
Hörscreening mit Otoakustischen Emissionen (OAE) und Akustisch Evozierten Potentialen (BERA)

Dr. biol. hom. Dipl. Ing. Thomas Steffens
Universitäts-HNO-Klinik Regensburg



Das OAE-Handbuch

Otoakustische Emissionen in der Praxis

Sebastian Hoth
Katrin Neumann



Vortrag als pdf:

www.uniklinikum-regensburg.de

...und weiter zur HNO-Audiologie

Hörscreening

Prävalenz einer bei Geburt bestehenden oder erworbenen spracherwerbsrelevanten Hörstörung

(beidseits ≥ 35 dB):

Allgemeine Neugeborene:

1..3 / 1000

Kinder auf

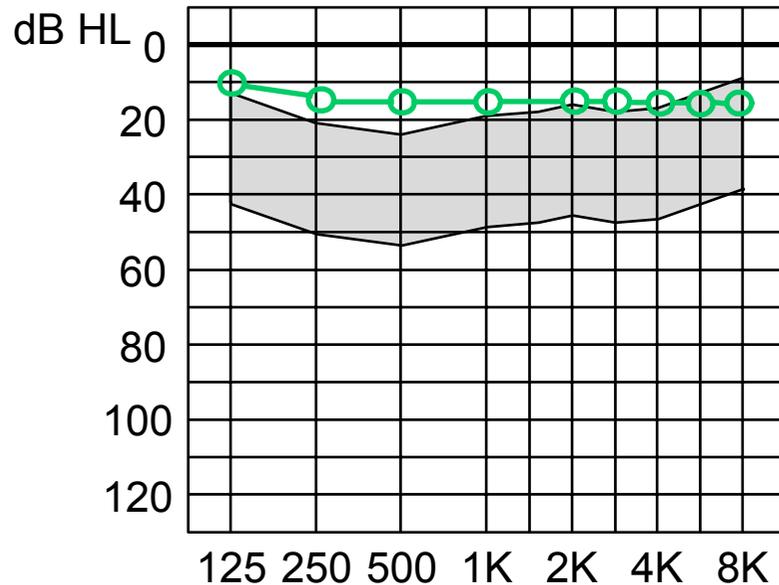
Neugeborenenintensivstation

13 / 1000

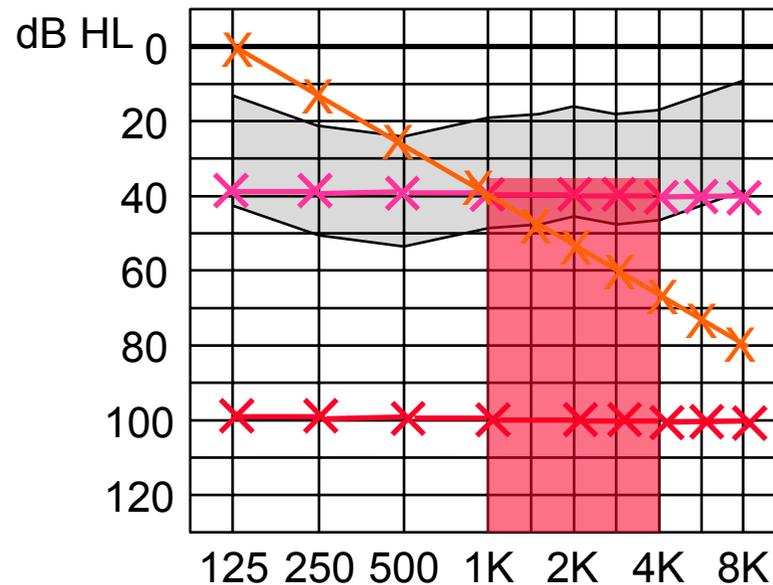


Spracherwerbsrelevante Hörstörung?

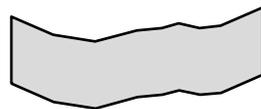
nein



ja!!



HV \geq 35 dB



Lautstärkebereich normallauter Sprache

Diagnosealter ohne Hörsceening

Grad der Hörstörung		Alter bei Vermutung	Alter bei Diagnose	Alter bei Therapiebeginn
leicht	25-40 dB HL	ca. 4,6 Jahre	ca. 5,9 Jahre	ca. 6,5 Jahre
mittel	40-69 dB HL	ca. 2,9 Jahre	ca. 3,7 Jahre	ca. 4,0 Jahre
hochgradig	70-94 dB HL	ca. 1,3 Jahre	ca. 2,0 Jahre	ca. 2,1 Jahre
resthörig bzw. taub	>95 dB HL	ca. 1,0 Jahre	ca. 2,5 Jahre	ca. 2,8 Jahre

N = 1669, Zentralregister f. kindliche Hörstörungen

Gross et al. 1999

Hörbahnreifung endet im Alter von 2 – 2 ½ Jahren!

Terminologie

Aufgabe des Screening-Verfahrens ist die Erkennung einer Krankheit.
Wird eine **Krankheit** erkannt, ergibt sich deshalb ein **positives** Suchergebnis.
Ist ein Patient **gesund**, ergibt sich ein **negatives** Suchergebnis.

Screening **negativ**:

Keine Anzeichen für eine Krankheit, Patient ist **gesund**.

Screening **positiv**:

Auffälligkeit erkannt, Patient ist **krank**.

Falsch negatives Ergebnis:

Patient ist eigentlich krank, wird aber als gesund angezeigt.

> **eine Frage der „Sensitivität“**

Falsch positives Ergebnis:

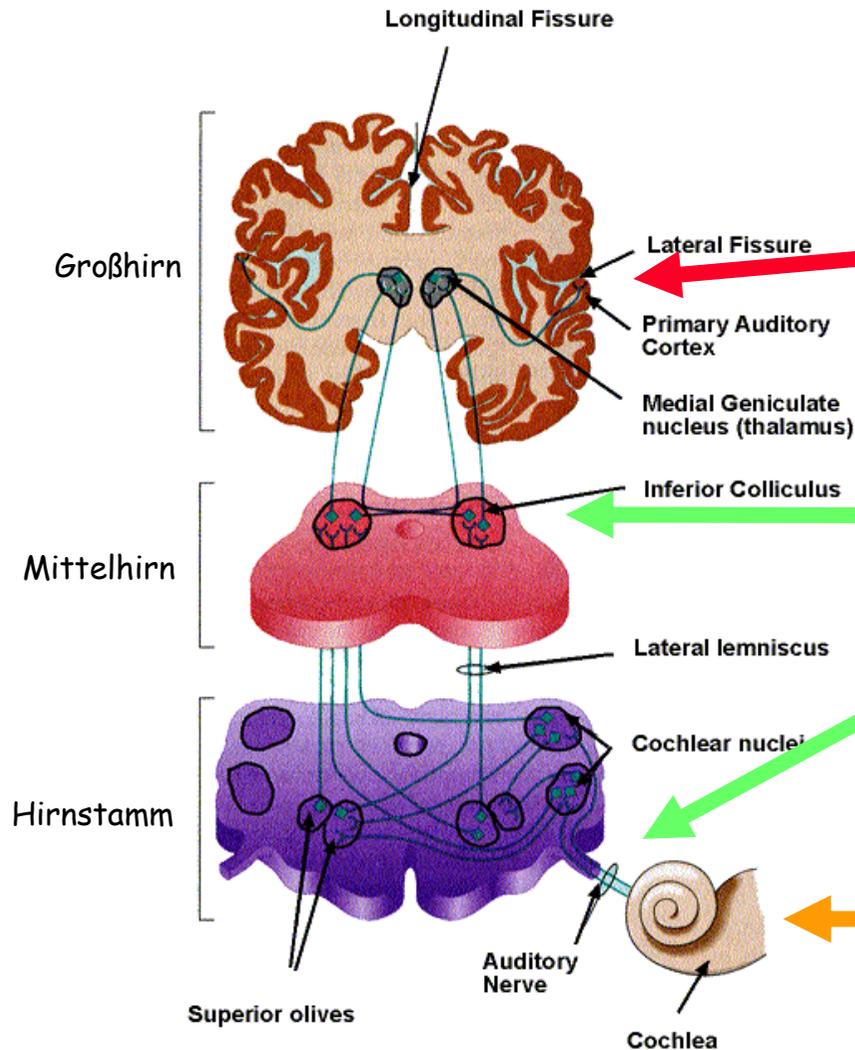
Patient ist eigentlich gesund, wird aber als krank angezeigt.

> **eine Frage der „Spezifität“**

G-BA-Beschluss zum Neugeborenen Hörscreening vom 19.6.2008

- Erkennung einer **beidseitigen** Hörstörung ≥ 35 dB
- Erstes Screening **bis zum 3. Tag**,
 - bei Frühgeborenen bis zum Erreichen des errechneten Geburtstermins
 - Bei kranken / mehrfachbehinderten Kindern bis zum 3. Lebensmonat
- Diagnosestellung bis zum 3. Lebensmonat
- Therapieeinleitung bis zum 6. Lebensmonat
- Erste Screeningstufe **TEOAE** oder **ABERA**
- Bei nicht normalem Ergebnis nach Wiederholungsmessungen: 2. Stufe mit ABERA bis zur U2
- Bei nicht normaler ABERA pädaudiologische Konfirmationsdiagnostik bis zur 12. Lebenswoche
- Ziel im zweistufigen Screening: **Pass-Rate 96%**

Zielstrukturen Hörscreening: Innenohr und zentrale Hörbahn, nicht Hörkortex

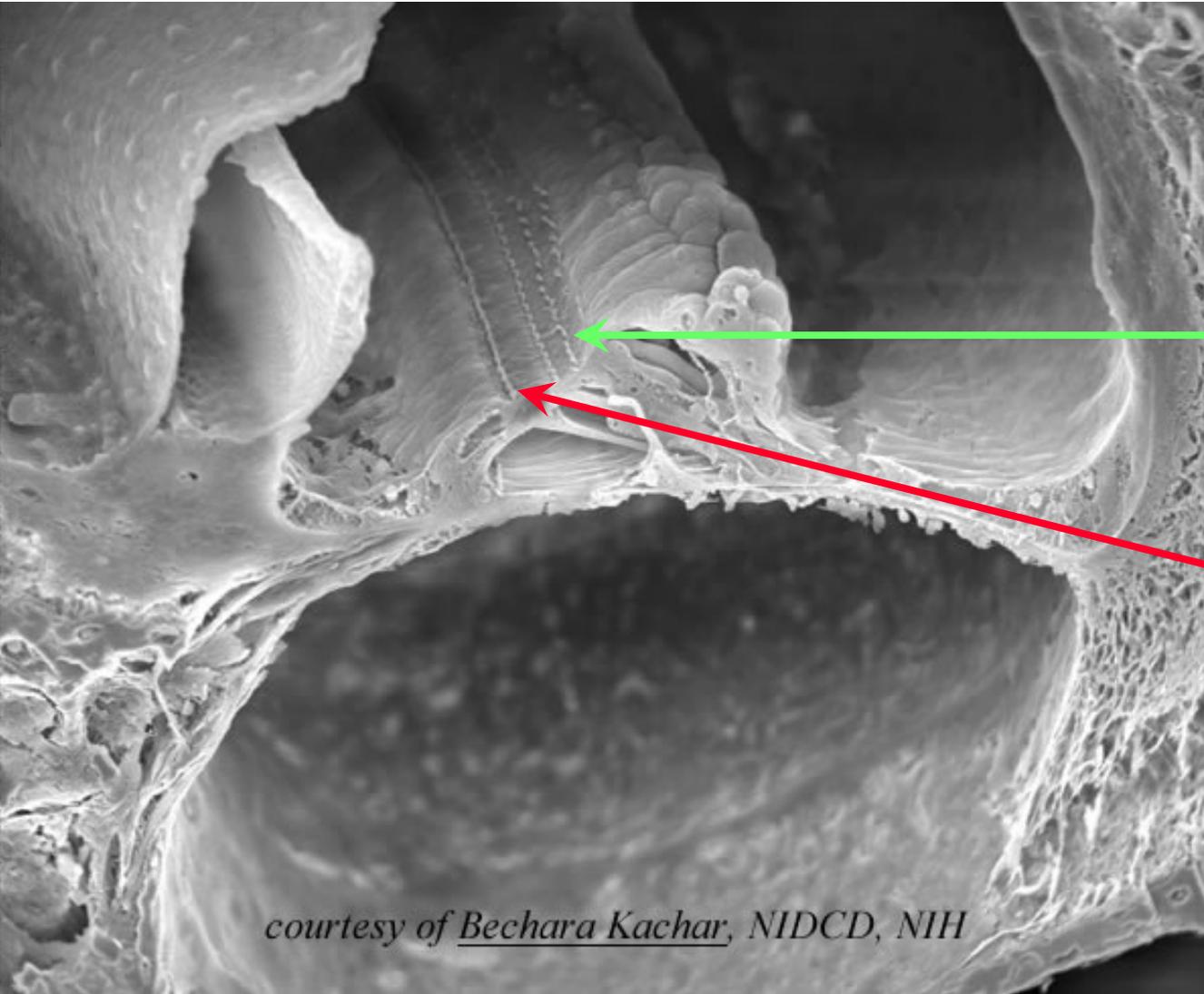


Keine Aussage über die Funktion des Hörkortex!

