinisch eingesetzt. Während bei älteren Kindern durchaus die gleichen Tests wie bei Erwachsenen verwendet werden können, sind bei jüngeren Besonderheiten zu beachten, die sich insbesondere auf die sprachliche Entwicklung der Kinder beziehen. Neben der Beschreibung grundlegender methodischer Anforderungen wird eine Reihe klinisch eingesetzter Testverfahren vorgestellt. Ihre Verwendbarkeit für verschiedene Zwecke wird diskutiert. Darüber hinaus wird auf aktuelle Weiterentwicklungen hingewiesen. Hierzu gehört beispielhaft die Anwendung des Oldenburger Satztests bei Kindern mit Verdacht auf zentral-auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen.



## **Moderne Sprachverständlichkeitstests für Kinder**

Wagener, K.

Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg

Neben den etablierten Sprachtests für Kinder (Göttinger Kindersprachverständnistest, Mainzer Kindersprachtest) gibt es eine Reihe von sprachaudiometrischen Verfahren für Kinder, die in den letzten 30 Jahren entwickelt wurden. In diesem Beitrag wird der Schwerpunkt auf die in Oldenburg entwickelten Sprachtests für Kinder gelegt.

Die Messungen mit normalhörenden Kindern, bei denen mehr als 450 Grundschulkindern für altersabhängige Referenzfunktionen für vier Sprachtests gemessen wurden, werden im Vergleich zu anderen bestehenden Tests vorgestellt. Dabei werden der Oldenburger Kinder-Reimtest in Ruhe und im Störgeräusch sowie der Oldenburger Satztest in normaler Version mit fünf Wörtern pro Satz als auch als verkürzte Version mit drei Wörtern betrachtet (beide im Störgeräusch). Es zeigt sich, dass zur Bestimmung der 50%-Schwelle (Signal-Rausch-Verhältnis, das zu einer Verständlichkeit von 50% gehört) Satztests gegenüber Einzelworttests überlegen sind. Auch für Kinder ist die Steigung der Oldenburger Satztests mehr als doppelt so hoch wie die Steigung des Reimtests. Dies sowie die Tatsache, dass in einem Satztest ohne deutlichen zeitlichen Mehraufwand mehr Testwörter untersucht werden, führt zu einer höheren Genauigkeit von Satztests bei der 50%-Schwellen-Bestimmung. Daher folgt als explizite Empfehlung, dass für die Messung von Sprachverständlichkeitsschwellen auch bei Kindern Satztests anstatt Einzelworttests verwendet werden sollen.

Um die Verständlichkeit in Prozent zu bestimmen, eignet sich der Oldenburger Kinder-Reimtest (optimiert, um Verständlichkeitsunterschiede zwischen einzelnen Wörtern auszugleichen) sowohl für die Durchführung in Ruhe als auch im Störgeräusch.



## Veränderungsmessung des passiven Testlexikons bei schallempfindungsgestörten Kindern

Ohlwein, S., Kiese-Himmel, C.

Abteilung Phoniatrie/Pädaudiologie, Georg-August-Universität Göttingen

Hintergrund und Fragestellung: Entwicklung des passiven (rezeptiven) Testwortschatz-umfangs bei bilateral sensorineural hörgestörten, mit Hörgeräten versorgten Kindern.

Patienten und Methode: Das Studienkollektiv (n=33) rekrutiert sich aus dem Göttinger Hör-Sprachregister, in dem jedes in der Abteilung Phoniatrie/Pädaudiologie an der Universität Göttingen mit einer versorgungspflichtigen Hörstörung erstdiagnostizierte, hörgeräteversorgte Kind mit störungsspezifischen, sozio-demografischen sowie sprachentwicklungsdiagnostischen Parametern erfasst wird. Zum passiven Wortschatzumfang zu 3 Messzeitpunkten (T1-T3) liegen Testergebnisse von 33 Kindern vor (durchschnittl. Zeitfenster: 18,7, SD 5,0 Monate). Deren Hörstörung wurde im Mittel mit 53,0 (SD 18,3) Monaten diagnostiziert (Min 22, Max 82). 9/33 Kinder wiesen eine leichtgradige Hörstörung auf (<40 dB mittl. Hörverlust bei 0,5, 2, 2, 4 Hz durchschnittl. diagnostiziert mit 51,0 Monaten, SD 16,5), 18/33 eine mittelgradige (41-70 dB durchschnittl. diagnostiziert mit 55,9 Monaten, SD 17,2), 4/33 eine hochgradige Hörstörung (71-90 dB im Mittel diagnostiziert mit 43,5 Monaten, SD 22,0), 2 Kinder waren resthörig (>90 dB im Mittel diagnostiziert mit 54,5 Monaten, SD 38,9). Der passive Wortschatz wurde mit altersentsprechenden standardisierten Testverfahren erhoben.

Ergebnisse: Im passiven Testlexikon bleiben 6/33 Kindern (18 %) von T1 zu T3 nahezu konstant in ihrer Normleistung, 5/6 Kinder >2SD unter der Norm. 7/33 Kinder (21 %) verschlechtern sich, wobei 1/7 Kindern aus dem Normbereich nahezu 2 SD nach unten abfällt. 20/33 Kindern (61 %) verbessern sich. Leichtgradig hörgestörte Kinder sind bereits bei T1 überwiegend im Normbereich. Bei den mittelgradig hörgestörten Kindern trifft dies für 8/13 der monolingual deutschsprachig aufwachsenden Kinder zu die 5 bilingual aufwachsenden Kinder haben zu T1 einen weit unterdurchschnittlichen Wortschatzumfang und erreichen auch zu T3 nicht den Altersnormbereich. Hochgradig hörgestörte sowie resthörige Kinder bleiben im arithmetischen Mittel auch 18 Monate nach der Hörgeräteversorgung unterhalb der Altersnorm sinnesgesunder Kinder. Monolingual deutschsprachig aufwachsende Kinder (n=23) haben – unabhängig vom Hörstörungsgrad -im Mittel ein signifikant besseres passives Testlexikon als bilingual aufwachsende Kinder (n=10 T1: p = 0,0123 T2: p = 0,0109 T3: p = 0,0249).

Schlussfolgerungen: Trotz ausreichender Akzeptanz ihrer Hörgeräte erreichen hochgradig hörgestörte und resthörige Kinder 1 1/2 Jahre nach der Hörgeräteversorgung im Mittel keinen nur annähernd altersangemessenen rezeptiven Wortschatzumfang. Notwendig erscheint eine rechtzeitige Entdeckung hörgestörter Kinder sowie u.U. eine CI-Versorgung.

### Literatur:

Dunn, LM, Dunn, LM (1981) Peabody Picture Vocabulary Test-Revised. Circle Pines/Minnesota: American Guidance Service. Grimm, H. (2000). SETK-2. Sprachentwicklungstest für zweijährige Kinder. Göttingen: Hogrefe. Hebbel, G, Horn, R (1976) French-Bilder-Intell



**Adaption der Richtcharakteristik von Hörgeräten an menschliche Außenohrübertragungsfunktionen.**

Becker-Schweitzer, J. , Kinkel, M.

KIND Hörgeräte, Kokenhorststr. 3-5, 30938 Großburgwedel

Der Leistungsumfang moderner Hörgeräte umfaßt die Möglichkeit, die Richtcharakteristik des Hörgerätes zu verändern. Um dieses zu bewerkstelligen, besitzen solche Hörgeräte zwei oder mehr Mikrophone, die miteinander verschaltet sind. Der Hauptgrund für diese wandelbare Akustik ist die Möglichkeit der Fokussierung der Hörrichtung auf eine oder mehrere relevante Nutzschaallquellen in einer störschallbehafteten Umgebung dies hat eine Dämpfung der Störgeräusche zur Folge und geht so mit einer besseren Sprachverständlichkeit einher. Die dabei erzeugte Richtwirkung weicht von der Richtwirkung des menschlichen Ohres ab, was in der oben beschriebenen Situation nützlich ist, für das Aufsuchen einer Schallquelle oder bei der akustischen Orientierung - beispielsweise im Straßenverkehr - hingegen weniger. Hier ist vielmehr eine weniger starkes Bündelungsmaß zu bevorzugen, beispielweise eines, das dem menschlichen Ohr entspricht.

Der Beitrag stellt einen iterativen Algorithmus vor, der die Übertragungseigenschaften eines Mikrophonarrays mit nachgeschalteter Filterbank an eine beliebige Frequenz- und Richtcharakteristik adaptiert. Als Eingangsdaten dienen hierbei die für die Horizontalebene bestimmten Außenohrübertragungsfunktionen von Kunstköpfen. Der Algorithmus kann, neben der Suche nach einer optimalen Filterbank, eine Optimierung der Geometrie des Arrays vornehmen. Die „simulierten“ Außenohrübertragungsfunktionen werden mit den AOÜFs von Kunstköpfen verglichen. Es erfolgt ein Vergleich von natürlichen und mittels Hörgerät ermittelten interauralen Parametern.



**Adaptive Steuerungsalgorithmen zu Verbesserung des Richtmikrophonnutzens bei Hörgeräten**

Hamacher, V., Fischer, E., Hain, J.

Siemens Audiologische Technik GmbH, Erlangen

Obwohl Richtmikrophone in Hörgeräten schon seit einigen Jahren angeboten werden, ist ein Ende der Entwicklung nicht abzusehen. Die hohe Rechenleistung moderner digitaler Hörgeräte erlaubt die Realisierung leistungsfähiger adaptiver Algorithmen, die in Sekundenbruchteilen in mehreren Frequenzbändern unabhängig ihre Richtcharakteristik an das momentane Störschallfeld anpassen können. Ein Kernthema der derzeitigen Forschung und Entwicklungsarbeiten ist die automatische Aktivierung des Richtmikrophons basierend auf einer automatischen Klassifikation der akustischen Hörsituation. Dadurch wird der Hörgeräteträger von für ihn oftmals schwierigen manuellen Programmumschaltungen befreit und es wird zudem sichergestellt, daß das Richtmikrofon immer dann aktiviert wird, wenn es auch wirklich Nutzen bringt. Weitere Problemfelder sind die Synchronisierung der Richtmikrofonaktivierung bei beidohriger Hörgeräteversorgung, sowie Methoden zur Unterdrückung des Richtmikrofonrauschens.

In diesem Beitrag wird ein neuartiger adaptiver Richtmikrophonansatz vorgestellt, der die oben genannten Problemfelder adressiert. Die Evaluierung dieses Ansatzes mit Schwerhörenden Versuchspersonen in mehreren realistischen Hörsituationen wird beschrieben und im Vergleich mit bekannten Ansätzen diskutiert.



**Modulation-based filtering in digital hearing aids**

Dreschler, W. A., Körössy, L., Hoetink, A. E.

Academic Medical Centre Clinical and Experimental Audiology

In many digital hearing aids modulation-based filtering is applied as a method of noise reduction. Although there are many different methods of implementing this type of filtering, currently there are no standards for their technical evaluation. It has been shown that ICRA noises are able to do so and knowledge about the differences between aids may be of use in the interpretation of the subjective results. Therefore, we documented the technical functionality of modulation-based filtering in a variety of 12 hearing aids from different brands, using ICRA noises.

There are at least four characteristics that determine the properties of each specific noise-reduction scheme: the number of channels, the attack- and release times, the maximum amount of gain reduction as a function of frequency, and the sensitivity, being the amount of gain reduction as a function of the ratio between modulated and unmodulated parts of the signal.

The results show characteristic and reproducible differences between the adaptive schemes applied for noise reduction in different brands.



## **Realisierung einer binauralen Situationserkennung in Hörsystemen**

Fröhlich, M., Chalupper, J., Barthel, R.

Siemens Audiologische Technik GmbH

In vielen high-end Hörgeräten finden Klassifikatorsysteme zur Erkennung der akustischen Situation Einsatz. Typische Situationen sind hierbei Sprache in Ruhe, Sprache in Störgeräusch, Musik, etc. Auf der Basis der erkannten Klasse werden Signalverarbeitungsparameter automatisch im Hörgerät eingestellt, die eine optimale Versorgung des Hörgeräteträgers in dieser Hörsituation gewährleisten. Da diese Versorgung jedoch monaural, d.h. von jedem Hörgerät autark ohne Wissen um die Gesamtsituation optimiert wird, kann bei widersprüchlichen Klassen im linken und rechten Hörgerät z.B. die unabhängige Einstellung der Richtcharakteristiken dazu führen, dass sich die Lokalisationswahrnehmung für den Hörgeräteträger verändert. In einem binauralen Hörsystem kann dieser negative Effekt vermieden werden, da die monaural erkannten Klasseninformationen zwischen den beiden Hörgeräten ausgetauscht werden und sich auf dieser Basis die globale akustische Situation bestimmen lässt. Hierauf basierend werden die Hörgeräte aufeinander abgestimmt so eingestellt, dass eine optimale binaurale Versorgung in der vorliegenden akustischen Situation erreicht wird. Technische Details der verschiedenen Realisierungsschritte, wie Synchronisation der Information zwischen den Hörgeräten und Bestimmung der globalen Hörsituation, werden für ein Realisierungskonzept detailliert beschrieben.



## **Langzeitliche Akklimation von sensorineuralen Schwerhörigen bei Erstversorgung mit Hörgeräten**

Latzel, M. (1), Margolf-Hackl, S. (2), Denkert, J. (2), Kießling, J. (2)

(1) jetzt Siemens Audiologische Technik, Erlangen, (2) Funktionsbereich Audiologie, HNO-Universitätsklinik Gießen

Die Berechnung der Zielverstärkung bei der Anpassung von Hörgeräten hat in erster Linie die Optimierung der Spontanakzeptanz/Klangqualität zum Ziel, was sehr häufig im Widerspruch zu audiologischen Zielsetzungen steht. Im Rahmen der sich anschließenden gleitenden Anpassung wird dann in mehreren Folgesitzungen die Einstellung der Hörgeräte durch den Akustiker so verändert, dass zum Abschluss der Anpassung auch die audiologischen Anforderungen, unter Berücksichtigung des Akklimationseffekts des Schwerhörigen an dessen neue Hörgeräte, möglichst erfüllt werden. Die Veränderungen während der gleitenden Anpassung basieren dabei hauptsächlich auf den individuellen Erfahrungen des Akustikers, eine einheitliche validierte Vorgehensweise existiert jedoch nicht. Das hat zur Folge, dass zum Abschluss der Anpassung die Hörgeräteparameter nicht unbedingt audiologisch optimal eingestellt sein müssen.

Aus diesem Grund wird derzeit im Rahmen des Kompetenzzentrums HörTech der Akklimationseffekt in einer Langzeitstudie untersucht. Das Ziel der Studie ist die Entwicklung einer zielgerichteten Prozedur, die die gleitende Anpassung unterstützt. An der Studie nehmen 16 Versuchspersonen teil, die bisher noch nicht mit Hörgeräten versorgt sind. Sie werden beidohrig mit HdO-Hörgeräten versorgt. Zur Beobachtung des Akklimationseffektes werden regelmäßig umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. Die Probanden werden in 2 Gruppen unterteilt: eine Gruppe erhält eine „herkömmliche“ gleitende Anpassung mit Verstärkungsanhebung – besonders in den Höhen, die andere Gruppe stellt sich unter Verwendung der IAF (Inter Active Fitting) Prozedur die Hörgeräteparameter schrittweise selbst ein.

Die Ergebnisse nach Ablauf eines Jahres zeigen unterschiedliche Einstellungen der Hörgeräte für beide Gruppen, was sich auf die objektiven Sprachverständlichkeitsmessungen auswirkt, die eindeutig zu Gunsten der individuellen Anpassung mit IAF ausfallen. Das lässt darauf schließen, dass die gleitende Anpassung, die wie sie derzeit eher intuitiv durchgeführt wird, neue, systematische Optimierungsstrategien erfordert.





## Diskussion unterschiedlicher Methoden zur Evaluation von High-End Hörgeräten

Steinbuß, A.

Siemens Audiologische Technik GmbH, Erlangen

Die Entwicklung moderner High-End Hörgeräte wird neben objektiven, technischen Messungen von perzeptiven Hörversuchen und Studien begleitet, auf deren Basis die einzelnen Algorithmen parametrisiert werden. Eine Möglichkeit, um abschließend die Qualität des Gesamtsystems zu beurteilen, ist der Vergleich des Hörgerätes mit einer geeigneten Referenz. Für den Vergleich selbst sind unterschiedliche Methoden denkbar.

In einer, auf dem tonaudiometrischen Hörverlust basierenden Grundeinstellung, können sowohl sequenzielle Vergleiche, als auch Paarvergleiche zwischen unterschiedlichen Hörgeräten durchgeführt werden. Ein sequenzieller Vergleich ist einerseits noch während der Anpasssitzung möglich, um die Spontanakzeptanz der Geräte beim Hörgeschädigten zu erfassen. Der Vergleich nach einer etwa einwöchigen Akklimatisierungsphase in der gewohnten akustischen Umgebung ist andererseits denkbar. Diesen Verfahren gegenüber stehen Paarvergleiche von Hörgeräten in der jeweiligen Grundeinstellung, die unter Verwendung von Audioaufnahmen, aufgezeichnet am individuellen Patienten oder am Kunstkopf, ausgeführt werden können.

Am Beispiel zweier aktueller High-End Hörgeräte zeigt sich, dass die Ergebnisse dieser Methoden, mit unterschiedlichem Zeit- und Materialaufwand, in Messschärfe und Signifikanz voneinander abweichen. Es stellt sich jedoch die Frage, inwieweit die Ergebnisse eines Paarvergleichs mit Audioaufnahmen auf alltägliche, reale Hörsituationen übertragbar sind.



**Langzeitergebnisse der implantierbaren Hörsysteme Auric RetroX und Med'EL Soundbridge**

Mojallal, H., Rose, S., Arnoldner, C., Lenarz, T.

Hals-Nasen-Ohrenklinik, Medizinische Hochschule Hannover

Bei der Hörgeräteversorgung für schwerhörige Patienten sind passive und aktive Hörimplantate in modernen HNO-Kliniken und Hörzentren als eine Alternative zu konventionellen Hörgeräten nicht mehr wegzudenken. Die Ergebnisse verschiedener Implantate zeigen, dass im Falle einer richtigen Patientenauswahl die Erfolgsquote der Hörgeräteversorgung sehr hoch sein kann. In diesem Beitrag werden zuerst, nach einer kurzen Einführung über Grundlagen der implantierbaren Hörgeräte, die medizinischen und audiologischen Indikationen und Auswahlkriterien der beiden Systeme, nämlich RetroX und Vibrant Soundbridge (VSB), diskutiert. Darüber hinaus werden die Langzeitergebnisse der 45 implantierten Patienten mit VSB in einer Beobachtungszeit von etwa 5 bis 7 Jahren vorgestellt. Abschließend werden die Ergebnisse von etwa 15 mit dem RetroX-System versorgten Patienten in einer vergleichenden Untersuchung mit konventionellen Hörgeräten präsentiert.



**Aktiver Gehörschutz für Musiker – eine Zwischenauswertung**

Braunschweig, T. (1), Gentsch, G. (1), Wagner, T. (2)

(1) Universitätsklinikum Jena, Institut für Phoniatrie und Pädaudiologie, (2) Hörgeräte Böckhoff, Westbahnhofstr. 07743 Jena

Hintergrund und Fragestellung: Orchester- und Bandmusiker sind während der Proben und Auftritte teilweise einer starken Lärmeinwirkung ausgesetzt. Die zur Zeit häufigste Methode zum Lärmschutz ist die Verwendung von passiven Gehörschützen mit wahlweise einsetzbaren Filtern. Diese werden oft nicht akzeptiert, weil sich die Musiker bei leisen Passagen gegenseitig nicht mehr hören. In der Folge werden diese Systeme dann nicht mehr benutzt. Nach einigen Dienstjahren sind Lärmschädigungen des Gehörs deutlich nachweisbar.

Patienten und Methode: Bisher wurden 6 Musikern der Jenaer Philharmonie Hörgeräte angepaßt. Vor der Einstellung der Hörgeräte wurden die Hörschwellen der Musiker gemessen und Lautstärkeskalierungen durchgeführt. Bei der Programmierung der Hörgeräte wurde darauf geachtet, dass der Unbehaglichkeitsbereich bei den Musikern nicht erreicht wurde. Um eine ausgeglichene Einstellung über den gesamten Frequenzbereich zu gewährleisten, wurden die Musiker gebeten, Tonfolgen mit ihren Instrumenten zu spielen. Die Einstellungen wurden so lange korrigiert, bis die Musiker alle angespielten Töne etwa gleich laut empfanden. Danach bekamen sie die Hörgeräte leihweise für einige Wochen. Gleichzeitig wurde ihnen ein Fragebogen mitgegeben, der Fragen zur Bewertung des Höreindrucks beim Musizieren im Orchester enthielt.

Ergebnisse: Das Hauptziel – eine Geräuschkinderung bei lauten Passagen - wurde erreicht. Auch ein gegenseitiges Hören bei leisen Abschnitten konnte mit Einschränkungen erreicht werden. Störend waren vor allem Nebengeräusche oder Rauschen. Zwei Musiker bemängelten einen unnatürlichen Klang. Eine Musikerin würde in Zukunft auf eine solche Form des Gehörschutzes verzichten, eine andere ist sich noch nicht sicher. Alle anderen Musiker (Blechbläser, Holzbläser, Violine) würden auch in Zukunft Hörgeräte zum Zwecke des Gehörschutzes verwenden. Sie würden auch einen eigenen Beitrag zur Finanzierung der Hörgeräte leisten.

Wir danken den Firmen Hörgeräte Böckhoff und SIEMENS für die leihweise Bereitstellung der Hörgeräte.

Literatur:

J. Kießling, B. Kollmeier, G. Diller: Versorgung und Rehabilitation mit Hörgeräten, Thieme, 1996



## **System zur intraoperativen Qualitätssicherung bei implantierbaren Hörgeräten**

Hardick, D.

Hintergrund: Die ADANO fordert in ihrer Leitlinie Versorgung mit aktiven implantierbaren Hörgeräten Entwurf Version 2.0 vom 22.9.99 eine „Einrichtung zur intraoperativen Funktionskontrolle des Implantates“. Das beschriebene System stellt eine solche Einrichtung dar.

Im Rahmen der Studie für Zulassung des Symphonix-Soundbridge-Hörsystems, heute Med-El Vibrant, für die Federal Drug Administration (FDA) der USA wurden 10 Patienten versorgt. Während der OP wurden keinerlei Funktionskontrollen des Systems durchgeführt.

Methode: Das Funktionsprinzip ist bei allen implantierbaren Hörgeräten gleich. Die Kette wird zusätzlich zur natürlichen Bewegung durch das Trommelfell durch einen angekoppelten Aktor in mechanische Bewegung versetzt. Hierdurch findet die Verstärkung statt. Die mechanische Bewegung des Aktors und damit der Kette findet auch „rückwärts“ zum Trommelfell statt. Diese Schallabstrahlung des Trommelfells kann man mit einem Mikrophon im abgedichteten äußeren Gehörgang messen. Stimuliert wird akustisch durch eine handelsübliche Aktivbox und den Sprachprozessor des Hörsystems. Angesteuert wird das ganze Messsystem durch ein Notebook. Hiermit findet auch die Speicherung und Aufbereitung der Messdaten statt.

Ergebnis: Bei allen 3 gemessenen Patienten, die das System benutzen, ließ sich ein Resonanzpeak im Frequenzgang als typisches Kriterium für die Funktion des Symphonix-Systems klar nachweisen. Ein gemessener Patient ohne erkennbaren Resonanzpeak ist Non-User.

Schlußfolgerung: Die Messanordnung ist einfach und preiswert. Der zeitliche Aufwand ist mit 2 Min. gering. Zur Zeit stellt das System eine Einrichtung zur einfachen Funktionskontrolle von implantierbaren Hörgeräten dar.



## **Knochenmodellierung in der Ohrchirurgie mittels Femtosekunden-Technologie (FST)**

Schwab, B., Hagner, D., Lenarz, T.

HNO-Klinik der Medizinischen Hochschule Hannover

**Einleitung:** In der Ohrchirurgie finden Bohrungen und Inzisionen einerseits Verwendung zur Fixierung passiver und aktiver Mittelohrprothesen mittels feiner Drahtschlingen, andererseits dienen sie der Eröffnung der Cochlea zur Insertion eines Cochleaimplantats oder zur Perforation der Stapesfußplatte bei der Otoklerosetherapie. Trennschnitte werden erforderlich zur Entfernung von Verwachsungen oder zur Vorbereitung des partiellen Ersatzes der Gehörknöchelchen.

**Material und Methoden:** Sämtliche Versuche wurden ex vivo am Hörapparat des Meerschweinchens in situ bzw. an isolierten Organpräparaten durchgeführt. Hierzu wurden 10 Meerschweinchen-Cochleae präpariert und mit dem fs-Laser behandelt. Weiterhin wurden 10 Plättchen aus Meerschweinchen-Kalotte mit einer Fläche von 1 cm<sup>2</sup> und einer Dicke von 1 mm angefertigt. Hierauf wurden die entsprechenden Kavitäten mit dem Laser erzeugt. Die Auswertung erfolgte rasterelektronenmikroskopisch.

**Ergebnisse:** Bezüglich der Ausformung und dem völlig fehlenden lateralen Schadensbild übertrifft die FST die bisher bekannten Ablationsverfahren. Die Anlage von Linienmustern bietet sich zur Oberflächenmodifikation für die Fixierung aktiver Mittelohrimplantate an. Je nach Bauform, Angriffsort und Kraftübertragungsrichtung würden mit der FST optimal angepasste Fixierungen möglich.

**Schlussfolgerungen:** Der Femtosekunden-Laser stellt eine weitere Möglichkeit dar, Innenohrstrukturen (Stapesfußplatte, Cochlea) effizient und berührungsfrei zu bearbeiten. Die mit der FST erreichbare Modellierbarkeit von Knochen erfüllt hinsichtlich der Bearbeitungsgenauigkeit und der großen Variabilität die Erfordernisse der Ohrchirurgie. Für die mikrochirurgische Knochenmodellierung zeichnet sich derzeit keine Anwendung ab, die eine höhere Präzision zwingend erforderlich macht.

Unterstützt durch BMBF Nr. 13N7787



**Elektrische Stimulation in Kombination mit GDNF-Applikation führt auch bei verzögerter Therapie zu einem Erhalt der Spiralganglienzellen**

Stöver, T., Lenarz, T., Miller, J. M.

