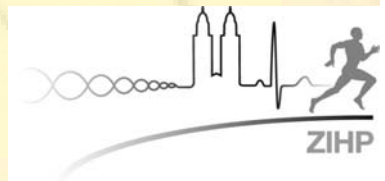


Cochlea-Implantate – Herausforderungen und Lösungen

Norbert Dillier
Labor für Experimentelle Audiologie,
ORL-Klinik,
Universitätsspital Zürich



ZNZ

Zentrum für Neurowissenschaften Zürich
Neuroscience Center Zurich



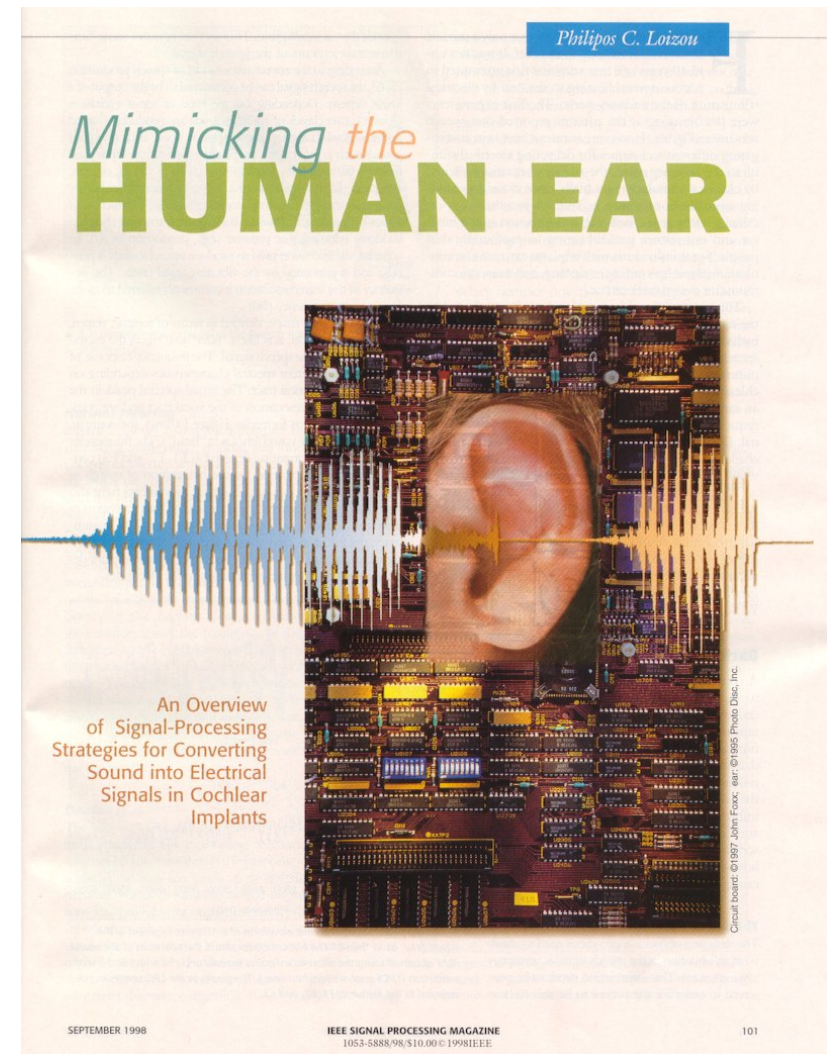
Wie kann bei tauben Patienten die natürliche Hörfunktion künstlich wiederhergestellt werden?





Prinzip der Cochlea-Implantate

- Elektrische Anregung kleiner Gruppen von Hörnervfasern
- Signalverarbeitung für Sprache, Musik, Geräusche
- Individuelle Programmierung entsprechend der Wahrnehmung von CI-Trägern (Lautheit, Tonhöhe, Klangfarbe)