BERA:
Brainstem
Evoked
Response
Audiometry

OAE:
Oto-**A**kustische-**E**missionen
TOAE: Click
DPOAE: Zweitonreiz

Hörzellen im Innenohr

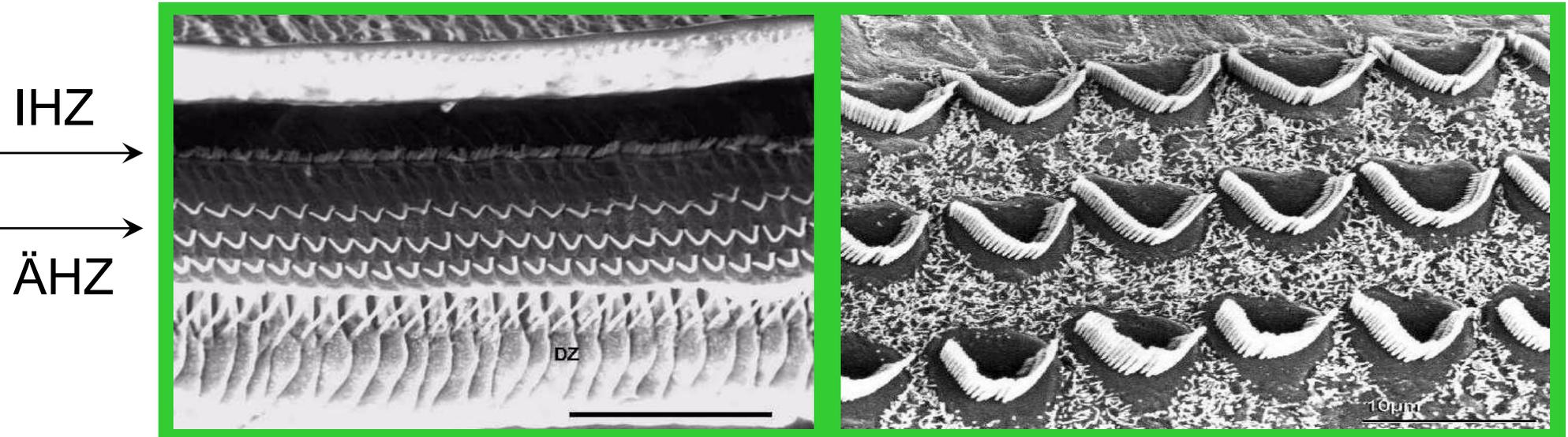


Äußere Haarzellen (ÄHZ)
verstärken Schallpegel <60 dB:
**Verstärkerzellen: OAE-
Quelle**

Innere Haarzellen (IHZ) setzen
Schall in Nervensignale um:
Hörzellen

courtesy of Bechara Kachar, NIDCD, NIH

Intakte und geschädigte Hörzellen

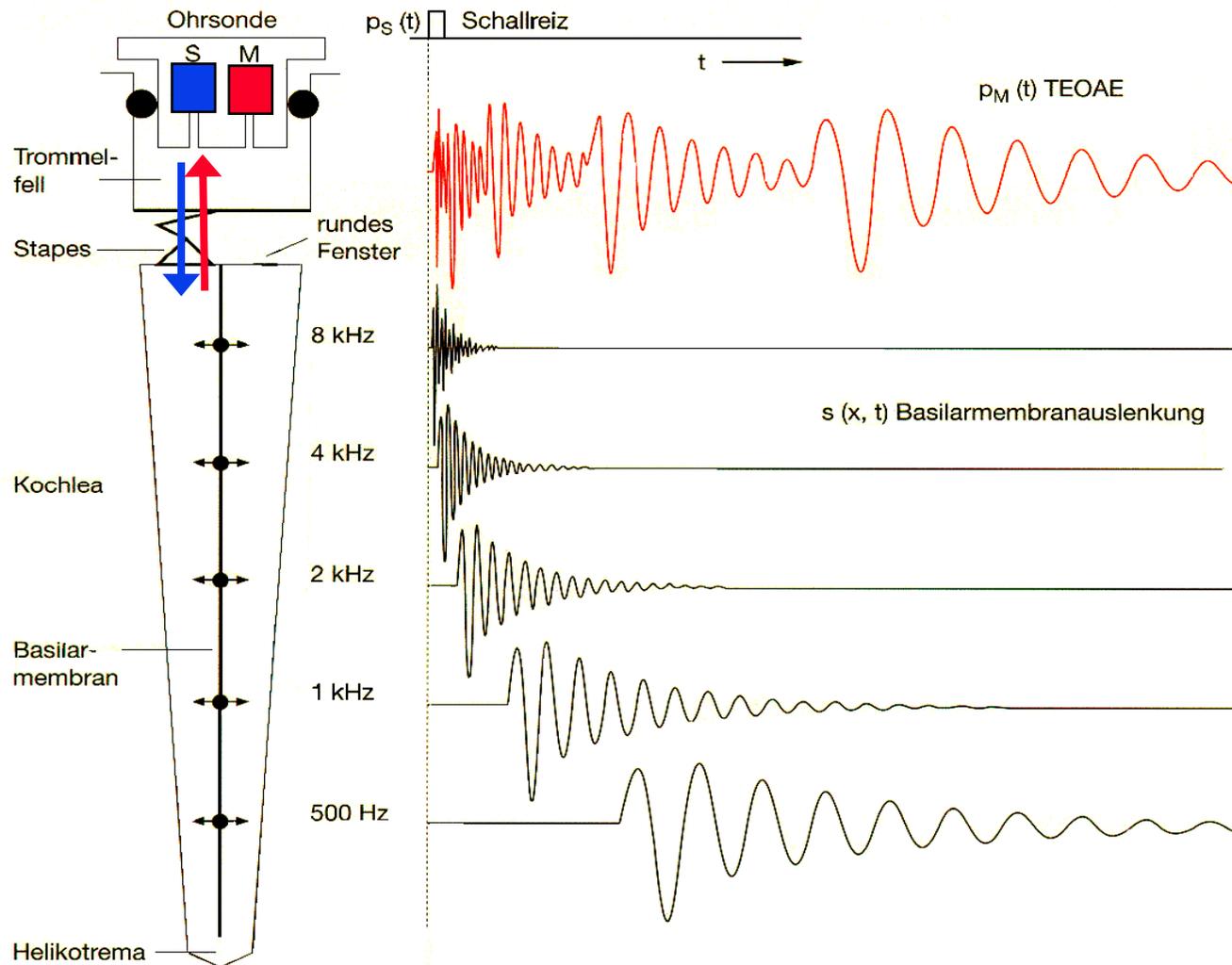


Intakte äußere und
innere Haarzellen (IHZ)