Hals-Nasen-Ohrenklinik der Medizinischen Hochschule Hannover

Der infolge Ertaubung einsetzende Verlust der Spiralganglienzellen stellt eines der zentralen Probleme hinsichtlich der Effektivität von Cochlea-Implantaten dar. Der Erhalt der Spiralganglienzellen ist daher von besonderer Bedeutung. In einer Reihe von tierexperimentellen Untersuchungen konnte bereits belegt werden, dass die lokale Freisetzung von Nervenwachstumsfaktoren (Glial cell line-Derived Neurotrophic Factor, GDNF) die infolge Ertaubung einsetzende Spiralganglienzelldegeneration deutlich reduzieren kann. Dies ist insbesondere der Fall, wenn unmittelbar nach dem ototoxischen Trauma bzw. vor diesem eine Lokalapplikation von GDNF beginnt. Unklar ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt die exakte zeitliche Abfolge bzw. die Sensibilität der Spiralganglienzellen hinsichtlich der Protektion durch GDNF. Das Ziel der hier vorgestellten Arbeit ist es daher, die protektiven Effekte von GDNF auf Spiralganglienzellen nach einem zeitlichen Intervall zwischen Ertaubung und einsetzender Therapie zu untersuchen.

Für diese Untersuchung wurden Meerschweinchen systemisch ertaubt (Kanamycin und Etacrinsäure) und nach drei Wochen mit einem Cochlear-Implant-Modellsystem (Ballelektrode mit Mikroapplikationskanal) versorgt. Drei Wochen nach Ertaubung wurde eine Lokaltherapie mit 100 µg pro ml GDNF durchgeführt. Die Substanz wurde mit Hilfe einer mikroosmotischen Pumpe (Alzet) und einer Pumprate von 0,5 µl pro Stunde einseitig appliziert (N = 8). In einer weiteren Versuchsgruppe wurde anstelle von GDNF artifizielle Perilymphe appliziert (N = 6). Die parallel durchgeführte elektrische Stimulation erfolgte entweder zusammen mit GDNF bei 100 µAmp, 100 µs, 250 Hz (N = 8) oder 200 µAmp (N = 3). Als Vergleichsgruppe wurde eine elektrische Stimulation der Tiere mit 100 µAmp und gleichzeitiger Gabe von artifizieller Perilymphe durchgeführt (N = 6). Nach Abschluss des Versuchszeitraums (Interventionsbeginn 21 Tage nach Ertaubung; 26 Tage Substanzapplikation und/oder Elektrostimulation) wurden die Tiere getötet und die Spiralganglienzellen quantitativ erfasst.

Die erhobenen Ergebnisse zeigten einen deutlichen protektiven Effekt durch die Applikation von GDNF bzgl. der Erhöhung der Spiralganglienzell-Überlebensraten. Sämtliche Tierversuchsgruppen, die GDNF erhielten, konnten eine deutliche Spiralganglienzell-Protektion des behandelten Ohres gegenüber dem nicht behandelten bzw. der Vergleichsgruppe, die ausschließlich artifizielle Perilymphe erhielt, nachweisen. Während eine Elektrostimulation mit 100 µAmp lediglich zu einer leichten Erhöhung der Spiralganglienzell-Protektion führte, zeigte eine Elektrostimulation mit 200 µAmp in Kombination mit der lokalen Freisetzung von GDNF die stärkste Protektivwirkung bzgl. der Spiralganglienzell-Überlebensraten.

Die hier dargestellten Ergebnisse belegen, dass auch mit zeitlich verzögerter Applikation von GDNF nach Einsetzen der Ertaubung eine deutliche Spiralganglienzell-Protektion erreicht wird. Diese protektive Wirkung kann durch die gleichzeitige elektrische Stimulation der Cochlea mit 200 µA, 100 µs, 250 Hz weiter gesteigert werden. Die Ergebnisse könnten einen wegweisenden Befund auf dem Weg zu einer humanen Anwendung von Nervenwachstumsfaktoren in Kombination mit Cochlea-Implantaten darstellen.



**Chronische elektrische Stimulation des Colliculus Inferior mit penetrierender Elektrode**

Reich, U., Marquardt, N., Klingberg, M.-N., Paasche, G., Lenarz, M., Lenarz, T., Reuter, G.

Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, Medizinische Hochschule Hannover, Deutschland

**Einleitung:** Bei neuraler Taubheit stehen heute auditorische Implantate zur Positionierung am Nucleus Cochlearis zur Verfügung. Wegen der versteckten Lage des Nucleus Cochlearis werden derzeit alternative Konzepte zur gezielten tonotopen Stimulation in höheren auditorischen Zentren untersucht. Aufgrund der guten chirurgischen Zugänglichkeit und der bekannten Tonotopie bietet sich der Colliculus Inferior (IC) an.

**Material und Methode:** In Zusammenarbeit mit der Firma Cochlea (Sydney) wurde eine Elektrode mit 20 ringförmige Platin-Iridium-Kontakten im Abstand von 200  $\mu\text{m}$  entwickelt. Sie ermöglicht im IC die Messung akustisch evozierter Potentiale und die elektrische Stimulation. Zur corticalen Ableitung elektrisch und akustisch evozierter Signale wird in akuten Experimenten eine Elektrode mit 21 Kontakten auf dem auditorischen Cortex AI platziert. Die akustische Stimulation erfolgt im Frequenzbereich von 1-16 kHz. Bei elektrischer Stimulation des IC werden bipolare Rechteckpulse mit einer Wiederholrate von 100 ms unterschiedlicher Pulsbreite (60-200  $\mu\text{s}$ /Phase) und Intensität (50-600  $\mu\text{A}$ ) im IC appliziert. Bei chronischen Experimenten wird die im IC inserierte Elektrode täglich mittels herkömmlicher Sprachprozessoren mit ca. 2 dB über der Hörschwelle stimuliert. Die Impedanz der einzelnen Elektrodenkontakte wird mehrmals pro Woche gemessen.

**Ergebnisse und Diskussion:** Im IC können akustisch evozierten Potentiale gemessen werden. Die Signalhöhe variiert frequenzabhängig in den einzelnen Schichten des IC. Die Nutzung der mehrkanaligen corticalen Ableitelektrode ermöglicht den Vergleich zwischen elektrischer und akustischer Stimulation. Die elektrisch evozierten Potentiale zeigen eine deutliche Input-Output-Charakteristik. Langzeitexperimente mit implantierter Elektrode im IC zeigen keine sichtbaren motorischen oder neuronalen Beeinträchtigung. Während der täglichen elektrischen Stimulation zeigen die Tiere keine Unruhe, Schmerz- oder Vermeidungsreaktion.

**Ausblick:** Elektrisch evozierte cortikale Aktivitäten sind in akuten Experimenten messbar, deren optimaler Stimulationsparameter noch untersucht werden müssen. Die chronischen Langzeitexperimente sind ein wesentlicher Schritt zur Entwicklung eines IC-Implantates.

Diese Arbeit wird durch die DFG gefördert, Sonderforschungsbereich 599



**Das auditorische Midbrain Implant (AMI) – eine Alternative zum auditorischen Hirnstammimplantat**

Lenarz, M. (1), Lim, H. (2), Reuter, G. (1), Patrick, J. (3), Lenarz, T. (1)

(1) Medizinische Hochschule Hannover, (2) Kreske Research Institute, Ann Arbor, (3) Cochlear Ltd., Lanekow, Australien

Das auditorische Zwischenhirnimplantat (AMI) ist eine neu entwickelte, zentral auditorische Prothese zur penetrierenden Mikrostimulation im Colliculus inferior. Es stellt aufgrund der guten chirurgischen Zugänglichkeit eine Alternative zum auditorischen Hirnstammimplantat bei bilateraler neuraler Taubheit dar. Der Colliculus inferior weist eine regelmäßige tonotope Organisation in Frequenzschichten auf. Die stabförmige penetrierende Elektrode besitzt 20 ringförmige Kontakte, deren Breite und Abstand eine frequenzspezifische Reizung im Colliculus inferior ermöglichen sollen.

In akuten elektrophysiologischen Experimenten am Meerschweinchen (n = 17) wurde die Frequenzspezifität der Elektrostimulation validiert. Dazu wurde die AMI-Elektrode orthogonal stereotaktisch implantiert. Die evozierte Spontanaktivität im auditorischen Cortex wurde mit Hilfe penetrierender Multiunit-Elektroden aus der Schicht 4 abgeleitet. Die exakte Positionierung beider Elektroden sowie die frequenzgerechte Zuordnung korrespondierender Elektrodenkontakte wurden bei akustischer Reizung durch Ermittlung der Bestfrequenzen aus den Tuning-Kurven vorgenommen. Für die Elektrostimulation wurden biphasische Einzelpulse bis 100  $\mu$ Amp verwendet. Darunter kam es zu einer frequenzspezifischen kortikalen Aktivierung mit ausgeprägtem Tuning bei jeder der eingeführten 8 Elektrodenkontakte in dem zugehörigen Frequenzband des Cortex. Die mittlere Stimulationsschwelle lag mit 27  $\mu$ Amp weit unterhalb der Sicherheitsgrenze für eine neuronale elektrische Stimulation.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit Hilfe des AMI eine frequenzspezifische elektrische Reizung im Colliculus inferior möglich ist. In weiteren Experimenten wird der Einfluss von Reizrate und Amplitudenmodulation untersucht, um die Grundlage für die Sprachkodierung zu ermitteln.





**Pilotstudie zur Hörgeräteanpassung durch „Auditory Steady-State Responses“ (ASSR)**

Wolter, T. (1,2,3), Meier, S. (2), Pötzl, A.-L. (1,3), Rohweder, R. (1), Schönweiler, R. (4)

(1) Deutsches Hörgeräte Institut, (2) Akademie für Hörgeräteakustik, (3) Fachhochschule Lübeck, (4) Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie (in der Klinik für HNO-Heilkunde), Universität zu Lübeck  
4 Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie (in der Klinik für

Hintergrund und Fragestellung: Auf der Jahrestagung der DGA 2004 berichteten Wesarg et. al. über Versuche zur Ableitung von „Amplitude Modulation Following Response“ mit eingeschalteten Hörgeräten. Aufbauend auf dieser Idee haben wir bei schwerhörigen Probanden Aufblähkurven mit ASSR gemessen.

Probanden und Methode: Es wurden 10 erwachsene Probanden mit verschiedenen Hörverlusten in die Pilot-Studie eingeschlossen. Die Potentialableitungen wurden mit dem Audera der Fa. GSI durchgeführt. Als Stimuli wurden amplituden- und frequenzmodulierte Sinustöne der Frequenzen 0,5 1 2 und 4 kHz verwendet. Die Modulationsfrequenz betrug 46 Hz, die Reizantworten wurden teststatistisch erkannt. Es wurden digitale Hörgeräte „Signia HdO“ (Fa. Siemens) mit linearer Verstärkungseinstellung auf der Basis der Hörschwelle angepasst. Störschallunterdrückungs- und Spracherkennungssysteme waren deaktiviert. Um definierte Pegel zu gewährleisten und stehende Wellen zu verhindern, wurden die Probanden im Nahfeld des Lautsprechers positioniert und In-situ-Messungen durchgeführt. Gleichzeitig wurden stehende Wellen oszillographisch ausgeschlossen und bei Bedarf der Lautsprecherabstand entsprechend variiert. Die ASSR-Schwellen ohne und mit Hörgeräten wurden mit der durch Sondenmessung ermittelten „insertion gain“ verglichen. Ergebnisse Bei einzelner Betrachtung der Frequenzen stimmten 28 Hörgeräteanpassungen mit einer Abweichung von bis zu 15 dB überein. Bei 7 waren Abweichungen über 15 dB zu beobachten, die wir auf Störungen durch motorische Unruhe oder akustische Störungen zurückführen.

Schlussfolgerungen Die ASSR erscheinen grundsätzlich zur Anpassung von Hörgeräten geeignet. Als Probleme stellten sich die raumakustischen Bedingungen, vor allem stehende Wellen, heraus. Da „schalltote“ Räume (Camera silens) in der Praxis nur selten verfügbar sind, sollten sie oszillographisch ausgeschlossen werden. Mit der verwendeten Messanordnung werden derzeit weitere Messungen an einem umfangreicheren Kollektiv durchgeführt.

Literatur:

Wesarg T, Mühler R, Ziese M, Stützel A, von Specht H, Registrierung von Amplitude Modulation Following Responses an Hörgeräteträger, 7. DGA-Jahrestagung 2004



## **Objektive Bestimmung der Hörschwelle für die Erstanpassung von Hörgeräten bei Kleinkindern und Kindern**

Baljic, I., Plotz, K.(1), Hansen, M. (2), Schönfeld, R. (1)

(1) HNO-Zentrum, Abt.: Phoniatrie / Pädaudiologie Evangelisches Krankenhaus, Oldenburg, (2) Institut für Hörtechnik und Audiologie, Fachhochschule Oldenburg / Ostfriesland / Wilhelmshaven

Bevor eine Erfolg versprechende Erstanpassung von Hörgeräten bei Kleinkindern und Kindern vorgenommen werden kann ist es von großer Bedeutung die Eigenschaften des geschädigten Gehörs audiometrisch zu erfassen. Die größte Herausforderung stellt dabei die objektive Bestimmung der Hörschwelle dar. Zu diesen Zwecken werden vorwiegend die herkömmlichen BERA-Methoden, wie Klick- oder Notched-Noise-BERA, herangezogen.

Die Erfahrungen aus der klinischen Praxis, sowie zahlreichen Studien zeigen, dass anhand dieser Methoden die Hörschwelle letztendlich nur abgeschätzt werden kann. Eine gute Abschätzung gelingt vor allem im hochfrequenten Bereich. Eine Erfassung von Hörresten im diagnostisch wichtigen tieffrequenten Bereich – insbesondere unterhalb von 1 kHz – ist nur bedingt möglich. Um dennoch die Hörschwelle in diesem Bereich bestimmen zu können, wurde der Einsatz des tieffrequenten Chirp-Reizes zur Ableitung von Hirnstammpotentialen am Evangelischen Krankenhaus Oldenburg erprobt.

Die Ergebnisse einer Diplomarbeit zeigten, dass die Hörreste im apikalen Cochleabereich mittels Low-Chirp-BERA zufrieden stellend erfasst werden können. Somit war die Möglichkeit gegeben mit dem Einsatz verschiedener BERA-Methoden die Hörschwelle für die Erstanpassung von Hörgeräten bei Kleinkindern und Kindern nahezu frequenzspezifisch zu bestimmen:

- Einsatz der Klick-BERA für die Erfassung von Hörresten im Frequenzbereichs zwischen 2-3 kHz,
- Einsatz der Notched-Noise-BERA für die Erfassung von Hörresten um die Frequenzen 1 und 4 kHz,
- Einsatz der Low-Chirp-BERA für die Erfassung von Hörresten unterhalb von 1 kHz.

Beim unsicheren Schwellenbefund wird zur Ergänzung noch Notched-Noise-BERA mit der Mittenfrequenz von 2 kHz eingesetzt. Die Verwendung der 500 Hz-Notched-Noise-BERA verliert immer mehr an Bedeutung und wird noch kaum eingesetzt. Die ersten Erfahrungen zeigen, dass die mittels drei unterschiedlichen BERA-Verfahren ermittelte Hörschwelle in einer sehr guten Näherung für die Erstanpassung von Hörgeräten bei Kleinkindern und Kindern übernommen werden kann.



**Bestimmung der optimalen Schrittweite für Parameteränderungen im Rahmen der adaptiven Hörgerätefeinanpassung**

Kießling, J., Margolf-Hackl, S., Denkert, J., Latzel, M.

Funktionsbereich Audiologie, HNO-Klinik der Justus-Liebig-Universität Gießen

Für die Optimierung adaptiver Feinanpassungsverfahren erscheint es sinnvoll, vorab die optimale Schrittweite für die Änderung komplexer Parameter („Meta-Steller“) im Einzelfall zu bestimmen, um zu verhindern, dass mit zu kleinen Schrittweiten operiert wird, die vom Hörgeräteträger nicht wahrgenommen werden. Vor diesem Hintergrund wurden JND-Untersuchungen (Just Noticeable Difference) zur Bestimmung von gerade wahrnehmbaren Klangänderungen durchgeführt. Die JND wurden für vier verschiedene Typen von Frequenzgangsänderungen (Höhen- bzw. Tiefenanhebung, 2 Klangwaagen) für monotische und diotische Darbietung von Sprache in Ruhe, Sprache mit Rauschen, Rauschen allein und Musik für je 10 Normalhörende und 10 Schallempfindungsschwerhörige mittels 3AFC-Verfahren bestimmt. Die Präsentation der Schallbeispiele erfolgte gehörrichtig über das HörTech-Master-Hearing-Aid mittels Kopfhörer. Parallel dazu wurden die Versuchspersonen nach der Unterscheidbarkeit der jeweiligen Klangbeispiele befragt.

Bei beidohriger Beschallung fallen die JND tendenziell kleiner aus als bei einohriger Präsentation; dementsprechend wird die Bewertung diotischer Klangänderungen subjektiv als leichter empfunden. Für das hier gewählte Musikbeispiel sind die JND im Mittel größer als für die anderen Schallbeispiele. Auch in diesem Punkt stimmt die subjektive Bewertung damit überein. Für Höhenanhebungen ergeben sich durchgängig kleinere JND als für Tiefenanhebungen. Noch kleinere JND (ca. 2 dB-Änderung bei 0,25 bzw. 6 kHz) werden für die beiden Klangwaagen (1. Tiefenabsenkung mit Höhenanhebung, 2. gegensinniges Verhalten) gemessen. Sämtliche Feststellungen gelten gleichermaßen für Normal- und Schwerhörige.

Es zeigt sich, dass eine individuelle Optimierung der Parameterschrittweite durchaus möglich ist, diese Aufgabe die Probanden jedoch an die Grenzen ihrer Beurteilungsfähigkeit führt. Die geeignete Wahl der Schallbeispiele für eine adaptive Hörgerätefeinanpassung stellt sich als ebenso wichtig wie schwierig dar.



## **Anpassung von Hochtonsteilabfällen mithilfe psychoakustischer Modelle**

Chalupper, J, Kasanmascheff, R.

Siemens Audiologische Technik, Erlangen

Bei der Anpassung von Hochtonsteilabfällen müssen besondere Randbedingungen beachtet werden. Aufgrund des geringen Hörverlusts bei niedrigen Frequenzen und der daraus resultierenden niedrigen Verstärkung, nehmen Schwerhörige mit einem Hochtonsteilabfall die eigene Stimme aufgrund des Okklusionseffekts als besonders unangenehm wahr. Dieses Problem kann durch eine offene Versorgung weitgehend gelöst werden. Eine offene Versorgung bringt jedoch wiederum eigene Nachteile mit sich: erhöhte Rückkopplungsneigung und Kammfiltereffekte aufgrund der Interaktion von Direkt- und Hörgeräteausgangsschall. Darüberhinaus steht häufig nur ein schmaler Frequenzbereich („Übergangsbereich“) für eine wirksame Verstärkung zur Verfügung. Bei tiefen Frequenzen ist aufgrund des geringen Hörverlusts eine Verstärkung nicht sinnvoll, während bei hohen Frequenzen der Hörverlust bei Hochtonsteilabfällen so hochgradig sein kann, dass eine ausreichende Verstärkung nicht realisiert werden kann oder die übertragene Information nicht für das Sprachverstehen genutzt werden kann.

Aufgrund dieser vielfältigen Anforderungen sind bei der Anpassung von Hochtonsteilabfällen häufig mehrere Iterationen nötig, um eine optimale individuelle Hörgeräteeinstellung zu finden. In diesem Beitrag wird deshalb eine Methode vorgestellt, die mithilfe eines mathematischen Optimierungsverfahren eine Zielverstärkung berechnet, welche die oben aufgeführten Aspekte in einem Schritt berücksichtigt. Im Wesentlichen wird ausgehend von einer Basis-Zielverstärkung (z.B. NAL-NL1) mithilfe eines Sprachverständlichkeitsmodells und eines Lautheitsmodells die Verstärkung im Übergangsbereich so modifiziert, dass die Sprachverständlichkeit bei angenehmer Lautstärke maximal wird. Beide Modelle berücksichtigen den individuellen Hörverlust.

Erste Untersuchungen mit diesem neuen Anpassverfahren zeigen vielversprechende Ergebnisse.



**DOs und "DON`Ts" bei der interaktiven Hörgeräte-Anpassung**

Kinkel, M., Heuermann, H.

KIND Hörgeräte, Kokenhorststr. 3-5, 30938 Burgwedel

In den letzten Jahren wurden von mehreren Hörgeräte-Herstellern "interaktive" Anpassverfahren vorgestellt, bei denen der Hörgeräte-Träger aktiver in die Anpassung eingebunden wird. Typischerweise werden dabei durch Bilder oder kurze Videosequenzen unterstützte Hörbeispiele eingesetzt, die der Proband in verschiedenen Dimensionen (z.B. bezüglich der Lautstärke oder des Klangs) bewerten muss. Aus den Bewertungen werden dann (automatisch) Änderungen der Hörgeräte-Einstellungen abgeleitet. Im Rahmen von Feldtests wurden einige dieser Verfahren in der Praxis getestet. Dabei zeigte sich insgesamt ein positives Bild. So konnte die Spontanakzeptanz erhöht werden, da sich die Kunden mehr in die Anpassung eingebunden fühlen. Im Detail wiesen jedoch alle Verfahren Schwächen auf, die die Praxistauglichkeit erheblich beeinträchtigen können. So wurde die Gesamtverstärkung tendenziell zu hoch eingestellt. Auch wurden verschiedene methodische Schwächen gefunden. Der Beitrag diskutiert die Vor- und Nachteile der jeweiligen Verfahren und stellt Verbesserungsvorschläge vor.



**BOHEAR - Aussenohrmodell**

Schmidt, S., Hudde, H.

Institut für Kommunikationsakustik, Ruhr-Universität Bochum

Das Bochum Head and Ear Model (BOHEAR) wurde bislang erfolgreich zur Simulation von Schwingungsvorgängen im menschlichen Kopf eingesetzt. Zukünftig sollen darüber hinaus auch akustische Phänomene im Gehörgang, an der Ohrmuschel und am Kopf sowie an gehörbezogenen Geräten (Hörgeräte, Gehörschutz, Kopfhörer) modelliert werden. Die bisher am Kopfmodell eingesetzte Pinna besitzt eine zur Simulation von Schädelschwingungen ausreichende Detaillierung, ist jedoch zur Nachbildung der interessierenden Vorgänge wenig geeignet. Daher wurde das System um eine zusätzliche, detailgetreue Außenohrgeometrie erweitert. Diese besteht aus einer mittels Magnetresonanztomografie nachgebildeten natürlichen Pinna mit einem Gehörgang, der zum Mittelohr hin durch ein Trommelfell abgeschlossen wird. Die Manubriumkoppelfläche wird durch eine mit dem BOHEAR-Mittelohrmodell berechnete dreidimensionale Punktimpedanz belastet, so dass ein natürlicher Gehörgangsabschluss nachgebildet wird. Aufgrund dieser Eigenschaften stellt BOHEAR eine sehr realistische Simulationsumgebung für die akustischen Vorgänge in der unmittelbaren Umgebung der Pinna dar.

Die aktuellen Untersuchungen am BOHEAR-Außenohrmodell konzentrieren sich auf die Schallausbreitung in der Ohrmuschelhöhle und im Gehörgang. Dieser wird meist vereinfachend durch ein eindimensionales Modell (Quelle mit Innenimpedanz, Kettenmatrix und Abschlussimpedanz) als akustische Leitung nachgebildet, um das grundsätzliche Verhalten akustischer Größen (beispielsweise des Drucks am Trommelfell) abschätzen zu können. Hierbei treten im Vergleich zu Messungen jedoch unerwartet große Diskrepanzen auf. Am BOHEAR-Außenohrmodell wurde der Schalldruckverlauf im Gehörgang als Funktion der Frequenz simuliert, um Quellen systematischer Fehler eindimensionaler Modelle analysieren zu können.

Der Posterbeitrag zeigt, dass die Grundmodentheorie die Frequenz der Gehörgangsresonanzen und der Pol- und Nullstellen von Eingangsimpedanzen nicht korrekt beschreibt und auf welche Weise präzisere Ergebnisse berechnet werden können.



**Intrauterin erworbene beidseitige otogene Tuberkulose – ein Fallbericht**

Hirst-Stadlmann, A. (1), Trawöger, R. (2), Eder, J. (3), Nekahm-Heis, D. (1)

(1) Klin. Abt. f. Hör-, Stimm- und Sprachstörungen, Univ.Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenerkrankungen, (2) Klin. Abt. f. Neonatologie, Univ.Klinik für Kinder- und Jugendheilkunde, (3) Klin. Abt. f. Pädiatrie, Univ.Klinik für Kinder- und Jugendheilkunde, Medizinische Universität Innsbruck, Österreich

Hintergrund: Die tuberkulöse Otitis media ist eine seltene Erkrankung, die eine diagnostische Herausforderung darstellt. Auch ist die kongenitale Tuberkulose ein in Mitteleuropa seltenes Krankheitsbild, das beim Neugeborenen zumeist als Multisystem-Erkrankung mit schlechter prognose manifest wird.

Fallbeispiel: Ein 10 Wochen alter Säugling bei Z.n. Frühgeburt in der 25.Schwangerschafts-woche wurde wegen putrider Otorrhoe und zervikaler Lymphadenopathie vorgestellt. Beide Gehörgänge waren komplett mit polipösem putrid belegten Gewebe ausgefüllt und für das Alter erstaunlich weit, die Trommelfelle waren nicht einzusehen. Unter der antibiotischen Therapie nach Keimspektrum kam es zu keiner Besserung des Lokalbefundes. Im HR-CT der Felsenbeine fand sich eine komplette Verschattung der Pauke und des Gehörgangs, das Trommelfell nicht, die Gehörknöchelchen schlecht abgrenzbar. Mittels Biopsie konnte die Diagnose einer beidseitigen tuberkulösen Otitis media (TOM) gestellt werden. Erst zu diesem Zeitpunkt fiel bei der Mutter ein Aszites auf, eine abdominelle Tuberkulose wurde diagnostiziert, sodass von einer kongenitalen TOM ausgegangen werden kann. Nach Diagnose einer Mykobakterium bovis Infektion und entsprechender antituberkulöser Therapie besserte sich der Befund. Bei der durchgeführten Ableitung der auditorisch evozierten Potentiale waren keine Potentiale bis 100dB nHL nachweisbar. Während der nächsten Monate ergaben Hörprüfungen mit Knochenleitungshörer im freien Schallfeld Hinweis auf eine mittelgradige Schwerhörigkeit, bedingt durch die Schalleitungskomponente. Zunächst erfolgte die Versorgung mit Knochenleitungs-Hörgeräten, nach Abheilung des Lokalbefundes Wechsel auf HdO-Hörgeräte im 6. Lebensmonat. Das Hörvermögen im Alter von jetzt drei Jahren entspricht einer mittelgradigen Schalleitungsschwerhörigkeit.

Zusammenfassung: Eine kongenitale isolierte TOM tritt sehr selten auf , ist aber als Differentialdiagnose bei chronischer Otitis media auch im Säuglingsalter zu bedenken.



**Einfluss von Störgeräuschen auf das Sprachverstehen von Kindern mit Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen unter Einsatz eines FM Systems**

Arweiler, I., Tchorz, J.