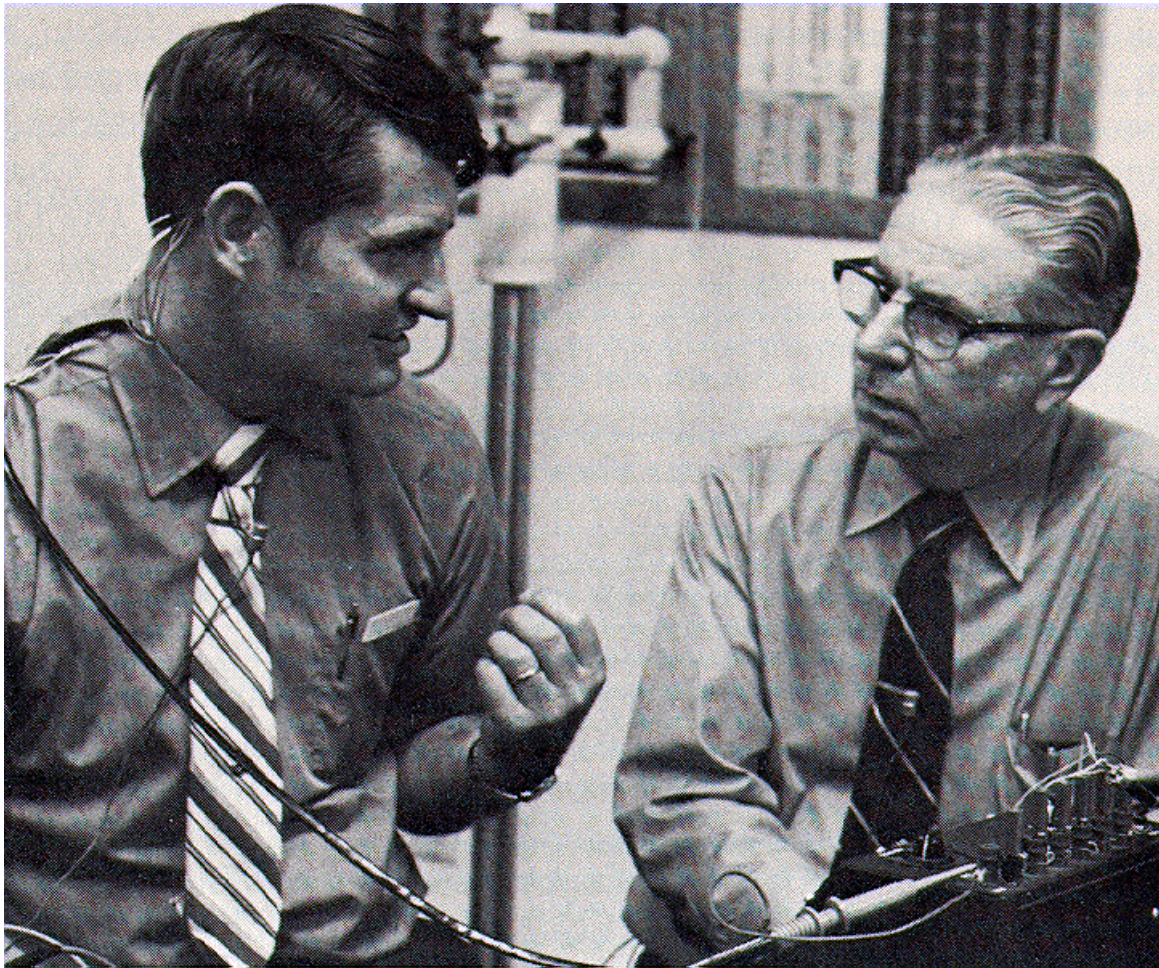
Cochlear-Implantat-Forschung

- Elektroden, implantierte Elektronik
- Sprachcodierungs-Strategien
- Anpassverfahren
- Signal-Vorverarbeitung,
Störgeräuschreduktion
- Bilaterale/bimodale Stimulation





Pionierzeiten: Los Angeles



Jack Urban mit CI-Patient
1970, Los Angeles, USA



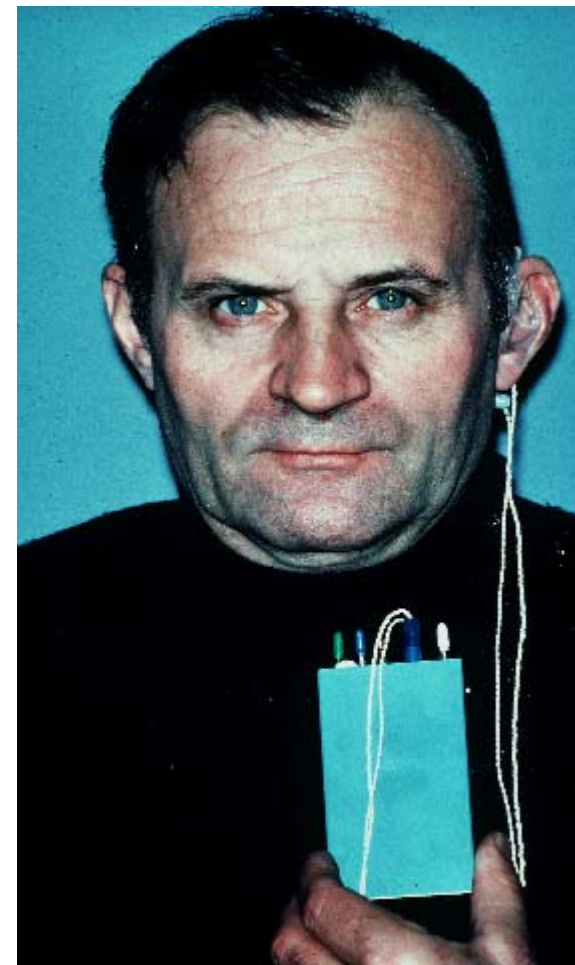
Pionierzeiten: Melbourne



Erster Patient mit Mehrkanal-System
Clark et al. (1978)
Melbourne, Australien



Erste CI-Operation in der Schweiz (25. 1. 1977)





Elektrodenentwicklung

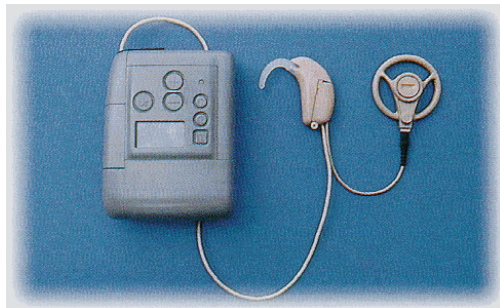
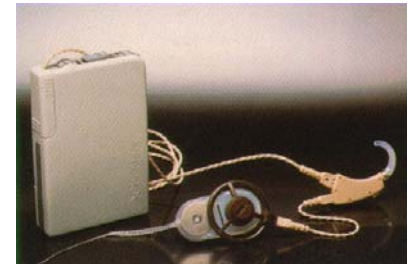
- Modiolus-Elektroden (4-kanalig)
- Extracochleäre einkanalige Elektrode
- 22-Kanal-Elektrode („Contour advance“)