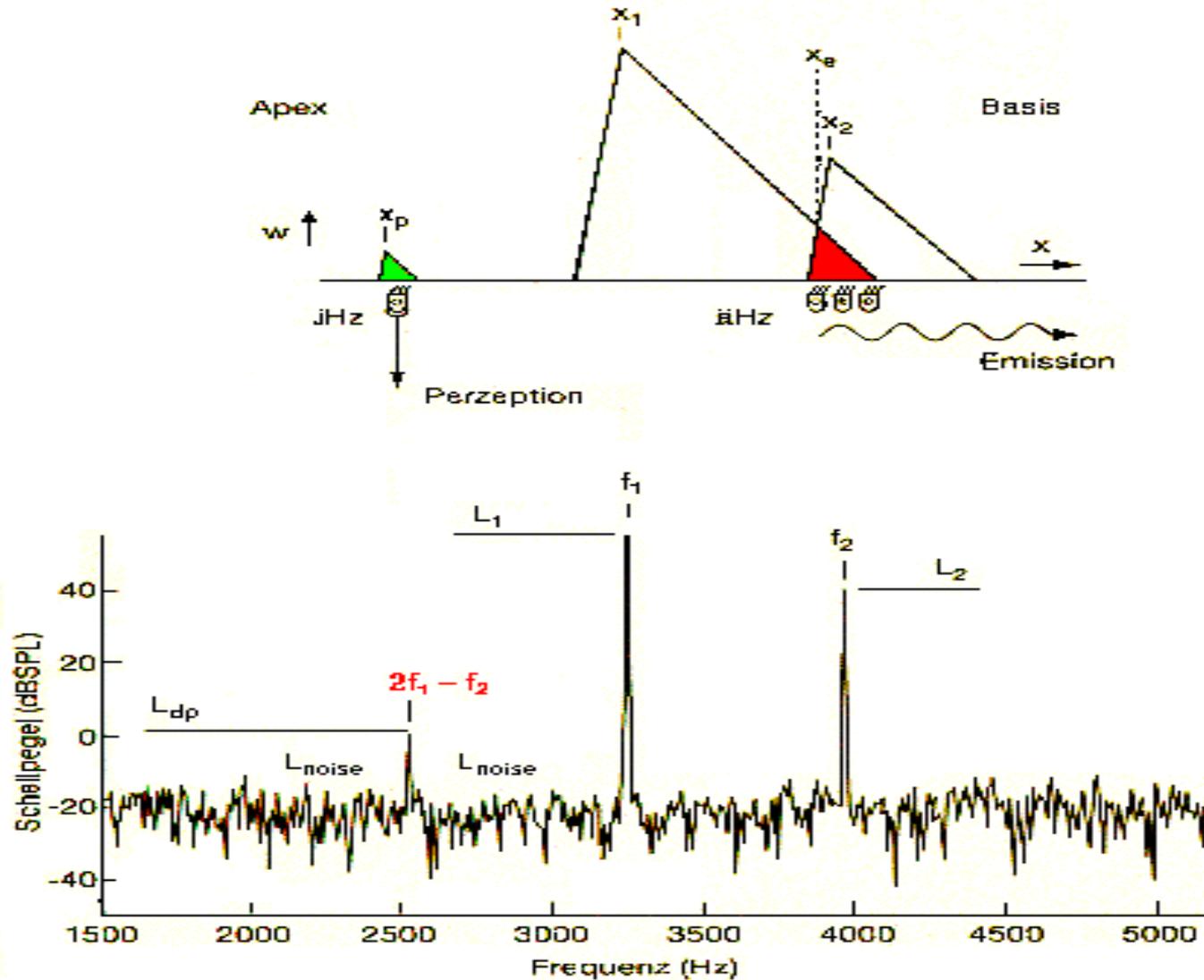
Geschädigte
äußere Haarzellen (ÄHZ)



TEOAE - Generierung



DPOAE - Generierung



OAEs im Hörscreening

DPOAE:

längere Messzeit

hohe Frequenzgenauigkeit

HV < 50 dB

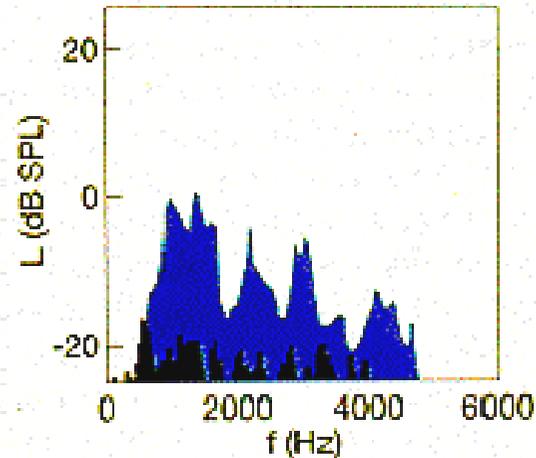
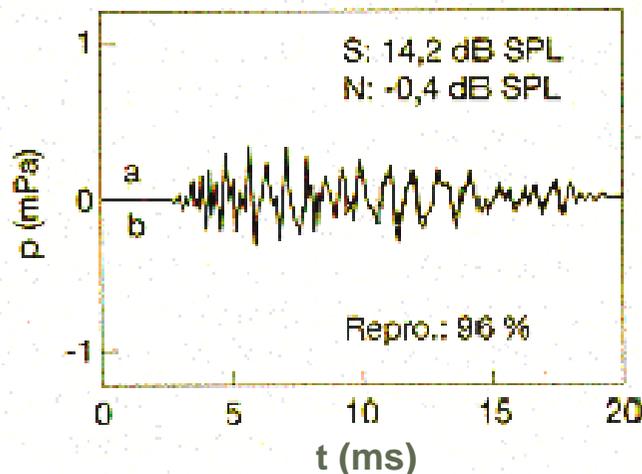
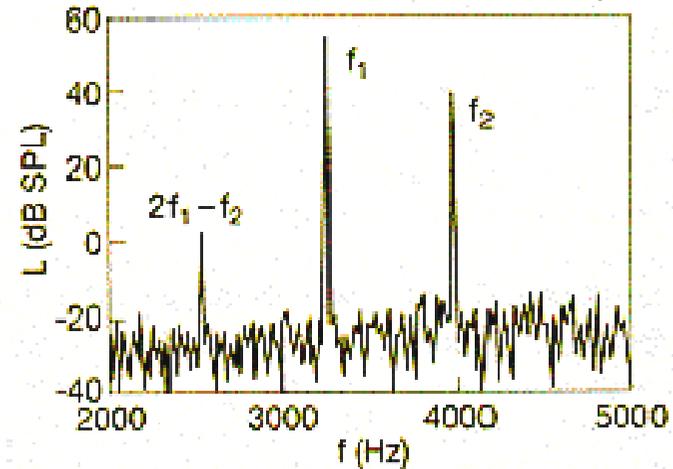
TEOAE:

kurze Messzeit

geringe Frequenzgenauigkeit

HV < 40 dB

Distorsionsprodukt OAE (DPOAE)



Transitorisch evozierte OAE (TEOAE)

Screening: Automatisierte OAE-Messung

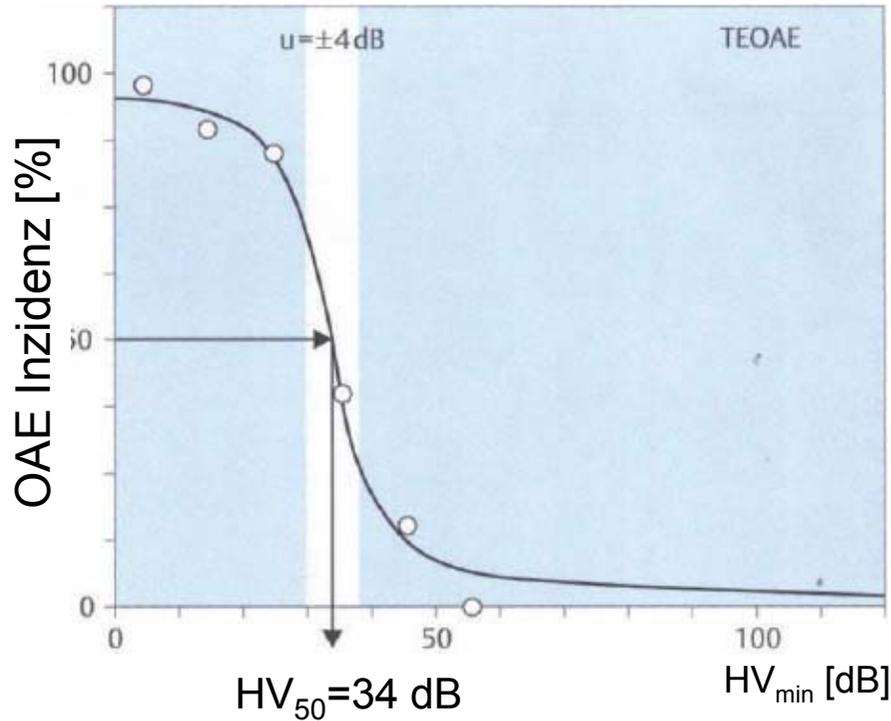


Automatischer OAE-Nachweis

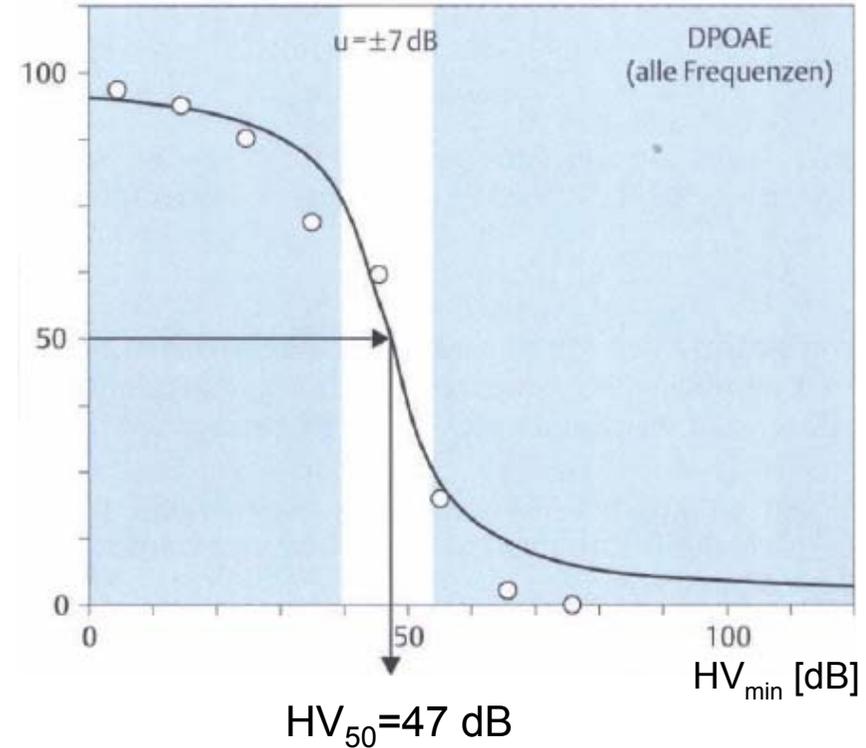
Prinzip: Nachweis einer Reizantwort im Biorauschen



Nachweisbarkeit der OAE bei Hörverlust



Für Screening gut geeignet



weniger gut geeignet

S. Hoth (1996)

Untersuchungsbedingungen OAE

- Wenn immer möglich, erst ab dem 3. Tag messen
- Im Schlaf
- Keine Störgeräusche, kein Nuckeln
- Messsonde sorgfältig in den Gehörgang einsetzen, auf Abdichtung achten
- Auf die richtige Interpretation der Ergebnisanzeige achten

Wichtige Eigenschaft der OAE

OAE sind Schallaussendungen durch die aktive Bewegung der äußeren Haarzellen des Innenohres (Verstärkerzellen).

OAE geben nur Auskunft über die reguläre Funktion der **äußeren Haarzellen** (Verstärkerzellen) **im Frequenzbereich 1 - 4 kHz** und nicht unmittelbar über die Hörfähigkeit.

