



# Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft ERA

Programm und Abstracts

26. und 27. November 2004

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Abteilung für Experimentelle Audiologie und Medizinische Physik

# AGERA 2004 - Wissenschaftliches Programm

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Abteilung für Experimentelle Audiologie und Medizinische Physik

Freitag, 26. November

- 14:00 Begrüßung
- 14:10 **E. Stürzebecher, M. Cebulla, C. Elberling, T. Berger (Frankfurt)**  
Neue effiziente Stimuli für die Generierung von frequenzspezifischen Auditory Steady-State Responses
- 14:40 **M. Cebulla, E. Stürzebecher, C. Elberling, T. Berger (Frankfurt)**  
Neue Stimuli für das AABR-Neugeborenen-Hörscreening
- 15:00 **Th. Rosner (München)**  
Phasen- und Amplitudenstabilität von AMFR
- 15:20 **H. Oswald (München)**  
Individuelle Reizpegel zur Auslösung maximaler DPOAE-Amplituden in Kombination mit AMFR
- 15:45 Pause
- 16:15 **H. Schulze (Magdeburg)**  
Kodierung amplitudenmodulierter Signale im auditorischen System
- 16:40 **R. Mühler, M. Ziese, H. von Specht (Magdeburg)**  
Registrierung von ASSR mit Laborsystemen
- 17:00 **V. Koci (Innsbruck), R. Mühler (Magdeburg)**  
Ein robustes Abbruchkriterium für überschwellige ASSR
- 17:20 **S. Hoth (Heidelberg)**  
Die Bedeutung objektiver Verfahren bei der Beurteilung der Lärmschwerhörigkeit (Begutachtung)
- 17:40 **H. von Specht (Magdeburg)**  
Beispiele zum Einsatz objektiver Verfahren in der Begutachtung – Schlussfolgerungen
- 19:30 Gemeinsames Abendessen im Gewölbekeller „Buttergasse“, Alter Markt 13

## Sonnabend, 27. November

- 9:00     **D. Anft (Halle)**  
Einsatz der Phasenaudiometrie und der Elektrocochleographie in der Diagnostik des Morbus Meniere
- 9:20     **S. Hoth (Heidelberg)**  
Die digitale Superposition von FAEP-Kurven: Ein einfaches aber nützliches Werkzeug für den Anwender
- 9.40     **J. Müller (München)**  
Erfassung der Reflexstärke des efferenten Systems mittels ipsilateraler DPOAE-Adaptation und kontralateraler Suppression
- 10:00    **N. Strenzke (Göttingen)**  
Auditorische Neuropathie in  $\beta$ IV-1- Spektrin-Knockout Mäusen
- 10:20    Pause
- 10:50    **W. Döring (Aachen)**  
Messung vestibulär evozierter myogener Potentiale (VEMP)
- 11:05    **E. Stürzebecher, M. Cebulla, C. Elberling (Frankfurt)**  
Objektiver Nachweis von auditorisch evozierten Potentialen—statistische Probleme beim mehrfachen Testen
- 11:20    **Th. Fedtke (Braunschweig)**  
Bezugsschwellen für Tonebursts
- 11:35    **S. Hoth (Heidelberg), H. von Specht (Magdeburg)**  
Neufassung der Empfehlungen zur Durchführung der ERA?
- 12:15    **Geschäftssitzung**

# **Amplituden und Phasenstabilität von AMFR**

**Thomas Rosner<sup>1</sup>, Johann A. Oswald<sup>2</sup>, Thomas Janssen<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>HNO-Klinik, Technische Universität München

<sup>2</sup>Lehrstuhl für Realzeit-Computersysteme, Technische Universität München

Zur frequenzspezifischen objektiven Diagnostik von retrocochleären Hörstörungen werden stationär akustisch evozierten Potentialen durch amplitudenmodulierte Sinustöne (AMFR) vor allem in der letzten Zeit in der internationalen Literatur sehr stark beachtet.

In der vorliegenden Studie werden erste Untersuchungsergebnisse mit einer selbst angefertigte Messplattform und Messsoftware vorgestellt. Neben der Stabilität der 'langsamen' 40-Hz-AMFR Antworten in Bezug auf Amplitude und Phase werden weitere Informationen über absolute Latenzen/Laufzeiten der Signale erörtert. Als statistische Testverfahren werden F-Test, Phasenstabilität, absoluter Rauschteppich und Signal-Rausch-Verhalten der erwarteten Amplituden im Vergleich zum Umgebungsrauschen als quasi konkurrierende Abbruchkriterien abgewägt. In Wiederholungsmessungen am normalhörenden Probanden mit 360 Messpunkten konstanter Messzeit von 5 Minuten konnten ebenso wie an 2 Schwerhörigen und 5 Normalhörenden unter normalen Messbedingungen erste Ergebnisse erzielt werden.

Es kann gezeigt werden, dass intraindividuelle Vergleiche der Phasen als auch der Amplituden die Signifikanz der Antworten im Vergleich zu interindividuellen, statistischen Vergleichswerten verbessern. Durch die Bedingung der Praktikabilität mit kurzen Messzeiten im klinischen Szenario ergaben vor allem in Hörschwellennähe Einzelmessungen alleine betrachtet unklare Ergebnisse. Externe Einflüsse wie diskrete Einstrahlungen, Unruhe des Patienten, Veränderung der Elektroden-/Sondenpositionen müssen explizit erkannt und dargestellt werden. Die Ergebnisse dienen als Grundlage zu Vergleichsmessungen bei der Kombination von AMFR und DPOAE Messungen, welche mit der vorgestellten Messplattform gleichzeitig mit identischem Stimulus erfasst werden können.

