



UniversitätsKlinikum Heidelberg

18. Jahrestagung der DGA
 Bochum, 5. März 2015

Das Potential der evozierten Potentiale

2. Fortbildung Audiologie und Funktionsdiagnostik
BAA und DVTA

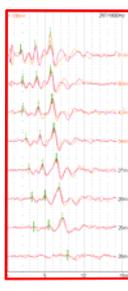
Sebastian Hoth
 Univ.-HNO-Klinik Heidelberg
sebastian.hoth@med.uni-heidelberg.de



Akustisch evozierte Potentiale im Überblick

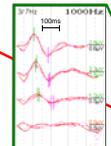
UniversitätsKlinikum Heidelberg

FAEP



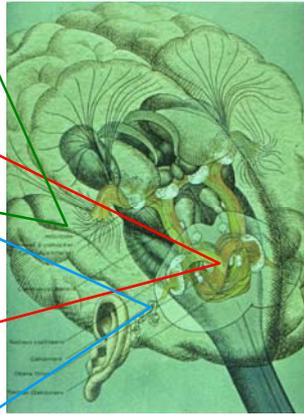
ECoChG





SAEP







Unsere Erwartungen an eine objektive Hörprüfung:

UniversitätsKlinikum Heidelberg

Hörstörung hinsichtlich ihrer **Art** identifizieren und ...
 ... in Bezug auf ihr **Ausmaß** (quantitativ) beschreiben.

Zentral	Gehirn	Bei welcher Frequenz (in Hz) wie viel Hörverlust (in dB)?
Neural	Hörnerv	
Sensorisch	Innenohr	Unbehaglichkeitsschwelle?
Konduktiv	Mittelohr	

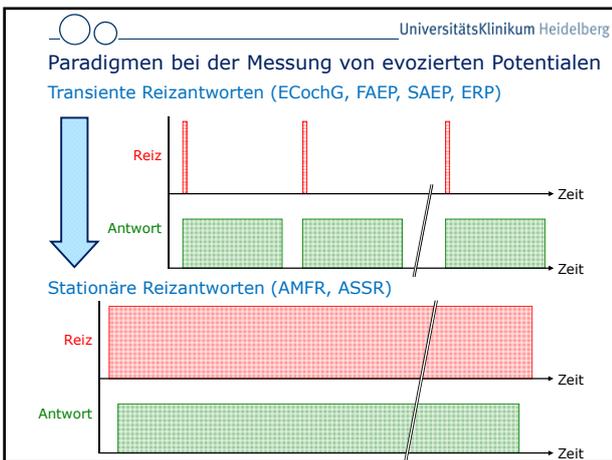
Die Möglichkeiten (oder: Das Potential) der AEP:

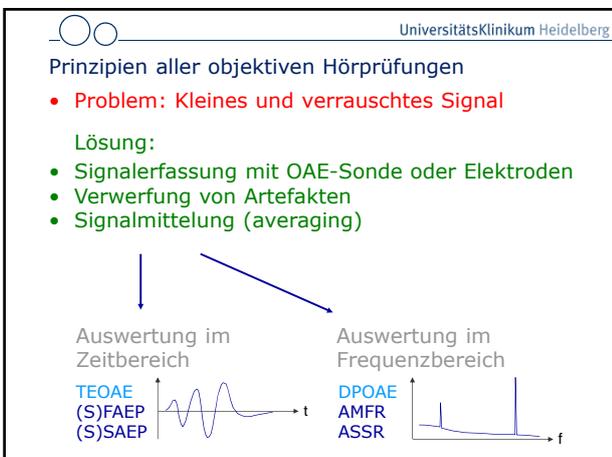
Topodiagnostik:	Hörschwelle:
Retrocochleäre Läsion	Hochtonbereich: Click-BERA
Zentrale Störung	Tiefenbereich: mehrere Bewerber

UniversitätsKlinikum Heidelberg

Übersicht alle AEP (akustisch evozierte Potentiale)

Click-BERA (brainstem electric response audiometry)		FAEP
Elektrocochleographie (ECochG)		SFAEP
Notch Noise BERA		FAEP
CERA (cortical electric response audiometry)		SAEP
EKP (Ereigniskorrelierte Potentiale)	MMN, ...	SSAEP
ERP (event related potentials)	P300, N400	SSAEP
AMFR (amplitude modulation following responses)		?
Chirp-BERA		FAEP
ASSR (auditory steady state responses)		?