Phonak AG Stäfa / Schweiz

Hintergrund und Fragestellung: Ein verschlechtertes Sprachverstehen im Störgeräusch wird für Kinder mit AVWS meist im Schulunterricht zum Problem. Dabei stellt sich die Frage, ob ein Störgeräusch mit Information, welches z.B. durch sprechende Mitschüler entsteht, das Sprachverstehen in gleicher Weise beeinflusst wie ein stationäres Störgeräusch, verursacht z.B. durch vorbeifahrende Autos, Heizungs- oder Lüftergeräusche. Ein FM System verbessert den Signal-Rausch-Abstand (SNR) und damit das Sprachverstehen im Störgeräusch. Es kann daher für Kinder mit AVWS ein Hilfsmittel im Unterricht sein.

Patienten und Methode: Es wurde ein Sprachtest im Störgeräusch (Oldenburger Satztest) bei 9 Kindern mit AVWS durchgeführt (Versuchsgruppe). Als Kontrollgruppe dienten 11 Kinder ohne AVWS. Die Probanden gingen jeweils in die 2. oder 3. Grundschulklasse. Als Störgeräusch wurde zum einen das stationäre OLSA Rauschen verwendet und zum anderen ein männlicher und weiblicher Störsprecher, die jeweils eine Geschichte erzählen. Der Sprachtest wurde für beide Störgeräuschsituationen ohne und mit FM System durchgeführt.

Ergebnisse: Das Sprachverstehen war für alle Probanden in der Situation mit den Störsprechern signifikant schlechter als in der Situation mit stationärem Rauschen. Das persönliche FM System verbesserte das Sprachverstehen in beiden Störgeräuschsituationen signifikant und in gleicher Weise für die Kontroll- und die Versuchsgruppe.

Schlußfolgerungen: Besonders im Schulunterricht sollte darauf geachtet werden, dass Schüler nicht untereinander sprechen, wenn der Lernstoff mündlich durch den Lehrer vermittelt wird. Dies stellt einen wesentlich größeren Störfaktor dar als Störgeräusche ohne Informationsgehalt. Ein persönliches FM System gibt Kindern mit AVWS im Schulunterricht die Möglichkeit, den von ihnen benötigten SNR zu erreichen.





## Die Fähigkeit zur lautsprachlichen Analogiebildung schallempfindungsgestörter Kinder

Reeh, M., Kiese-Himmel, C.

Abteilung Phoniatrie und Pädaudiologie, Georg-August-Universität Göttingen

Ziel: Analyse der Fähigkeit zur lautsprachlichen Analogiebildung hörbehinderter Kinder. Stichprobe: Aus der Grundgesamtheit der untersuchbaren Kinder des „Göttinger Hör-Sprachregisters“ (Gö HSR): 46 Jungen, 28 Mädchen (3;10-9;8 J.) mit bi- (n=40) bzw. unilateraler (n=34) Schallempfindungsstörung überwiegend unbekannter Ätiopathogenese (n=62).

Ausschlusskriterien: Mehrfachbehinderung/Minderbegabung. Mittl. Diagnosealter: 73,2 (SD 14,4) Monate (Min 35 Max 112), Hg-versorgung mit durchschnittlich 74,7 (SD 14,4) Monaten. Mittl. Lebensalter zum Zeitpunkt der Untersuchung: 78,8 (SD 15,7) Monate. Methode: Im Rahmen der sprachentwicklungspsychologischen Eingangsdagnostik für das Gö HSR wurde der Subtest „Sätze Ergänzen“ aus dem Psycholinguistischen Entwicklungstest (Angermaier, 1977) durchgeführt.

Ergebnisse: Im arithmetischen Mittel wurde eine im Normbereich liegende Leistung erzielt (T-Wert: 48,6 SD: 11,9 Min 20 Max 73), wobei 12/74 Kinder (16 %) einen Ergebniswert  $>1,5$  SD unter der Alternorm aufwiesen. Unterdurchschnittliche Testleistungen fanden sich nur bei bilateral Hörgestörten. Unilateral Hörbehinderte hatten erwartungsgemäß signifikant bessere Leistungen als bilateral Hörbehinderte ( $p=0.002$ ). Der Hörstörungsgrad steht aber sowohl bei unilateral ( $r=-0.37$ ,  $p<0.05$ ) sowie bilateral hörgestörten Kindern ( $r=-0.52$ ,  $p<0.01$ ) in einem statistisch bedeutsamen Zusammenhang mit der lautsprachlichen Analogietestleistung.

Schlussfolgerung: Normalbegabte schwerhörige Kinder haben offensichtlich in einer wissensbasierten vokalischen Sprachleistung wie der Analogiebildung nicht-altersgemäße Leistungen, je stärker Ausmaß und Schweregrad der Hörstörung sind.

Literatur:

Angermaier M., Psycholinguistischer Entwicklungstest. Weinheim: Beltz, 1977 (2. korr. Aufl.).



## **Akuter Hörverlust im Jugendlichenalter - eine seltene Ursache**

Nekahm-Heis, D., Welzl-Müller, K.

Klinik für Hör-, Stimm- und Sprachstörungen, Medizinische Universität Innsbruck, Österreich

Hintergrund: Die häufigsten Ursachen für einen plötzlichen sensorischen Hörverlust im Kindes- und Jugendlichenalter sind Lärmtraumata, ein "Late-onset" Hörverlust, ein Hörsturz oder eine funktionelle nicht organische (psychogene) Hörstörung.

Fallbeispiel: Vorgestellt wird ein bei der Erstdiagnose 12-jähriges Mädchen, das nach Silvester über eine Hörminderung links klagte, wobei die Hörminderung nicht direkt auf ein Lärmtrauma gefolgt war.

Folgende Befunde waren zu erheben: Tonaudiogramm: normale Hörschwelle rechts, pantonaler Hörverlust von 80 dB links. Otoakustische Emissionen: beidseitig nachweisbar.

Tympanometrie: beidseitig ungestört; Stapediusreflex bei Stimulation rechts sowohl ipsi- als auch kontralateral, bei Stimulation links weder ipsi- noch kontralateral nachweisbar.

Frühe auditorisch evozierte Potentiale (BERA): bei Beschallung rechts unauffälliges Muster, bei Beschallung links nur Welle I nachzuweisen.

Bildgebende Verfahren (MRT und CT): keine Auffälligkeiten.

Neuropädiatrischer Status: diskrete mehrherdige Symptomatik, Liquorpunktion: Befund sprach für Vorliegen einer chronisch entzündlichen ZNS-Erkrankung. In Zusammenschau der Befunde wurde das Vorliegen einer akuten disseminierten Encephalomyelitis (ADEM) diagnostiziert.

Unter einer Cortisontherapie besserte sich das Hörvermögen subjektiv. Nach zwei Monaten war die Hörschwelle beidseitig normal, die Stapediusreflexe beidseitig auszulösen, in der BERA Nachweis der Welle V bei Beschallung links nach 10 Monaten zu dokumentieren.

Im weiteren Verlauf über bis dato drei Jahre traten Hemihypästhesien auf, im MRT der Wirbelsäule traten in Höhe des 5. Halswirbelkörpers zwei Veränderungen auf, die bildmorphologisch in erster Linie als Läsionen im Rahmen einer Encephalitis disseminata zu bewerten waren. Zu einer Hörverschlechterung kam es nicht mehr.

Schlussfolgerung: Ein Hörsturz als Erstmanifestation einer Encephalitis disseminata ist auch im Kindes- und Jugendlichenalter zu bedenken. Eine genaue Anamnese und Befunderhebung sind unerlässlich.



**Die Tinnitus-Schweregrad-Bestimmung ist erst nach Differenzierung des Leidensdruckes möglich!**

Berkemeyer, M., Lebisch, H., Pilgramm, M.

Institut für Tinnitus Forschung und Therapie, Horn-Bad Meinberg

Die Erfahrung zeigt, dass bei Patienten mit chronischem Tinnitus der angegebene Leidensdruck häufig nicht nur auf das Ohrgeräusch selbst, sondern auch auf eine bestehende Schwerhörigkeit, Hyperakusis oder einen verstärkten Ohrdruck zurückzuführen ist. Um eine notwendige Leidensdruckdifferenzierung schnell und reproduzierbar vornehmen zu können, wurde ein spezielles Frageninventar (in.ti-ABI-Fragebogen) entwickelt und seit über drei Jahren konsequent eingesetzt. Jeder Patient bearbeitete den Fragebogen vor und nach einer ambulanten Bewältigungsmaßnahme. Der Teil der Patienten mit praetherapeutisch erhöhtem Hyperakusiswert erhielt ein zusätzliches Hyperakusistraining. Der Teil der Patienten mit praetherapeutisch erhöhtem Ohrdruck nahm an ausgedehnten aktiven und passiven Therapiemaßnahmen teil. Der Teil der Patienten mit erhöhtem Hörverlust wurde mit einer Hörhilfe versorgt.

Der Vergleich der Prae-/Postwerte (82 Patienten) des ABI-Fragebogens sowie des Tinnitus-Fragebogens nach Göbel und Hiller zeigt folgendes Ergebnis:

- 1.) Patienten ohne Hörverlust, Ohrdruck und Hyperakusis gaben die geringste Belastung durch die Ohrgeräusche an.
- 2.) Patienten mit zusätzlicher Geräuschempfindlichkeit konnten gut vom Hyperakusistraining profitieren.
- 3.) Eine zusätzlich vorhandene Hörminderung oder störender Ohrdruck führten zu einer erhöhten Einschätzung der individuellen Belastung.
- 4.) Die höchste Beeinträchtigung gaben Patienten mit mehrfachen Belastungen an.

Aus diesen Ergebnissen haben wir folgende Konsequenzen gezogen:

- 1.) Eine Einteilung des Tinnituschweregrades ist sinnvoller, wenn damit eine Differenzierung des Tinnitusleidensdrucks einhergeht.
- 2.) Hyperakusistraining eignet sich besonders bei einer Mehrfachbelastung zur Reduktion des Tinnitusleidensdrucks.
- 3.) Die Ohrdruckproblematik beeinflusst in bedeutendem Maße die Tinnitusbelastung.



**Vergleich der automatischen und manuellen NRT Messungen mit dem Nucleus CI24RE Implantat und der Custom Sound EP Software**

Gärtner, L. (1), Pesch, J. (2), Büchner, A. (1), Battmer, R. (1), Lenarz, T. (1)

(1) Hals-Nasen-Ohrenklinik der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH), (2) Cochlear GmbH

Die Firma Cochlear entwickelt zurzeit ein neues Cochlea Implantat System, das so genannte System 4, auch als RP8 bekannt. Es besteht aus einem neuen Implantat, dem CI24RE, einem neuen Hinter-dem-Ohr-Sprachprozessor, dem SP12 sowie einem neuen Softwarepaket, der CustomSound für das Fitting und der CustomSoundEP für elektrophysiologische Messungen. Klinische Studien zur Validierung des System 4 finden an verschiedenen Zentren statt.

In der vorliegenden Studie wird die neu gestaltete Implementierung der von Cochlear entwickelten Neural Response Telemetry (NRT) betrachtet. Zahlreiche Verbesserungen wurden angestrebt. Im Vergleich zum Vorgängermodell soll das neu entwickelte Implantat eine bessere Linearität des Messverstärkes bei besserem Signal-Rausch-Abstand aufweisen. Die Abtastrate wurde auf 20000 samples pro Sekunde verdoppelt. Ein neuer Automatisierungsalgorithmus soll die NRT-Messung sowohl intraoperativ als auch postoperativ in kürzerer Zeit und mit höherer Genauigkeit durchführen und die NRT-Schwellen (TNRT) selbstständig bestimmen.

An 8 Patienten wurden postoperativ die NRT-Schwellen an 5 über das Elektrodenarray verteilten Positionen sowohl mit dem Automatisierungstool als auch manuell ermittelt. Im Mittel stimmen die manuellen und automatischen TNRT-Messwerte auf 1% Genauigkeit überein.

Der Zeitaufwand für eine TNRT-Messung mit 5 über das Array verteilten Elektroden beträgt 7 Minuten und ist damit deutlich geringer als mit der Software Version 3.0. Da die Optimierungsmessungen entfallen bzw. die Custom Sound EP Software diese selbstständig durchführt, ist auch für weniger erfahrenes Personal ein sehr zufrieden stellendes Messergebnis möglich.



## Korrelation von NRT und Einsilberverständnis

Stecker, M.

HNO-Klinik der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Hintergrund und Fragestellung: Die „Neural Response Telemetry“ (NRT) ist eine elegante Methode, schnell und einfach evozierte Potentiale bei CI-Trägern zu messen. NRT bietet sich daher als objektives Verfahren zur Hörschwellen-Schätzung bei Kleinkindern an. Ein Nachteil der NRT ist jedoch, daß nur die periphere Hörleistung erfaßt wird und daher stets eine Diskrepanz zwischen NRT- und map-Hörschwelle zu beobachten ist. Wir haben nun diese Abweichung untersucht und die Frage gestellt, ob ein Zusammenhang mit dem Sprachverstehen besteht, das ja ebenfalls wie die map-Schwellen zentrale Hörleistungen erfaßt.

Patienten und Methode: Bei 30 erwachsenen Patienten, die mit einem Cochlear CI24-System versorgt waren, wurde nach der Sprachprozessor-Einstellung eine NRT-Messung und eine Sprachverständnismessung durchgeführt. Die subjektive Map-Einstellung erfolgte möglichst am selben Tag wie die NRT-Messung. Die NRT-Messung wurde auf Elektrode 10 in der Mitte des Arrays beschränkt, um die Einflüsse der Ortsabhängigkeit auszuschließen. Als Sprachtest diente der Freiburger Einsilbertest mit 70 dB Schallpegel.

Ergebnisse:

- NRT-Schwellen und Map-Schwellen zeigen eine große interindividuelle Streuung.
- Auch die Differenz zwischen Map- und NRT-Schwellen streut extrem.
- Die Schwellendifferenz zeigt eine große Korrelation zum Einsilberverständnis (0,85).

Schlußfolgerungen: Die gefundene Korrelation zwischen Einsilberverständnis und Map-Schwellen-Schätzfehler der NRT spricht dafür, daß die Ursache für diese Schwellen-Diskrepanz tatsächlich in der zentralen Verarbeitung in der Hörbahn begründet ist. Für die Praxis bedeutet dies, daß große Abweichungen der Map-Schwellen von den NRT-Schwellen ein gutes Sprachverständnis erwarten lassen. Dies bedeutet aber auch, daß gerade bei Patienten mit guter Performance die NRT-Schwellen meist weit über den Map-Hörschwellen liegen und zu den bekannten Schwierigkeiten der NRT-Schwellendetektion führen können.



**Ergebnisse einer neuen Sprachverarbeitungsstrategie (PACE) für das Nucleus M-24 Implantat**

Büchner, A. (1), Nogueira, W. (2), Edler, B. (2), Gärtner, L. (1), Battmer, R.-D. (1), Lenarz, T. (1)

(1) HNO-Klinik, Medizinische Hochschule Hannover, (2) Institut für Theoretische Nachrichtentechnik, Universität Hannover

Trotz erheblicher Fortschritte beim Sprachverstehen in ruhiger Umgebung ist für Cochlea-Implantat Patienten eine Unterhaltung im Störgeräusch in vielen Fällen immer noch nur bedingt möglich. Eine Ursache hierfür ist die eingeschränkte Bandbreite der Cochlea-Implantat Systeme, die eine Übertragung feiner Zeitstrukturen des Audiosignals über die sensible Elektrode-Nerv-Schnittstelle nicht zulässt. Um die Bandbreite dieser empfindlichen Schnittstelle besser nutzen zu können, wurde eine Sprachverarbeitungsstrategie auf der Basis von ACE (Advanced Combination Encoder) entwickelt, die relevante Signalanteile mit Hilfe eines psychoakustischen Maskierungsmodells auswählt. Hier werden Maskierungsschwellen für ein gegebenes Audiosignal berechnet und redundante Signalanteile einfach weggelassen.

Für die Realisierung dieses Projekts wurde der Nucleus Implant Communicator (NIC Stream) verwendet. Dieses Werkzeug erlaubt die Entwicklung beliebiger Sprachverarbeitungsstrategien, welche im Akutversuch bei Patienten getestet werden können. Bisher wurden 8 Patienten im Akutversuch mit dieser neuen Strategie PACE (Psychoacoustic ACE) getestet. Ebenso wurden Vergleichsmessungen mit der konventionellen ACE Strategie durchgeführt, welche ebenfalls mit NIC Stream realisiert wurde.

Alle Patienten konnten auf Anhieb mit der neuen Strategie Sprache verstehen. Messungen mit dem HSM Satztest zeigen eine deutliche, statistisch signifikante Verbesserung der Ergebnisse bei 7 der 8 Patienten unter Verwendung von PACE bei einer mittleren Verbesserung von 16%.

Detaillierte Ergebnisse werden auf der Tagung vorgestellt.



**CIC – First results with a new concept for the management of channel interactions in cochlear implants**

Nopp, P. (2), Mitterbacher, A. (1), Zierhofer, C. (1), Schleich, P.(2), Kriebelder, U. (2)

(1) Christian Doppler Laboratory for Active Implantable Systems

Institute of Applied Physics, University of Innsbruck, Innsbruck

(2) Medical Electronics, Innsbruck, Austria

In cochlear implants, the term channel interaction refers to the overlap of excitation produced by the electrodes along the intra-cochlear electrode array, in both space and time. Spatial channel interactions lead to smearing and blurring of the acoustic spectrum perceived by the CI user, i.e. the tonotopic frequency information along the cochlea, and are one of the most serious problems in cochlear implants. In CIS and other stimulation strategies, spatial channel interactions are dealt with using successive pulsatile stimulation where only one channel is stimulated at a certain point in time so that spatial overlap of excitation does not exist. Although this concept has been proven to be highly successful, it has the serious disadvantage of limiting the stimulation rate. Parallel pulsatile stimulation would allow increasing the rate further but re-introduces the problem of channel interactions so that speech perception results have been disappointing so far. With the PULSARCI100 cochlear implant, MED?EL is introducing Channel Interaction Compensation (CIC), which is a completely new concept of channel interaction management. In CIC, a model for channel interactions is used to recover the original acoustic spectrum even with channel interactions in place. First results of speech perception tests with CIC are promising and will be presented and discussed.



**Evaluation der Möglichkeit zur Bestimmung der optimalen Stimulationsrate über die Lautheit im HiRes-System**

Brendel, M. (1), Büchner, A. (1), Frohne-Büchner, C. (1,2), Gärtner, L. (1), Lenarz, T. (1)

(1) Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Medizinische Hochschule Hannover,  
(2)Advanced Bionics GmbH, Hannover

Im Gegensatz zu den herkömmlichen Strategien SAS und CIS bietet die Strategie HiRes verschiedene Parameter zur individuellen Optimierung an. In einer vorangegangenen Studie wurde der Einfluss der Stimulationsrate auf das Sprachverstehen untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass nur in einem Drittel der Fälle die schnellste mit der optimalen Rate korreliert. Die Analyse des jeweils im Programm verwendeten M-Levels („most comfortable level“) ließ vermuten, dass sich bei der optimalen Rate der niedrigste M-Level findet [1]. Um diese Vermutung weiter zu untersuchen, wurde im Rahmen der hier vorgestellten Studie die jeweils bevorzugte Rate eines HiRes-Nutzers mit der Lautheit der Stimulation in Abhängigkeit von der Stimulationsrate verglichen.

Insgesamt nahmen 7 postlingual ertaubte CI-Träger in einem mittleren Alter von 46 Jahren an der Studie teil. Alle Studienteilnehmer sind mehr als drei Monate mit einem CII- bzw. einem HiRes90K-Implantat versorgt und nutzen die HiRes-Sprachstrategie. Jeder Studienteilnehmer bekam am Anfang der Testphase drei verschiedene 8-Kanal-Programme mit individuell eingestellten deutlich unterschiedlich hohen Stimulationsraten. Diese variieren zwischen 500 und 5000 pps. Zusätzlich wurde die Lautheit eines festen Stimulations-Levels in Abhängigkeit von der Stimulationsrate bestimmt. Bei sechs Teilnehmern liegt die bevorzugte Stimulationsrate entweder direkt auf dem Maximum oder näher am Maximum als eine der anderen beiden getesteten Raten.

Aufgrund dieser Ergebnisse lässt sich vermuten, dass es für jeden CI-Träger eine optimale Stimulationsrate gibt, die individuell ausgewählt werden muss. Diese Stimulationsrate kann über das Maximum der Lautheit eines bestimmten Stimulations-Levels in Abhängigkeit von der Stimulationsrate bestimmt werden.

Literatur:

[1] Andreas Büchner, Carolin Frohne-Büchner, Rolf D. Battmer, Thomas Lenarz (2004): Two years of experience using stimulation rates between 800 and 5000 pps with the Clarion CII implant. Vorgestellt als Poster auf der "VIII International Cochlear Implant





## **Einfluss verschiedener Mikrophonsysteme auf das Sprachverstehen mit einem und mit zwei Cochlea-Implantat-Systemen**

Kompis, M. (1), Bettler, M. (1), Senn, P. (1), Müller, J. (2), Häusler, R. (1)

(1) Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten, Hals-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Inselspital, Universität Bern, Schweiz, (2) Universitäts-HNO-Klinik, Würzburg, Deutschland

Hintergrund: Mehrere Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Erweiterung einer einseitigen Cochlea-Implantat (CI) Versorgung zur beidseitigen Versorgung das Sprachverstehen in Störlärm verbessern kann. Daneben kann die Platzierung und die Richtwirkung der Mikrophone des CI-Systems das Sprachverstehen beeinflussen. In dieser Arbeit wurde die Sprachverständnisschwelle in Störlärm mit verschiedenen Mikrophonsystemen bei ein- und beidseitiger CI-Versorgung untersucht.

Patienten und Methode: Sechs beidseitig mit MED-EL Combi40+ oder MED-EL Combi40 versorgte, erwachsene CI-Träger nahmen an der Studie teil. Das Sprachverstehen in Störlärm (Oldenburger Salztest) wurde in drei verschiedenen Beschallungssituationen (Störgeräusch von vorne, von links und von rechts) bestimmt. Das Nutzsignal wurde jeweils von vorne angeboten. Drei verschiedene Mikrophonsysteme (omnidirektional über der Ohrmuschel, omnidirektional am Eingang des äußeren Gehörgangs und Richtmikrophon über Ohrmuschel) wurde sowohl mit nur einem als auch mit zwei eingeschalteten CI-Systemen verglichen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen: Die Sprachverständnisschwelle im Störlärm war sowohl bei Störschalleinfall von vorne als auch bei Beschallung von der Seite mit zwei CI-Systemen signifikant besser als mit nur einem CI (Verbesserung 1.1 dB bzw. 6.7 dB,  $p > 0.05$ ). Bei frontalem Einfall des Nutz- und des Störsignals fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Mikrophonsystemen. Bei seitlichem Störschalleinfall dagegen war das Sprachverstehen mit dem omnidirektionalen Mikrophon über der Ohrmuschel (durchschnittliche Verbesserung 2.0 und 3.1 dB). Es fand sich keine signifikante Interaktion zwischen der Anzahl der CI-Systeme und den verschiedenen Mikrophonsystemen. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Optimierung der Mikrophoneigenschaften bei ein- und bei beidseitiger CI-Versorgung das Sprachverstehen in Störlärm verbessern kann.



**Vergleich verschiedener Elektrodentypen (Straight, Contour, Contour mit Softip) hinsichtlich der T- und C-Level**

Paasche, G., Wieland, S., Lenarz, T., Stöver, T.

HNO-Klinik der Medizinischen Hochschule Hannover

Hintergrund: Die letzten Jahre haben eine rasante Entwicklung im Bereich der Cochlea Implantate gezeigt. Ein Fokus lag hierbei auf der Entwicklung von modiolusnahen Elektrodenträgern und deren möglichst atraumatischen Insertionseigenschaften. Diese sollten sich dann auch in den Stimulationsparametern und evtl. einem verbesserten Sprachverständnis niederschlagen

Patienten und Methode: Aus der CI-Datenbank der MHH wurden alle zum Zeitpunkt der Implantation erwachsenen Patienten herausgesucht, die mit einem Nucleus Implantat versorgt wurden, welches mit einem der drei folgenden Elektrodentypen verbunden ist: A) Straight Elektrode (modiolusfern, N=69), B) Contour Elektrode (modiolusnah, N=153) oder C) Contour Elektrode mit Softip (atraumatischere Insertion, N=37). Ausgeschlossen wurden Patienten, die re-implantiert waren. Des Weiteren wurde ein mehrfach behinderter Patient nicht in die retrospektive Untersuchung eingeschlossen. Ausgewertet wurden die T- und C-Level im Verlauf von der Erstanpassung bis zu einem Jahr nach der Erstanpassung.

Ergebnisse: Der Übergang von der Straight Elektrode zur Contour Elektrode reduzierte die mittleren T-Level um fast 20 Current Level (CL). Die Einführung der Contour Elektrode mit Softip erbrachte eine weitere Reduktion um ca. 5 CL. Die C-Level der beiden letztgenannten Elektroden unterscheiden sich nicht, liegen aber um 5-10 CL niedriger als bei der Straight Elektrode. Daraus ergibt sich für die Softip-Elektrode der größte Dynamikbereich.

Schlußfolgerung: Durch den bei jeder neuen Elektrodengeneration größer werdenden Dynamikbereich erweitert sich das für die Sprachkodierung zur Verfügung stehende Fenster, welches über die verbesserte Modulierbarkeit der Sprachprozessoreinstellung zu einer Verbesserung der individuellen Anpassbarkeit der Patienten führt.



## Die RateCIS-Strategie für Cochlea Implantate

Nobbe, A.

MED-EL GmbH

Die derzeitig verfügbaren Technologien bei Cochlea Implantaten ermöglichen den meisten Patienten ein hohes Maß an Sprachverstehen; Musik zu hören und zu genießen ist jedoch für einige weiterhin ein Problem. Aus der Literatur ist bekannt, dass Melodien unzureichend übertragen werden und auch eine zufrieden stellende Klangqualität und Instrumentenerkennung für viele nicht gewährleistet ist [1, 2]. Ein Grund dafür liegt in der limitierten Übertragung feiner spektraler Unterschiede.

Im System COMBI 40+ der Firma MED-EL wird das Eingangssignal in zwölf Frequenzbändern analysiert und an zwölf Elektroden in der Cochlea mit einem Elektrodenabstand von 2,4 mm übertragen. Dabei werden unterschiedliche Tonhöhen vor allem durch unterschiedliche Orte in der Cochlea hervorgerufen. Stimulationsratenänderungen können die Tonhöhe an einem festen Elektrodenort verändern [3]. Deshalb wurden in der vorgestellten Reizstrategie RateCIS variable Stimulationsraten eingeführt. Dabei wurde die Filterbank der klassischen CIS-Strategie auf 18 Bänder erweitert. Auf diese Weise werden 6 Elektroden jeweils zwei Filterbänder zugeordnet. Wenn zum Analysezeitpunkt mehr Signalenergie im höheren Band vorliegt, wird für die normale CIS-Stimulationsrate von 1515 pps entschieden, wenn mehr Signalenergie im tieferen Band vorliegt, wird die jeweilige Elektrode mit einer niedrigen Rate von 252 pps stimuliert.