Gefördert durch DFG Ja597/6 und DFG Ja597/8

# Individuelle Reizpegel zur Auslösung maximaler DPOAE Amplituden in Kombination mit AMFR

Johann A. Oswald<sup>1</sup>, Thomas Rosner<sup>2</sup>, Thomas Janssen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Realzeit-Computersysteme, Technische Universität München

<sup>2</sup>HNO-Klinik, Technische Universität München

Anhand von Wiederholungsmessungen an 7 Normalhörenden und 3 Patienten mit einer cochleären Hörstörung von bis zu 50 dB HL werden in der vorliegenden Studie erste Ergebnisse einer gleichzeitigen Messung von kubischen Distorsionsprodukten otoakustischer Emissionen (DPOAE) und der mit amplitudenmodulierten Sinustönen ausgelösten stationären Potentialen (AMFR) vorgestellt (Hybrid Otoacoustic Emissions and Steady State Potentials Analysis (HOSSA)).

Mit einer selbst erstellten Messumgebung werden bei einer HOSSA einem amplitudenmodulierten Sinuston mit z.B. 40 Hz der Trägerfrequenz  $f_2$  und der Reizpegel  $L_2$  gleichzeitig ein weiterer Sinuston der Frequenz  $f_1=f_2/1.2$  und der Reizpegel  $L_1=0.4L_2+39\text{dB}$  (Pegelschere) über eine Ohrsonde dargeboten. Über EEG-Klebeelektroden am Vertex, Mastoid, Nacken wird die AMFR Antwort abgeleitet. Während  $f_2$ ,  $L_2$  konstant belassen werden, kann  $L_1$  und  $f_1$  variiert werden, um gleichzeitig mit einer AMFR Antwort mehrere DPOAE Antworten zu erhalten.

Folgende Ergebnisse können erkannt werden:

- AMFR & DPOAE Messung können praktisch unbeeinflusst voneinander gleichzeitig gemessen werden. Die kleinen, prinzipiell existierenden Beeinflussungen der jeweiligen Antwortamplituden treten bei normaler Anwendung in den Hintergrund.
- Die Phasen der Antworten bleiben unbeeinflusst.
- Während einer AMFR Messung können DPOAE mit verschiedenen Frequenz- und v.a. Pegelkombination aufgenommen werden (DPOAE-Pegelgebirge).
- Die Parameter der höchsten Amplituden der DPOAE-Pegelgebirge können im Vergleich zum 'Standard-Setting' der Pegelschere herangezogen werden, um individuell notwendige Reizunterschiede zu kompensieren, und anschließend im statistischen Mittel adäquate Reize und deren Antworten miteinander zu vergleichen. In Verbindung mit einem der HOSSA anschließenden schnellen DPOAE Screening kann diese individuell angepasste Pegelschere weitere praktische Vorteile bringen.
- Die Phasen der AMFR und DPOAE können quasi in Latenzen umgewandelt werden und könnten eine individuelle, differenzielle Bewertung auch in Bezug auf existierende Modellvorstellungen der Wellenausbreitung im Innenohr liefern.
- Die Abhängigkeit der Phase der DPOAE vom den Primärtonphasen muss beachtet werden, da der 'klassische' AMFR Stimulus zumeist  $90^\circ$  Phasenverschoben zum klassischen DPOAE Stimulus benutzt wird.
- Binaurale HOSSA kann die Messzeit zusätzlich verringern.

Gefördert durch DFG Ja597/6 und DFG Ja597/8

# Coding of amplitude-modulated sounds in the auditory system

Holger Schulze

Leibniz Institute for Neurobiology, Brennekestr. 6, 39118 Magdeburg, Germany

The time structure of amplitude-modulated sounds is encoded in the auditory nerve by neuronal discharges that are phase-locked to the sound envelope. In the mammalian auditory nerve, this phase-locking can be observed for periodically amplitude-modulated sounds up to envelope frequencies of about 5 kHz (Interestingly, a pitch of 5 kHz is the upper boundary of pitches that can be perceived by humans as notes within a musical scale). Hence, in the periphery of the auditory system there is a temporal (synchrony-) code for the temporal structure of sound envelopes.

Throughout the auditory pathway, there is a continuous transition from this temporal synchrony-code for amplitude-modulated sounds to a rate-place code for these sounds. This leads to a steady decrease of the upper frequency limit of phase-locking along the auditory pathway, and to a creation of a functional periodicity map, first described at the level of the midbrain, and later on in the auditory cortex [1].

The perceptual quality associated with periodic 100% sinusoidal amplitude modulated tones (AM) varies as a function of modulation frequency ( $f_m$ ): AM of low  $f_m$  (up to about 100 Hz) evoke percepts of rhythm and roughness and those of higher  $f_m$  percepts of periodicity pitch. A recent study provided evidence that these different perceptual qualities are paralleled by differences in neuronal responses in the primary auditory cortex [1]: AM of low  $f_m$  are represented by a temporal, non-topographical (synchrony) code in primary auditory cortex (AI) and AM of high  $f_m$  by a spatial (rate-place) code (periodicity map). Furthermore, learning performance also differs for low and high  $f_m$  in an AM discrimination task in gerbils: Learning proceeds faster and discrimination performance is slightly better for low than for high  $f_m$  [2]. Based on these latter results we follow the hypothesis that different learning mechanisms might be involved in discrimination learning of AM with different low or high  $f_m$ , that is, the synchrony or rate-place representation might be altered by different learning mechanisms. Whereas learning induced alterations of stimulus representations in sensory maps are well described (e.g. [3]) only little is known about the plasticity of temporal stimulus representations like the synchrony code.

By mapping of the AI before and after AM discrimination learning in individual animals it could be demonstrated that the number of neurons that code for the periodicity of the training stimuli increases with learning, and that specifically those neurons change their periodicity tuning which are also tuned to the spectral content of the training stimuli. Furthermore, by recording from implanted electrodes, responses from individual neurons or small clusters of neurons could be obtained before and after the training, revealing plastic changes of temporal and spectral response properties in AI neurons that were both stimulus related and unrelated. The data suggest a neural mechanism of differential alteration of the timing of excitatory and inhibitory afferent input to auditory cortical neurons due to AM discrimination learning [4].