UniversitätsKlinikum Heidelberg

Artefaktunterdrückung bedeutet:
Nur die besten Signalabschnitte werden weiter verwertet.

Hier wurde die rote Linie überschritten
→ 4 Signalabschnitte werden verworfen.

Amplitudenhistogramm – sehr praktisch
aber leider nirgends verfügbar.

Übrigens (falls es jemanden interessiert):
Die Artefaktunterdrückung ist ein Sonderfall der
gewichteten Mittelung.

UniversitätsKlinikum Heidelberg

Summation bedeutet:
Das Signal nimmt schneller an Amplitude zu als die Störung.

Mittelung bedeutet:
Die Signalamplitude bleibt konstant, die Amplitude der Störung
nimmt ab.

Halb so viel Rauschen

Vier Mal so lange messen

John et al. 2002

amplitude

sweep number

Unabhängig davon, ob Summation oder Mittelung betrachtet
werden:
Die Störung verschwindet niemals ganz → „Reststörung“

UniversitätsKlinikum Heidelberg

Grundschema bei der Messung von transienten AEP

Digitale Signalverarbeitung

Mittelungskurven
Ipsi- und contralateral
Druck- und Sogantwort getrennt
Teilmittelwerte

Clickreiz

Hirnstamm

J1 J3 J5

N. acusticus Nucleus cochlearis

Olivus superior

Potentialdifferenz in nV

Zeit in ms

N1 P2

Tonpuls

Cortex

Potentialdifferenz in nV

Zeit in ms

UniversitätsKlinikum Heidelberg

Elektrocochleographie (ECoChG):
 Transtympanale Registrierung ...
 ... der cochleären Mikrophonpotentiale (CM)
 ... des Summationspotentials (SP) und
 ... des Summenaktionspotentials (SAP)

Hoth und Lenarz 1994

UniversitätsKlinikum Heidelberg

Elektrocochleographie (ECoChG) transtympanal

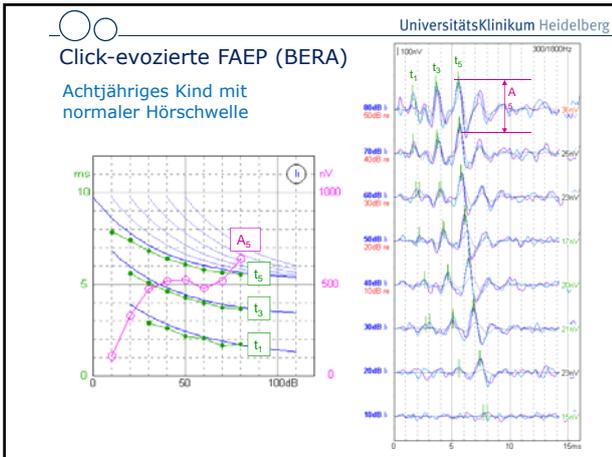
Normalhörendes Ohr eines 21 Monate alten Jungen