Das Fehlen von OAE ermöglicht keine genaue Aussage über den Grad einer Hörstörung oder deren Ursache und bedeutet insbesondere nicht, dass ein Kind definitiv taub ist!

Die Messung der OAE ist sehr von Schalleitungsstörungen beeinflusst! Bei einem positivem Ergebnis ist eine weitergehende Abklärung unbedingt notwendig.

Wichtige Eigenschaft der BERA

Die BERA (Brainstem Evoked Response Audiometry) misst die Nervenaktionspotentiale von Hörnerv und Hörbahn im Hirnstamm.

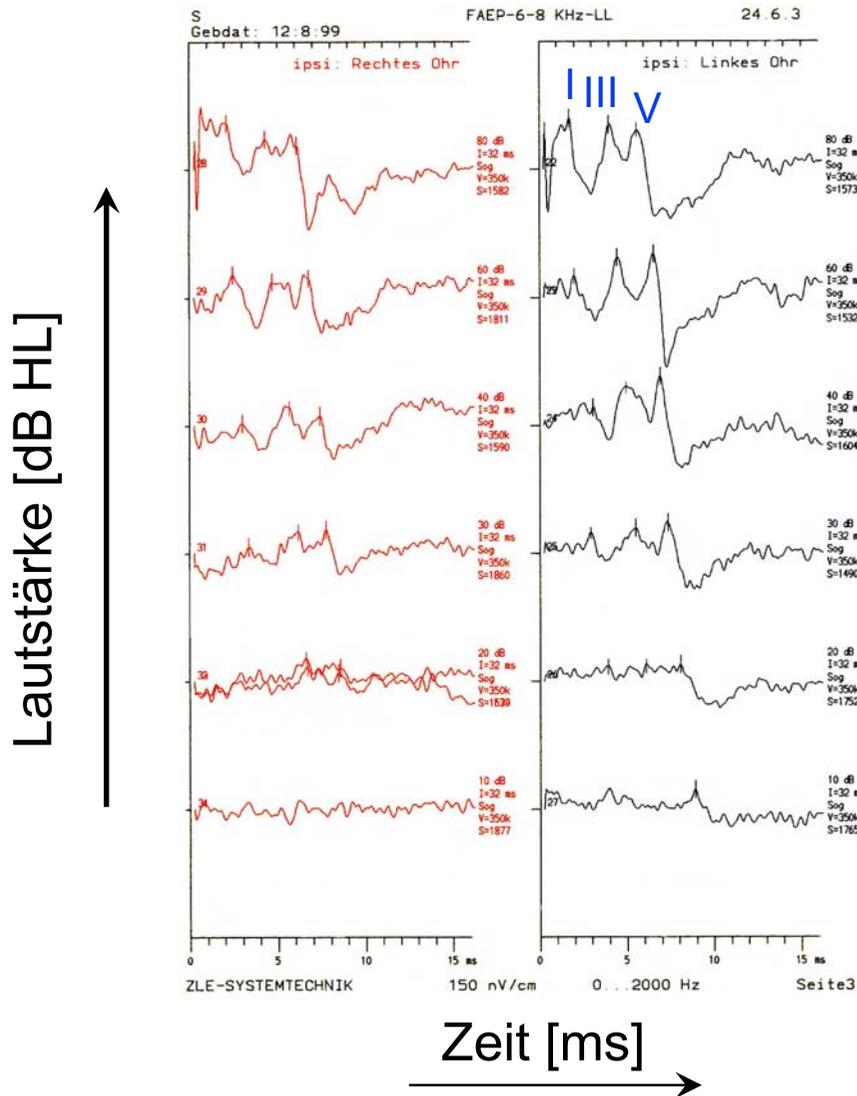
Die Screening-BERA gibt Auskunft über die Integrität der Nervenenerregung durch die **Inneren Haarzellen des Innenohres** und der Erregungsleitung durch die **Hörbahn**, im Frequenzbereich 2-5 KHz, bei einem Stimulationspegel 30-40 dB.

Das Fehlen der Potentiale bedeutet auch noch nicht unmittelbar, dass ein Kind taub ist!

Als Zweitmessung nach den OAE vorgeschrieben, um den Verdacht auf eine Hörstörung mit einer zweiten Methode abzuklären.

Bei einem positivem Ergebnis ist eine weitergehende Abklärung unbedingt notwendig.