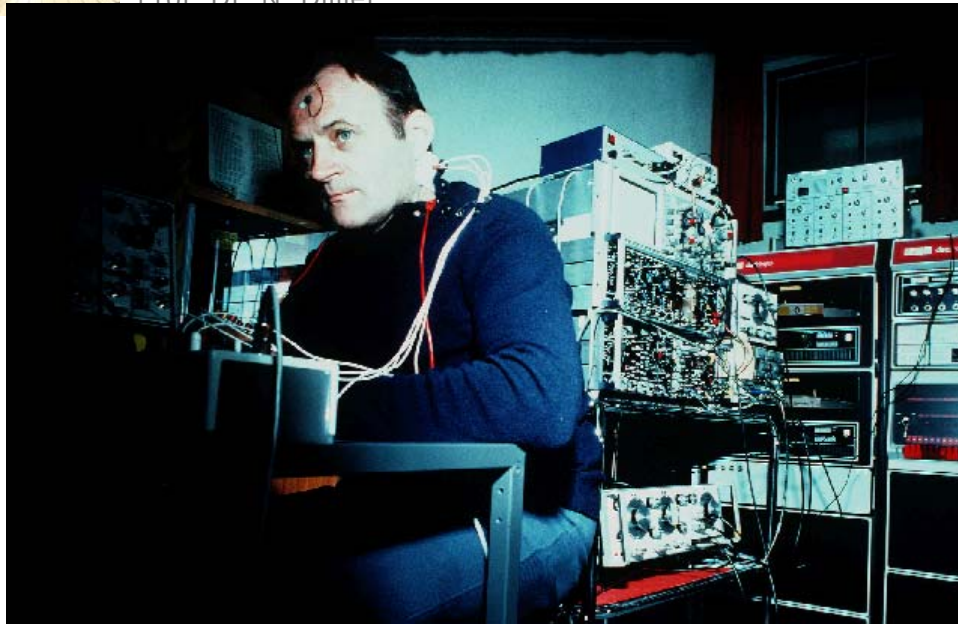




Sound-Prozessor-Entwicklung

- Einkanalig, pulsatil/analog
- Mehrkanalig, Formantvocoder
- Mehrkanalig, Kanalvocoder
- Sprachcodierungsstrategien: SPEAK, CIS, ACE etc.





1977

Technologische
Fortschritte bei
Cochlear Implants
dank Mitarbeit
vieler Patienten



1987



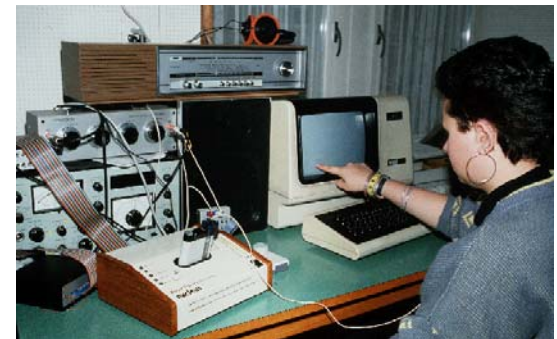
1982

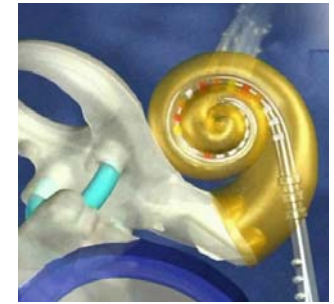




CI-Träger als Versuchspersonen

- Psychoakustik: Unterscheidung von
 - Tonhöhe
 - Lautstärke
 - Modulationen
 - Klangfarben
- Sprachverständnis:
 - Vokal und Konsonantenverwechslungstests
 - Silben- und Reimtests
 - Sprache im Störlärm
- Vergleich von Signalcodierungs-Programmen und Sound-Prozessoren