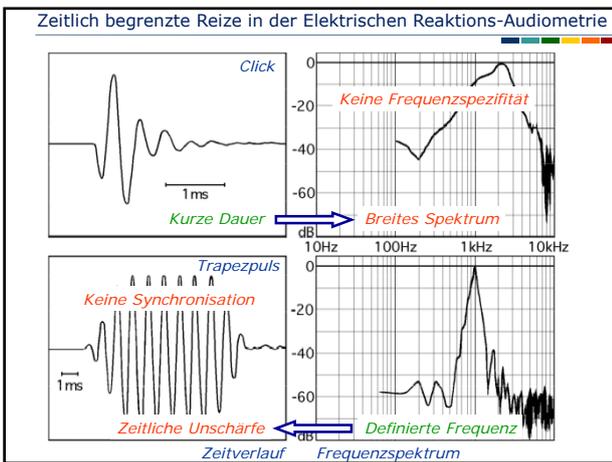
UniversitätsKlinikum Heidelberg

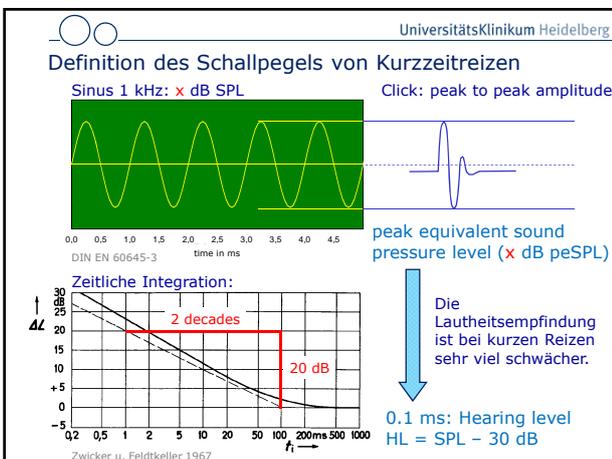
BERA (FAEP) Normalbefund

dB HL	1 kHz	1.5 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz	5 kHz	6 kHz	8 kHz	10 kHz
15	3.48	1.93	1.43	1.02	0.75	0.58	0.44	0.34	0.27
20	3.25	1.68	1.03	0.82	0.75	0.58	0.44	0.34	0.27
30	3.05	1.52	0.93	0.82	0.75	0.58	0.44	0.34	0.27
40	2.85	1.35	0.82	0.82	0.75	0.58	0.44	0.34	0.27
50	2.65	1.18	0.75	0.82	0.75	0.58	0.44	0.34	0.27
60	2.45	1.02	0.68	0.82	0.75	0.58	0.44	0.34	0.27
70	2.25	0.85	0.62	0.82	0.75	0.58	0.44	0.34	0.27
80	2.05	0.68	0.55	0.82	0.75	0.58	0.44	0.34	0.27
85	1.85	0.52	0.48	0.82	0.75	0.58	0.44	0.34	0.27

Erfassung von Hörstörungen im Hochtonbereich



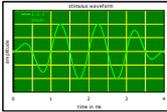




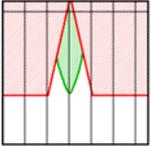
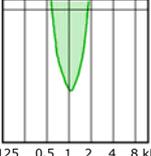
UniversitätsKlinikum Heidelberg

Frequenzspezifische Messung der FAEP

Stimulation mit **Tonpulsen**



Stimulation mit **Tonpulsen** und **Maskierung mit kerngefiltertem Rauschen "Notch Noise"**

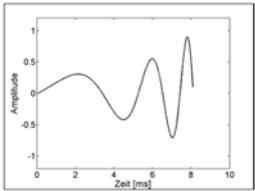



0.125 0.5 1 2 4 8 kHz

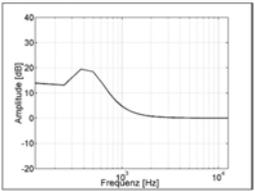
UniversitätsKlinikum Heidelberg

Low chirp BERA

Definition und Eigenschaften des Reizes



Oscillogramm: **synchrone Anregung der ganzen apikalen Windung**



Spektrum: **vorwiegend niedrige Frequenzen (Maximum bei 400 Hz)**

Möglicherweise gibt der "low chirp" den transienten Antworten aus dem Tieftonbereich die Synchronisation zurück.

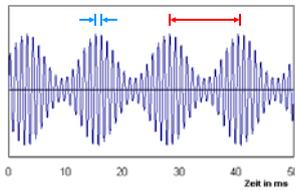
Plotz et al. 2006

UniversitätsKlinikum Heidelberg

AMFR^{*}): Messprinzip

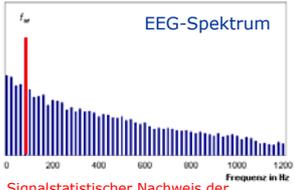
Amplitudenmodulierter Sinuston

z.B. Trägerfrequenz $f_c = 1 \text{ kHz}$
Modulationsfrequenz $f_M = 83 \text{ Hz}$