Klinische BERA-Messung in Narkose / Sedierung



Frequenzspezifische Hörschwelle

Hörbahnreifung durch Bestimmung
der Inter-Peak-Latenz I - V

BERA: Vorteil der Untersuchung im Schlaf

wach



Hoth & Lenarz
1994

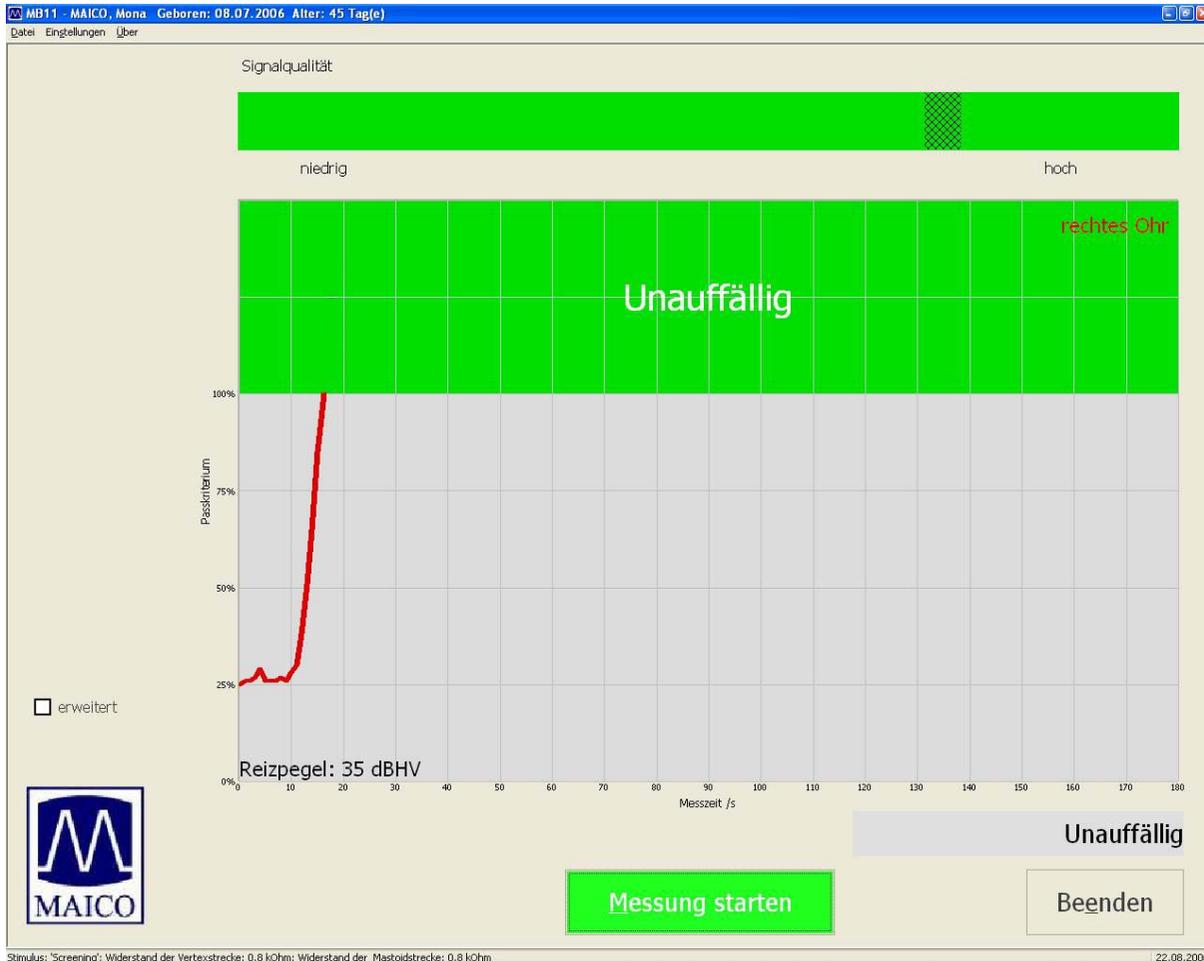
Untersuchungsbedingungen

- Im Schlaf
- Keine Störgeräusche, kein Nuckeln
- Messsonde sorgfältig in den Gehörgang einsetzen, Kopfhörer exakt auf dem Ohr platzieren, auf Abdichtung achten
- richtige Elektrodenlage, geringer Elektrodenwiderstand
- Auf die richtige Interpretation der Ergebnisanzeige achten

Automatisches BERA-Screening (ABERA, AABR)



Automatischer signalstatistischer Potentialnachweis im Screening



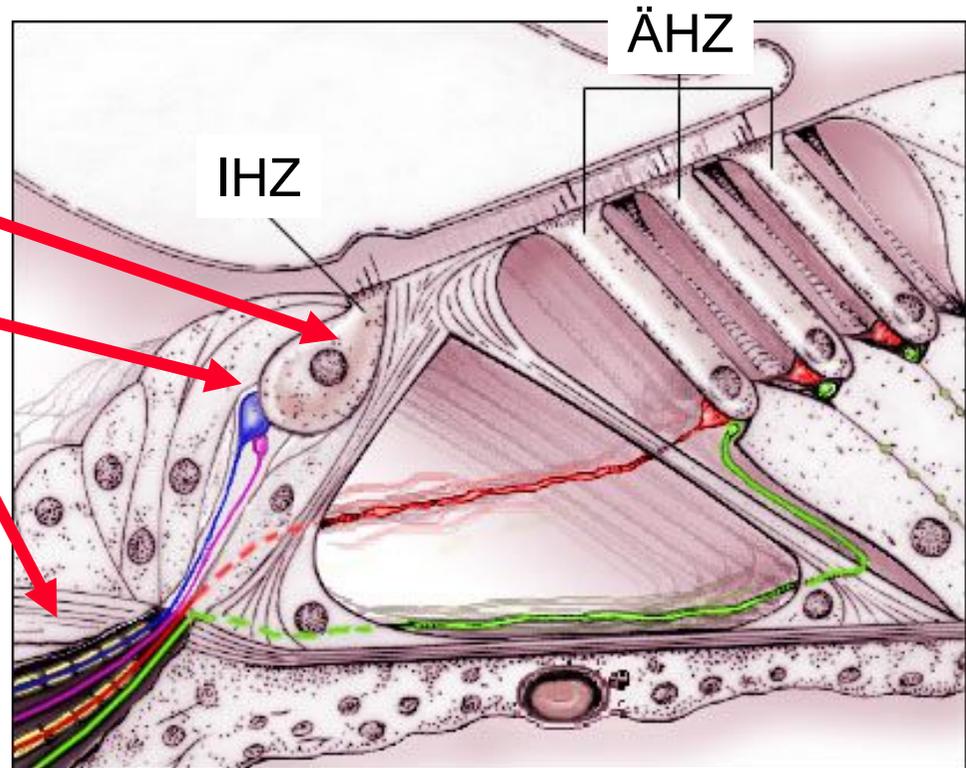
Potentialnachweis bei einem Reizpegel von 35 - 40 dB durch Bestimmung des Signifikanzniveaus eines Hirnstammpotentials im Biorauschen mit Hilfe signalstatistischer Methoden.

Keine Bestimmung der Potentialmorphologie, daher kein Einfluss der Hörbahnreifung.

„Auditorische Neuropathie“

Potentielle Ursachen:

- 1) Selektiver Ausfall der IHZ
 - 2) Synaphopathie
 - 3) Neuropathie
 - 4) Dyssynchronie
- IHZ
Hörnerv
Hörbahn



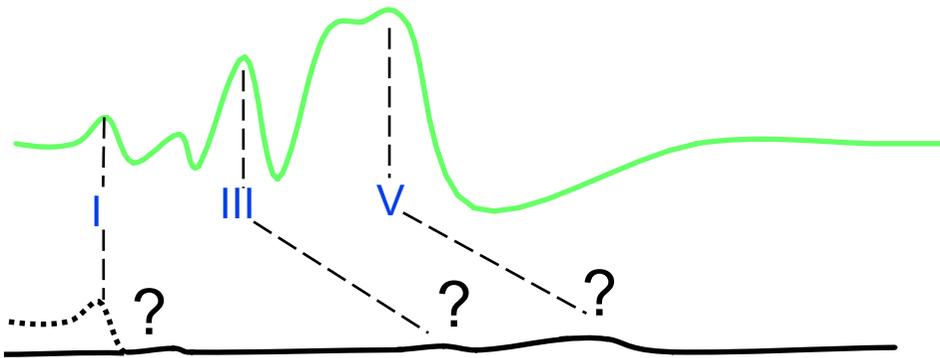
- Funktion der ÄHZ im Innenohr normal, OAE normal!
- Nervenerregung und/oder Nervenleitung gestört.