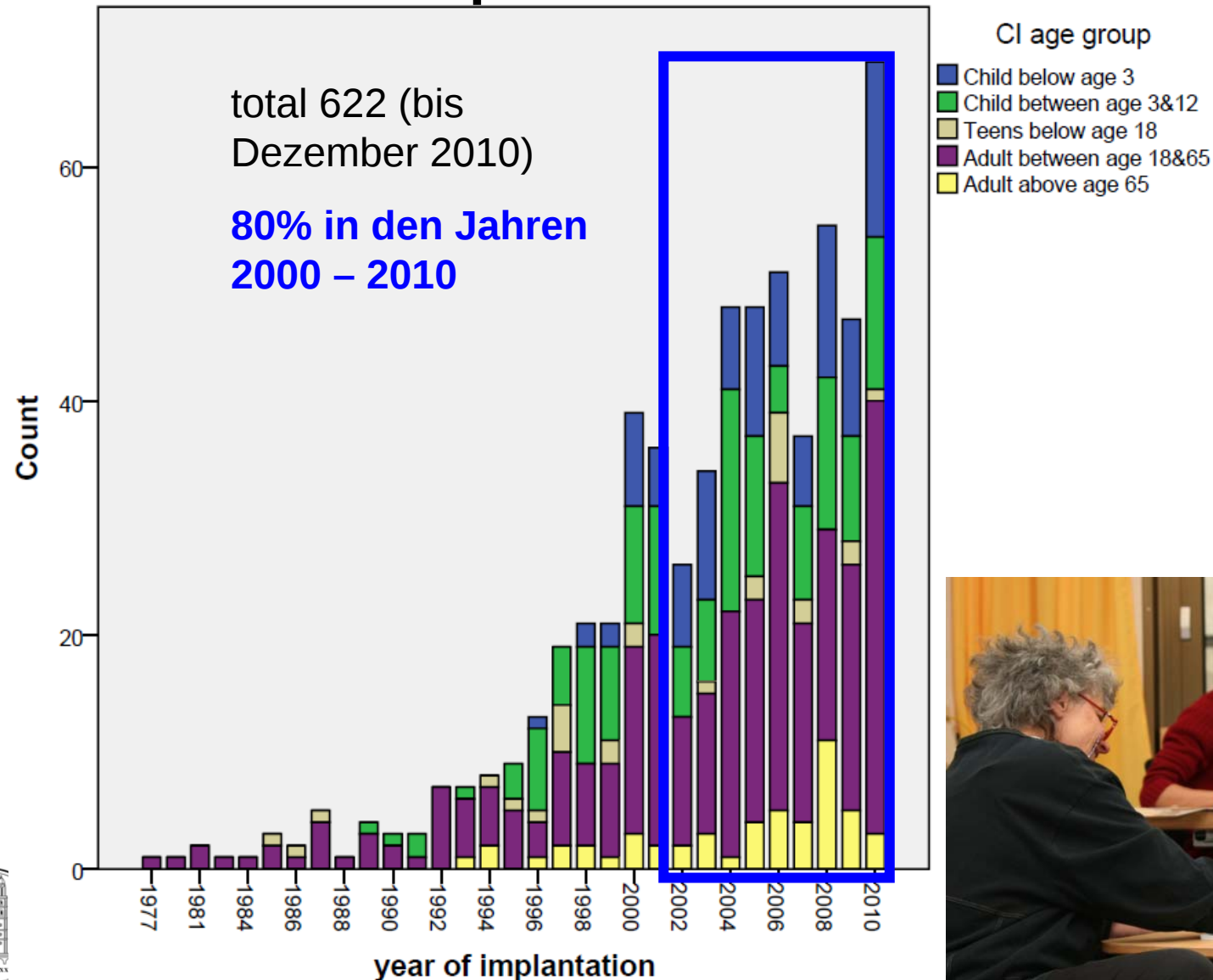


Cochlea-Implantat

- Erfolgreiche medizin-technische Entwicklung: gute bis sehr gute Ergebnisse, wenig Komplikationen
- Steigende Anzahl von Patienten (weltweit bereits mehr als 200'000)
- Neben Kleinkindern auch zunehmend ältere Erwachsene