Zeit in ms

EEG-Spektrum



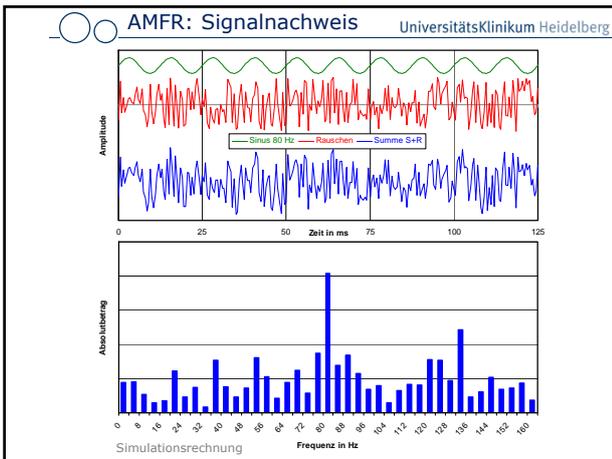
Frequenz in Hz

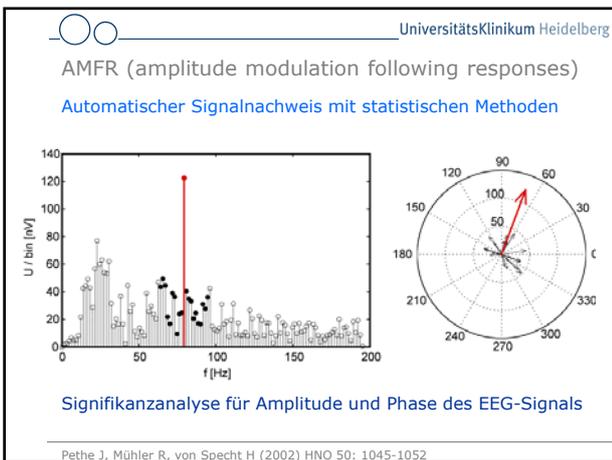
Spektrum des AM-Reizes

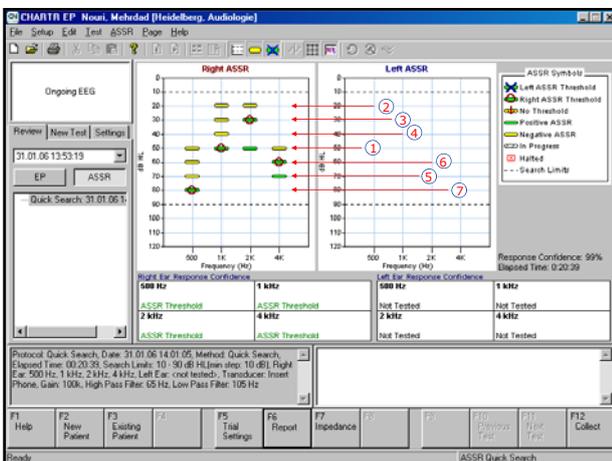
f_c
 $f_c - f_M$ $f_c + f_M$

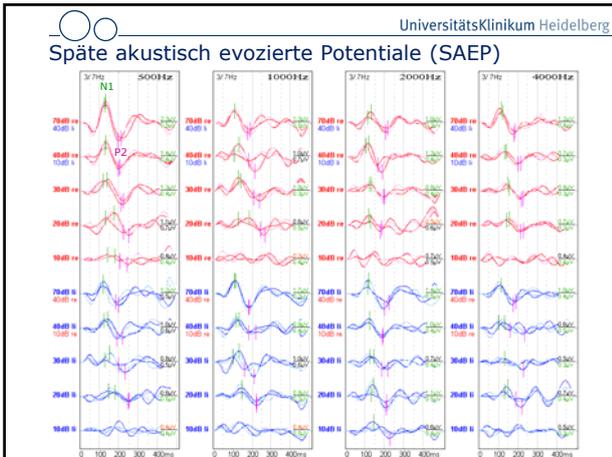
Signalstatistischer Nachweis der Modulationsfrequenz im EEG-Signal

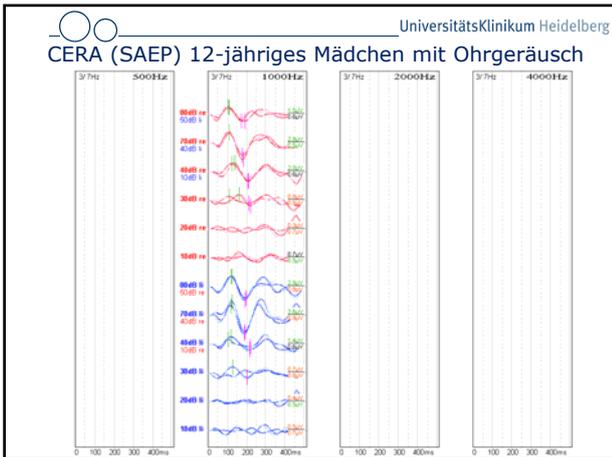
^{*}) Amplitude Modulation Following Responses Hoth 2006











UniversitätsKlinikum Heidelberg

Kriterien für den praktischen Einsatz der AEP

Potentiale	Methode	Frequenz-spezifisch	Vigilanz-unabhängig	Reifungs-unabhängig
FAEP	BERA	Nein	Ja	Ja
MAEP	ASSR	Ja	Ja	Ja
SAEP	CERA	Ja	Nein	Nein

Nicht vergessen: „Differentialdiagnostik Akustikusneurinom“ geht nur mit der BERA!