[1] Schulze H, Langner G, 1997, *J Comp Physiol A* 181:651-663

[2] Schulze H, Scheich H, 1999, *Neurosci Lett* 261:13-16

[3] Recanzone GH et al., 1993, *J Neurosci* 13:87-103

[4] Schulze et al., 2002, *Acta Acustica united with Acustica* 88:399-407

---

# Registrierung von Auditory Steady-State Responses mit Laborsystemen

Roland Mühler, Michael Ziese, Hellmut von Specht

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Abteilung für Experimentelle Audiologie und Medizinische Physik

---

Die Registrierung stationärer auditorisch evozierter Potentiale (Auditory Steady-State Responses - ASSR) ist mit herkömmlichen Messplätzen zur Messung von transienten auditorisch evozierten Potentialen nicht möglich. Die Registrierung dieser Potentiale erfordert spezielle Verfahren der Reizerzeugung und der Messwerterfassung. So erfolgt die Bewertung von Kennwerten stationärer Potentiale (Amplitude, Reststörung, Phase, SNR) vorzugsweise im Frequenzbereich. Sollen ASSR korrekt registriert werden, müssen einige Grundgesetze der Signaltheorie berücksichtigt werden.

Die derzeit verfügbaren kommerzielle Messgeräte für ASSR sind für Hörschwellenmessungen ausgelegt, für methodische Untersuchungen jedoch wenig geeignet, da die Messparameter nicht oder nur in engen Grenzen beeinflusst werden können. Da zukünftig ein stark wachsendes Interesse an ASSR zu erwarten ist, wächst auch der Bedarf an frei konfigurierbaren Messplätzen zur Registrierung von ASSR.

Der Vortrag<sup>1</sup> demonstriert an drei erprobten experimentellen Setups, wie ASSR mit der Standardausrüstung audiologischer und elektrophysiologischer Labors (EEG-Verstärker, klinische Audiometer, Audiometrie Hörer) registriert werden können. Dabei werden technische Aspekte der Reizgenerierung und Reizdarbietung sowie der Messwerterfassung behandelt. Es wird gezeigt, dass die Programmierumgebung MATLAB sowohl für die Reizgenerierung als auch für die Datenauswertung besonders geeignet ist.

Alle drei vorgestellten Setups benutzen zur Reizerzeugung die zyklischen Wiedergabe MATLAB-generierter WAV-Dateien. Zur Digitalisierung des EEG wird im ersten Setup eine konventionelle Datenerfassungs-Karte mit Analog-Digital-Wandler benutzt. Das zweite Setup verwendet zur EEG-Digitalisierung ein 32kanaliges EEG-Messwerterfassungs-System (Neuroscan). Das dritte Setup basiert auf der Data-Acquisition-Toolbox von MATLAB und verwendet eine Soundkarte zur EEG-Digitalisierung.

---

<sup>1</sup> Manuskript eingereicht bei: *Zeitschrift für Audiologie*

---

# Ein robustes Abbruchkriterium für überschwellige ASSR

Viktor Koči<sup>1</sup> und Roland Mühler<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Klinische Abteilung für Hör-, Stimm- und Sprachstörungen, Medizinische Universität Innsbruck

<sup>2</sup>Abteilung für Experimentelle Audiologie und Medizinische Physik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

---

Die Registrierung der Auditory-Steady-State-Response (ASSR) kann zur objektiven frequenzspezifischen Hörschwellenbestimmung eingesetzt werden. Bei multifrequenten ASSR-Reizen werden in der Regel gleiche Stimulationspegel für die einzelnen Teilkomponenten verwendet. Bei einem ungleichmäßigen Hörverlust wird die Messzeit von der Zeit bestimmt, in der bei der Frequenz mit dem größten Hörverlust eine signifikante Antwort erzielt wird. Da für stark überschwellige Komponenten bereits nach kurzer Zeit eine signifikante Antwort zu erwarten ist, kann die Messzeit durch den Einsatz eines adaptiven Messverfahrens, das unterschiedliche Teilreizpegel zulässt verkürzt werden. Multiple ASSR-Reize mit variablen Teilreizpegeln wurden erstmals von John et al. (2002) als Multiple-Intensity Technique (MINT) vorgeschlagen.

Für eine praktische Implementierung dieses Verfahrens ist ein robustes Abbruchkriterium für überschwellige Reizpegel nötig. Die alleinige Anwendung z.B. eines auf dem Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) basierten Schwellenkriteriums (F-Test) ist problematisch, da in der Anfangsphase der Messung die Reststörung noch groß ist. Somit sind die Werte für Amplitude und SNR noch sehr unsicher. Deshalb schlagen wir den Einsatz eines 2-stufigen Messprotokolls vor, das zunächst die Reststörung auf ein bestimmtes Niveau absinken lässt und in der Folge die Messung abbricht, wenn das SNR einen Grenzwert erreicht.

Zur empirischen Bestimmung der Grenzwerte für diese beiden Kriterien wurden offline multifrequente ASSR-Messdaten von 24 normalhörenden Erwachsenen analysiert (Lux et al. 2003). Dabei wurden die Zeitverläufe der Reststörung und die Signalamplituden der einzelnen Antwortkomponenten ausgewertet. Der Grenzwert für die Reststörung wurde empirisch auf 40 nV festgelegt, so dass er in der Größenordnung der Amplituden für überschwellige Antworten liegt. Diese Reststörung wurde bei 75% der Messungen innerhalb von 20 s erreicht. Zur Abschätzung des zweiten Grenzkriteriums wurden im Zeitverlauf des SNR die Maximalwerte für fünf Spektrallinien zwischen den Signalfrequenzen analysiert. In 95% der Fälle wurde für diese Linien ein  $SNR < 2,5$  gemessen. Bei Anwendung des 2-stufigen Kriteriums auf die Messdaten bei überschwelligen Pegeln (20–50 dBHL) konnten 75% der Messungen nach 120 s (500 Hz), 153 s (1000 Hz), 190 s (2000 Hz) und 195 s (4000 Hz) abgebrochen werden.