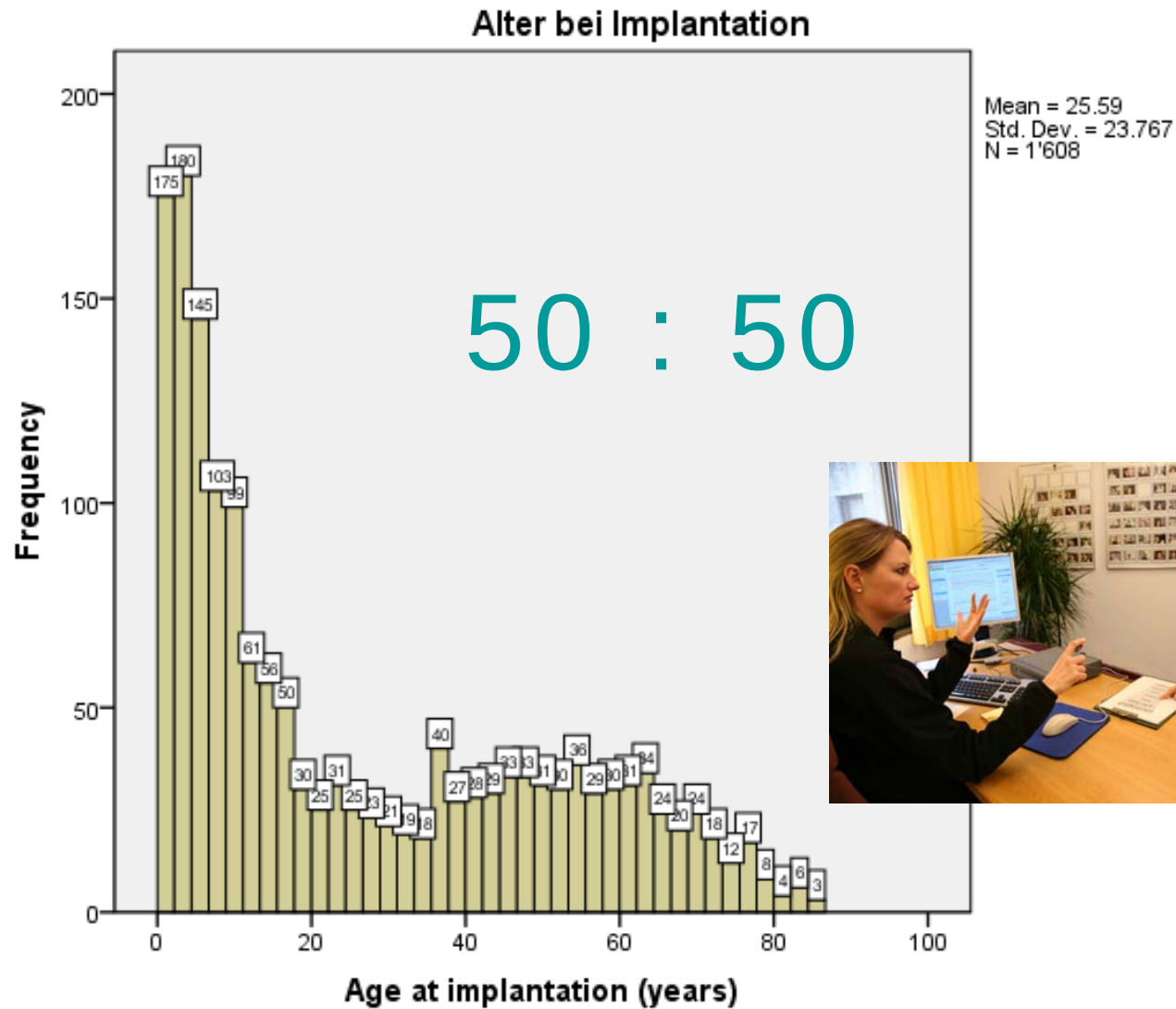


Anzahl Implantationen ORL-USZ





Kinder und Erwachsene





Uebersicht

- **Wie funktioniert ein CI**
- Elektroden, implantierte Elektronik
- Sprachcodierungs-Strategien
- Elektroakustische (bimodale) Stimulation
- Beidseitige (bilaterale) Implantation
- Vorverarbeitung, Geräuschreduktion
- Anpassverfahren (Fitting-Prozeduren)

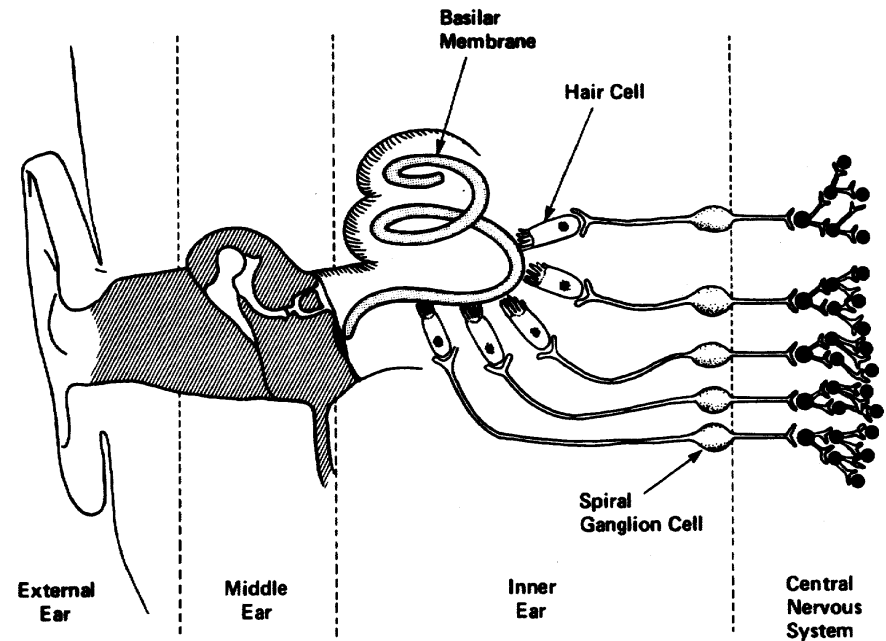




Wenn das Innenohr geschädigt ist und ein Hörgerät zu wenig hilft...

... kann mit einem Cochlea-Implantat der Hörnerv direkt elektrisch angeregt werden.

Das Gehirn verarbeitet die künstlichen Signale, die vom Hörnerv übertragen werden ähnlich wie natürliche akustische Signale