UniversitätsKlinikum Heidelberg

Detektion einer Reizantwort im Störgeräusch

Nicht vorhandene AEP und solche, deren Nachweis nicht gelungen ist, sind nicht dasselbe!

		Reizantwort erkennbar	Keine Antwort erkennbar
Die Reststörung ist die Effektivamplitude des Signals – ohne Reizantwort.	Wenig Reststörung	AEP-positiv Überschwellig	AEP-negativ Unterschwellig
Der Hersteller sorgt dafür, dass sie korrekt berechnet wird.	Viel Reststörung	AEP-positiv Überschwellig	? Wertlos
Sie wird in nV (Nanovolt) angegeben.			

Die Reststörung ist die Effektivamplitude des Signals – ohne Reizantwort.
Der Hersteller sorgt dafür, dass sie korrekt berechnet wird.
Sie wird in nV (Nanovolt) angegeben.

Daher ist „auffällig“ nicht dasselbe wie „nicht unauffällig“.

UniversitätsKlinikum Heidelberg

Die Schwierigkeiten einer objektiven Schwellenbestimmung werden häufig unterschätzt.

- Trivial – aber nicht immer ausreichend berücksichtigt: ruhige Umgebung (Geräuschpegel unter 30 dB_A)
- Die Antwort ist nicht wirklich abwesend sondern nur vom Reistrauschen verdeckt.
- Das Reistrauschen muss minimiert werden (entspannter Patient, evtl. Sedierung).
- Das Reistrauschen muss angegeben werden (DIN-EN 60645-6 und 60645-7).
- In jeder Ableitung (nicht nur in Schwellennähe) besteht eine endliche Wahrscheinlichkeit, dass die Antwort nicht detektierbar ist → „Selbstkonsistenz“ prüfen!
- Angemessene Räume, ausreichend Zeit, personelle Ressourcen und technische Ausstattung sind Voraussetzung.

Hohe Investition – und größte Sorgfalt – erforderlich!

UniversitätsKlinikum Heidelberg

BERA in der Pädaudiologie: Der Aufwand ist hoch!

Akustische Abschirmung

Reduktion aller Störeinflüsse



Wenn es mit Ihrer Ausstattung noch nie gelungen ist, bei 20 oder 10 dB Potential J5 nachzuweisen, dann sollten Sie mit Schwellenobjektivierungen zurückhaltend sein.

UniversitätsKlinikum Heidelberg

Sortierung der bisher vorliegenden Ergebnisse

	Steigung s_{50}	Unschärfe $u=1/4s_{50}$	
*) Click ABR:	28.3% pro dB	0.9 dB	✓
*) CERA 1 kHz:	13.7% pro dB	2.0 dB	
Low chirp BERA:	8.6% pro dB	2.9 dB	✓
500 Hz ASSR 40 Hz:	6.4% pro dB	3.9 dB	
*) 500 Hz ASSR 74 Hz:	6.1% pro dB	4.1 dB	
Notch noise BERA:	4.1% pro dB	6.0 dB	
500 Hz ASSR 90 Hz:	3.6% pro dB	6.9 dB	
Narrow band chirp BERA:	3.2% pro dB	7.8 dB	

Eine große Steigung geht mit einer hohen Korrelation von subjektiver und objektiver Schwelle einher.

*) Hoth S (2013) Z Audiol 52(2): 61-69

UniversitätsKlinikum Heidelberg

Die häufigsten Irrtümer bei der Beurteilung von AEP-Ergebnissen

„Es gab sehr viele Artefakte, also ist die Messung schlecht.“

Eine große Zahl von Artefakten sagt nur aus, dass eine Grenze häufig überschritten wurde.

„Die Zahl der Mittelungen ist auf 2000 eingestellt, dann wird es wohl so stimmen.“

Messungen mit 2000 Mittelungen können gut oder schlecht sein.

„Die Antworten sind gut zu erkennen, dann haben wir wohl eine gute Messqualität.“

Auch bei schlechten Messungen können Reizantworten nachweisbar sein.

„Es sind keine Antworten zu erkennen → schlechte Messqualität.“

Auch an tauben Ohren können (und müssen) gute Messungen gemacht werden.

Noch Fragen?



Hoth-Mühler
Neumann-Walger

Objektive Audiometrie im Kindesalter

Springer

Jetzt überall erhältlich