Lux L, Pethe J, Mühler R, von Specht H (2003) Bestimmung der Hörschwelle durch die Registrierung von Amplitude Modulation Following Responses (AMFR) bei multifrequenter Stimulation. *Z.Audiol.* 42 (3):118-124

John MS, Purcell D, Dimitrijevic A, Picton TW (2002) Advantages and caveats when recording steady-state responses to multiple simultaneous stimuli. *J Am Acad Audiol* 13 (5):246-259



## Die Bedeutung objektiver Verfahren bei der Beurteilung der Lärmschwerhörigkeit (Begutachtung)

*Sebastian Hoth  
Univ.-HNO-Klinik Heidelberg  
Beitrag zur AGERA 2004*

In der bisherigen Praxis spielen bei der Begutachtung von Lärmschäden des Gehörs unter den objektiven Verfahren vor allem die frühen und späten akustisch evozierten Potentiale (FAEP und SAEP) eine Rolle. Sie dienen hauptsächlich der Befundkontrolle bei Verdacht auf Aggravation oder Simulation. Darüber hinaus liefern sie auch Aussagen über die Ursache der Hörstörung, z.B. einen Hinweis darauf, ob retrocochleäre Prozesse zur Hörstörung beitragen. Wichtigster Gegenstand dieser Betrachtung soll aber die Frage sein, ob die otoakustischen Emissionen (OAE) in der Lage sind, den cochleären Lärmschaden mit einer für die Begutachtung ausreichenden Zuverlässigkeit nachzuweisen.

Hartnäckig hält sich seit Jahren das Gerücht, die OAE wären in der Lage, eine beginnende Innenohrschädigung anzuzeigen, bevor sie im Tonaudiogramm manifest wird. Evidenz hierfür ist nur für einzelne Spezialfälle erbracht worden. Beispielsweise zeigten *Plinkert* und Mitarb. 1991, daß die Amplitude der TEOAE nach Zytostatika-Gabe (Cisplatin) bereits dann signifikant abnimmt, wenn im Tonaudiogramm praktisch noch keine Hörverschlechterung feststellbar ist. Auch bei zeitlich begrenzter „subriskanter Impulsreizung“ (Schießübungen von Rekruten) könnten die TEOAE für den Nachweis beginnender cochleärer Schäden sensitiver sein als das Tonaudiogramm (*Hotz et al. 1993*). In einem Methodenvergleich erwiesen sich die TEOAE als das empfindlichste objektive Meßverfahren, um „durch Impuls- oder Dauerlärm hervorgerufene Schädigungen des cochleären Verstärkers zu erfassen“ (*Plinkert et al. 1995*).

In Bezug auf die *chronische* Lärmexposition liegt zunächst eine Untersuchung mit nicht ganz eindeutigen Ergebnissen vor (*Kværner et al. 1995*): Bei Lärmarbeitern werden nach Schichtende sowohl Amplitudenabnahmen der transitorisch evozierten OAE (TEOAE) als auch temporäre Schwellenverschiebungen (TTS) beobachtet, zwischen beiden bestehe aber keine Korrelation. Es wäre möglich aber sehr gewagt, diesen Umstand als Hinweis darauf zu deuten, daß die TEOAE der subjektiven Schwelle in Hinblick auf die Empfindlichkeit für beginnende Innenohrschäden überlegen sind. Auch die otoakustischen Distorsionsprodukte (DPOAE) verlieren nach (akuter) Lärmeinwirkung vor allem bei hohen Frequenzen an Amplitude, ebenfalls ohne Korrelation zur tonaudiometrischen TTS (*Oeken et al. 1996*).

Zur Eignung der DPOAE bei der *Begutachtung* der chronischen Lärmschwerhörigkeit (CLS) äußerten sich zunächst *Oeken et al. 1995*. Sie beschreiben eine allgemeine Kongruenz zwischen dem Frequenzverlauf von DP-gramm und Audiogramm, machen jedoch keine Aussage zur Frage der höheren Empfindlichkeit der OAE und sprechen die Empfehlung aus, die DPOAE als weitere differentialdiagnostische Methode in die Begutachtung der CLS aufzunehmen. *Plinkert* und *de Maddalena* 1996 fanden anhand von 50 Lärmgutachten eine Zuordnung zwischen der Nachweisbarkeit von TEOAE und DPOAE einerseits und der nach *Boeninghaus* und *Röser* berechneten Gesamt-MdE. Schließlich sei eine weitere Arbeit von *Oeken* (1999) erwähnt, in welcher am Beispiel des SISI-Tests erstmals die Ablösung der im Rahmen der Begutachtung noch immer geforderten überschwelligen Audiometrie durch die OAE-Messung diskutiert wird.

Die Frage nach dem Nutzen der OAE bei der durch *berufliche Lärmexposition* bedingten Schwerhörigkeit wird in jüngerer Zeit mit zunehmender Intensität bearbeitet. Von *Chan* u. Mitarb. ist in diesem Jahr eine Querschnittstudie publiziert worden, in der die otoakustischen Distorsionsprodukte (DPOAE) auf ihre Eignung untersucht wurden, die tonaudiometrischen Ergebnisse bei der Feststellung der Entschädigungswürdigkeit von beruflich exponierten Per

sonen zu festigen. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, daß ein DPOAE-Screening bei 1,5 und 2 kHz das Vorliegen eines entschädigungsrelevanten Lärmschadens mit hoher Sensitivität (100%) und akzeptabler Spezifität (86%) anzeigt. Wegen des häufigen Auftretens falsch positiver und falsch negativer Ergebnisse empfehlen die Autoren aber die DPOAE einzig als einen Zusatz zur Tonaudiometrie.