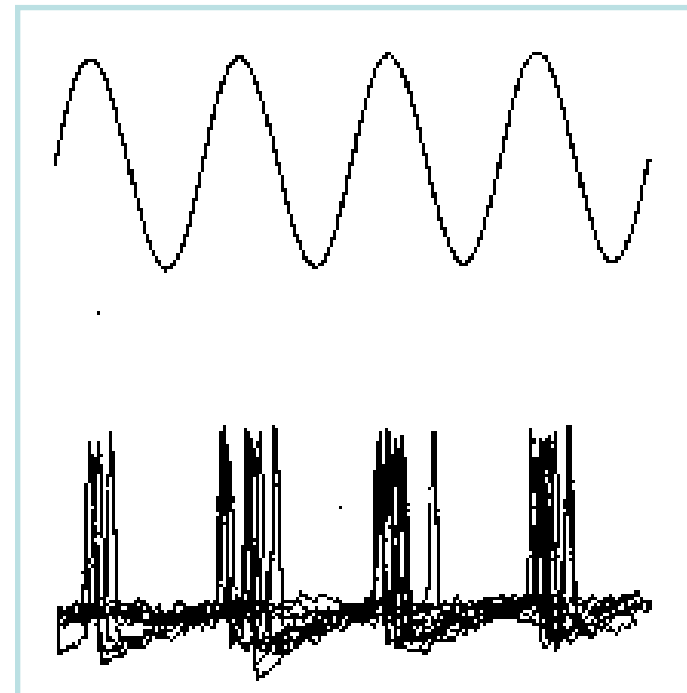
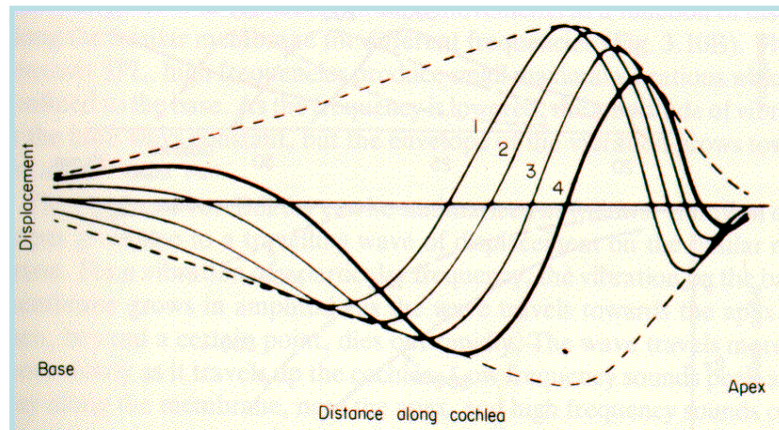




Wie funktioniert das Innenohr?

Orts- und Zeitanalyse

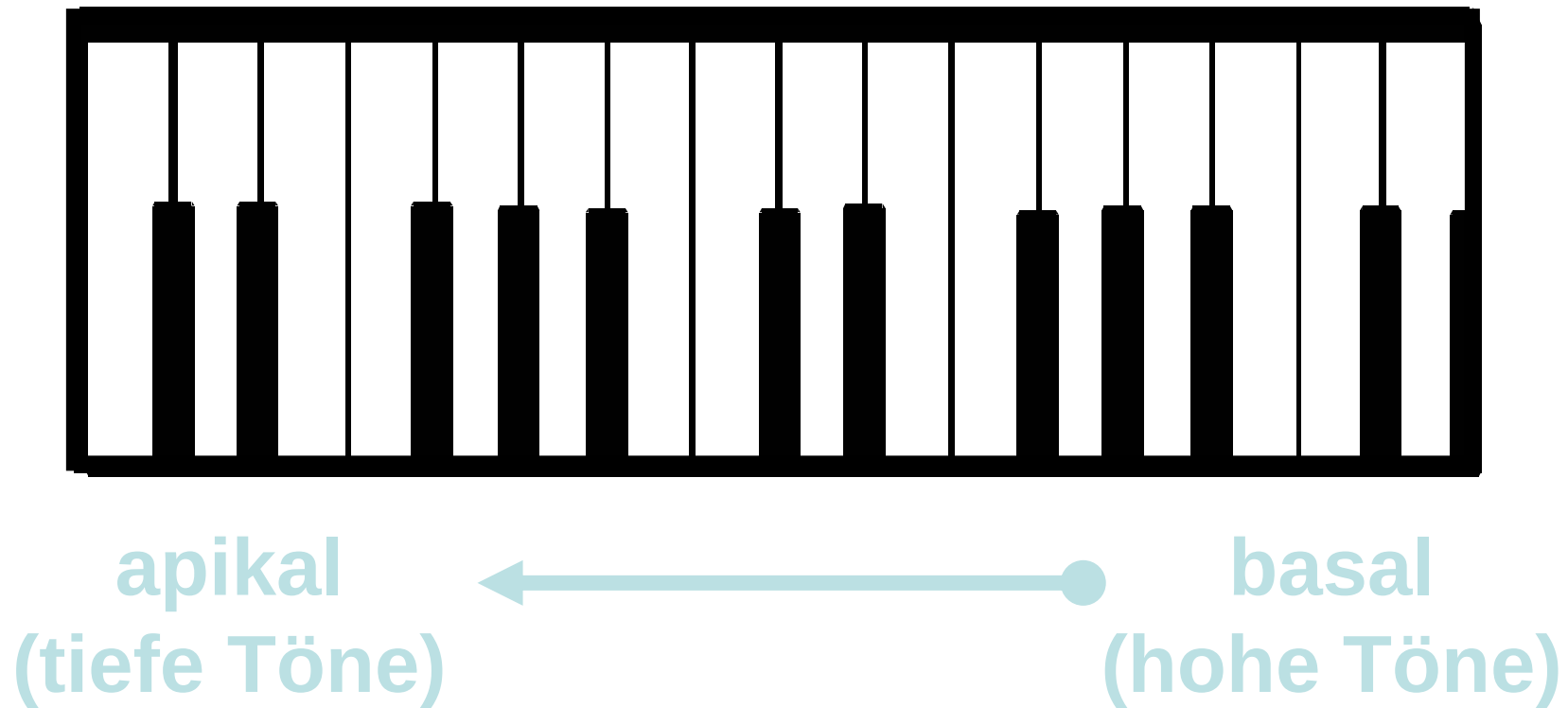
- Tonotopie (Wanderwelle, Klavier-Tastatur)
- Periodizität (Schwingungsmuster, Nervenimpuls-Salven)