Die RateCIS-Strategie wurde im Vergleich mit der klassischen CIS-Strategie bei neun Versuchspersonen mit Sprach-, Musiktests und Fragebögen getestet. Bei der Spracherkennung und subjektiven Sprachqualitätsbewertung ergab sich ein Vorteil für die CIS-Strategie, für die Wahrnehmung von Musik jedoch bevorzugten sechs Versuchspersonen den Klang mit der neuen RateCIS-Strategie.

Literatur:

[1] Gfeller, K., Christ, A., Knutson, J.F., Witt, S., Murray, K.T. & Tyler, R.S. (2000). "Musical backgrounds, listening habits and esthetic enjoyment of adult cochlear implant recipients", J. Am. Acad. Audiol. 11, 390-406.

[2] Nobbe, A., Krueger, B., Lesinski-Schiedat, A. & Baumann, U. (2004). "Melody recognition test with cochlear implants", 2004 Int. Conference Music Percept., Chicago.

[3] Baumann, U. & Nobbe, A. (2004b). "Pulse rate discrimination with deeply inserted electrode arrays", Hear. Res., 196, 49-57.



**Untersuchung virtueller Kanäle im Advanced Bionics HiRes-System**

Frohne-Büchner, C. (1,2), Brendel, M. (1), Habermann, C. (1), Büchner, A. (1), Stöver, T. (1), Lenarz, T. (1)

(1) Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Medizinische Hochschule Hannover, (2) Advanced Bionics GmbH, Hannover

Im Rahmen der vorgestellten Studie wurde die Frage untersucht, ob es CI-Trägern möglich ist Frequenzen zwischen denen der bisher vorhandenen physikalischen Kanäle zu differenzieren.

Um zusätzliche Frequenzen, so genannte „virtuelle Kanäle“, zu erzeugen wird ein spezielles Verfahren genutzt, das den Stimulationsstrom gezielt auf zwei benachbarte Elektroden verteilt.

Die Unterscheidbarkeit der Tonhöhe von physikalischen und virtuellen Kanälen wurde in einer Gruppe von 42 erwachsenen CI-Trägern mit einem Durchschnittsalter von 48 Jahren untersucht. Alle Studienteilnehmer sind mit einem CII- bzw. einem HiRes90K-Implantat versorgt und nutzen die HiRes-Sprachverarbeitungsstrategie.

Die Ergebnisse werden sowohl in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Messung nach der Operation als auch vom genutzten Elektrodensystem ausgewertet. Es zeigt sich, dass im Mittel eine schlechtere Auflösung im basalen Frequenzbereich vorhanden ist.

37 Studienteilnehmer können zumindest einen virtuellen Kanal unterscheiden, acht können zumindest zwischen der Hälfte der physikalischen Kanäle virtuelle Kanäle unterscheiden. Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass sich die Unterscheidbarkeit der Kanäle im ersten halben Jahr nach der Implantation deutlich verbessert.

Die Nutzung der virtuellen Kanäle erlaubt eine deutliche Verbesserung der Frequenzauflösung, die über die derzeitigen Möglichkeiten mit physikalischen Kanälen hinausgeht.



**Anforderungen an ein Kombinationsgerät für EAS-Patienten**

Schmidt, M.

MED-EL Headquarters Innsbruck

Die zunehmende Erfahrung mit der kombiniert elektrisch-akustischen Stimulation (EAS) belegt die Synergie zwischen der akustischen Stimulation im Tieftonbereich und der elektrischen Stimulation mittels Cochleaimplantat in den höheren Frequenzen. In der praktischen Anwendung zeigt sich allerdings dass die bisher verwendete Kombination von Cochleaimplantat (CI)-Sprachprozessor und IdO Hörgerät für viele Patienten nicht ideal ist. Parallel zur laufenden Forschung in EAS wird daher an der Entwicklung eines Kombinationsgerätes gearbeitet dass sowohl ein Hörgerät als auch einen CI-Sprachprozessor in sich vereint. Es stellt sich die Frage, wie ein Hörgerät für die EAS-Anwendung gestaltet sein sollte und in welcher Form man ein Hörgerät mit einem CI-Sprachprozessor verbinden könnte.

Es wird dargestellt, dass bisherige Erkenntnisse in der EAS Thematik sowie Ergebnisse aus der „dead regions“ Forschung das Design eines Kombinationsgerätes ebenso beeinflussen wie Limitierungen in Größe und Gewicht eines Gerätes sowie die zur Verfügung stehende Batterieleistung.

Weiterhin wird diskutiert, wie sich eine Kombination von Hörgerät und Sprachprozessor auf die Programmierung, den Batterieverbrauch, den Tragekomfort und die Sprachverständlichkeit auswirkt. Erste Ergebnisse zeigen, dass das Design des Hörgerätes und damit die Realisierung der akustischen Stimulation einen großen Einfluss auf die Sprachverstehen in EAS haben kann.



**Afferent and Efferent Innervation of the Inner Ear**

Fuchs, P. A.

The sensory epithelia of the inner ear are responsible for detecting sound, and for signaling the position and motion of the head. Many complex biochemical and biophysical mechanisms underlie the transduction of these energies into electrical signals by hair cells. This lecture will concentrate on how those hair cell signals are transmitted to the CNS by afferent synaptic contacts, and how efferent synaptic feedback from the brain modulates hair cell activity. The synaptic mechanisms of the inner ear differ in various ways from those found elsewhere in the nervous system. Appreciation of those unique features requires knowledge of the innervation pattern of the inner ear, as well as the synaptic ultrastructure. Signal processing across both afferent and efferent synapses will be described, as will the underlying molecular mechanisms where available. Study of hair cells is offering new insights into synaptic mechanisms, and could suggest avenues for therapeutic advances.



## Übersicht über monogene und komplex-genetische Formen der Schwerhörigkeit

Kubisch, C.

Institut für Humangenetik der Universität zu Köln

Neben Umweltfaktoren spielen bei der Entwicklung von Hörstörungen auch genetische Faktoren eine maßgebliche Rolle. Dies gilt sowohl für die monogenen Formen, die häufig schon im Kindesalter manifest werden, als auch für die genetisch komplexen Formen und hier insbesondere für die Alters- und Lärmschwerhörigkeit. Bei den monogenen Formen werden syndromale von nicht-syndromalen Hörstörungen unterschieden, es kommen sowohl autosomale (rezessive oder dominante), X-chromosomale als auch mitochondriale Vererbungsmuster vor. Es wird geschätzt, dass mehr als 100 verschiedene Gene allein an der Ausprägung der nicht-syndromalen Hörstörungen (NSHL) beteiligt sind, d. h. es handelt sich um eine genetisch extrem heterogene Erkrankung. Mehr als 30 der ursächlich beteiligten NSHL-Gene konnten bereits identifiziert werden, von besonderem medizinischen Interesse sind hierbei insbesondere das häufig ursächlich veränderte Connexin 26-Gen als auch die für die Aminoglykosid-induzierte Schwerhörigkeit verantwortlichen mitochondrialen Mutationen. Durch diese Fortschritte ist unser Verständnis über die molekulare Anatomie des Ohres bzw. molekularen Grundlagen des Hörens enorm erweitert worden. Auch für die molekulare Diagnostik und humangenetische Beratung sind wertvolle Optionen geschaffen worden, die in der Regel jedoch im Einzelfall auf ihren Nutzen (für Arzt und Patienten) hinterfragt werden müssen. Im Gegensatz zu den großen Fortschritten bei den monogenen Formen ist über die genetischen Grundlagen der komplex-genetischen Formen wie insbesondere die Presbyakusis so gut wie nichts bekannt. Aufgrund technologischer Fortschritte ist jedoch anzunehmen, dass auch für diese Volkserkrankung zukünftig genetische Faktoren identifiziert werden können, die sowohl unser Verständnis der Erkrankung verbessern als möglicherweise auch neuartige diagnostische, prophylaktische oder sogar therapeutische Optionen eröffnen werden.



**Äußere Haarzellen - zelluläre Grundlagen der cochleären Verstärkung und der recruitment-positiven Schwerhörigkeit**

Oliver, D.

Physiologisches Institut II, Universität Freiburg

Die hohe Sensitivität und Frequenzselektivität der Säugetier-Cochlea beruht auf einem aktiv-mechanischen, physiologisch vulnerablen Verstärkungsmechanismus. Dieser so genannte "cochleäre Verstärker" unterliegt der kompressiven Nicht-Linearität der cochleären Mechanik (deren Verlust zu recruitment führt) und der Generierung otoakustischer Emissionen. Für die cochleäre Verstärkung sind die äußeren Haarzellen (ÄHZ) verantwortlich: selektive Zerstörung der ÄHZ führt zu Schwellenverlusten von 40-60 dB und zum Verlust von Frequenzselektivität.

Basis für die mechanische Amplifikation sind vom Rezeptorpotential der ÄHZ angetriebene hochfrequente Längenänderungen der ÄHZ. Diese "Elektromotilität" ist ein Membran-basierter, direkt spannungsabhängiger Prozeß, der über den akustischen Frequenzbereich bis mindestens 70 kHz arbeitet. Die Elektromotilität wird durch das Membranprotein Prestin generiert, das in sehr hoher Dichte in der lateralen Membran der ÄHZ vorliegt. Änderungen der Membranspannung lösen synchrone Konformationsänderungen großer Mengen von Prestin-Molekülen aus, die wiederum direkt die Motilität der Zelle antreiben. Die Deletion des Prestin-Gens ("knock-out") hat in der Maus den Verlust der Elektromotilität, eine Hörschwellerhöhung von 45-65 dB sowie den Verlust von DPOAEs zur Folge. Auch beim Menschen konnte eine erbliche Form der Schwerhörigkeit auf Mutationen im Prestin-Gen zurückgeführt werden. Träger dieser Mutationen weisen eine schwere bis profunde Schwerhörigkeit auf. Im allgemeinen führt somit stets ein Funktionsverlust der ÄHZ zu recruitment-positiver Schwerhörigkeit.

Unser Interesse gilt den zellulären und molekularen Mechanismen der Elektromotilität. Prestin ist Mitglied einer Gen-Superfamilie von Anionen-Transportern, und tatsächlich konnten wir zeigen, dass die Generierung der Elektromotilität eine direkte Interaktion von Prestin mit intrazellulären Anionen erfordert. Die molekulare Erzeugung von mechanischer Kraft durch das Prestin-Molekül beruht daher wahrscheinlich auf einem modifizierten Ionen-Transportzyklus.





## **Klinik der recruitment-positiven Schwerhörigkeit**

Moser, T.

Nach der Übersicht über die molekularen und zellulären Grundlagen der cochleären Verstärkung geht es hier um die Ursachen, die audiologische Diagnostik und Befundkonstellation der durch Verstärkerdefekte bedingten Schwerhörigkeit.

Epidemiologisch steht die sensorische Schwerhörigkeit an erster Stelle der Hörstörungen. Hauptursachen sind weiterhin lärmbedingte Innenohrschäden, alters-assozierte Innenohrdegeneration, Hörsturz, Infektionen und ototoxische Medikamente. Das multifaktorielle Krankheitsbild der Altersschwerhörigkeit bedingt angesichts der demographischen Entwicklung einen zunehmenden Anteil der sensorineuralen Schwerhörigkeit.

Sensorische Schwerhörigkeit wurde und wird vielfach mit recruitment-positiver Schwerhörigkeit gleichgesetzt. In der Tat ist wegen der großen Vulnerabilität der äußeren Haarzellen der Defekt des cochleären Verstärkers das führende Symptom der sensorischen Schwerhörigkeit. Dabei steht die Schädigung und der nachfolgende Verlust der äußeren Haarzellen im Vordergrund. Spezifische molekulare Defekte des Motorproteins sind sicher selten. Audiologisch wird die Störung der cochleären Verstärkung sowohl durch Messung der otoakustischen Emissionen als auch durch den Recruitment-Nachweis (mit Hilfe subjektiver und objektiver Verfahren) aufgezeigt.

Allerdings beträgt der maximale Hörverlust, der durch einen vollständigen Defekt der cochleären Verstärkung bedingt wird, etwa 50 dB, so dass spätestens bei höhergradigen sensorischen Schwerhörigkeiten von weiteren cochleären Schädigungsmechanismen auszugehen ist. Die verlässliche Quantifizierung des durch den Verstärkerdefekt bedingten Beitrages zur Schwerhörigkeit und die audiologische Differenzierung weiterer Schädigungsmechanismen der sensorischen Schwerhörigkeit bleiben auch in Zukunft wichtige Forschungsthemen.



**Innere Haarzellen – Physiologie und Pathophysiologie: Grundlagen der Schallkodierung und Mechanismen der synaptischen Audiopathie**

Beutner, D. (1), Khimich, D. (2), Nouvian, R. (2), Brandt, A. (2), Pujol, R. (3), Altmann, W. (4), Gundelfinger, E. D. (4) und Moser, T. (2)

(1) HNO Universitätsklinik Köln, (2) Center for Molecular Physiology of the Brain und HNO Universitätsklinik Göttingen, (3) INSERM U583 - INM, BP 74103 and CRIC, University Montpellier, France, (4) Abteilung für Neurochemie und Molekulare Biologie, Leibniz Institut für Neurobiologie, Magdeburg

Die afferenten Synapsen der cochleären inneren Haarzellen (IHZ) müssen Neurotransmitter sehr schnell und für Stunden andauernd freisetzen, um einen zeitlich präzisen und verlässlichen Informationstransfer zu gewährleisten. Es wird angenommen, daß diese außerordentlichen Leistungen der afferenten Synapsen durch ihre spezielle Mikroanatomie, insbesondere das synaptische Band, ermöglicht werden. Mit Hilfe der patch-clamp-Technik wurden die präsynaptischen Eigenschaften wie der spannungsaktivierte Kalziumeinstrom, die Kinetik von Exo- und Endozytose sowie die zytosolische Kalziumkonzentration in IHZ studiert.

Es konnte gezeigt werden, dass IHZ ca. 40.000 freisetzungsbereite Vesikel besitzen, von denen aber nur ein kleiner Teil an den Bändersynapsen lokalisiert sind. Jede der 10-20 Bändersynapsen kann dabei ca. 60 Vesikeln extrem schnell freisetzen. Ermöglicht wird diese schnelle Kinetik durch die enge räumliche Kopplung freisetzungsbereiter Vesikel mit schnell-schaltenden Kalziumkanälen. Mausmutanten für das synaptische Protein Bassoon, deren Haarzellsynapsen das präsynaptische Band fehlte (> 90% der Synapsen), zeigten eine starke Reduktion der schnellen Transmitterfreisetzung. Ableitungen von Summenaktionspotentialen der Spiralganglienneurone sowie die Hirnstammaudiometrie bestätigten eine Hörstörung in diesem Tiermodell. Dabei wurde eine klare Korrelation zwischen schneller Transmitterfreisetzung der IHZ und dem Summenaktionspotential der Spiralganglienneurone aufgezeigt. Als Hinweis auf eine intakte cochleäre Verstärkung fanden wir erhaltene DPOAE und Mikrophonopotentiale. Die Hörstörung der Bassoonmutante stellt somit eine synaptische Audiopathie mit einem selektiven Defekt der synchronen synaptischen Transmission von IHZ zum Hörnerv dar.



**Molekulare Pathomechanismen der auditorischen Neuropathie im engeren Sinne**

Strenzke, N., Lacas-Gervais, S., Solimena, M., Moser, T.

Innenohrlabor, Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Universität Göttingen

Die Untersuchung molekular definierter Tiermodelle erlaubt die Korrelation von zellphysiologischen und morphologischen Veränderungen des Innenohrs mit audiometrischen Befundkonstellationen. Dies soll hier anhand eines Tiermodelles der auditorischen Neuropathie erläutert werden.

Beta4-Sigma1-Spektrin ist ein zytoskelettales Protein, das an der Verankerung von Natrium- und Kaliumkanälen an den Membranen der Ranvierschen Schnürringe und der initialen Axonsegmente beteiligt ist. Auf diese Weise wird die für eine effiziente Generierung und Fortleitung von Aktionspotentialen erforderliche hohe Kanaldichte ermöglicht. Die Beta4-Sigma1-Spektrin-Knockout-Mutante der Maus weist dementsprechend eine veränderte Kanalverteilung und ultrastrukturelle Veränderungen an den initialen Axonsegmenten und den Ranvierschen Schnürringen der afferenten Fasern des N. cochlearis auf. Das Tonschwellengehör und die DPOAE der Tiere sind normal. Es tritt aber eine zunehmende Latenzverzögerung der einzelnen BERA-Wellen auf, welche bei erhöhter Stimulusrate im Sinne einer Hörermüdung verstärkt ist.

Die Hörstörung der Beta4-Sigma1-Spektrin-Knockout-Mutante der Maus stellt aus unserer Sicht eine Minimalvariante der auditorischen Neuropathie dar, bei der trotz erhaltener tonaler Hörschwelle die Verarbeitung zeitkritischer akustischer Information gestört ist. Dieses Tiermodell soll nun dazu dienen, sensitive Protokolle für nicht-invasive objektiv-audiometrische Tests für Patienten zu entwickeln.



**Auditory neuropathy: pathophysiology**

Starr, A.

University Neurology and Neurobiology

Auditory neuropathy (AN) describes a recently hearing disorder characterized by dysfunction of the auditory nerve (ABRs are absent or severely impaired) in the presence of preserved cochlear outer hair cell functions (OAEs and CMs are preserved). A low frequency or flat hearing loss are the most common audiometric configurations. The major symptoms of the disorder are impaired speech comprehension that is disproportionately affected by environmental noise. AN is not rare and surveys suggest an incidence of up to 10% of hearing impaired subjects. The etiologies are diverse and include toxic-metabolic disorders (hyperbilirubinemia and anoxia) neonates, infectious disorders (e.g., mumps) in adolescence, and hereditary disorders affecting peripheral and auditory nerves (e.g., Charcot-Marie-Tooth disorders, Friedreich's ataxia), and hereditary disorders without peripheral neuropathy (e.g, otoferlin). One-half of AN subjects do not have an etiology that can be clearly identified. The sites of auditory nerve dysfunction include the ganglion cells and axons (Type I) or the synaptic junction between inner hair cells and nerve terminals (Type II). The pathophysiology and psychoacoustics underlying the hearing loss as well as current treatments of the disorder will be discussed.



**Cochlea Implantation versus Hörgeräteversorgung bei Kleinkindern mit Auditorischer Neuropathie und subjektiv hochgradiger Schwerhörigkeit**

Lang-Roth, R., Foerst, A., Streicher, B., v. Wedel, H., Walger, M.

Als Ursache der von Starr et al. 1996 beschriebenen auditorischen Neuropathie (AN), wird eine unklare Schädigung im Bereich von der Inneren Haarsinneszelle bis hin zum Hörnerven vermutet. Der Erfolg der apparativen Versorgung und insbesondere die Cochlea Implantation werden kontrovers diskutiert.

In der Pädaudiologie der Kölner Universitäts-HNO-Klinik wurden seit 1996 bei ca. 5800 Kinder eine BERA durchgeführt. 30 Patienten wiesen die typische Befundkonstellation einer auditorischen Neuropathie mit nicht nachweisbaren oder pathologisch konfigurierten FAEP's sowie Mikrophonpotentialen und OAE bei unterschiedlichen Reizpolaritäten auf. Sieben dieser Kinder waren in der subjektiven Audiometrie hochgradig schwerhörig. Nach Diagnosesicherung wurden alle Kinder mit Hörgeräten versorgt. Drei Kinder zeigten unter einer Hörgeräteversorgung mit Powerhörgeräten keine sicheren Hörreaktionen und keinen geregelten Spracherwerb, so dass wir uns nach Beratung mit den Eltern zu einer Cochlea-implantation entschieden. Ein Kind zeigte keine Hörgeräteakzeptanz und die Eltern haben sich nach intensiver Beratung gegen eine Cochlea-implantation und für das Erlernen der Gebärdensprache entschieden. Zwei Kinder wiesen zusätzlich eine Mehrfachbehinderung auf, so dass die Implantation noch diskutiert wird. Bei einem 13 Monate alten Kind muss noch der Erfolg der Hörgeräteversorgung abgewartet werden.

In unserem kleinen Kollektiv zeigt sich nach der Cochlea-implantation eine deutlich günstigere lautsprachliche Entwicklung als durch die Hörgeräteversorgung. Die mit einem Hörgerät versorgten Kinder zeigten keine sicheren ausdauernden Hörreaktionen und eine wechselnde Hörgeräteakzeptanz.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse sehen wir derzeit bei Kindern mit der Befundkonstellation Auditorische Neuropathie, subjektiv hochgradiger Schwerhörigkeit, unzureichender Hörgeräteakzeptanz bzw. unzureichenden Hörreaktionen eine Indikation zur frühzeitigen Cochlea Implantation.



## TEOAE - gegenwärtige Praxis und zukünftiges Potential

Hoth, S.

Univ.-HNO-Klinik Heidelberg

Die Messung der transitorisch evozierten otoakustische Emissionen (TEOAE) ist als objektive Hörprüfmethode in der praktischen Audiometrie vor Erlangung ihrer vollen Reife absorbiert worden. Dies dokumentiert einerseits ihre Nützlichkeit, andererseits bedeutet es, daß das Potential der Methode noch nicht ausgeschöpft ist. Vieles deutet darauf hin, daß eine Hörprüfung, die auf der Messung eines differenzierten Signals beruht und bei der sogar der im Gehörgang vorliegende Reizpegel erfaßt wird, mehr zu leisten vermag als nur eine dichotome Unterscheidung zwischen „annähernd normalhörend“ und „mindestens geringgradig schwerhörig“ zu ermöglichen.

In der heutigen praktischen Anwendung werden die TEOAE nahezu ausschließlich für Screening-Untersuchungen bei Neugeborenen und in der allgemeinen Pädaudiologie sowie bei Erwachsenen für die Differentialdiagnostik sensorineuraler Hörstörungen eingesetzt. In all diesen Bereichen stehen sie in gewisser Konkurrenz zu den otoakustischen Distorsionsprodukten (DPOAE). Diesen gegenüber besteht der wesentliche Vorteil der TEOAE darin, daß technisch bedingte falsch emissionspositive Befunde so gut wie ausgeschlossen sind.

Leider sind einige mit den TEOAE assoziierte Irrtümer ähnlich weit verbreitet wie die praktische Anwendung des Verfahrens:

- Ohne ausreichende Begründung werden breitbandige Stimulation und frequenzspezifische Audiometrie häufig als unvereinbarer Widerspruch angesehen. In Wirklichkeit beinhaltet die Anregung der Cochlea mit multifrequenten Reizen die Möglichkeit zur Auflösung der Wirkung einzelner Frequenzen in derselben Weise wie weißes Licht zur Darstellung von Farben geeignet ist. Hiervon wird derzeit nicht erschöpfend Gebrauch gemacht.

- Häufig werden die Maßstäbe für Meßqualität und Signalnachweis nicht ausreichend gegeneinander abgegrenzt. Maßgebend für die Güte der Messung sind Amplitude oder Varianz der Reststörung, während die mit dem Signal/Rausch-Verhältnis nahezu gleichwertige Reproduzierbarkeit weder die Meßqualität noch die Emissionsstärke, sondern allein die Sicherheit des Signalnachweises beschreibt.

- Nicht allen Anwendern ist bewußt, daß mit dem üblichen Reizparadigma nicht die TEOAE-Amplitude gemessen wird, sondern ihre Abweichung von der Linearität. Dies verschleiert die Beziehung zwischen Meßwert und Hörschwelle. Die Frage, ob mit Hilfe von Wachstumsfunktionen der unverfälschten TEOAE-Amplitude eine für die Hörschwelle relevante Zahl bestimmt werden kann, ist bisher nicht erschöpfend untersucht worden.

- Oft ausgesprochen aber letztendlich nie bewiesen wurde die Vermutung, die TEOAE könnten mit größerer Empfindlichkeit als das Tonaudiogramm zur Früherkennung beginnender Innenohrschädigungen beitragen. Die hierzu vorliegenden Beschreibungen in der Literatur sind jedoch keineswegs einheitlich. Es besteht weiterer Forschungsbedarf unter konsequenter Unterscheidung der vielfältigen Schädigungsmechanismen.

Es kann damit gerechnet werden, daß die Ersetzung dieser Irrtümer durch gesicherte Tatsachen das Spektrum der TEOAE-Anwendung erweitern wird. Potential zur Erweiterung der Möglichkeiten besteht daneben in der Auswertung der Latenz der TEOAE, in der Anwendung der contralateralen Suppression und in der Nutzung des noch nicht vollständig bekannten Zusammenhanges zwischen der Latenz bzw. Dämpfung der TEOAE und der Frequenzauflösung des Gehörs.



## Hörschwellenschätzung bei Neugeborenen mittels DPOAE I/O-Funktionen

Janssen, T.

HNO-Klinik der Technischen Universität München

An Neugeborenen wurde eine bereits an erwachsenen Patienten erprobte Methode zur automatischen Bestimmung der Hörschwelle mittels extrapoliertes DPOAE I/O-Funktionen eingesetzt. Die Frage war, ob die Methode auch unter Hörscreeing Bedingungen eingesetzt werden kann, und ob eine Differenzierung zwischen einer Mittelohr- und einer Innenohrschwerhörigkeit möglich ist.

DPOAE I/O-Funktionen wurden an Neugeborenen in einer Erstmessung (mittleres Alter 3.2 Tage, n=118) und in einer Zweitmessung (vier Wochen später, n=21) bei 11 Frequenzen zwischen 1.5 und 8 kHz (f2) im Pegelbereich zwischen 20 und 65 dB (L2) aufgenommen. Der Schnittpunkt der extrapolierten Funktion mit der Primärtonpegelachse diente zur Schätzung der DPOAE- bzw. Hörschwelle. Die Messungen erfolgten auf der Säuglingsstation bzw. in der elterlichen Wohnung.

Bei den Neugeborenen war die Schätzung der Hörschwelle im Mittel pro Ohr bei 2/3 der Testfrequenzen möglich. Die Testgüte war bei hohen Frequenzen besser als bei tiefen Frequenzen. Bei der Erstmessung zeigte die rekonstruierte Hörschwelle einen Hörverlust im Hochtonbereich, der bei der Zweitmessung verschwand. Dies und die beobachtete Abnahme des DPOAE-Pegels bei Erhalt der kompressiven Form der DPOAE I/O-Funktionen wurden als Zeichen einer passageren Schalleitungshörstörung als Folge noch vorhandener Fruchtwasserreste gewertet. Mit Hilfe eines einfachen Modells konnte gezeigt werden, dass die Differenz zwischen DPOAE-Nachweisschwelle und geschätzter DPOAE-Schwelle bei Mittelohr- und Innenohrschwerhörigkeit unterschiedlich ist.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine automatische Bestimmung der Hörschwelle mittels extrapoliertes DPOAE I/O-Funktionen unter Hörscreeing Bedingungen möglich ist. Ob DPOAE zu einer Differenzierung zwischen Mittelohr- und Innenohrschwerhörigkeit führen können, müssen weitere Untersuchungen zeigen. Zur Verbesserung der Testgüte müssen Algorithmen zur störgeräuschabhängigen Messablaufsteuerung entwickelt werden.