Schließlich ist in jüngster Zeit von *Miller* u. Mitarb. (2004) eine Längsschnittstudie an insgesamt 174 Fällen vorgelegt worden, bei der die TEOAE und DPOAE chronisch lärmexponierter Personen im Vergleich zu einer Kontrollgruppe über einen Zeitraum von 4 Jahren beobachtet und mit den tonaudiometrischen Befunden verglichen wurden. In den Gruppenmittelwerten zeigen sich sowohl bei der Schwelle als auch bei den Emissionsamplituden nur kleine Effekte: Vom 2. zum 3. Jahr des Beobachtungszeitraums nimmt innerhalb der Gruppe exponierter Personen die Schwelle um 1.2 dB ab, die DPOAE-Amplitude um 0.9 dB und die TEOAE-Amplitude um 0.6 dB, innerhalb der Kontrollgruppe sind die (wahrscheinlich altersbedingten) Effekte nur wenig kleiner (bei den TEOAE sogar größer). Bei Betrachtung individueller Fälle werden viele Varianten beobachtet, die kein einheitliches Bild ergeben. Im allgemeinen spiegeln sich temporäre oder permanente Schwellenverluste in einer Abnahme der Emissionsamplitude wieder. Dem stehen aber zahlreiche entgegengesetzte Beobachtungen gegenüber: Ebenso wie die Schwelle sich nach einer TTS zurückbilden kann ohne daß die OAE ihre ursprüngliche Amplitude wiedererlangen, lassen sich Fälle finden, in denen eine Schwellenabwanderung nicht einmal mit einer Abnahme der OAE-Amplitude einhergeht. Es leuchtet ein, daß diese Variabilität der Befunde bei der Betrachtung von Gruppenmittelwerten nicht zu repräsentativen Ergebnissen führen kann.

Die eingangs gestellte Frage, ob die OAE als Frühwarnsystem für beginnende Lärmschäden des Ohres dienen könnten, bleibt somit vorläufig unbeantwortet.

---

#### *Literatur:*

- Chan VSW, Wong ECM, McPherson B (2004) Occupational hearing loss: screening with distortion-product otoacoustic emissions. *Int J Audiol* 43: 323-329
- Hotz MA, Probst R, Harris FP, Hauser R (1993) Monitoring the effects of noise exposure using transiently evoked otoacoustic emissions. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 113: 478-482
- Kværner K, Engdahl B, Arnesen AR, Mair IWS (1995) Temporary threshold shift and otoacoustic emissions after industrial noise exposure. *Scand Audiol* 24: 137-141
- Miller JAL, Marshall L, Heller LM (2004) A longitudinal study of changes in evoked otoacoustic emissions and pure-tone thresholds as measured in a hearing conservation program. *Int J Audiol* 43: 307-322
- Oeken J (1999) Topodiagnostic assessment of occupational noise-induced hearing loss using distortion-product otoacoustic emissions compared to the short increment sensitivity index test. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 256: 115-121
- Oeken J, Menz D (1996) Amplitudenveränderungen von Distorsionsprodukten otoakustischer Emissionen nach akuter Lärmeinwirkung. *Laryngol Rhinol Otol* 75: 265-269
- Oeken J, Müller H (1995) DPOAE bei chronischer Lärmschwerhörigkeit – Vorschlag zur Begutachtung. *Laryngol Rhinol Otol* 74: 473-480
- Plinkert PK, Hemmert W, Zenner HP (1995) Methodenvergleich zur Früherkennung einer Lärmvulnerabilität des Innenohres. *HNO* 43: 89-97
- Plinkert PK, Kröber S (1991) Früherkennung einer Cisplatin-Ototoxizität durch evozierte otoakustische Emissionen. *Laryngol Rhinol Otol* 70: 457-462
- Plinkert PK, de Maddalena E (1996) Die Ableitung otoakustischer Emissionen bei der Begutachtung der chronischen Lärmschwerhörigkeit. *HNO* 44: 313-318

## **Beispiele zum Einsatz objektiver Verfahren in der Begutachtung – Schlussfolgerungen**

H. von Specht (Magdeburg)

Bei der Begutachtung von Lärmschäden des Gehörs sind die objektiven Verfahren: Impedanzaudiometrie, Otoakustische Emissionen, frühe und späte auditorisch evozierte Potentiale fester Bestandteil des Methodeninventars. Objektive Verfahren kommen hauptsächlich bei Verdacht auf Aggravation oder Simulation zum Einsatz. Über diese Fragestellung hinaus können die objektiven Verfahren auch Hinweise zur Ursache der Hörstörung liefern und damit Hinweise geben, ob neben einer kochleären Schädigung auch retrokochleäre Prozesse zur Hörstörung beitragen.

Anhand einiger Fallbeispiele soll die diagnostische Relevanz der verschiedenen objektiven Verfahren bei der Begutachtung von lärmbedingten Hörschäden diskutiert werden. Ein wesentlicher Gesichtspunkt betrifft den Einsatz später auditorisch evozierter Potentiale (SAEP). Bei Aufrechterhaltung der Simulation bzw. Aggravation sollte eine Korrektur fehlerhafter Reintonaudiogramme nur auf der Grundlage von „SAEP-Schwellen“ erfolgen.

# Einsatz der Phasenaudiometrie und der Elektrocochleographie in der Diagnostik des Morbus Ménière

Dirk Anft

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; HNO-Klinik Halle (Saale)

Ein Morbus Ménière wird im Zusammenhang mit dem Auftreten eines endolymphatischen Hydrops gesehen. Typische Symptome, die vornehmlich anfallartig auftreten, sind Tinnitus, Druckgefühl im Ohr, Hörverschlechterung und vor allem Vertigo. Diese Symptome sind jedoch nicht immer gleich stark ausgeprägt, so dass andere cochleäre oder retrocochleäre Krankheitsbilder nicht ausgeschlossen werden können. Von daher müssen diagnostische Verfahren eingesetzt werden, die Hinweise auf einen endolymphatischen Hydrops geben können.

So ist im Rahmen einer Elektrocochleographie ein vergrößertes Summationspotential SP<sup>-</sup> kennzeichnend für einen endolymphatischen Hydrops. Der größte Nachteil ist bei dieser Untersuchung, dass sie die Patienten recht belastet.