Tonotopie

(Zuordnung einer Tonfrequenz
zu einem Ortsfilter im Innenohr)



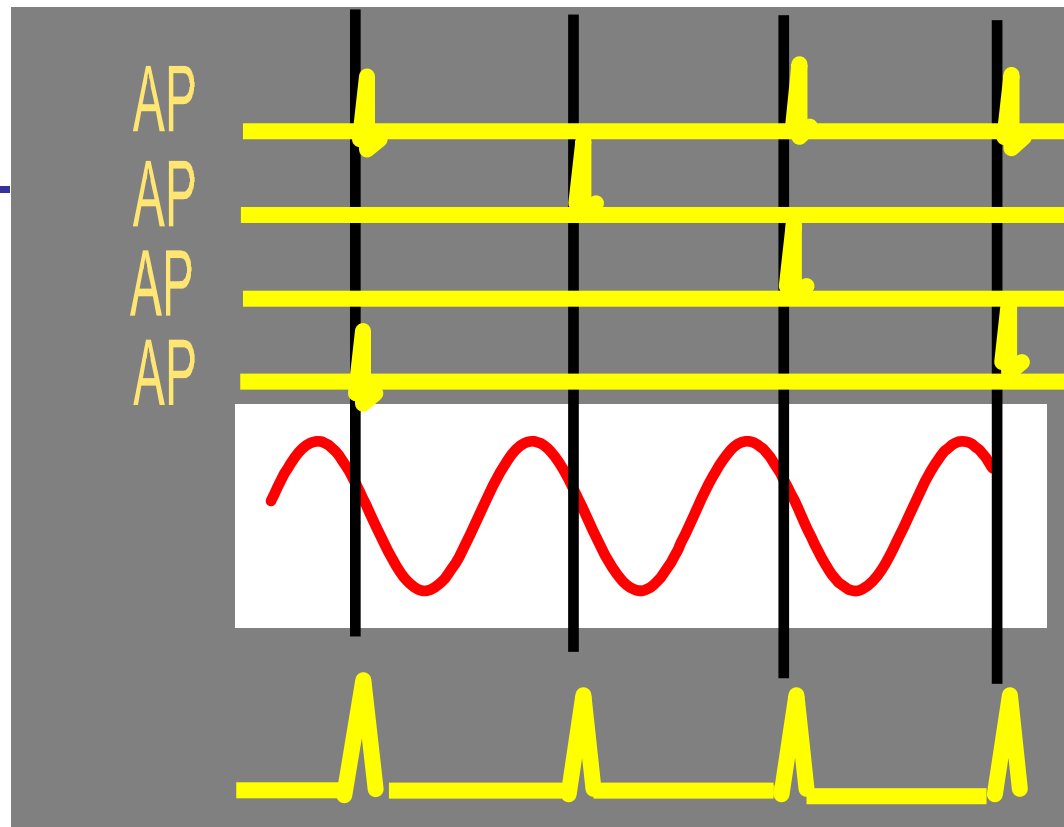


Periodizität Zeitauflösung)