BERA bei „Audit. Neuropathie“

Prävalenz-Schätzung:

1-10% aller richtig-positiv detektierten Kinder, Häufung bei Risikokindern und in

Normales BERA-Potential



BERA bei Neuropathie

Verdacht auf „Auditorische Neuropathie“:

OAE: vollständig erhalten

OAE-Screening negativ

BERA: Potentialausfall oder nur Teile der Welle I nachweisbar

BERA-Screening positiv

Statistische Kenngrößen

Methodik:

Sensitivität:

Wahrscheinlichkeit, dass der Test einen *kranken Menschen* richtig erkennt.

Wie genau kann der Test das Vorhandensein der spezifischen Erkrankung bestätigen?

Spezifität:

Wahrscheinlichkeit, dass der Test einen *gesunden Menschen* richtig erkennt.

Wie genau kann der Test das Vorhandensein der spezifischen Erkrankung ausschließen?

Patient:

Positive predictive value:

Wahrscheinlichkeit (Risiko), mit der ein positiv getesteter Patient *tatsächlich krank* ist.

Berechnung Sensitivität - Spezifität - PPV

Vier-Felder-Test		Realität	
		krank	gesund
Klinischer Test	positiv (auffällig)	richtig positiv A	falsch positiv B
	negativ (unauffällig)	falsch negativ C	richtig negativ D

$$\text{Sensitivität} = \frac{A}{A+C}$$

$$\text{Spezifität} = \frac{D}{B+D}$$

$$\text{Positiv Predictive Value} = \frac{A}{A+B}$$

A+C : alle Kranken

B+D : alle Gesunden

A+B : alle positiv getesteten

Methodenspezifische Kennwerte

	TEOAE	ABERA
Sensitivität	>99%	>99%
Spezifität	95,4%	99,6%

Tatsächliche Pass-Raten* (incl. Messabbruch)

	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	
TOAE	85,7	92,7	94,8	97,9	n = 474
ABERA	84,7	91,5	96,0	100	nach Hoth / Neumann 2006

* Pass-Rate = alle Fälle mit „Pass“ / alle gemessenen Fälle
entspricht bei sehr kleiner Prävalenz etwa der Spezifität

Pass-Rate bei Mehrfachtestung

PASS-Kriterium	Eine Stufe	Zwei Stufen
OAE oder ABR auf mindestens einer Seite nachweisbar	97.8%	98.7%
OAE auf mindestens einer Seite nachweisbar	94.5%	96.6%
ABR auf mindestens einer Seite nachweisbar	93.8%	96.2%
OAE und ABR auf mindestens einer Seite nachweisbar	89.8%	93.9%
OAE oder ABR auf beiden Seiten nachweisbar	87.4%	91.6%
OAE auf beiden Seiten nachweisbar	80.0%	87.2%
ABR auf beiden Seiten nachweisbar	81.2%	88.1%
OAE und ABR auf beiden Seiten nachweisbar	74.5%	83.9%

N = 477

OAE bis zu 24-mal, BERA bis zu 5-mal gemessen

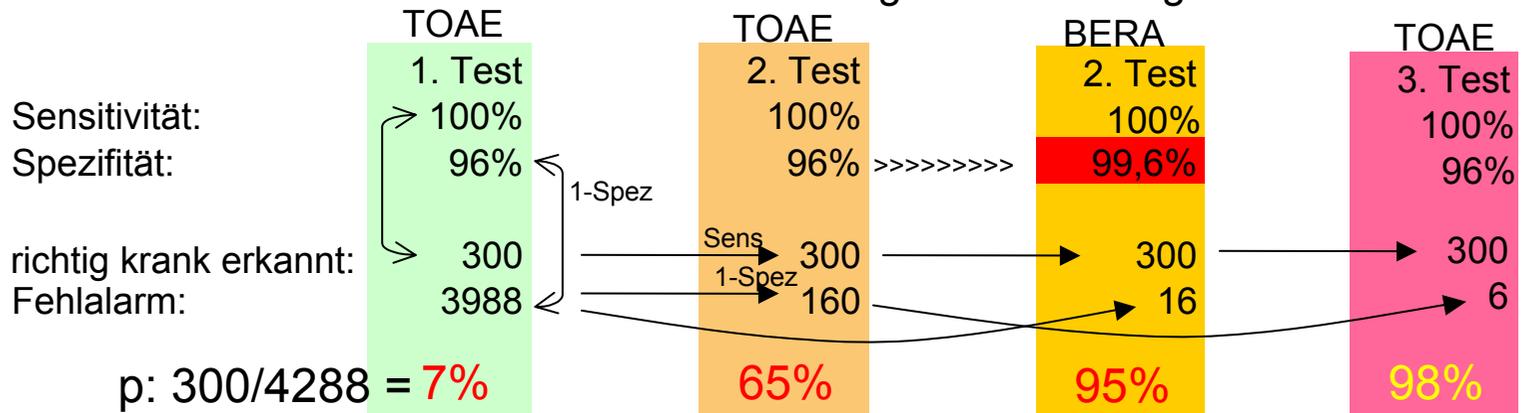
Risikobetrachtung Hörscreening

Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kind tatsächlich schwerhörig ist, wenn es bei der ersten OAE-Screeninguntersuchung positiv getestet wurde?

Prävalenz : 3 : 1000
 Sensitivität: 100%
 Spezifität: 96%

Gesucht ist die Wahrscheinlichkeit p , mit der ein tatsächlich schwerhöriges Kind in der Menge aller positiv getesteten Kinder vorkommt:

Bei 100.000 Geburten erwarten wir 300 auffällige und 99.700 gesunde Kinder.



Vorsicht vor Fehlerfortpflanzung!

OAE -oder BERA-Screening?

	TEOAE	ABERA
Nachweis von Hörverlusten > 35 dB	ja	ja
Aussage über Hörfähigkeit	nein	Vorstufe
Anfällig gegenüber Schalleitungsstörungen	hoch	niedrig
Nachweis einer Audit. Neuropathie	nein	ja
Spezifität (ideal)	95,4%	99,6%
Mittlere Messzeit	4 min	6 min
Aufwand / Kosten pro Messung	x	xx

Optimal: Kombiniertes OAE- & BERA-Screening!