### Literatur:

Boege, P., and Janssen, T. (2002) "Pure-tone threshold estimation from extrapolated distortion product otoacoustic emission I/O-functions in normal and cochlear hearing loss ears," J. Acoust. Soc. Am. 111, 1810-1818.

Gorga, M. P., Neeley, S. T., Dorn, P. A., and Hoover, B. M. (2003) "Further efforts to predict pure-tone thresholds from distortion product otoacoustic emission input/output functions," J. Acoust. Soc. Am. 113, 3275-3284.



## **Frequenzspezifische Hörschwellenmessung mit "Auditory Steady-State Responses"**

Stürzebecher, E. (1), Cebulla, M. (1), Elberling, C. (2), Berger, T. (3)

(1) HNO-Klinik der J.W. Goethe-Universität Frankfurt, (2) Oticon A/S Research Centre 'Eriksholm', Snekersten, Dänemark, (3) Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie der Philipps-Universität Marburg

Die Registrierung stationärer auditorisch evozierter Potentiale (Auditory Steady-State Responses, ASSR) bietet eine vielversprechende Möglichkeit zur frequenzspezifischen Hörschwellenbestimmung insbesondere bei Säuglingen und Kleinkindern. Der übliche Stimulus ist ein amplitudenmodulierter Träger. Das Gehör wird bei der Frequenz des Trägers geprüft. Die ASSR werden im Frequenzbereich durch wenige Spektrallinien (Harmonische) repräsentiert. Die Frequenz der ersten Harmonischen entspricht der Modulationsfrequenz, die höheren Harmonischen erscheinen bei Vielfachen der Modulationsfrequenz. Das erleichtert den objektiven statistischen Nachweis der Antworten mit Tests, die Phase und/oder Amplitude der spektralen Komponenten auswerten. Ein weiterer Vorteil besteht in der Möglichkeit der simultanen Hörprüfung beider Ohren bei mehreren Frequenzen. Dadurch kann die Untersuchungszeit reduziert werden. Ein Problem stellt die sehr geringe Amplitude der ASSR dar, die einen schwellennahen Antwortnachweis erschwert. Bisherige Vorschläge zur Lösung des Problems zielen auf eine Verbreiterung des durch den Reiz aktivierten Frequenzbereichs auf der Basilarmembran. Damit lassen sich Verbesserungen erreichen, die sich aber im tieferfrequenten Bereich infolge der ungünstigen Synchronisationsbedingungen nur wenig auswirken. Größere Antworten auch in diesem Frequenzbereich sind mit neuen frequenzspezifischen Reizen zu erwarten, bei denen durch Kompensation der kochleären Laufzeit eine bessere Synchronisation im apikalen Teil der Cochlea erzielt wird. Die Ergebnisse einer Studie mit einer großen Gruppe von normalhörenden Jugendlichen bestätigen diese Erwartung. Damit ist ein weiterer wichtiger Schritt in Richtung einer klinischen Nutzung der ASSR getan.





**Notched-Noise-BERA: Methoden, Ergebnisse und klinischer Stellenwert(Notched-Noise-BERA:  
An overview on methodical and clinical aspects)**

Schönweiler, R.

Abteilung für Phoniatrie und Pädaudiologie (in der Klinik für HNO-Heilkunde), Universität zu Lübeck

Hintergrund: Frühe klick-evozierte Potentiale werden seit den 1980er Jahren zur Schätzung von Hörschwellen eingesetzt, wobei allgemein eine gute Übereinstimmung von Potentialschwellen und Hörschwellen vorausgesetzt wird. Picton wies aber 1978 in einer "Schlüsselarbeit" nach, dass die angenommene Übereinstimmung nicht zutrifft, wenn sich ein Hörverlust in verschiedenen Prüffrequenzen stark unterscheidet [1]. Deshalb entwickelte er eine Stimulation mit Tonfrequenzen [2], die einerseits durch kurze Tonpips eine noch hinreichende neuronale Synchronisation und damit visuelle Erkennbarkeit der Potentiale ermöglichte, andererseits die bei kurzen Tonpips unvermeidlichen Seitenbänder durch ein kerbgefiltertes Rauschen maskiert wurden ("Notched-Noise-BERA").

Methode: Es handelt sich um ein Übersichtsreferat, das die Literatur zur Methodik und zur Übereinstimmung von Potentialschwellen mit Tonhörschwellen zusammenfasst.

Ergebnisse: Die in den Publikationen beschriebenen Methodiken unterscheidet sich zum Teil deutlich, so dass die Ergebnisse nur eingeschränkt vergleichbar sind. Die einfache Standardabweichung bei der Schätzung von Tonhörschwellen aus Potentialschwellen wird mit +/-5 dB bis +/-10 dB angegeben, so dass etwa 90 % der Ergebnisse innerhalb einer Abweichung von etwa +/-10 dB bis +/-20 dB zu erwarten sind. Die Abweichungen sind bei 0,5 und 1 kHz generell größer als bei 2 und 4 kHz.

Schlussfolgerungen: Die Notched-Noise-BERA erhält zwar zunehmend Konkurrenz durch andere frequenzspezifische Verfahren wie z.B. amplituden- und frequenzmodulierte Folgepotentiale, Chirp-evozierte Potentiale und Distorsionsprodukt-otoakustische Emissionen. Jedoch sollten die Vorteile als derzeitige „Standardmethode“ nicht vergessen werden: sie ist wissenschaftlich gut untersucht und die Auswertung ist unabhängig von neuen statistischen Verfahren, die zwar den Untersucher entlasten, deren Treffsicherheit in der klinischen Praxis noch nicht bekannt ist.

Literatur:

[1] Picton TW (1978) The strategy of evoked potential audiometry. In: Gerber SE, Mencher GT (Hrsg.) Early diagnosis of hearing loss. Grune & Stratton, New York: 297-307

[2] Picton TW, Ouellette J, Hamel G, Smith AD (1979) Brainstem evoked potentials to tonepips in notched noise. J Otolaryngol 8: 289-314



## Frequenzspezifische Hörschwellenbestimmung mit der CERA

Lütkenhöner, B.

HNO-Klinik, Abteilung für Experimentelle Audiologie, Universitätsklinikum Münster

Als CERA (cortical evoked response audiometry) bezeichnet man die Funktionsdiagnostik des Gehörs mittels kortikaler auditorisch evozierter Potentiale (AEP). Hierbei können prinzipiell die gleichen Stimuli wie bei konventionellen audiometrischen Untersuchungen verwandt werden. Für die frequenzspezifische Hörschwellenbestimmung bedeutet dies, dass es weder bezüglich des Frequenzbereiches noch der Frequenzspezifität irgendwelche Einschränkungen gibt. Unter optimalen Bedingungen lassen sich kortikale AEP bereits wenige Dezibel oberhalb der Hörschwelle zweifelsfrei nachweisen. Bei klinischen Untersuchungen ist eine Hörschwellenbestimmung mit einer Genauigkeit von 10-15 dB erreichbar; allerdings

kann die Abweichung von der tatsächlichen Hörschwelle unter ungünstigen Voraussetzungen auch deutlich höher ausfallen. Ausreichende Mitarbeit des Untersuchten vorausgesetzt, hängt der Erfolg der Untersuchung wesentlich von der Aufrechterhaltung eines möglichst hohen Vigilanzniveaus ab. Um die Messzeit so klein wie möglich zu halten, empfiehlt sich eine randomisierte Präsentation aller zu untersuchenden Frequenzen, da durch diese Vorgehensweise ein relativ großer mittlerer Zeitabstand zwischen zwei identischen Reizen, und somit eine optimale Erholung der kortikalen Antwort, ermöglicht wird. Um Refraktäreffekte zu minimieren, sollten darüber hinaus relativ kurze Stimuli verwandt werden; Tonbursts von nur 200 ms Dauer erscheinen völlig ausreichend, da in aller Regel die kortikale Antwort auf den Reizbeginn das beste Signalrauschverhältnis aufweist. Interpretationsschwierigkeiten seitens des Untersuchers können durch Heranziehen statistischer Analyseverfahren weitgehend beseitigt werden. Allerdings kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt auf die Erfahrung des Untersuchers nicht vollständig verzichtet werden: Im Gegensatz zu einem automatischen Auswerteverfahren betrachtet er nicht jede Frequenz und Intensität isoliert, sondern führt eine Gesamtbewertung aller Untersuchungsergebnisse durch, wobei er unter anderem algorithmisch schwer zu fassende Vergleiche zwischen benachbarten Frequenzen und Intensitäten herstellt.



**Neue Stimuli für das AABR- Neugeborenenhörscreeing**

Cebulla, M. (1), Stürzebecher, E. (1), Elberling, C. (2), Berger, T. (3)

(1) HNO-Klinik der J.W. Goethe-Universität Frankfurt, (2) Oticon A/S Research Centre 'Eriksholm', Snekkersten, Dänemark, (3) Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie der Philipps-Universität Marburg

Derzeitig werden für das AABR-Neugeborenenhörscreeing Klicks verwendet. Der Klick ist ein Breitbandsignal, das über die im Innenohr ausgelöste Wanderwelle nacheinander alle Frequenzbereiche anregt. Die erhebliche Laufzeitverzögerung der Wanderwelle im Bereich der tieferfrequenten Strukturen der Cochlea führt dazu, dass keine optimale Überlagerung der Einzelantworten erfolgt. Die räumlich-zeitliche Summenantwort erreicht deshalb nicht die Amplitude, die bei synchroner Erregung resultieren würde. Es werden Stimuli zur Evozierung von ABR vorgestellt, die im Unterschied zum Klick die Laufzeitverzögerung der Wanderwelle weitgehend kompensieren.

Es wurden Untersuchungen bei 70 normalhörenden Probanden durchgeführt. Der Stimuluspegel betrug 40 dBnHL. Neben einem Standard-Klick wurden Chirps und neue phasenkorrigierte klickähnliche Reize verwendet. Weiterhin sollte untersucht werden, ob mit den neuen klickähnlichen Reizen ein Hörscreeing in getrennten Frequenzbereichen möglich ist. Deshalb wurden zusätzlich zwei bandbegrenzte Stimuli für den Frequenzbereich 180Hz – 1500Hz und 1500Hz – 8000Hz konstruiert. Der Antwortnachweis erfolgte mittels eines Statistiktests. Das Signifikanzniveau wurde auf 0,01% festgelegt.

Der Chirp und die neuen phasenkorrigierten klickähnlichen Reize liefern im Vergleich zum Standard-Klick deutlich größere ABR-Amplituden. Dadurch konnten die Nachweisraten erhöht und die mittlere Untersuchungszeiten verkürzt werden. Die bandbegrenzten Stimuli evozieren zwar eine geringfügig kleinere ABR-Amplitude als die breitbandigen Stimuli, die Nachweisrate liegt jedoch ebenfalls im Bereich der breitbandigen Stimuli. Mit den neuen phasenkorrigierten bandbegrenzten Stimuli ist ein simultanes Hörscreeing in getrennten Frequenzbereichen ohne Einschränkung möglich.



**Neugeborenen-Hörscreening unauffällig! Schwerhörigkeit nach drei Monaten. Ein Fallbericht.**

Stolle, S., Reuter, G., Lenarz, T.

Hals-Nasen-Ohrenklinik, Medizinische Hochschule Hannover

Neugeborenen-Hörscreening (NHS) ermöglicht ein frühzeitiges Erkennen von hörauffälligen Kindern und dadurch eine sehr frühe Therapieeinleitung bei schwerhörig oder taub Geborenen. Seit Juli 2000 wird im Großraum Hannover das Neugeborenen-Hörscreening mit Hilfe otoakustischer Emissionen (TEOAE) flächendeckend durchgeführt. In der Modellregion Hannover sind 18 Fälle von angeborener Schwerhörigkeit erfasst worden. 8 Fallkinder sind als risk-babies einzuordnen, die übrigen 10 Fallkinder zeigten keine Risikofaktoren. Hinsichtlich des Schweregrades sind 2 Kinder vollständig taub, 3 hochgradig, 11 mittelgradig, und 2 mittel-hochgradig einzustufen.

Zusätzlich wurde in einem Fall bei familiärer Häufung von Taubheit nach einer "PASS"-Messung am 2. Lebenstag bei der initialen Screeninguntersuchung das Kind als normalhörig eingestuft. Durch die Sensibilisierung der Eltern aufgrund des NHS wurden sie später auf eine mögliche Hörauffälligkeit aufmerksam. Es erfolgten BERA- und TEOAE- Untersuchungen, die den Verdacht bestätigten. Es waren keine DPEOAE und TEOAE zu registrieren, die erste BERA-Messung ergab Schwellen von 90 dB, im weiteren Verlauf abfallend auf über 100dB. Es erfolgte sofort eine Frühförderung und Hörgeräteanpassung, bei ausbleibenden Fortschritten dann bei Surditas eine Cochlea-Implant Operation. Eine genetische Untersuchung ergab bei dem Kind eine Connexin-26-Mutation.

Bisherige Lehrmeinung ist, dass Connexin-26-Mutationen mit einer kompletten Taubheit zum Zeitpunkt der Geburt einhergehen. Aufgrund dieses und weiterer bekannter Fälle stellt sich die Frage: Ab wann müssen wir mit progredienter Schwerhörigkeit rechnen?



## **Das Neugeborenen-Hörscreening in Sachsen-Anhalt - aktueller Stand**

Rasinski, C., Bartel-Friedrich, S., Welzel, C., Anft, D., Bloching, M.

Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie der Martin-Luther-Universität Halle (Saale)

In Sachsen-Anhalt arbeiten 30 Kliniken für Geburtshilfe. In 23 Häusern erfolgt bereits das Neugeborenen-Hörscreening durch OAE, darunter sind zwei Kliniken, die bei Bedarf zusätzlich eine BERA ausführen. Drei Kliniken haben die Einführung des OAE-Screenings in der nächsten Zeit vorgesehen, auch die finanziellen Mittel sind vorhanden. Nur vier Kliniken haben sich zwar intensiv um die Beschaffung bemüht, konnten sie jedoch aus finanziellen

Gründen noch nicht realisieren.

Durch eine Fragebogen-Umfrage wurde unter den HNO-Ärzten und Phoniatern / Pädaudiologen des Landes mehrheitlich festgestellt, dass die apparative und personelle Ausstattung und die Bereitschaft zur Mitarbeit am Screening und Follow-up vorhanden ist.

Es ist nun vorgesehen, auch unter Einbeziehung der Geburtshäuser flächendeckend das OAE-Screening zu realisieren. Zur Lösung der finanziellen Probleme ist die Suche nach Sponsoren erforderlich, da nicht nur die Anschaffungskosten des Gerätes zu berücksichtigen sind, sondern auch die Datenverwaltung und Organisation des Follow-up mit Personalkosten verbunden ist. Kontakte mit eventuellen Interessenten erfolgten bereits.

Es wurde außerdem Verbindung zur Stoffwechselscreening-Zentrale Sachsen-Anhalt aufgenommen. Es ist zu prüfen, inwieweit durch Zusammenarbeit mit dieser Zentrale die Datenerfassung vereinfacht werden kann.

Literatur:

Universelles Hörscreening bei Neugeborenen. Empfehlungen zu Organisation und Durchführung des universellen Neugeborenen-Hörscreenings auf angeborene Hörstörungen in Deutschland. HNO 2004.52: 1020-1027



**BOHEAR - Bochum Head and Ear Model**

Hudde, H., Taschke, H.

Institut für Kommunikationsakustik, Ruhr-Universität Bochum

BOHEAR ist ein numerisches Modell, mit dem eine möglichst umfassende Simulation der am Hören beteiligten Vorgänge im peripheren Hörorgan angestrebt wird. Letztlich besteht das Ziel darin, bereits existierende und in Zukunft zu entwickelnde technische Anwendungen mit Hilfe des Modells optimieren zu können. Damit dies möglich ist, darf das Modell nicht darauf beschränkt sein, isolierte Funktionen des peripheren Hörorgans nachzubilden. Vielmehr muss das Hörorgan modellmäßig in das Felsenbein und den gesamten Schädel eingebettet werden. Nur so lassen sich die Körperschall-Übertragungswege über Knochen und Weichgewebe mit dem Luftschall-Übertragungsweg kombinieren - eine grundlegende Voraussetzung, um alle Rückkopplungswege korrekt zu erfassen und die tatsächlich resultierende Anregung in der Cochlea vorhersagen zu können.

Einige konkrete Beispiele für technische Anwendungen seien kurz angedeutet:

- (a) Mittelohrchirurgie: Schadensangepasste Form von Prothesen, Optimierung der Prothesen-Ankopplung.
- (b) Konventionelle Hörgeräte: Optimierung aller Hörgerätekomponten, auch unter Berücksichtigung der individuellen Außenohrgeometrie. Optimierung der elektroakustischen Anpassung.
- (c) Knochenleitungshörgeräte: Effektive Knochenschallanregung, Übersprechen zum kontralateralen Ohr,
- (d) Aktive Mittelohr-Implantate: Effektive Anregungsverfahren, Rückkopplung bei Vollimplantaten.
- (e) Cochlea-Implantate: Optimierung von Elektrodenanordnungen und Reizstrategien.

Ein Modell ist nur so gut wie die zugrunde gelegten Daten. Es wurde daher großer Wert auf eine korrekte Bestimmung von Formen und Materialkennwerten gelegt. Die Basis des Modells bildet eine aufwändige, möglichst realitätsnahe Modellierung des gesamten Schädels. Das CAD-Modell enthält die geometrischen Daten eines individuellen Schädels, die zu großen Teilen aus CT-Daten aus dem "Visible Human Project" abgeleitet wurden. Die Umsetzung der ursprünglich gegebenen Grauwerte in Strukturen, die nach Linien und Flächen gegliedert sind, erfordert eine intensive Bildverarbeitung mit einem erheblichen Anteil an nicht automatisierbarer Formidentifikation. Die größte Modellgenauigkeit wurde selbstverständlich im Bereich des peripheren Hörorgans angestrebt. Hier wurden zusätzlich anatomische Schnitte verwendet, insbesondere um die Cochlea richtig zu erfassen. Die mechanischen Kennwerte wie Massendichte, Elastizitätsmodul und Dämpfung wurde aus eignen Messungen und Literaturangaben abgeleitet. Zur Simulation der vielfältigen Schwingungsvorgänge werden vorwiegend finite Elemente verwendet.



**BOHEAR – Mittel- und Innenohrmodell**

Curdes, Y., Taschke, H., Hudde, H.

Institut für Kommunikationsakustik, Ruhr-Universität Bochum

Das Mittelohrmodell von BOHEAR ist auf der Grundlage der am Institut entwickelten ein- und dreidimensionalen Netzwerkmodelle des Mittelohres entstanden. Der Hauptvorteil eines Netzwerkmodells besteht darin, dass es die Schwingungen der Ossikelkette nur an einigen, definierten Punkten beschreibt und somit geringe Rechenzeiten benötigt. Mit einem Finite-Elemente-Modell hingegen ist man in der Lage, auch allgemeine Modifikationen im Mittelohr oder flächenhafte Anregungen zu simulieren. Die Materialparameter der einzelnen Bestandteile des Modells sind an Messergebnisse und Literaturdaten angepasst. Für die Anpassung der Eigenschaften der Bänder und Gelenke an die gemessenen, geometrieabhängigen Parameter wurden, ebenso wie für die Berücksichtigung der Eigenschaften der pneumatischen Zellen in der Paukenhöhle und die Abstrahlimpedanz in der Eingangsebene des Gehörgangs, dreidimensionale Impedanzmatrizen verwendet.

Die Geometrie des Innenohrmodells wurde auf der Basis von anatomischen Schnitten erstellt. Es enthält die Basilarmembran in hoher geometrischer Genauigkeit, jedoch kein Cortiorgan, da eine realistische Modellierung des Cortiorgans den Rahmen des Modells sprengen würde. Die Membranen sind an der Lamina spirale fest eingespannt, während der Einfluss des Ligamentum spirale durch eine gelenkige Lagerung berücksichtigt wird. Die Basilarmembran wird durch ein einfaches Schalenelement repräsentiert und mit Literaturdaten abgestimmt. Die Faserstruktur der Basilarmembran wird mit Hilfe von inhomogenen, anisotropen Materialparametern nachgebildet.

Bei den technischen Anwendungen liegt ein Schwerpunkt auf der Untersuchung von Mittelohr-Implantaten. Dabei kann sowohl die Anregung an den Ossikeln, als auch die direkte Anregung der Cochlea-Flüssigkeiten modelliert werden. Die für die Entwicklung von vollständig implantierbaren Systemen benötigten Untersuchungen zur Rückkopplung über den Luft- und Knochen-schallweg werden durch die Einbettung der Modelle in das BOHEAR-Gesamtmodell ermöglicht.



## Vergleich von Methoden zur Messung der Hörschwelle mit hoher Frequenzauflösung

Mauermann, M.

Medizinische Physik, Institut für Physik, Fakultät V, C.v.O Universität Oldenburg

Das üblicherweise zur Charakterisierung eines Hörverlustes herangezogene Tonaudiogramm liefert nur eine sehr grobe Frequenzauflösung und Genauigkeit. Die Messung der Hörschwelle für Sinustöne mit hoher Frequenzauflösung ergibt für viele normalhörende Probanden eine ausgeprägte Feinstruktur mit Schwellenunterschieden von bis zu 15 dB innerhalb eines Terzbandes. Es ist denkbar, dass eine solche Feinstruktur ein Indikator für ein intaktes Gehör ist und ein Ausbleiben dieser Schwankungen eine einsetzende Hörschädigung kennzeichnet (siehe Diskussion in [1]). Aus diesem Grund sowie für eine präzisere Beschreibung von Hörverlusten im allgemeinen ist eine Erfassung der Hörschwelle mit möglichst hoher Frequenzauflösung wünschenswert. Der hierzu notwendige Zeitaufwand sollte möglichst gering sein. Gleichzeitig sollten die Ergebnisse reproduzierbar und zwischen den Messverfahren vergleichbar sein.

In der vorliegenden Studie werden verschiedene Messmethoden in Blick auf die Reproduzierbarkeit und Messdauer miteinander verglichen. Alle Messmethoden werden im Rahmen des selben Messsystems, d.h. mit dem gleichen Kopfhörer und identischer Kalibrierung verwendet. Dabei stehen zwei Zielsetzungen im Vordergrund:

(1) Eine möglichst schnelle Messmethode zu finden um in einem begrenzten Frequenzbereich (1 Oktave) eine hochaufgelöste Feinstruktur der Hörschwelle zu erfassen. Hierzu werden Sinussignale sowie Sweepsignale mit einer langsamen Frequenzänderungsrate miteinander verglichen.

(2) Eine möglichst schnelle Messmethode zu finden, die es erlaubt, über einen weiten Frequenzbereich (125 Hz bis 16 kHz) Hörschwellenmessungen durchzuführen, die nicht durch Maxima und Minima der Hörschwellenfeinstruktur beeinflusst sind, wie dies z.B. für ein Tonaudiogramm anzunehmen ist [1]. Hierzu werden statt Sinussignalen terzbreite Rauschen sowie Sweepsignale mit hinreichend hoher Frequenzänderungsrate als Stimuli verwendet.

In Hinblick auf diese Zielsetzungen sind für zehn Probanden mit unterschiedlichem Hörverlust die folgenden Messmethoden miteinander verglichen worden.

- (a) Standardaudiometrie mit hoher Frequenzauflösung,
- (b) Audiosweep [2] mit unterschiedlichen Sweepraten,
- (c) Modifizierte Bekesey-Audiometrie mit fester Frequenz und variabler Änderungsrate des Pegels,
- (d) Bekesey-Audiometrie mit variabler Frequenz und (d) Selbsteinregeln durch den Probanden [1].

Vor- und Nachteile der verschiedenen Verfahren werden für die unterschiedlichen Zielsetzungen diskutiert.

Literatur:

[1] Mauermann, M., Long, G. R. und B. Kollmeier, (2004). J Acoust Soc Am 116, 1066-1080.

[2] Meyer-Bisch, C., (1996) Audiology 35, 63-72





**Effect of bandwidth and temporal structure on loudness perception**

van Beurden, M. F. B., Dreschler, W. A.

Academic Medical Centre Clinical and Experimental Audiology

The effect of bandwidth on the loudness of signals with a different temporal structure was measured using a modified adaptive, two-interval, two-alternative forced-choice loudness-matching procedure. Test and reference signals were bandpass-filtered noise signals, spectrally centered at 2 kHz and the reference level was 60 dB SPL.

In a first experiment loudness was measured for 10- and 1000-ms long signals as a function of bandwidth. The test signals had bandwidths of 1600, 3200, and 6400 Hz. The reference signal had a bandwidth of 800 Hz. The average results showed that the magnitude of spectral loudness depends on signal duration in normal-hearing subjects.

In a second experiment, we compared the loudness of pulse trains and continuous signals at two bandwidths, 200 Hz and 3200 Hz. Both test and reference signals had a duration of 1000 ms. Pulse trains differed in pulse and interpulse durations. For both bandwidths the pulse trains were perceived louder than the reference signals, with the larger bandwidth leading to the larger difference. The differences between different pulse trains were not significant.

A possible explanation for the bandwidth dependency of the loudness perception of the pulse trains in experiment 2 can be found in the duration dependency of the spectral loudness summation shown in experiment 1. The short signals in the pulse train display more summation than the continuous long-duration reference signals, leading to a larger level difference at larger bandwidths.



## Unterschiede in der Lautheitswahrnehmung von Tonkomplexen mit positiver und negativer Schroederphase

Mauermann, M., Hohmann, V.

Medizinische Physik, Institut für Physik, Fakultät V, C.v.O Universität Oldenburg

Hintergrund und Fragestellung: Der Einfluss der zeitlichen Struktur von akustischen Stimuli auf die Lautheitswahrnehmung ist in gängigen Lautheitsmodellen zumeist unberücksichtigt und nach wie vor nicht hinreichend geklärt. Verschiedene Studien liefern jedoch Hinweise, dass die Lautheit gleichwohl durch die zeitliche Struktur der Stimuli beeinflusst ist. Die Lautheitsunterschiede sind jedoch klein (z.B. für amplitudenmodulierte Signale [1]) oder nur qualitativ gezeigt worden [2]. Tonkomplexe mit positiver Schroederphase (m+) ergeben ein Chirpsignal mit linear abfallender Momentanfrequenz. Der entsprechende Tonkomplex mit negativer Schroederphase (m-) liefert das zeitlich invertierte Signal mit identischem Leistungsspektrum. Für bestimmte Änderungsraten der Momentanfrequenz, die durch Auswahl der Grundfrequenz des Tonkomplexes gewählt werden, zeigt m+ jedoch eine um 20 dB kleinere Maskierwirkung für Sinustöne als m-. Erklärt werden diese Unterschiede durch eine unterschiedliche Repräsentation der Stimuli auf der Basilmembran und einen daraus resultierenden unterschiedlichen Einfluss der peripheren Kompression (z.B. [3],[4]). Dieser Effekt sollte sich prinzipiell auch in der Lautheitswahrnehmung von m+ bzw. m- Stimuli widerspiegeln. Um dies zu untersuchen, wurden Lautheitsvergleichsmessungen von m+ und m- Stimuli durchgeführt.