Demgegenüber ist die Phasenaudiometrie, die von der Arbeitsgruppe Mrowinski 1994 vorgestellt worden ist, eine Möglichkeit, die Belastungen für die Patienten deutlich zu verringern. Hierbei wird die Basilarmembran durch einen 30-Hz-Dauerton auf- und abbewegt, übertragen über eine Ohrsonde, die einer OAE-Sonde ähnlich sieht. Der Patient gibt die Hörschwelle für einen 2-kHz-Tonburst an, der zu festgelegten Phasen des Tieftons appliziert wird. Während der Patient, dessen Basilarmembran ungehindert auf- und abschwimmen kann, je nach Auslenkung der Basilarmembran unterschiedliche Hörschwellen mit einer Modulationstiefe von mindestens 15 dB angibt, gibt der Patient mit endolymphatischem Hydrops, unbeeinflusst von der Phase des Tieftons, annähernd die gleiche Hörschwelle an mit einer Modulationstiefe unter 15 dB.

Nachteilig ist, dass die Erstellung eines Phasenaudiogramms ein subjektives Verfahren ist, welches von den Möglichkeiten und Fähigkeiten des Patienten abhängt. In Vergleichsuntersuchungen zwischen Phasenaudiogramm und Elektrocochleogramm zeigte sich, dass beide Methoden etwa gleich verlässlich sind.

Grenzen sind für beide Verfahren zu hohe Hörverluste. Allerdings sind diese nicht völlig deckungsgleich. In der Elektrocochleographie beeinflusst der Hochtonhörverlust ab 40 dB oberhalb 4 kHz im Tonschwellenaudiogramm die Ausprägung des N<sub>1</sub> des CAP, beim Phasenaudiogramm ist der Hörverlust ab 30 dB im Bereich des 2-kHz-Test-Tonburst entscheidend. Andernfalls kann der Patient die Hörschwelle dieses Testreizes nicht mehr angeben.

Es bildete sich daraus folgendes Vorgehen: Sind die Patienten in der Lage, die Schwellen des Testreizes gemäß der Phase des Tieftons anzugeben, kann auf die belastendere Elektrocochleographie verzichtet werden. Sind die Patienten dazu nicht in der Lage, muss – bei ausreichendem Hochtonhörvermögen – auf die Elektrocochleographie zurückgegriffen werden. Nur, wenn das Hochtonhörvermögen nicht ausreicht, sollte an den Glyceroltest nach Klockhoff gedacht werden.

## Die digitale Superposition von FAEP-Kurven: Ein einfaches aber nützliches Werkzeug für den Anwender

Sebastian Hoth  
Univ.-HNO-Klinik Heidelberg  
Beitrag zur AGERA 2004

Abseits der großen methodischen Verbesserungen, die in den Diskussionen der AGERA traditionell einen großen Raum einnehmen, sind es manchmal kleine handwerkliche Hilfsmittel, die den Arbeitsalltag des „objektiven Audiologen“ erleichtern.

Eines der alltäglichen Probleme bei der Auswertung der frühen akustisch evozierten Potentiale (FAEP) besteht darin, daß das für die Messung der cochleo-mesenzephalen Leitzeit  $t_5-t_1$  unentbehrliche Potential J1 nicht eindeutig identifizierbar ist. Da diese Komponente vor allem bei niedrigen Reizpegeln aufgrund ihrer extrem ausgeprägten zweistufigen Wachstumsfunktion eine kleinere Amplitude aufweist als das Potential J5 und weil ihre Amplitude durch innenohrbedingte Hochtonschwerhörigkeiten, die in vielen klinisch relevanten Fällen im Spiel sind, wesentlich beeinträchtigt wird, ist an dieser Situation nichts zu ändern.

Dort, wo einer Verbesserung der Meßqualität unüberwindliche Grenzen gesetzt sind, besteht die Verpflichtung zur erschöpfenden Nutzung der begrenzten verfügbaren Information. Die Vertrautheit mit dem Nutzen der Mittelung verrauschter Signale legt es nahe, mehrere im überschwelligen Reizpegelbereich durchgeführte Messungen durchschnittlicher Qualität durch Summation zu einer Registrierung höherer Qualität zusammenzufassen. Dem steht nur scheinbar die Tatsache im Wege, daß die Latenz der einzelnen Potentiale vom Reizpegel abhängt. Da diese Reizpegelabhängigkeit alle Komponenten in gleichem Maße betrifft, kann sie durch eine der digitalen Superposition vorausgehende Verschiebung der einzelnen Kurven entlang der Zeitachse ohne Mühe und Informationsverlust kompensiert werden. Das Maß der Verschiebung wird von Potential J5, welches in aller Regel bis in die Nähe der Hörschwelle sicher identifizierbar ist, vorgegeben. Ertrag dieser latenzkompensierten Superposition ist in vielen Fällen eine eindeutige Rekonstruktion aller Potentiale J1 bis J5, die eine eindeutige Bestimmung der diagnostisch bedeutenden Latenzdifferenz zuläßt (Abb. 1). Sofern dies nicht gelingt, formuliert der Untersucher die Aussage „Hirnstammlaufzeit nicht bestimmbar“ auf einer wesentlich besser abgesicherten Grundlage.