Probanden: Sieben Normalhörende und drei Schwerhörende. Stimuli: m+/m- Tonkomplexe, Bandbreite: 1,6 Oktaven. Geometrischen Mittenfrequenzen: 665, 1330, 2660, 5329 Hz. Grundfrequenzen der Tonkomplexe: 2-1536 Hz. Methoden: Lautheitsvergleichsmessungen (2 IFC, drei Wiederholungen) zwischen m+ und entsprechenden m- (a) für verschiedene Mittenfrequenzen bei unterschiedlichen Grundfrequenzen um den Einfluss der Momentanfrequenzänderung zu untersuchen und (b) für sieben Pegel im Bereich von 5-80 dB SL (für Mittenfrequenz 2660 Hz, Grundfrequenz 48 Hz) um die Pegelabhängigkeit etwaiger Lautheitsunterschiede zu betrachten.

Ergebnisse: In allen Frequenzbereichen mussten die m+ Stimuli für Grundfrequenzen im Bereich von 24-96 Hz auf einen 5-6 dB höheren Pegel eingestellt werden um als gleichlaut empfunden zu werden. Die Unterschiede fallen für größere und kleinere Grundfrequenzen ab. Deutliche Lautheitsunterschiede zwischen m+/m- finden sich zwischen 40 und 60 dB SL, während sich für 5 und 80 dB SL nahezu keine Lautheitsunterschiede zeigen.

### Literatur:

- [1] Grimm, G., Hohmann, V. und J. L. Verhey (2002). Acta Acustica united with Acustica 88, 359-368
- [2] Carlyon, R. P. und A. J. Datta (1997). J Acoust Soc Am 101(6), 3636-3647.
- [3] Lentz, J. J. und M. R. Leek (2001). J Assoc Res Otolaryngol 2(4), 408-422.
- [4] Oxenham, A. J. und T. Dau (2001). J Acoust Soc Am 110(6), 3169-3178.



## **Spektrale Lautheitssummation bei Schwerhörhenden für kurze und lange Signale**

Verhey, J.L., Anweiler, A.K.

AG Neurosensorik, Inst. f. Physik, Fak. V, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg, 26111 Oldenburg

Schwerhörhende haben neben einer höheren Ruhehörschwelle häufig auch eine veränderte Abhängigkeit der Lautheit von den physikalischen Eigenschaften des Schalls. Während beispielsweise Normalhörende breitbandige Signale im Allgemeinen als deutlich lauter empfinden als schmalbandige Signale mit dem gleichen physikalischen Pegel, so ist dieser als spektrale Lautheitssummation bekannte Effekt bei Schwerhörhenden weniger ausgeprägt. Neuere Messungen mit Normalhörenden zeigen, dass die spektrale Lautheitssummation für kurze Signale (10 ms) signifikant größer ist als für die üblicherweise verwendeten langen Signale ([Verhey und Kollmeier (2002) JASA 111, 1349-1353]).

In diesem Beitrag wird untersucht, ob eine dauerabhängige spektrale Lautheitssummation auch bei Schwerhörhenden zu finden ist. Hierzu wird bei neun Schwerhörhenden die spektrale Lautheitssummation bei Bandpassrauschsignalen für zwei Dauern (10 und 1000ms) mit einem Lautheitsvergleichsmessverfahren bestimmt. Die Signale werden spektral so verzerrt, dass alle spektralen Anteile in etwa gleich laut sind. Im Mittel über alle Versuchspersonen zeigt sich weder eine signifikante spektrale Lautheitssummation für lange Signale noch ein signifikanter Effekt der Dauer auf die spektrale Lautheitssummation. Allerdings messen ein Drittel der Versuchspersonen bei kurzen Signalen einen gegenüber langen Signalen bis zu 10 dB größeren Pegelunterschied zwischen schmalbandigem Testsignal und breitbandiger Referenz bei gleicher Lautheit. Bei langen Signalen zeigen diese Versuchspersonen keine Lautheitssummation.

Das Ergebnis deutet darauf hin, dass die spektrale Lautheitssummation für lange Signale und die Dauerabhängigkeit der spektralen Lautheitssummation auf zwei unterschiedliche Prozesse zurückzuführen sind, wobei bei manchen der für die Dauerabhängigkeit verantwortliche Mechanismus noch intakt sein kann. Bei der Mehrheit der Schwerhörhenden sind jedoch beide Prozesse gestört.

### Literatur:

Verhey JL, Kollmeier B (2002) Spectral loudness summation as a function of duration. J Acoust Soc Am 111: 1349-1353



**Einfluss von Hörgeräten auf das binaurale Sprachverstehen, Messungen und Modellvorhersagen**

Beutelmann, R., Brand, T.

Universität Oldenburg, Medizinische Physik

Binaurales Hören ist wichtig für das Sprachverstehen in störrauschbelasteter Umgebung. Durch das Auswerten der unterschiedlichen interauralen Zeit- und Pegeldifferenzen räumlich getrennter Nutz- oder Störschallquellen kann die Sprachverständlichkeitsschwelle (Signal-Rausch-Verhältnis, das zu einer Verständlichkeit von 50% führt, L50) um bis zu 12 dB verbessert werden. Eine beidohrige Hörgeräteversorgung greift in die interauralen Relationen, insbesondere die Pegeldifferenzen, ein, und kann die oft bereits durch den Hörverlust gestörte binaurale Verarbeitung behindern. Es besteht die Frage, inwieweit dies den Nutzen einer beid-ohrigen Hörgeräteversorgung einschränkt.

Binaurale Sprachverständlichkeitsmessungen im Freifeld mit dem Oldenburger Satztest im Störrausch (Wagener et al., ZfA 38, No. 1-3, 1999) zeigten, dass durch eine beidohrige Hörgeräteversorgung eine individuelle Verbesserung des L50 um bis zu 5,5 dB gegenüber der monaural versorgten Situation erreicht werden konnte, aber auch eine individuelle Verschlechterung um bis zu 5,2 dB. Der Einfluss einer beidohrigen Hörgeräteversorgung auf die Sprachverständlichkeit in räumlichen Störrauschsituationen wurde in dieser Studie sowohl durch binaurale Sprachverständlichkeitsmessungen als auch durch Modellieren dieser Messdaten mit dem auf der letztjährigen DGA-Jahrestagung vorgestellten Modell der binauralen Sprachverständlichkeit (Beutelmann et al., ZfA, Suppl. 7, 2004, im Druck) untersucht.

Fünf schwerhörende Versuchspersonen führten jeweils eine Lautheitsskalierung und binaurale Sprachverständlichkeitsmessungen mit dem Oldenburger Satztest im Störrausch durch. Sprache und eine Störrauschquelle wurden mithilfe von virtueller Akustik räumlich positioniert über Kopfhörer dargeboten. Das Sprachsignal kam immer von vorne (0°), das Störrausch wurde in der Horizontalebene unter einem Winkel von 0°, -45° oder 45° dargeboten. Für jede Situation wurden in drei verschiedenen virtuellen raumakustischen Umgebungen (reflexionsarm, Büroraum und Cafeteria, Nachhallzeiten: < 0,1 s 0,6 s 1,3 s) die Sprachverständlichkeitsschwellen bestimmt. Als Hörgerät kam das vom Kompetenzzentrum HörTech entwickelte Master Hearing Aid (MHA) zum Einsatz. Dieses wurde mit dem Ziel der Lautheitsrestauration sowohl linear als auch mit Kompression an die Ergebnisse der Lautheitsskalierung angepasst. Die oben genannten Situationen wurden jeweils mit den beiden MHA-Einstellungen und unversorgt gemessen.

Zur Berechnung der Modellvorhersagen wurden die Sprach- und Störsignale entsprechend der individuellen, frequenzabhängigen Verstärkungskennlinien des MHA verarbeitet und als Eingangssignale für das Modell benutzt. Der Hörverlust wurde in Form des individuellen Audiogramms vom Modell berücksichtigt.



## **Untersuchungen zur Hörphysiologie bei Complexin-Knockout-Mäusen**

Strenzke, N., Khimich, D., Reim, K., Brose, N., Moser, T.

Innenohrlabor, Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Universität Göttingen

Die Fusion von synaptischen Vesikeln mit der präsynaptischen Membran nach Stimulation einer Nervenzelle erfordert einen Proteinkomplex, an dem Complexine als regulatorische Proteine beteiligt sind. Neurone, in denen Complexin fehlt, reagieren auf Stimulation nur mit einer sehr geringen synchronen Neurotransmittersekretion, während die Spontanaktivität unvermindert ist (Reim et al. 2001). Die Funktion von Complexinen im auditorischen System war bisher unklar.

Wir führten BERA-Ableitungen an Knockout-Mutanten für die Complexine I-III durch und fanden einen Hörverlust von ca. 30 dB in der Schwellen-BERA bei den Complexin-I-Knockout-Mäusen. Die Latenzen in der Click-BERA bei diesen Mäusen waren signifikant verlängert, die DPOAE waren normal. Die Veränderungen waren bei 8 Wochen alten Tieren stärker ausgeprägt als bei 4 Wochen alten Tieren. Bei Complexin-II- und -III-Knockout-Mäusen konnten keine signifikanten Unterschiede zu den gesunden Kontrolltieren festgestellt werden.

Überraschenderweise fanden wir in immunhistochemischen Färbungen keine Expression von Complexin-I und -II in inneren oder äußeren Haarzellen. Patch-Clamp-Versuche zeigten eine unbeeinträchtigte Exozytosefunktion der inneren Haarzellen in beiden Mutanten, so dass weitere Untersuchungen die genaue Lokalisation der Hörstörung bei den Complexin-I-Knockout-Mäusen klären müssen.



**Binaural auditory evoked potentials with virtual acoustics**

Junius, D., Riedel, H., Kollmeier, B.

Medizinische Physik, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, D-26111 Oldenburg

Auditory evoked potentials (AEP) to binaural stimuli can help to understand the neural mechanisms underlying sound localization in the human auditory system. Previous studies used click stimuli with variations of interaural time (ITD) and interaural level differences (ILD), which merely lead to a lateralization of sound inside the subject's head. This study employs a virtual acoustics stimulus paradigm, resulting in externalized sound objects with azimuth and elevation cues. Binaural potentials (B) and binaural difference potentials (BD, i.e., the difference between binaural and summed monaural AEP) are investigated for both auditory brainstem responses (ABRs) and middle latency responses (MLRs). ABR and MLR are generated at two distinct levels of the auditory pathway, namely brainstem and primary auditory cortex. Instead of the click an optimized chirp was used, designed to compensate for basilar membrane dispersion. This chirp has shown to be advantageous for both ABR and MLR recordings. The chirp was convolved with individual head-related impulse responses (HRIRs). Stimulus conditions were eight directions in the horizontal plane (corresponding to variations in ITD, ILD, and spectral cues) and eight directions in the midsagittal plane (zero ITD and ILD, variation of spectral cues only). In addition, the unconvolved "pure" chirp was presented diotically as a reference condition. ABRs and MLRs were recorded from 32 scalp electrodes.

ABR data show a systematic dependence on the laterality of the virtual sound source. This effect is apparent in the waveform analysis of four channels and in the results from dipole source analysis. For the MLR data, a dependence on stimulus laterality can only be observed in the dipole source analysis, and not in the waveform data of four channels. For the variation of elevation, no differences between sound directions can be found in ABR and MLR. Results indicate that at the level of the brainstem and partly primary auditory cortex mainly ITD and ILD are extracted. The processing of spectral cues presumably occurs at higher levels of the auditory pathway and is not reflected in ABR and MLR.



## Magnetoenzephalografische Korrelate der Verarbeitung von Rauschen und Tonhöhe im menschlichen Hörkortex

Seither-Preisler, A., Lütkenhöner, B.

HNO-Klinik, Experimentelle Audiologie, Universitätsklinikum Münster

Regularisiertes Rauschen (RIS) wird erzeugt, indem ein Rauschsegment kopiert und um das delay  $d$  verzögert wieder dem Original zugespielt wird. Dieser Prozess kann mehrfach iteriert werden ( $nit$ ). RIS weist das gleiche Langzeitspektrum auf wie das ursprüngliche Zufallsrauschen, hat aber eine eindeutige Tonhöhe, welche  $1/d$  entspricht. Die Deutlichkeit des Tonhöhereindrucks wird durch  $nit$  bestimmt.

In früheren Studien konnte unsere Arbeitsgruppe eine transiente Komponente des auditorisch evozierten Magnetfeldes („pitch onset response“, POR) identifizieren, welche spezifisch durch den Übergang von Rauschen zu RIS ausgelöst wird. In der vorliegenden Studie wurden transiente und anhaltende („sustained“) Negativierungen des evozierten Magnetfeldes als Antwort auf einen aus einem Rausch- (2000 ms) und einem RIS-Segment (1000 ms) bestehenden Stimulus untersucht. Variiert wurden die Bandbreite des gesamten Reizes (1 und 4 Oktaven, CF: 1.6 kHz) und  $nit$  des RIS (1, 4, 16). Mittels eines 37-Kanal MEG-Systems wurden an 9 Probanden von beiden Hemisphären auditorisch evozierte Magnetfelder abgeleitet. Das Rauschsegment löste eine transiente N100m-Welle und ein darauf folgendes anhaltendes negatives Magnetfeld aus, deren Amplituden unabhängig von der Reizbandbreite waren. Hingegen erhöhten sich die Amplituden der durch das RIS-Segment evozierten transienten POR und des nachfolgenden anhaltenden Magnetfeldes systematisch mit der Reizbandbreite und mit  $nit$ . Übereinstimmend damit lässt sich mit Hilfe von Modellsimulationen zeigen, dass das Auftreten des tonhöhenrelevanten Interspike-Intervalls in der reizevozierten neuronalen Aktivität mit wachsender Bandbreite und steigendem  $nit$  des RIS zunimmt. Dies lässt den Schluss zu, dass sowohl die transiente POR als auch die nachfolgende anhaltende Negativierung des Magnetfeldes direkt von Prozessen der kortikalen Tonhöhenverarbeitung bestimmt werden.

### Literatur:

Krumbholz, K., Patterson, R.D., Seither-Preisler, A., Lammertmann, C. & Lütkenhöner, B. (2003) Neuromagnetic evidence for a pitch processing center in Heschl's gyrus. *Cereb. Cortex*, 13, 765-772.

Seither-Preisler, A., Krumbholz, K., Patterson, R., Seither, S. & Lütkenhöner, B. (2004) Interaction between the neuromagnetic responses to sound energy onset and pitch onset suggests common generators. *Eur. J. Neurosci.*, 19, 3073-3080.

Yost, W.A. (1996) Pitch of iterated rippled noise. *J. Acoust. Soc. Am.*, 100, 511-518.



**Neurophysiologische Veränderungen in der zentralen Hörverarbeitung nach repetitiver transkranieller Magnetstimulation (rTMS)**

Kleinjung, T. (1), Steffens, T. (1), Langguth, B. (2), May, A. (3), Eichhammer, P. (2)

(1) HNO-Klinik und (2) Klinik für Psychiatrie der Universität Regensburg, (3) Klinik für Neurologie, Universitätsklinikum Eppendorf, Hamburg

Hintergrund und Fragestellung: Die repetitive transkranielle Magnetstimulation (rTMS) wird erfolgreich bei Erkrankungen mit kortikaler Hyperexzitabilität, wie etwa dem chronischen Tinnitus, eingesetzt (Eichhammer et al, 2003; Kleinjung et al, 2004). Die Wirkung soll auf einer Induktion neuroplastischer Veränderungen beruhen. Im Rahmen der vorliegenden Studie soll untersucht werden, ob die rTMS des linken auditorischen Kortex bei gesunden Probanden zu Veränderungen führt, die sich in der CERA darstellen lassen.

Patienten und Methode: Gesunde, normalhörende Probanden wurden in 2 homogene Gruppen aufgeteilt und erhielten eine aktive oder Placebo-rTMS des linken auditorischen Kortex nach dem Protokoll, das auch für Patienten mit chronischem Tinnitus angewendet wird (2000 Stimuli/d, Frequenz 1 Hz, 5 Tage). Vor und nach der Behandlung erfolgte die Ableitung einer CERA. Die Ergebnisse werden in Beziehung gesetzt zu gleichzeitig ermittelten Daten der voxelbasierten Morphometrie (VBM), einer Methode, die anhand von kernspintomographischen Daten regionale strukturelle Unterschiede im Gehirn analysiert.

Ergebnisse: Vor Beginn der Behandlung gab es keine signifikanten Unterschiede in den CAEP's zwischen der aktiven Behandlungsgruppe und der Placebogruppe. Nach Abschluss der Behandlung kam es in der Verumgruppe zu einer hochsignifikanten Zunahme der Amplitude in P2-N2 im Vergleich zur Placebogruppe. Die vor und nach Behandlung durchgeführte Reintonaudiometrie ergab keine Veränderungen der Hörschwelle. Gleichzeitig sah man nur in der Verumgruppe eine Zunahme der grauen Substanz im stimulierten Hirnareal (PAC links), dem korrespondierenden temporalen Kortex rechts in der VBM und dem dorsolateralen Thalamus.

Schlußfolgerungen: Die CERA-Daten lassen auf eine durch rTMS induzierte Veränderung der kortikalen Signalverarbeitung jenseits des auditorischen Kortex, im Bereich Thalamus /retikuläres System schließen. Dies steht in Übereinstimmung mit Daten aus der VBM, die auf eine Induktion neuroplastischer Prozesse ebenfalls in auditorisch relevanten kortikalen und subkortikalen Arealen schließen lassen.

Literatur:

Eichhammer P, Langguth B, Marienhagen J, Kleinjung T, Hajak G (2003) Neuronavigated repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with tinnitus: a short case series. *Biol Psych* 54:862-865

Kleinjung T, Eichhammer P, Langguth B, Jacob P, Marienhagen J, Hajak G, Wolf SR, Strutz J (2004) Long-term effects of repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) in patients with chronic tinnitus. *Otol Head Neck Surg*, im Druck





## **Einfluss von Frequenzhub und -richtung linearer frequenzmodulierter Töne auf die Mismatch Negativity**

Böckmann, M., Rahne, T., von Specht, H.

Abt. Experimentelle Audiologie und Medizinische Physik, Medizinische Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Variationen im Verlauf der Grundfrequenz tragen einen wesentlichen Teil sprachlicher Information (Prosodie). An der Beurteilung der Richtung von Frequenzänderungen (steigend oder fallend) sind offenbar über die bloße Frequenzdiskrimination hinaus gehende Funktionen beteiligt. Es ist nach wie vor unklar, in wie weit die Modulationsrichtung im sensorischen Gedächtnis als eigenes Merkmal behandelt wird. Kurze Stimuli abweichender Modulationsrichtung evozieren eine Mismatch Negativity (MMN) (Sams und Näätänen, 1991).

Wir untersuchen die Abhängigkeit von der Schwierigkeit mit zwei Paradigmen unterschiedlichen Stimuluskontrastes.

An normalhörenden Probanden wurde eine MMN durch ein Odd-ball-Paradigma mit Stimuli einer Dauer von 100 ms mit steigender oder fallender Frequenz evoziert, deren untere und obere Endfrequenzen  $f_0 = 1000$  Hz und  $f_0 + df$  betragen. Die Deviant-Stimuli unterschieden sich von den Standard-Stimuli allein durch die Modulationsrichtung. Es kam ein einfach zu diskriminierendes Stimuluspaar ( $df = 500$  Hz) und ein schwieriges, aber für die meisten Probanden noch zu diskriminierendes Stimuluspaar ( $df = 100$  Hz) zum Einsatz. Der Differenz-Limen der einzelnen Probanden bezüglich  $df$  wurde zusätzlich mit einer 3AFC-Aufgabe festgestellt. Bei jedem einzelnen Probanden ist auch für den geringeren Stimuluskontrast eine Negativierung im Latenzbereich der MMN nachweisbar. Im Vergleich zum größeren Hub tritt bei einem Hub von 100 Hz keine signifikante Änderung der Amplitude auf. Dagegen wächst die Latenz von 155 ms auf 194 ms. Aus den Potentialen auf ansteigende Stimuli ergibt sich eine signifikant kleinere Differenzamplitude als auf fallende. Der individuelle Differenz-Limen variiert allein in Experiment 2 mit der Latenz. Die Schwierigkeit der Diskriminationsaufgabe wirkt sich offenbar zunächst auf die Latenz aus. Dafür spricht auch deren – nur bei der schwierigeren Aufgabe gefundene – Abhängigkeit von der individuellen Diskriminationsleistung. Es ist zu erwarten, dass sich bei noch geringerem Kontrast der Stimuli auch die Amplitude verringert eventuell tritt dort auch ein ausgeprägterer Effekt der Diskriminationsleistung auf. Die bei ansteigenden im Vergleich zu fallenden Reizen reduzierte Amplitude ist konsistent mit Ableitungen im Cortex von Katzen (Mendelson und Cynader, 1985).

### Literatur:

Sams M, Näätänen R (1991) Neuromagnetic responses of the human auditory cortex to short frequency glides. *Neurosci. Lett.* 121, 43-6  
Mendelson JR, Cynader MS (1985) Sensitivity of cat primary auditory cortex (AI) neurons to the direction and rate of frequen



**Cochlea-Implantate bei Kleinkindern unter 2 Jahren**

Dauman, R., Lautissier, S., Carbonnière, B.

Centre Hospitalo-Universitaire, Université Victor Segalen Bordeaux 2, PellegrinService ORL, Unité médicale d'audiologie

Mit der Entwicklung des Hörscreenings bei Neugeborenen, ist Frühforderung weniger selten erfüllt geworden. In der Konsequenz, hat dieser Fortschritt zu früherer Cochlea Implantation geführt. Seit 1997 wurden fünfzehn Säuglinge unter 2 Jahren mit beidseitiger Hörschädigung in unserer Abteilung implantiert, die meistens innerhalb der vergangenen drei Jahre.

Dieser Vortrag wird die präoperativen Hörschwellen und Kommunikationsfähigkeiten, sowie die postoperative Sprachentwicklung beschreiben. Eine Fünf-Punkt Skalierung wurde entworfen, um die Entwicklung in drei Bereichen - Hörwahrnehmung, Gebärdensprache und Sprachentwicklung beschreiben - in halbjährlichen Abständen zu schätzen. Diese Skalierung ermöglicht es, die Änderungen in den zwei Modalitäten Sprache und Gebärde in einem Kleinkind zu verfolgen.

Die Ergebnissen zeigen, dass eine frühe gebärdensprachliche Kommunikation kein Hindernis für die lautsprachliche Entwicklung von implantierten Kindern ist.



**Ist eine Cochlea-Implantat Versorgung im ersten Lebensjahr sicher und zukunftsorientiert ?**

Lesinski-Schiedat, A., Lenarz, T.

HNO Klinik der Med. Hochschule Hannover

Die Versorgung mit Hörsystemen bei Kindern vor dem sechsten Lebensmonat schien bis vor wenigen Jahren nur mit konventionellen Hörgeräten machbar. Mit der Realisierung des Neugeborenen Hörscreening zwingt die Realität den Audiologen viel früher zu einer diagnostischen Festlegung. Sowohl die Erfahrung mit dem unbetäubten Säugling als auch die anästhesiologischen Erfahrungen in der Therapie sehr junger Säuglinge macht es möglich, etablierte audiologische Methoden einzusetzen. Im Falle einer hochgradigen Schwerhörigkeit erscheint die Cochlea Implantation alternativlos für die Erlangung einer lautsprachorientierten Hör-Sprachentwicklung.

Der Vergleich zweier Gruppen Kinder implantiert vor dem 12. Lebensmonat (n=27) und zwischen dem 12. und 24. Lebensmonat (n=89) lässt zumindest bis zum 30. Lebensmonat für die jüngeren Kinder deutliche Vorteile in der Hör-Sprachentwicklung erkennen (Lesinski-Schiedat et al. 2004). In keinem Fall ist eine Komplikation eingetreten.

Es wird in dem vorliegenden Beitrag kritisch die Durchführung der audiologischen Diagnostik, Ihre Aussagefähigkeit und die therapeutische Konsequenz diskutiert. Insbesondere muss der Fokus auf die derzeitigen Strukturen der Therapie gelegt werden und deren Auswirkungen auf die Qualität der Ergebnisse.

Literatur:

Lesinski-Schiedat, A., Illg, A., Heermann, R., Bertram, B., Lenarz, T. (2004): Paediatric Cochlear Implantation in the First and in the Second Year of Life: a Comparative Study. Cochlear Implants International 5(4): 146-159.



**Die Wertigkeit des Göttinger Kindersprachtests im Rahmen der Evaluation des Rehabilitationserfolgs nach Cochlea-Implantation analysiert an Hand des Kieler CI-Kinder-Profils**

Kortmann, T., Müller-Deile, J.

Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel

Das Kieler-Kinder-Profil setzen wir seit 2000 zur Evaluation und Dokumentation des Rehabilitationserfolgs nach Cochlear Implantation ein. Kontrolluntersuchungen werden im ersten Jahr nach Erstanpassung des Sprachprozessors vierteljährlich, im zweiten Jahr halbjährlich und von dann ab einmal pro Jahr durchgeführt.

Das Kieler-Kinder-Profil umfaßt Untersuchungsmethoden auf unterschiedlichen Ebenen der auditorischen Verarbeitung. So wird in Ruhe die Sprachverständlichkeit mit dem Mainzer Kindersprachtest, dem Göttinger Kindersprachtest und dem Oldenburger Kinderreimtest gemessen. Bei mehr als 90 Kindern haben wir Untersuchungen mit diesen Sprachtesten bei den Pegeln 60, 70 und 80 dB durchgeführt.

Wir vergleichen die von den Kindern mit den Sprachverständlichkeitstesten erzielten Ergebnisse intraindividuell. Dabei wird eine Ordnung gemäß dem Schwierigkeitsgrad des Testmaterials dokumentiert. Die statistische Analyse zeigt, dass es auch im Rahmen der Cochlea-Implant-Rehabilitation sinnvoll ist, entsprechend der Hör-Sprachentwicklung die drei Kindersprachteste einzusetzen. So hat der Göttinger Kindersprachtest auch heute seinen berechtigten Platz in der Kinder-Test-Batterie.



**Der LittEARS Hör-Fragebogen: Ein adäquates Instrument zur Erfassung des auditiven Verhaltens im ersten Hörentwicklungsjahr?**

Kühn-Inacker, H. (1), Strauß, S. (1), Böhm, S. (2), Glück, C. (2), D`Haese, P. (1)

(1) MED-EL Headquarters Innsbruck, (2)Universität München, Lehrstuhl für Sprachheilpädagogik

Einführung: Der LittEARS Hör-Fragebogen von MED-EL ist ein Elternfragebogen, zur Erfassung des frühen auditiven Verhaltens (0 – 24 Monate) im alltäglichen Umfeld. Er wurde an normal hörenden Kindern in Deutsch von Tsiakpini, Weichbold, und Coninx validiert (Kühn-Inacker et al. 2003). Besonders interessieren die Fragen, (1) wie gut der LittEARS Hör-Fragebogen auch die Hörentwicklung von Cochlea implantierten Kindern adäquat abbilden kann und (2) ob dieser Fragebogen ein reliables und valides Erfassungsinstrument darstellt, das für den klinischen Alltag geeignet ist. Diesen Fragen wurde in zwei Studien nachgegangen.

Studie 1: In einer Multicenter-Studie in Deutschland werden CI-Kinder mit einem Implantationsalter von 5 – 24 Monaten bis zu einem Höralter (= Zeitabschnitt ab Erstanpassung des Prozessors) von 24 Monaten mit dem LittEARS Hör-Fragebogen sowohl quer- als auch längsschnittlich (mit 3-Monatsintervallen) untersucht. Mittlerweile liegen die Ergebnisse von mehr als 60 Kindern vor.

Studie 2: In Zusammenarbeit mit der Universität München wurde untersucht, inwiefern die Item Anordnung – altersgeordnet aufsteigend oder randomisiert – einen Einfluß auf das elterliche Antwortverhalten und damit auf die Validität des Fragebogens hat. Ergebnisse: Die auditive Entwicklung der CI-Kinder gemessen mit dem LittEARS Hör-Fragebogen verläuft steiler als die der normal hörenden Kinder. Die Entwicklung des auditiven Verhaltens von Kindern mit einem Implantationsalter unter 12 Monaten und einem Implantationsalter über 12 Monaten unterscheidet sich minimal. Darüber hinaus hat die Item-Anordnung keinen Einfluß auf das Antwortverhalten der Eltern. Dies bestätigt die hohe Validität des Fragebogens.

Zusammenfassend erscheint der LittEARS Hör-Fragebogen als ein reliables und valides Messinstrument der auditiven Entwicklung sehr früh mit Cochlea Implantaten versorgter Kinder bis zu einem Höralter von ca. 14 Monaten

Literatur:

Kühn-Inacker, H., Weichbold, V., Tsiakpini, L. Coninx, F. (2003). LittEARS Hör-Fragebogen. Handanweisung. MED-EL Innsbruck, Austria



**"Bimodale Versorgung" - schon wieder etwas Neues?**

Limberger, A., Bohnert, A., Keilmann, A.

Klinik für Kommunikationsstörungen, Langenbeckstr. 1, 55101 Mainz

In den letzten Jahren hat sich die Indikation zur Cochlea-Implantation entsprechend den Neuerungen der diagnostischen und technischen Möglichkeiten verändert. Dadurch werden immer mehr erwachsene und auch kindliche Patienten mit einem Cochlea-Implantat auf der einen Seite und einem Hörgerät auf der kontralateralen Seite versorgt (bimodale Versorgung). Hierbei stellt sich die Frage, welche Besonderheiten bei der Einstellung des Cochlea-Implantates bzw. des Hörgerätes zu beachten sind.

In Mainz wurden ein erwachsener und zwei kindliche Patienten bimodal angepasst. Es ergaben sich im Wesentlichen folgende Fragestellungen:

- Worauf ist bei der Anpassung des Hörgerätes zu achten?
- Gibt es eine Beeinflussung des Cochlea-Implantats durch das Hörgerät?
- Hat der Patient einen Nutzen im Sinne eines binauralen Hörens?

Zunächst wurde bei den Patienten eine Sprachprozessoranpassung durchgeführt. Anschließend wurde die Hörgeräteanpassung nach DSL [i/o] und dem Würzburger Hörfeld (WHF) vorgenommen. Zusätzlich wurd ???



## Musikwahrnehmung bei bimodaler Stimulation

Büchler, M., Lai, W., Dillier, N.

Universitätsspital Zürich, ORL-Klinik, CH-8091 Zürich

**Einleitung:** Die Wahrnehmung von Pitch und Timbre ist für viele CI-Träger/innen nach wie vor unbefriedigend. Einige von ihnen berichten jedoch, dass die Klangqualität mit einem zusätzlichen Hörgerät besser sei, der Ton klinge voller und angenehmer. Natürlich bedingt dies, dass (typischerweise auf dem Gegenohr) noch Hörreste vorhanden sind. Das Hörgerät versorgt dabei meistens die tieferen Frequenzen, welche das CI nicht zu erreichen vermag, wo aber eher Hörreste vorhanden sind. Um den Einfluss des Hörgerätes auf die Musikwahrnehmung zu testen, wurde eine Testbatterie mit objektiven und subjektiven Tests zusammengestellt.

**Methodik:** Die objektiven Tests bestehen aus drei Aufgaben: (1) Diskriminierung von Pitch, Melodie und Rhythmus, (2) Erkennung von Instrumenten, (3) Erkennung von Liedern. Die subjektiven Tests umfassen eine Qualitätsbeurteilung einzelner Instrumente und komplexerer Musikstücke. Zur Klärung der Frage, ob eine Neuversorgung mit einem digitalen Standardhörgerät und einer einheitlichen Anpassstrategie bessere Ergebnisse ermöglicht, wurde ein Pilotversuch mit fünf Probanden durchgeführt.

**Ergebnisse:** Von den fünf Probanden akzeptierte nur einer das neue, digitale Hochleistungsgerät die andern bevorzugten auch nach einer Eingewöhnungszeit von etwa vier Wochen ihr bisheriges Hörgerät, auch wenn es sich dabei teilweise um recht alte analoge Geräte handelte. Die vorläufigen Resultate mit der Musik-Testbatterie zeigen jedoch für vier der Probanden eine deutliche Verbesserung in der Unterscheidung von Tonhöhen und Melodien bei eingeschaltetem Hörgerät. Die Darstellung der Tonhöhe mit dem CI alleine war für diese Probanden unbefriedigend.

**Schlussfolgerung:** Die Testbatterie bewährte sich bei den ersten Versuchen für die Evaluation der Musikwahrnehmung mit CI und/oder Hörgerät. Die Musikwahrnehmung kann durch ein Hörgerät zusätzlich zum CI deutlich verbessert werden, falls ein Restgehör vorhanden ist.

**Literatur:**

Ching, T.Y.C., Incerti, P., Hill, M. (2004). "Binaural benefits for adults who use hearing aids and cochlear implants in opposite ears," *Ear Hear.* 25 (1), 9-21.



**Sequentiell implantierte bilaterale Cochlear Implantat Träger – eine retrospektive Analyse**

Böhm, M., Krüger, B., Rost, U., Strauss-Schier, A., Rühl, S., Lesinski-Schiedat, A., Büchner, A., Lenarz, T.

Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde/ Medizinische Hochschule Hannover

Die simultane bilaterale Studie an der Medizinischen Hochschule zeigte eine gute Resonanz. Die implantierten Patienten hatten deutliche Vorteile hinsichtlich des Sprachverstehens im Störgeräusch und der Lokalisationsfähigkeit. Seitdem wurden zehn monaurale CI Träger, vier Nucleus und sechs Clarion, im Rahmen der Klinikroutine ebenfalls mit einem zweiten Implantat versorgt. Die vorhandenen Daten dieser Patientengruppe wurden retrospektiv ausgewertet.

Die Patienten mit einem mittleren Alter von fünfzig Jahren trugen ihr erstes CI im Mittel sieben Jahre (Bereich zwischen ein und zwanzig Jahren) bevor sie mit dem zweiten CI versorgt wurden. Die mittlere Tragedauer des zweiten Implantats beträgt zwei Jahre (Bereich zwischen 0,5 und vier Jahren). Die Testbatterie zur Evaluierung des Sprachverstehens bestand aus dem Freiburger Einsilbertest in Ruhe, dem Hochmayr-Schulz-Moser Satztest (HSM) in Ruhe und dem HSM Test im Störgeräusch mit einem S/N von +10dB. Zum Zeitpunkt der bilateralen Versorgung konnten die Patienten mit dem ersten CI im Mittel 41% der einsilbigen Wörter und 55% der Sätze in Ruhe verstehen. Die Satzverständlichkeit im Störgeräusch lag bei 8%. Sechs Monate nach bilateralen Versorgung erreichten die Patienten mit dem zweiten CI alleine eine annähernd gleich Einsilber- und Satzverständlichkeit wie mit dem ersten CI. Interessant ist die Entwicklung bei bilateralem Hören. Die Patienten erreichten bilateral einen statistisch signifikanten Zugewinn von 20% im Freiburger Einsilbertest und 17% im HSM Satztest in Ruhe gegenüber den beiden monauralen Konditionen. Im HSM Satztest im Störgeräusch erreichten die Patienten mit dem zweiten CI nach sechs Monaten ebenfalls nur 8%. Bilateral ließ sich bisher kein mittlerer Zugewinn über die monauralen Konditionen verzeichnen. Im Einzelfall konnte man jedoch nach ein bis zwei Jahren bilateraler Versorgung erste bilaterale Vorteile im Störgeräusch feststellen.

Die Auswertung der Ergebnisse ergab sechs Monate nach Versorgung mit dem zweiten CI zum einen einen deutlichen bilateralen Vorteil gegenüber der einseitigen Versorgung. Zum anderen zeigte sich anhand der Daten, dass auch nach bis zu zwanzigjähriger Tragedauer eines CIs ein bilaterales Hören möglich ist.

Literatur:

Laszig R, Aschendorff A, Stecker M, Muller-Deile J, Maune S, Dillier N, Weber B, Hey M, Begall K, Lenarz T, Battmer RD, Bohm M, Steffens T, Strutz J, Linder T, Probst R, Allum J, Westhofen M, Doering W. "Benefits of Bilateral Electrical Stimulation with the Nucleus Cochlear Implant in Adults: 6-Month Postoperative Results". *Otol Neuro-otol*. 2004 Nov; 25(6):958-968.





**Einflussfaktoren auf die Spracherkennung von Patienten mit einem Auditorischen Hirnstammimplantat (ABI)**

Joseph, G., Lenarz, M., Rost, U., Lenarz, T.

HNO Klinik der Medizinischen Hochschule Hannover

Das Auditorische Hirnstammimplantat kann eingesetzt werden für beidseitig ertaubte Patienten, deren Hörnerven zwar keine ausreichende Funktionalität mehr aufweisen, deren zentrale Hörbahn aber intakt ist. An der Medizinischen Hochschule Hannover wurden in Zusammenarbeit mit dem Nordstadtkrankenhaus Hannover und dem INI Hannover seit 1996 26 Patienten mit einem ABI versorgt.

Diese Patientengruppe ist sehr inhomogen, bedingt durch den Schweregrad der Erkrankung (NF2) die zum Einsatz des ABI führte. Die Analyse der Einflussfaktoren kann daher nur Trends zeigen und nur bedingt ursächlichen Erklärungen liefern.

Untersucht wurden :

- die Anzahl der Elektroden, die ohne unerwünschte Nebenwirkungen für eine auditorische Sensation genutzt werden konnten
- die Frequenz mit der über das ABI stimuliert wurde
- die Fähigkeit mit den aktivierten Elektroden verschiedene Töne zu unterscheiden
- der Typ des verwendeten Implantats

Die Ergebnisse mit dem ABI von Advanced Bionics sind signifikant besser ( $p < 0.05$ ) als die mit dem Nucleus 22 Implant aber nicht besser als die mit dem Nucleus 24 Implant. Das Nucleus 24 Implantat liefert signifikant ( $p < 0.05$ ) bessere Ergebnisse als das Nucleus 22 Implantat.

Von den anderen untersuchten Faktoren hatte die Anzahl aktivierter Elektroden den grössten Einfluss auf das Sprachverstehen der ABI Patienten. Es sollte also schon bei der Implantation selbst als auch bei der späteren Anpassung des Implantats versucht werden, die Anzahl der Elektroden ohne Nebenwirkungen zu maximieren.



**Molecular genetics of hearing impairment**

Petit, C.

Unité de Génétique des Déficits Sensoriels

The molecular mechanisms underlying the development and the functioning of the inner ear sensory hair cells, has escaped characterisation for a long time owing to the small number of these cells in the cochlea. Thus, the study of hereditary deafness provides a unique approach to gaining relevant insights into the understanding of these processes. Indeed, most early onset forms of hereditary deafness, whether in humans or in mice, are caused by monogenic defects affecting the cochlea, whilst (i) about a hundred genes are considered to be underlying the early onset forms of isolated deafness, and (ii) mutations in another 300 additional genes may also be accountable for syndromic forms of deafness in humans. The difficulties encountered in order to analyse isolated forms of deafness over the previous decade have now been settled and 36 genes involved in the isolated forms of deafness have been identified.

The analysis of the phenotypic abnormalities resulting from the inactivation of the corresponding genes, mostly in mice and for some of them in zebrafish too, have enabled us to identify genes likely to provide entry points into the understanding of the following aspects of the hair bundle development, i.e. the control of (i) the growth of the stereocilia composing the hair bundle, (ii) the cohesion of the hair bundle, (iii) the orientation of this structure and (iv) the neurotransmitter exocytosis. Notably, among their encoded hair bundle proteins, several unconventional myosins (myosin VIIa, VI, XV), cadherins (cadherin23 and protocadherin15) and PDZ domain-containing proteins (whirlin, harmonin) have been found. The analysis of the localisation of these proteins in wild-type and mutant mice combined with the characterisation of the interaction protein networks into which those proteins are integrated, has been performed. The role played by several of these molecules in the developing hair bundle or in the synapse will be discussed.



**Stand der Ausbildung in der Audiologie in Deutschland**

Holube, I.

Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven, Institut für Hörtechnik und Audiologie,  
Oldenburg

An Kliniken und Forschungseinrichtungen im Bereich der Audiologie tätige Physiker und Ingenieure tragen wesentlich zum wissenschaftlichen Fortschritt in diesem Fachgebiet bei. Die dazu benötigten Fachkenntnisse wurden jedoch oftmals erst während der Berufstätigkeit und nur zu einem geringen Teil während des Studiums erworben. Als Ergänzung der Qualifikationen bietet daher die Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik den Erwerb einer Fachanerkennung an, die entsprechend einer Facharztausbildung einzustufen ist. Andererseits besteht ein Bedarf an qualifiziertem praxisorientiertem Personal für Kliniken, Industriebetriebe und Handwerk im audiologischen und akustischen Bereich, der bis vor kurzem nicht abgedeckt werden konnte. Diese Berufsperspektive ist anzusiedeln zwischen einem universitären Studium und den traditionellen Ausbildungsberufen. Deshalb wurden an mehreren Fachhochschulen Studiengänge etabliert, die diesen Bedarf befriedigen können und mit einem Fachhochschul-Diplom oder einem Bachelor abschließen. Der Übergang zwischen einem solchen einschlägigen praxisorientierten Studium und dem universitären, wissenschaftlich orientierten Studium kann durch einen aufbauenden Studiengang mit einem Master-Abschluss erreicht werden, der auch den Weg zu einer späteren Promotion eröffnet. Auf die Möglichkeiten in unterschiedlichen Studiengängen, deren Inhalte und Ausbildungsziele möchte dieser Beitrag eingehen und zur Diskussion anregen.



**MTA-F und Audiologie**

von Wedel, H.

HNO Universitätsklinik Köln Audiologie und Pädaudiologie

Seit Beginn der 80er Jahre hat sich die Kommission Berufsbilder der Arbeitsgemeinschaft Deutschsprachiger Audiologen und Neurootologen (ADANO) bemüht, die Ausbildungsinhalte zur Audiologieassistentin bzw. zum Audiologieassistenten bundesweit zu vereinheitlichen und einer staatlichen Anerkennung zuzuführen. Da diese Bemühungen nicht erfolgreich waren, wurde auf Länderebene, Anfang der 80er Jahre in Hamburg, Mainz und in Bonn an den dortigen HNO-Universitätskliniken die Möglichkeit geschaffen, eine Ausbildung zur Audiologieassistentin bzw. zum Audiologieassistenten zu absolvieren. Dieser Ausbildungsgang hat jedoch nur auf Länderebene Anerkennung gefunden. In der früheren DDR wurde seit 1961 eine 3jährige Fachschulausbildung vorgenommen, welche die Fächer Phoniatrie, Audiologie und Neurootologie umfasste. Nach der Wiedervereinigung wurde 1994 das neue MTA-Gesetz mit der entsprechenden Ausbildung zur MTA-F verabschiedet. Dieses enthält 4 Lehrinhaltskataloge: die neurophysiologische Funktionsdiagnostik, die audiologische und HNO-Funktionsdiagnostik, die kardiovaskuläre Funktionsdiagnostik und die pneumologische Funktionsdiagnostik. Fast 75% der theoretischen und praktischen Unterrichtsblöcke enthalten wesentliche Elemente, die für die Audiologie und Neurootologie von Bedeutung sind. Eine Ausnahme macht die kardiovaskuläre Funktionsdiagnostik. Seit Etablierung des neuen MTA-F-Gesetzes gibt es inzwischen ca. 14 MTA-F-Schulen. An den wenigsten Ausbildungsstätten unterrichten HNO-Ärzte und Audiologieassistenten bzw. haben die Studierenden kaum die Möglichkeit, eine praxisorientierte audiologische, neurootologische Ausbildung zu absolvieren. Ein Absolvent dieser Schulen kann nach 3 Jahren mit wenigen Ausnahmen kaum audiologisch und Neurootologisch verantwortlich tätig werden. In enger Absprache mit den Berufsverbänden und Gesellschaften wird zurzeit versucht, die bestehende Ausbildung soweit wie möglich zu verbessern. Eine Möglichkeit könnte darin bestehen, die Ausbildung nach einem gemeinsamen Jahr in die Hauptfachgebiete aufzuteilen. Ohne wesentliche Maßnahmen ergeben sich im Bereich der Audiologie und Neurootologie erhebliche Engpässe, die nur durch umfassende, strenge qualitätsorientierte Ausbildungs- und Prüfungsabläufe beseitigt werden können!

Literatur:

MTA-F Gesetz



**Audiologie in der Medizin - der medizinische Audiologe**

Lenarz, T.

Hals-Nasen-Ohrenklinik der Medizinischen Hochschule Hannover

Eine strukturierte Ausbildung in der Audiologie für Mediziner existiert in Deutschland nur für den Facharzt für Phoniatrie und Pädaudiologie. Für den Hals-Nasen-Ohrenarzt sind in der Weiterbildung lediglich bestimmte Ausbildungsziele und Mindestzahlen von Untersuchungen definiert, ohne weitergehende Nennung von strukturellen Momenten und formalen Abschlüssen in der Audiologie. Damit bleibt die intensive Beschäftigung mit der Audiologie im Sinne einer Aus- und Weiterbildung weitgehend der Initiative des Einzelnen überlassen. Eine Qualitätssicherung ist auf dieser Basis bisher praktisch nicht möglich.

Im Rahmen des Vortrages werden zukünftige Möglichkeiten einer strukturierten Ausbildung für verschiedene Arztgruppen dargestellt und deren Realisierungsmöglichkeit diskutiert.



**Objektive Messverfahren für die Cochlear-Implant-Versorgung: intraoperative und postoperative Messungen**

Müller-Deile, J.

Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde der Christian-Albrechts-Universität, Kiel

Die Ergebnisse der objektiven Messungen im Rahmen der Cochlear-Implant-Versorgung hochgradig hörgeschädigter und tauber Patienten dienen der Funktionskontrolle des Systems und unterstützen die Anpassung der Sprachprozessoren an die Bedürfnisse der Patienten.

So wird in der intra- und postoperativen klinischen Routine die Integrität des CI-Systems mittels dessen telemetrischer Funktionen bestimmt. Darüber hinaus werden für jede einzelne Elektrode die Impedanzen und der Bereich der Compliance gemessen.

Wenn wir immer jüngere Kinder mit einem Cochlear-Implant sehr erfolgreich versorgen, stützen wir uns bei der Sprachprozessorprogrammierung gerne neben den subjektiven kinderaudiometrischen Methoden, wie in der Pädaudiometrie allgemein, auf die Registrierung von Stapedius-Reflexen und evozierten Potentialen.

Direkt nach der Implantation des Elektrodenträgers wird die Stapedius-Reflex-Schwelle visuell durch Beobachtung der Muskelkontraktion über das Operationsmikroskop bestimmt, wohingegen sie postoperativ über die Registrierung der akustischen Impedanz gemessen wird.

In unserer klinischen Routine hat die telemetrische Registrierung der elektrisch evozierten Summenaktionspotentiale (ECAP) die Messung der elektrisch evozierten Hirnstammantworten (E-BERA) zur Bestimmung von Parametern, die die Sprachprozessor-Anpassung unterstützen, vollständig verdrängt. Die je nach Hersteller NRT, NRI oder ART genannten Methoden sind durch die Nutzung der intracochleären Elektroden zur Stimulation und Registrierung der evozierten Erregungen sehr viel weniger aufwändig. So lassen sich die mittels NRT aus Amplituden Wachstumsfunktionen bestimmten Schwellen für 22 Elektroden messen, während der Operateur die Wunde schließt. Die intra- und postoperativen Schwellenmessungen sind vergleichbar. Es wird beschrieben, wie wir ECAP- und Stapedius-Reflex-Schwellen im Rahmen der Erstanpassung der Sprachprozessoren nutzen.



## Vergleich von evozierten Summenaktionspotentialen und Hirnstammantworten bei Patienten mit Cochlea-Implantaten

Hey, M. (1), Plotz, K. (2), Vorwerk, W. (1), Begall, K. (1)

(1) HNO, St. Salvator Krankenhaus, Halberstadt, (2) Klinik Phoniatrie und Pädaudiologie, Ev. Krankenhaus Oldenburg

Die elektrisch evozierten Summenaktionspotentiale (ESAP) und auditorischen Hirnstammpotentiale (EABR) sind in den letzten Jahren zu einem wichtigen Bestandteil der intra- und postoperativen Diagnostik bei Patienten mit einem Cochlea-Implantat (CI) geworden. Im vorliegenden Beitrag wird auf Aspekte der Registrierung und Auswertung von ESAP und EABR eingegangen. Es wird ein Überblick über die gegenwärtig kommerziell realisierten Systeme zur Ableitung von ESAP gegeben (NRT, NRI, ART) und Kennwerte von Messplätzen für die EABR Registrierung aufgezeigt.

Die ESAP sind in ca. 90-95% aller Patienten nachweisbar, wohingegen die EABR in nahezu allen Patienten nachweisbar sind. Die Nachweisschwelle der ESAP zeigt eine Korrelation von rund 0,55 (BROWN et al.) mit den subjektiv ermittelten Wahrnehmungsschwellen. Ihr Nachweis gelingt im Bereich der MCL-Schwelle. Auf der Basis der Nachweisschwelle der ESAP haben sich Verfahren zur Mapgenerierung (SMOORENBURG et al.) im klinischen Alltag etabliert.

Die EABR zeigen eine ähnliche Korrelation mit den subjektiven Schwellen, sind jedoch näher an der Wahrnehmungsschwelle nachweisbar und weisen nicht das Problem der oftmals lauten Stimulation auf. Die EABR werden aufgrund ihres größeren zeitlichen und technischen Aufwandes heutzutage seltener eingesetzt.

Zum diagnostischen Repertoire gehören mittlerweile nicht nur die Wachstumsfunktion, sondern auch die Recoveryfunktion sowie die Untersuchung der Kanaltrennung. Bei den ESAP werden im wesentlichen überschwellige Messungen durchgeführt. Die Möglichkeit des Nachweis der EABR in Schwellennähe wurde zur Untersuchung der Intensitätsabhängigkeit des Refraktärverhaltens genutzt. Bei geringen Reizintensitäten zeigen sich qualitativ die gleichen Abhängigkeiten der Amplitude der Welle V vom Pulsabstand, wobei sich jedoch ein Summationseffekt für Pulsabstände unter 300 µs zeigt und sich die Refraktärzeit verlängert.

Schlussfolgernd werden die Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt: Funktionskontrolle, Selektion nutzbringender Elektroden, Abschätzung von Schwellwerten, Lokalisierung von Elektroden mit Reizung somatosensorischer Nervenpopulationen, .... Eine Einschätzung der auditiven Leistungsfähigkeit scheint jedoch aus diesen Messungen nicht ableitbar.

### Literatur:

Brown CJ, Hughes ML, Luk B, Abbas PJ, Wolaver A, Gervais J. The relationship between EAP and EABR thresholds and levels used to program the Nucleus 24 speech processor: data from adults. *Ear Hear.* 2000; 21(2):151-63.

Smooenburg GF, Willeboer C, van Dijk JE. Speech perception in Nucleus CI24M cochlear implant users with processor settings based on electrically evoked compound action potential thresholds. *Audiol Neurootol.* 2002;7:335-47



## **Stapediusreflexmessungen bei der Sprachprozessoranpassung**

Stephan, K, Koèi, V., Welzl-Müller, K.

Klinische Abteilung für Hör-, Stimm- und Sprachstörungen, Innsbruck, AUSTRIA

Da Cochlea Implantationen bei Kindern zu einem immer früheren Zeitpunkt durchgeführt werden, wird der Einsatz von objektiven Verfahren zur Anpassung von Sprachprozessoren immer bedeutender. Neben der Messung von elektrisch evozierten auditorischen Potentialen stellt der Nachweis des elektrisch über CI ausgelösten Stapediusreflexes eine Möglichkeit zur Abschätzung der maximal angenehmen Lautheit (MCL, c-level, comfort level) dar.

Untersuchungen bei erwachsenen mit CI versorgten Patienten zeigten eine Korrelation von bis zu 0.9 zwischen postoperativ bestimmten Reflexschwellen (ESRT) und individuellen MCL-Werten.

Im Rahmen der klinischen Routineversorgung wurden Sprachprozessoren von Kindern mit MCL-Werten basierend auf postoperativer Stapediusreflexmessung angepasst. Der Verlauf der ESRT-Werte wurde über einen Zeitraum von ca. 2 Jahren nach erfolgter Implantation untersucht. Dabei wurden interindividuell grosse Unterschiede zwischen dem zeitlichen Verlauf von ESRT beobachtet, wobei die grössten Änderungen der ESRT in den ersten Wochen nach Erstanpassung auftraten. Die Abhängigkeit der ESRT von den Stimulationskanälen war für das Einzelindividuum typisch; ein genereller Hinweis auf eine mögliche Extrapolation von ESRT-Schwellen auf spätere Anpassungstermine wurde jedoch nicht gefunden.

Praktische Erfahrungen mit der klinischen Anwendung der Stapediusreflexmessung zur Sprachprozessoranpassung von CI sowie Langzeitergebnisse werden diskutiert.





## Späte Potentiale

Walger, M.

HNO-Universitätsklinik Köln, Audiologie und Pädaudiologie

Die Registrierung der späten akustisch oder elektrisch evozierten Potentiale (SAEP/SEEP) erlaubt eine objektive Funktionsprüfung der Hörverarbeitung auf subcortikaler und cortikaler Ebene bis in den Bereich der bewussten Wahrnehmung hinein. Die verschiedenen Potentialformen sind meist vigilanzabhängig und unterliegen einem Reifungsprozess, der weit bis in die zweite Lebensdekade hineinreicht.