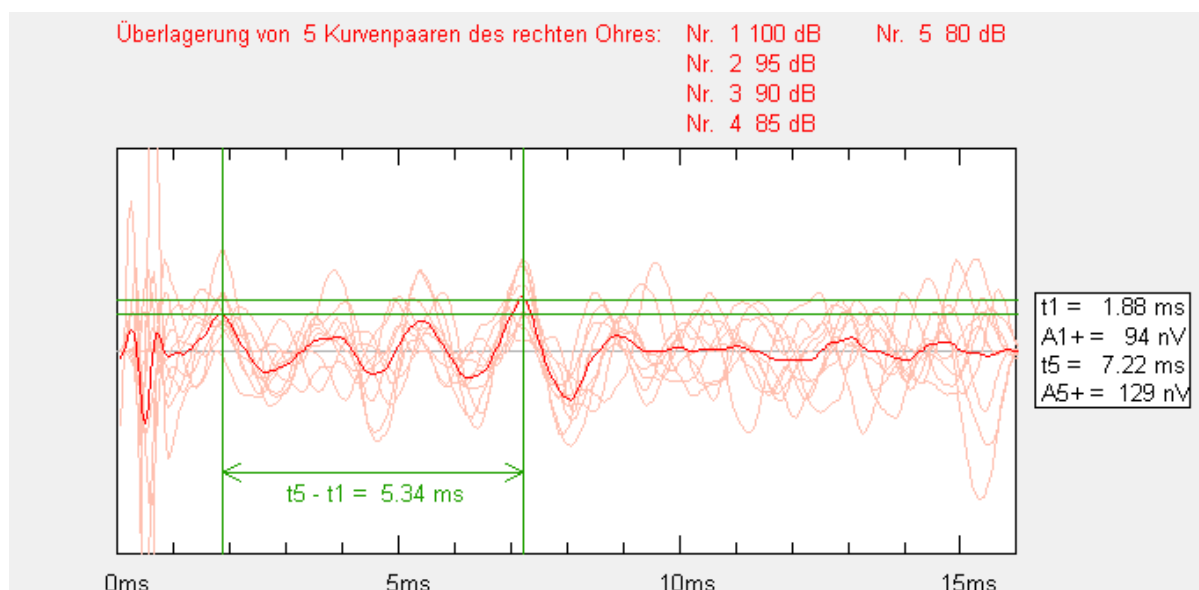


Abb. 1: Rekonstruktion des vollständigen Potentialmusters aus der latenzkorrigierten digitalen Superposition einer Serie einzelner FAEP-Registrierungen mit nicht sicher abgrenzbarem Potential J1.

# Erfassung der Reflexstärke des efferenten Systems mittels ipsilateraler DPOAE-Adaptation und kontralateraler Suppression

Jörg Müller, Thomas Janssen, Wolfgang Wagner, Guido Heppelmann

Im Rahmen eines DFG-Projektes soll ein diagnostisches Werkzeug zur Erfassung der individuellen Lärmvulnerabilität mithilfe der Messung der Reflexstärke des efferenten Systems entwickelt werden.

Daten aus Tierversuchen (Maison und Liberman, J. Neurosci. 20, 2000; Luebke und Foster, J. Neurosci. 22, 2002) weisen auf eine individuell unterschiedlich starke lärmprotektive Wirkung des sogenannten medialen olivocochleären Bündels (MOCB) hin. Das MOCB besteht aus einem gekreuzten (ipsilateral stimulierbar) und einem ungekreuzten (kontralateral stimulierbar) Bündel. Die efferenten Nervenbahnen des MOCB innervieren dabei direkt die äußeren Haarzellen (äHz). Dies hat eine Veränderung der Motilität und damit der Verstärkungsleistung der äHz zur Folge. Dieser sogenannte efferente Reflex lässt sich indirekt über Änderungen der Amplitude der Distorsionsprodukte otoakustischer Emissionen (DPOAE) nach akustischer Stimulation messen. Dabei kann entweder die zeitliche Änderung der DPOAE-Amplitude, ausgelöst durch den ipsilateralen Stimulus selbst, die ipsilaterale DPOAE-Adaptation, oder die Differenz der eingeschwungenen Zustände ohne und mit kontralateral dargebotenem Schallstimulus, die kontralaterale DPOAE-Suppression, gemessen werden.

Bei Meerschweinchen (Maison und Liberman, J. Neurosci. 20, 2000) konnte eine Korrelation zwischen der individuellen Ausprägung einer Lärmschwerhörigkeit nach traumatisierendem Lärm und der zuvor gemessenen individuellen Reflexstärke gezeigt werden. Die Reflexstärke wurde dabei als Differenz der maximalen und minimalen Adaptationsamplitude bemessen. Es wurde festgestellt, dass mit Pegeländerungen von  $L_2$  von nur 1 dB (bei konstantem  $L_1$ ) starke Änderungen (über 20 dB) in der Adaptationsamplitude erzielt werden konnten. Ziel des DFG-Projektes ist es, diese Beobachtungen am Menschen zu verifizieren.

Bisherige Arbeiten zur DPOAE-Adaptation beim Menschen (Kim, Dorn, Neely und Gorga, JARO 2, 2001; Bassim, Miller, Buss und Smith, Hear. Res. 182, 2003) stellten im Vergleich zum Tierversuch deutlich kleinere Adaptationsamplituden (im Mittel im Bereich von 1 dB) fest, wobei der oben beschriebene Effekt der starken Adaptationsamplitudenänderungen nicht nachvollzogen werden konnte.

Da diese starken Adaptationsänderungen im Tierversuch nur bei bestimmten Pegelkombinationen auftraten, ist es nun das Ziel des Projektes geeignete Reizparadigmen zu finden, die ggf. eine Bestimmung der maximalen Reflexstärke zulassen. Zudem soll untersucht werden, ob eine Korrelation zwischen ipsilateraler Adaptation und kontralateraler Suppression vorliegt, um evtl. die einfacher zu messende Suppression anstelle der zeitaufwändigen und komplizierten Adaptationsmessung verwenden zu können. Letztendlich soll die Korrelation zwischen Reflexstärke und Lärmvulnerabilität bei lärmexponierten Menschen untersucht werden.

Erste Messergebnisse (Adaptation und Suppression) werden präsentiert. Bei DPOAE-Suppressionsmessungen konnten bereits starke pegelabhängige Änderungen in der Suppressionsamplitude beobachtet werden.

---

## Bezugsschwellen für Tonebursts

Thomas Fedtke (PTB Braunschweig)

---

Für die Hirnstamm-Audiometrie (BERA) oder die otoakustischen Emissionen (TOAE) sind in der Norm IEC 60645-3 zwei verschiedene Bezugssignale vorgesehen: Clicks und Kurztöne. Um vergleichbare Messungen durchführen zu können, sind Bezugs-Hörschwellen für mit diesen Signalen betriebene Schallwandler erforderlich. Während Bezugsschwellen für die Clicks bereits genormt werden (ISO/CD 389-6), gibt es bis jetzt noch keine entsprechenden Werte für Kurztöne. Der Hauptgrund dafür sind fehlende Messdaten. In der PTB laufen zur Zeit Messungen mit verschiedenen audiometrischen Wandlern unter Anwendung der von der ISO empfohlenen Prüfbedingungen. Ergebnisse für die ersten untersuchten Kopfhörer werden vorgestellt.

# Messung vestibulär evozierter myogener Potentiale (VEMP)

Wolfgang H. Döring, Herbert Dujardin, Martin Westhofen  
HNO-Klinik, Universitätsklinikum Aachen

---

## Physiologische Grundlagen

Bei der akustischen Stimulation des Innenohres wird das Schallsignal in Form einer Druckwelle der Lymphe nicht nur in die Cochlea, sondern aufgrund der miteinander verbundenen Lymphräume auch in den Sacculus und Utriculus des Gleichgewichtsystems geleitet. Dies kann bei höheren Schallpegeln zu einer Erregung der Otolithenorgane und zur Auslösung des vestibulospinalen Reflexes führen, wodurch u. a. Kontraktionen von Halsmuskeln entstehen. Von diesen ist insbesondere der M. sternocleidomastoideus, der vom Sternum auf beiden Seiten des Halses zum jeweiligen Mastoid zieht, gut zugänglich und zur Registrierung des Reflexes mit Oberflächenelektroden geeignet. Allerdings ist die Reaktion nur dann gut zu messen, wenn der Muskel vor Auslösung des Reflexes vorgespannt ist, um eine propriozeptiv neuromuskuläre Fazilitation zu erreichen. Die Messung des Reflexes in Form der vestibulär evozierten myogenen Potentiale (VEMP) kann zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Otolithenorgane unabhängig vom Bestehen einer sensori-neuralen Schwerhörigkeit oder Taubheit vorgenommen werden.

## Messung

VEMPs treten typischerweise im Latenzbereich von 15 – 25 ms ( $N_{19}$ ,  $P_{23}$ ) auf, so daß eine Grundeinstellung des ERA-Systems ähnlich der Messung der akustisch evozierten Potentiale mittlerer Latenz (MLR) sinnvoll ist. Das Meßzeitfenster sollte daher 30-70 ms lang sein, um die VEMPs sicher identifizieren zu können. Die Grenzfrequenzen der Biosignalfilter werden zweckmäßigerweise auf 30 Hz für den Hochpaß und ca. 300 Hz für den Tiefpaß eingestellt, um ein gutes SNR zu erzielen. Es werden 200 – 1000 Mittelungen benötigt bei einer Stimulationsrate unter 10/s (typisch: 6,9/s). Als Stimulus hat sich ein Tonpip von 1000 Hz mit 3-6 Schwingungen und einem Pegel von 85-90 dB nHL (Druckreiz) als sehr günstig erwiesen.

Die Amplituden der VEMPs sind wesentlich größer als die der AEP, so daß es notwendig ist, den Verstärkungsfaktor des Vorverstärkers deutlich zu reduzieren (ca. -40dB gegenüber der BERA, entsprechend einer Eingangsempfindlichkeit von ca. 1 mV). Dies kann bei einfacheren Meßanlagen zu Problemen führen.

Es können die üblichen Oberflächenelektroden verwendet werden, allerdings in einer anderen Anordnung. Die bei der BERA als gemeinsame Vertex-Elektrode (zweikanalige Messung) verwendete Elektrode wird statt auf dem Vertex jetzt auf dem Sternum plaziert. Die ‚Mastoid-Elektroden‘ werden jeweils seitlich am Hals auf dem M. sternocleidomastoideus angebracht. Damit lassen sich die ipsi- und contralateralen Muskelreflexe bei Stimulation des rechten oder linken Ohres durch einfache Umschaltung (wie bei der BERA), jedoch in einer gegenüber der BERA umgedrehten Polarität (‚minus‘ nach oben) registrieren. Für die neutrale Elektrode kann vorteilhaft die Anbringung an der Stirn gewählt werden.

Die Messung wird am liegenden Patienten vorgenommen, der aber während der Messung den Kopf heben und in dieser Position halten soll (sehr anstrengend, nicht immer durchführbar), um eine propriozeptiv neuromuskuläre Fazilitation des Reflexes zu erreichen. Dabei werden zwangsläufig auch andere Muskelgruppen aktiviert, so daß das Biosignal eine große Amplitude aufweist, die das SNR ungünstig beeinflusst. Auch bei intakter Otolithenfunktion sind die VEMPs nicht bei allen Patienten reproduzierbar meßbar. Gleichzeitig hervorgerufene auditorische Potentiale sind aufgrund der gewählten Ableitbedingungen in den Meßkurven nicht erkennbar.

Typische Fälle werden vorgestellt und diskutiert.



## **Auditorische Neuropathie bei $\beta$ -IV- $\Sigma$ 1-Spektrin Knockout-Mäusen**

N. Strenzke<sup>1</sup>, S. Lacas-Gervais<sup>2</sup>, S. Anderson<sup>1</sup>, T. Moser<sup>1</sup>

<sup>1</sup>InnenOhrLabor, Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Universität Göttingen

<sup>2</sup>Experimentelle Diabetologie, TU Dresden

---

Beta-IV-Spektrine vermitteln die Bindung zwischen Ankyrin G und spannungsabhängigen Natriumkanälen im Bereich von initialen Axonsegmenten und Ranvierschen Schnürringen. Spontanmutanten der Maus („quivering mouse“, Parkinson et al., 2001) zeigen Tremor, Ataxie und Gehörlösigkeit. Die hier untersuchte Knockout-Maus für die  $\Sigma$ 1-Isoform von Spektrin zeigt ultrastrukturelle Veränderungen der Nerven und diskrete lokomotorische Auffälligkeiten. Die durch Frequenz-BERA ermittelten Hörschwellen entsprachen denen von gesunden Kontrolltieren. Dagegen zeigte sich bei der Click-BERA eine zunehmende Latenzverzögerung für die Wellen Jewett I-V. Bei einer erhöhten Stimulusfrequenz von 90 Hz wurden diese Veränderungen deutlicher. Das Tiermodell erlaubt eine Korrelation der audiologischen Befunde einer auditorischen Neuropathie mit morphologischen Veränderungen im Bereich des Hörnervs.