Bei CI-Patienten eröffnen späte Potentiale verschiedene Möglichkeiten, objektive Informationen über den Verarbeitungsprozess vom peripheren Cochlea-Implantat bis zur zentralen Hörverarbeitung zu gewinnen. So lassen sich die SEEP bei kooperativen Patienten ohne störende Reizartefakte bis zur subjektiven Hörschwelle für Tonpulse oder Rauschsignale nachweisen, sodass z.B. bei Patienten mit unsicheren subjektiven Angaben die Einstellung der T-Level erleichtert wird (Hoth, 1998). Auch gibt es Ansätze, die Amplituden-Wachstumsfunktion der SEEP bei der Einstellung der Sprachprozessoren in Ergänzung zur subjektiven Lautheitsskalierung zu nutzen (Hoppe, 2003). Über die Registrierung der MMN oder auch der P300 können im Einzelfall Diskriminations- und bewusste Wahrnehmungsleistungen bei CI-Patienten objektiviert werden.

Mit Hilfe der SEEP lassen sich bei frühzeitig ertaubten Kindern die plastischen Veränderungen der zentral-auditiver Verarbeitungsprozesse auf cortikaler Ebene nach Cochlea-Implantation objektivieren. Damit können die SEEP wertvolle Daten für den Erfolg oder Misserfolg der CI-Versorgung liefern und damit die Eingrenzung kritischer Phasen der Hörbahnreifung unterstützen. So zeigen die Reifung der SEEP, indiziert durch die Potentialmorphometrie sowie die P1-Latenz, bei taubgeborenen, frühzeitig implantierten Kindern (< 3.5 Jahre) einen Verlauf, der den SAEP normalhörender Kinder vergleichbar ist (Sharma, 2002). Demgegenüber ist bei spät-implantierten Kindern (> 7 Jahre) diese Plastizität drastisch reduziert und eine vollständige Kompensation der Deprivationsfolgen durch eine CI-Versorgung unmöglich.

Literatur:

Literatur beim Verfasser



**Multifrequenztyimpanotomie zur klinischen und experimentellen Anwendung**

Stieve, M. (3), Mojallal, H. (3), Behrens, P. (1), Krüger, I. (1), Müller, P. (2), Lenarz, T. (3)

(1) Universität Hannover, Institut für Anorganische Chemie, (2) Gesellschaft für Biotechnologische Forschung Braunschweig, (3) Medizinische Hochschule Hannover, Hals-, Nasen- Ohrenklinik

Einleitung: Die Tympanometrie ist ein diagnostisches Verfahren zur Bestimmung der Impedanz des Trommelfells und der Gehörknöchelchenkette. Die Impedanz ist abhängig von der Masse, der Reibung und der Federkraft. Bei pathologischen Veränderungen des Mittelohres kommt es zu einer Änderung des Resonanzpunktes, der mittels der Multifrequenztyimpanometrie bestimmt werden kann. Zur Untersuchung des Stellenwertes der Multifrequenztyimpanometrie haben wir eine klinische und experimentelle Studie durchgeführt.

Material und Methode: Die Messungen wurden mit dem Multifrequenztyimpanometer der Firma Grace and Stadler GSI 33 (Version 2) im Frequenzbereich zwischen 250 Hz und 2000 Hz durchgeführt. Im Rahmen einer tierexperimentellen Studie wurden 42 Kaninchen vor und nach der operativen Entfernung der Gehörknöchelchenkette und eines Ersatzes durch eine Tympanoplastik Typ III gemessen. Die Messungen fanden jeweils präoperativ nach einem Monat, drei Monaten und einem Jahr statt. Die klinische Studie umfasste 133 Patienten, von denen 20 an einer Otosklerose erkrankt waren, 19 durch eine Stapesplastik versorgt worden sind, 21 postoperativ nach einer Tympanoplastik Typ III gemessen worden sind. 17 Patienten hatten ein teilimplantierbares Hörgerät der Firma Symphonix und 19 Patienten ein teilimplantierbares Hörgerät der Firma Otologics erhalten. Die Kontrollgruppe umfasste 37 Patienten.

Ergebnisse: Die Ergebnisse der tierexperimentellen Untersuchungen zeigten, dass der Resonanzpunkt zwischen der ersten und zweiten Messung von 1383 Hz auf 1387 Hz nicht signifikant anstieg, nach drei Monaten erhöhte sich jedoch die Resonanzfrequenz signifikant auf einen Wert von 1610 Hz und betrug nach einem Jahr 1675 Hz. In der klinischen Untersuchung betrug die durchschnittliche Resonanzfrequenz bei den Otosklerosepatienten 1308 Hz, d. h. deutlich erhöht im Vergleich zur Kontrollgruppe. Bei Zustand nach Stapesplastik zeigten die Patienten einen erniedrigten Resonanzpunkt von 703 Hz. Bei Zustand nach Versorgung mit einer Tympanoplastik Typ III stieg die Resonanzfrequenz auf 1145 Hz. Der Mittelwert der Resonanzfrequenz in der Kontrollgruppe blieb bei 974 Hz. Nach Implantation der teilimplantierbaren Hörsysteme zeigte sich kein signifikanter Unterschied gegenüber der Kontrollseite, d. h. die Ankopplung des Transducers hatte keinen Einfluss auf die Resonanzfrequenz.

Schlussfolgerung: Die Multifrequenztyimpanometrie kann in Einzelfällen bei bestimmten Erkrankungen wertvolle Hinweise zur genaueren Aufklärung des erkrankten Mittelohres bieten. Darüber hinaus ist ein Einsatz im experimentellen Bereich möglich.



## **Einfluss der Kalibriermethode auf Wachstumsfunktionen otoakustischer Verzerrungsprodukte**

Mauermann, M., Kollmeier, B.

Medizinische Physik, Institut für Physik, Fakultät V, C.v.O Universität Oldenburg

Wachstumsfunktionen otoakustischer Verzerrungsprodukte bieten vielversprechende Ansätze zur objektiven Vorhersage von Hörschwelle und Kompressionsverlust. Obwohl im Mittel über Versuchspersonen hierbei gute Resultate erzielt werden, sind die Abweichungen zwischen DPOAE-Schwelle und psychoakustischer Hörschwelle für individuelle Vorhersagen meist zu groß. Ein wesentlicher Grund hierfür ist wahrscheinlich die Interaktion mit der zweiten DPOAE-Quelle, die zu sehr starken Schwankungen des Verlaufs von DPOAE-Wachstumsfunktionen über die Frequenz führt [1]. Ein weiterer Grund für Abweichungen zwischen psychoakustischer Schwelle und DPOAE-Schwelle kann das immer noch ungelöste Problem der korrekten Kalibrierung der Sondenlautsprecher im geschlossenen Gehörgang sein. Bei der in kommerziellen OAE-Messsystemen weit verbreiteten „Im-Ohr-Kalibrierung“ kommt es bei Frequenzen oberhalb von 2 kHz durch stehende Wellen zu deutlichen Abweichungen der Schalldruckpegel an Sondenmikrofon und Trommelfell. Bei einer „Kupplerkalibrierung“ in einem genormten Ohrsimulator bleiben dagegen u. U. Eigenschaften des individuellen Gehörgangs unberücksichtigt.

Ziel der vorliegenden Studie ist es zu untersuchen in welcher Art sich die Verwendung der beiden üblichen Kalibriermethoden in Unterschieden von DPOAE-Pegeln, DPOAE-Wachstumsfunktionen und abgeleiteten DPOAE-Schwellen widerspiegelt. Hierzu wurden in drei normalhörenden Versuchspersonen DPOAE-Wachstumsfunktionen ( $f_2$ : 1500-4500 Hz, 18 Hz Schrittweite) gemessen, sowohl für eine „Im-Ohr-Kalibrierung“ als auch für eine „Kupplerkalibrierung“ (B&K 4157). Deutliche Unterschiede (größer 20 dB) des DPOAE-Pegels für die beiden unterschiedlichen Kalibriermethoden bei einzelnen Frequenzen resultieren offensichtlich aus geringfügigen pegelabhängigen Verschiebungen der DPOAE-Feinstruktur und sind damit ein Kombinationseffekt aus Abweichungen der Primärtonpegel und Interaktion der beiden DPOAE-Quellen. Von der zweiten Quelle unbeeinflusste Verzerrungsprodukte (DCOAE) können durch Latenzfensterung der Daten gewonnen werden [1]. DCOAE weisen für Messungen mit Im-Ohr-Kalibrierung ab 3 kHz systematisch höhere Verzerrungsproduktpegel auf als bei Messungen mit Kupplerkalibrierung. Dies spiegelt sich auch in der DCOAE-Schwellenschätzung wider, die oberhalb von 3 kHz für Messungen mit Kupplerkalibrierung um 5-10 dB höhere Werte liefert als für Messungen mit Im-Ohr-Kalibrierung. Insgesamt ist der Einfluss der gewählten Kalibriermethode auf die Schwellenschätzung mit DPOAE bzw. DCOAE jedoch deutlich kleiner als die Effekte durch den Einfluss der zweiten DPOAE-Quelle.

Literatur:

[1] Mauermann, M. und B. Kollmeier, (2004). J Acoust Soc Am 116(4), 2199-2212.



## **Einzelsweep-basierte Methoden zur Qualitätsverbesserung später akustisch evozierter Potentiale**

Rahne, T., Mühler, R., von Specht, H.

Abteilung für Experimentelle Audiologie und Medizinische Physik, HNO Klinik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Hintergrund und Fragestellung:** Bei der Registrierung akustisch evozierter Potentiale wird das Signal-Rausch-Verhältnis durch Artefakte im EEG negativ beeinflusst. Um artefaktbehaftete EEG-Abschnitte zu erkennen, kann eine feste Artefaktschranke als Kriterium verwendet werden. Zur Messung von frühen AEP und ASSR wurden bereits andere Verfahren (weighted averaging, sorted averaging) vorgeschlagen [1, 2]. Die Wirksamkeit dieser Verfahren bei späten AEP (N1, P3, MMN) war zu untersuchen.

**Methode:** Die Grundlage der Untersuchungen waren zum einen no-stimulus EEG-Registrierungen. Zum anderen wurde diesen ein synthetisches Signal überlagert. Für beide Datenmengen wurden unter Anwendung von 3 Verfahren zur Artefaktbehandlung (feste Artefaktschranke, sorted averaging, weighted averaging) Schätzwerte für SNR und Reststörung als Funktion der Mittelungszahl berechnet.

**Ergebnisse:** Es konnte gezeigt werden, dass die single-point-Varianz ein geeigneter Schätzer für die Reststörung später Potentiale ist. Alle drei untersuchten Verfahren führen zu einem ähnlichen SNR-Verlauf, wobei sorted averaging zur stärksten Korrelation der Mittelwertkurve mit dem synthetischen Signal führt. Weighted averaging führt zu einer Unterschätzung der Signalamplitude, jedoch zur kleinsten Reststörung.

**Schlussfolgerungen:** Die für frühe Potentiale verwendbaren Verfahren zur Artefaktbehandlung sind auch für späte Potentiale verwendbar, wobei sorted averaging zum höchsten SNR führt. Als Sortierkriterium der Sweeps sollte ihr Amplituden-Maximum verwendet werden.

**Literatur:**

[1] Mühler R, von Specht H (1999) Sorted averaging-principle and application to auditory brainstem responses. Scand Audiol 28: 145-9

[2] Riedel H, Granzow, M. Kollmeier, B (2001) Single-sweep-based method to improve the quality of auditory brain stem responses Part II: Averaging Methods. Z Audiol 40 (2): 62-8



**Audiometrieausbildung mit virtuellen Patienten**

Wille, C., Spillmann, T.

Audiologie, ORL-Klinik, Universitätsspital Zürich

Erfahrungen zeigen, dass herkömmliche Ausbildungsverfahren für Audiometrie in Form von gegenseitiger Simulation zu unbefriedigenden Resultaten führen und auch an Probanden problematisch sind. Durch die Entwicklung eines Computersimulators, der das Audiometrieren verschiedenster Fälle von Hörschädigungen ermöglicht, konnten diese Nachteile behoben werden.

Die Modellierung der virtuellen Patienten berücksichtigt u.A. Überhöreffekte sowie Phänomene wie Adaption, Hörermüdung und Hysterese. Das Gesamtkonzept umfasst zudem ein Lehrbuch, methodisch optimierte Übungsmodule sowie Merkkarten, die zusammenfassend verschiedene Audiometrieremethoden erklären.

Dank diesem neuen Konzept können sich Kursorganisatoren auf das Vermitteln der theoretischen Audiometrie-Kenntnisse konzentrieren. Die Teilnehmer erhalten eine Einführung ins Simulationsprogramm sowie ein Lernpaket zur Festigung der theoretischen Kenntnisse, das flexibles Lernen am Arbeitsplatz oder zu Hause ermöglicht. Die intelligente Software weist sofort auf begangene Fehler hin und unterstützt dadurch das selbständige Arbeiten. Zudem kann die Kursleitung die Teilnehmer über das Internet betreuen.

Es hat sich gezeigt, dass diese Schulungsform deutliche Vorteile bezüglich Kostenersparnis und Qualitätssteigerung bietet: Für Ausbildungsinstitutionen bedeutet die neue Methode das Wegfallen von Probanden, die Fortführung des Normalbetriebs, weil reale Audiometer nicht für Kurse blockiert werden, einen geringeren Personalbedarf für die Kurse, eine Standardisierung der Ausbildung sowie eine objektive Beurteilung der Resultate.

Teilnehmer von Audiometrikursen profitieren von einer bedeutend kürzeren Ausbildungsdauer, von effizienteren Messungen sowie von einer höheren Patientensicherheit.

Neben Ausbildungszwecken wird das Simulationsprogramm dank seiner Objektivität auch erfolgreich für die Optimierung von Messmethoden verwendet.



**Wie lässt sich die maximal erreichbare Verständlichkeit optimal bestimmen?**

Brand, T., Wagener, K.

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Medizinische Physik

Der Diskriminationsverlust bzw. die maximal erreichbare Verständlichkeit ist eine wichtige Kenngröße für die Sprachaudiometrie in Ruhe. Das Standardverfahren zur Bestimmung der maximalen Diskrimination ist die Verwendung von jeweils 20 Wörtern des Freiburger Einsilbers bei zwei bis vier verschiedenen Messpegeln. Bei der Interpretation des Ergebnisses ist zu beachten, dass die Genauigkeit eines Sprachverständlichkeitstests durch die Binomialverteilung begrenzt wird. Eine gemessene Verständlichkeit von 50% entspricht tatsächlich einem 95% Konfidenzintervall von 25% bis 75%. Dieses Konfidenzintervall wird durch mögliche Schwankungen der Verständlichkeit der einzelnen Testwörter des Tests zusätzlich verbreitert. Leider wird dies nicht immer beachtet und die Ergebnisse werden oft überinterpretiert, was z.B. zu falsch diagnostizierten Diskriminationsverlusten oder Helmkurven führt. Eine Verkürzung der Messzeit ist aus diesen Gründen nicht sinnvoll. Optimieren lässt sich die Messgenauigkeit bei gleichem Zeitaufwand sowie die Aussagefähigkeit des Ergebnisses. Hierfür wurden folgende Möglichkeiten untersucht:

1. Verwendung des Einsilber Reimtests nach Wallenberg und Kollmeier mit verkürzten Testlisten (25 statt bisher 72 Wörter). Dieser Test wurde mit 30 Normalhörenden evaluiert. Es zeigte sich eine hohe Übereinstimmung der Verständlichkeitsfunktionen der verschiedenen Testlisten (50% Schwelle = 14,1 dB SPL  $\pm$  0,5 dB).
2. Leichte Abwandlung der verwendeten Messpegel und der Anzahl der Wörter pro Satz unter Berücksichtigung der durch die Binomialverteilung vorgegebenen Genauigkeit.
3. Vorhersage der Sprachverständlichkeit mit dem Speech-Intelligibility-Index (Brand und Kollmeier, ZfA, Suppl. 5, 2002, im Druck), um die Messpegel an der für die Messung günstigsten Stelle zu plazieren. Das Ergebnis der Messung beruht dabei weiterhin auf den Messdaten allein. Der Vergleich aus Vorhersage und Messung bietet ausserdem die Möglichkeit, Inkonsistenzen zwischen Tonaudiogramm und Sprachtest aufzudecken, was insbesondere für die Begutachtung wichtig ist.



**Ziffern-Tripel-Test: Sprachverständlichkeitstest über das Telefon**

Wagener, K., Eenboom, F., Brand, T., Kollmeier, B.

Medizinische Physik, Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg, Hörzentrum Oldenburg

In Anlehnung an den niederländischen automatischen Sprachverständlichkeitstest fürs Telefon (Smits et al., 2004) wurde eine deutsche Version des Ziffern-Tripel-Tests erstellt und optimiert. Diese Art des Sprachverständlichkeitstests ermöglicht es, auf einfache Art und Weise schnell die Sprachverständlichkeitsschwelle im Störgeräusch zu bestimmen. Der Test ist sowohl für die Durchführung über ein Telefon geeignet als auch als klinischer Sprachtest einsetzbar, der auch von Personen mit eingeschränktem Wortschatz durchgeführt werden kann.

Den Erfahrungen aus der Erstellung des Oldenburger Satztests folgend, wurden im Gegensatz zum niederländischen Vorbild nicht alle Tripel komplett gesprochen aufgenommen. Die einzelnen Tripel wurden aus den Aufnahmen von neun verschiedenen Tripel zusammengesetzt, bei denen jede einsilbige Ziffer an jeder Stelle im Tripel vorkam. Dadurch ist der Aufwand der Optimierung extrem reduziert und die prinzipbedingte Äquivalenz des Materials bereits sehr hoch. Für die Optimierung wurde der Test im Labor mit 12 normalhörenden Versuchspersonen in einer Breitband-Version und in einer Telefonband-gefilterten Version an sieben festen Signal-Rausch-Abständen (-18 bis -2 dB SNR) durchgeführt, um die ziffernspezifischen Verständlichkeitsfunktionen zu bestimmen. Die Verständlichkeit der einzelnen Ziffern wurde ausgeglichen, um die Genauigkeit des Tests zu steigern (Ausgleich entsprechend maximal 2 dB bei der Breitband-Version und 2,8 dB bei der Telefonband-Version). Somit konnte die zu erwartende Steigung der Gesamtverständlichkeitsfunktion des breitbandigen Tests von 12 %/dB auf 18 %/dB (Telefonband von 11 %/dB auf 17 %/dB) erhöht werden.



**Liefert der Göttinger Satztest in Ruhe Zusatzinformationen gegenüber dem Freiburger Einsilber Test bei CI Patienten?**

**Analyse an Hand eines Vergleichs zweier Sprachprozessoren**

Morsnowski, A., Müller-Deile, J.

HNO-Klinik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Die Evaluation des Rehabilitationserfolges der CI-Versorgung an Hand des Kieler Cochlear Implant Profils bei Erwachsenen sieht auch Untersuchungen mit dem Göttinger Satztest in Ruhe und im Störgeräusch vor.

Wir gehen der Frage nach, ob durch die Messungen mit dem Göttinger Satztest in Ruhe über die Ergebnisse mit dem Freiburger Einsilbertest hinaus Informationen zur Sprachverständlichkeit der Cochlear Implant Patienten gewonnen werden können.

Im Rahmen einer vergleichenden Untersuchung zweier Cochlear Implant Sprachprozessoren wurden 53 mit dem Nucleus CI24 versorgte Patienten sowohl mit dem körpergetragenen Sprint Prozessor als auch mit dem hinter dem Ohr tragbaren Esprit 3G versorgt. Die Untersuchungen fanden jeweils nach einer Tragedauer des Systems von mindestens einem Monat statt. Die Messungen wurden mit den Signalvorverarbeitungs-Algorithmen ADRO beziehungsweise Whisper durchgeführt.

Neben einer Messung der Diskriminationsfunktion mit den Freiburger Mehrsilbern wurden in jeder Situation die Freiburger Einsilber bei 70 und 50 dB sowie der Göttinger Satztest bei 65 und 50 dB registriert. Darüber hinaus führten wir eine adaptive Bestimmung der Sprachverständlichkeitsschwelle im Störgeräusch mit dem Oldenburger Satztest durch. Jede Messung wurde einmal wiederholt.

Die mit den Freiburger Mehrsilbern bestimmten Sprachverständlichkeitsschwellen zeigen, dass die Patienten in ihrem täglichen Gebrauch vergleichbare Empfindlichkeitseinstellungen mit den unterschiedlichen Systemen wählten.

Bei vergleichbarer Test-Retest Reproduzierbarkeit der Untersuchungen in Ruhe mit dem Göttinger Satztest und dem Freiburger Einsilber Test ergeben sich zwar unterschiedliche mittlere Sprachverständlichkeiten, aber die Unterschiede zwischen den Systemen bilden sich vergleichbar ab.





**Funktionsdiagnostische Begleitung der fraktionierten stereotaktischen Strahlentherapie von Patienten mit Akustikusneurinomem**

von Specht, H. (1), Rudolf, J. (2), Böckmann, M. (1), Freigang, B. (2), Pambor, C. (3), Gademann, G. (3)

(1) Abteilung für Experimentelle Audiologie und Medizinische Physik, (2) Universitätsklinik für HNO-Heilkunde, (3) Universitätsklinik für Strahlentherapie, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Die fraktionierte stereotaktische Strahlentherapie (fSRT) hat sich als wichtige Therapieoption in der Behandlung von Akustikusneurinomen (AN) etabliert. Die fSRT kombiniert die Präzision der Strahlenapplikation mit dem biologischen Vorteil der Fraktionierung. Im Ergebnis soll das gesunde Hirngewebe besser geschont werden. Zur Beurteilung des Therapieerfolges ist neben der Magnetresonanztomographie (MRT) den Funktionskontrollen des VII. und VIII. Hirnnerven eine besondere Bedeutung beizumessen. In der vorliegenden Studie erfolgten diese Kontrollen vor, während und nach der fSRT. Die Kontrollen nach fSRT erfolgten im drei- bzw. sechsmonatigen Abstand und erstreckten sich für die insgesamt 50 AN-Patienten [31 Patienten mit hypo-fSRT (5 x 4Gy, jeden 2. Tag), 19 Patienten mit normo-fSRT 30 x 1,8 Gy] über einen Zeitraum bis zu 4 Jahren. Zur Beurteilung des Funktionserhalts umfasste die Testbatterie die Reinton- und Sprachaudiometrie, die Registrierung von Hirnstammpotentialen (ABR) sowie die Fazialis- und Vestibularisdiagnostik.

Die Ergebnisse der Funktionsdiagnostik weisen kein einheitliches Bild auf, korrelieren aber z.T. mit den Befunden der MRT. Während wir nach der fSRT für den N. facialis keine oder nur subklinische Funktionsstörungen fanden, zeigten sich in der subjektiven Audiometrie und bei den ABR sehr unterschiedliche Befunde. So ergaben sich für einige Patienten keine oder nur geringe Hörverluste; für andere Patienten kam es - auch nach größeren Zeitabständen - zu ausgeprägten Hörverlusten. Über alle Patienten gemittelt betrug der Hörverlust 13 % (Röser, 1973) für einen Kontrollzeitraum von 3 Monaten bis zu 4 Jahren nach der fSRT. Die vorliegenden Ergebnisse dokumentieren die Notwendigkeit einer mehrjährigen Funktionskontrolle nach fSRT.

Literatur:

Röser D (1973) Das Tonaudiogramm als Grundlage der MdE-Skala. Z. Laryng.Rhinol.Otol. 52: 666-673



**Wie laut ist klassische Musik und wie ist das Hörvermögen von Berufsmusikern - Audiologie und erste Ergebnisse mit akustisch evozierten Potenzialen**

Emmerich, E., Grosch, J. (1), Middelkamp, M. (2), Richter, F.

Institut für Neurophysiologie des Klinikums der Friedrich-Schiller-Universität Jena, (1) FSA  
Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin mbH,  
Arbeitsmedizinisches Präventionszentrum Erfurt, (2) Hochschule für Musik "Franz List" Weimar

Es ist bekannt, daß Berufsmusiker sowohl aus klassischen Orchestern, als auch aus der Rock und Popszene häufig hörgeschädigt sind. In der Popszene sind dauerhafte Hörschwellenverschiebungen (PTS) bereits bei sehr jungen Musikern nachgewiesen.

Veränderungen der zentralen Verarbeitung akustischer Signale sind als eine funktionelle Reorganisation nach einer peripheren Schädigung zu sehen.

Ziel der Untersuchungen ist es, die spezifische funktionelle Organisation des auditiven Kortex bei Musikern und Nichtmusikern mit Hörschäden darzustellen.

Methodik:

- Schallanalyse während Proben, Konzerten und Einzelinstrumenten
- Audiologie
- Analyse von akustisch evozierten Potentialen und Magnetfeldern

Die Schallexpositionen wurden während der Proben bei verschiedenen Musikstücken, im Orchestergraben während der Vorstellung und an Einzelinstrumenten gemessen.

Akustisch evozierte Potenziale (AEP) und Magnetfelder (AEF) wurden von hörgesunden Probanden, von temporär hörgeschädigten Probanden (nach dem Besuch einer Diskothek/eines klassischen Konzertes) und von dauerhaft hörgeschädigten Berufsmusikern abgeleitet, um auditive Informationsverarbeitungsprozesse zu analysieren.

Die Audiologie an Musikern zweier großer Orchester und eines Musikgymnasiums bildet die Grundlage für die Untersuchungsgruppen für AEP und AEF.

Ergebnisse:

Schallexpositionen bei klassischer Musik überschreiten häufig Pegel von 100 dB (A), besonders betroffen waren bei den vorliegenden Untersuchungen die Bläser und Streicher.

Es sind Differenzen der AEP nach akustischer Stimulation mit verschiedenen Akkorden in den Untersuchungsgruppen zu zeigen.

Hörschwellenverschiebungen sind bereits im Musikgymnasium zu messen, besonders ausgeprägte PTS waren bei den vorliegenden Untersuchungen bei den Bläsern der Berufsmusiker zu messen.

Diskussion:

Wir erwarten bei hörgeschädigten Berufsmusikern, die ihren Beruf noch ausüben, daß eine andere Quellenlokalisation oder Aktivierung verschiedener Hirnareale zu messen ist, als bei vergleichbar schwerhörigen Nichtmusikern. Ein solcher Unterschied würde eine funktionelle Plastizität in der auditiven Verarbeitung erklären. Unsere Messungen ermöglichen erste Aussagen zu berufsspezifischen Lärmschäden und deren Auswirkung auf zentralnervöse Prozesse der auditiven Informationsverarbeitung.

Literatur:

Emmerich E, Richter F, Hagner H, Giessler F, Gehrlein S, Dieroff HG : Effects of discotheque music on audiometric results and central acoustic evoked neuromagnetic responses. Int Tinnitus J. 20028(1):13-9