Einzel-
Nervenfaser-
Antworten

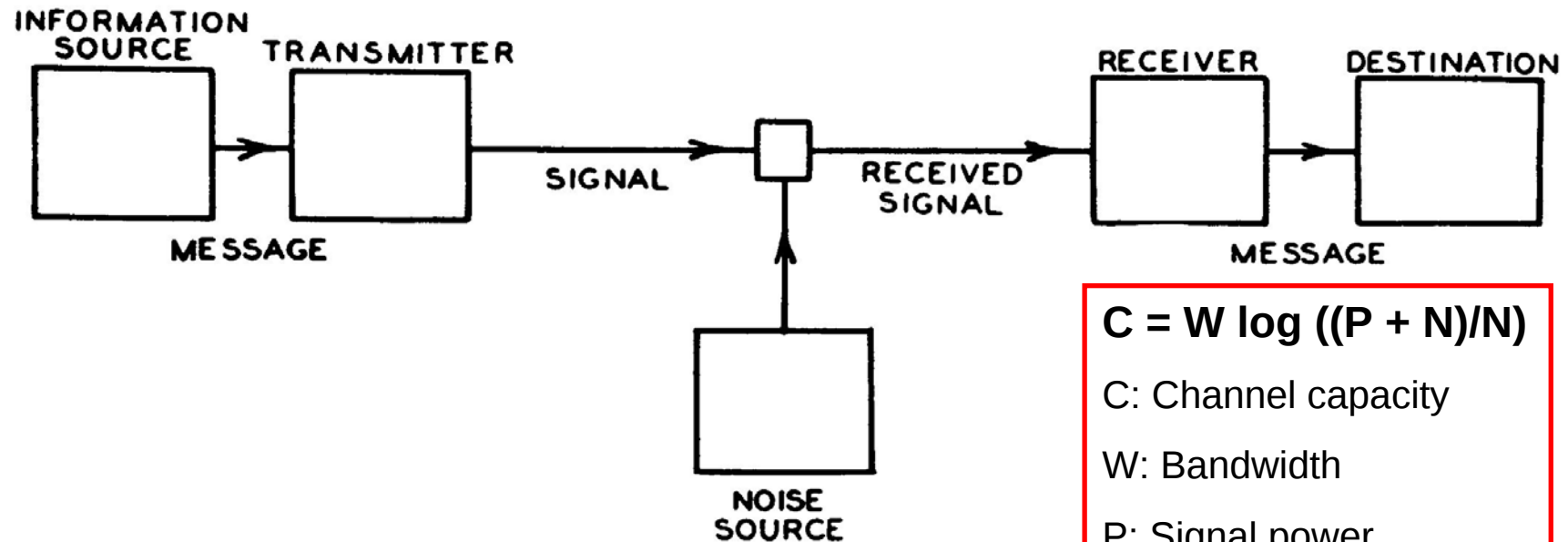
Akustisches
Signal

Summen-
Aktions-
Potential





Kommunikation – Uebertragungskanal mit Störungen



$$C = W \log \left(\frac{P + N}{N} \right)$$

C: Channel capacity

W: Bandwidth

P: Signal power

N: Noise power

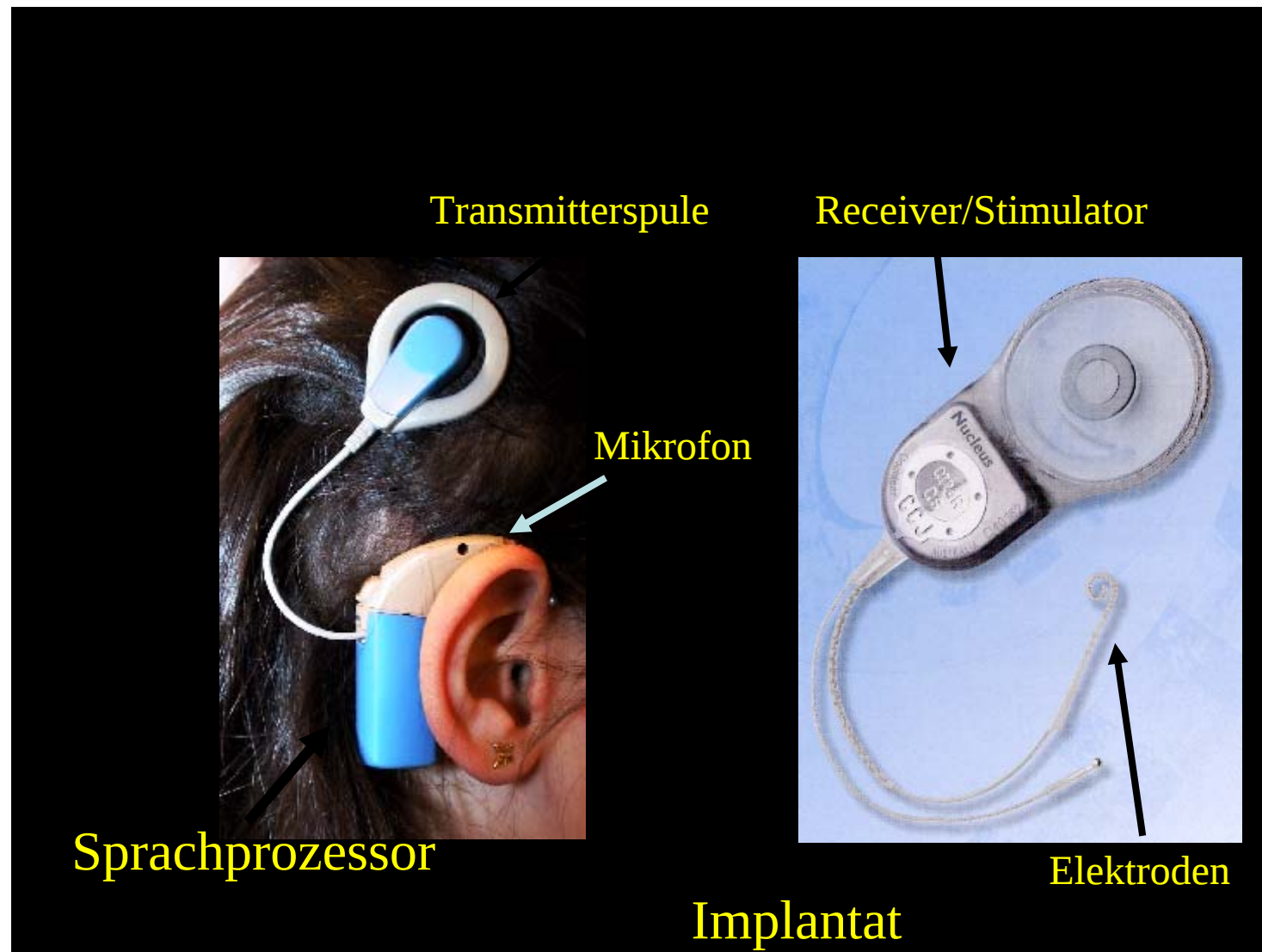
The Information Theorist's Coat of Arms

Shannon's canonical block diagram of the one-way communication system. (Reproduced with permission from "A Mathematical Theory of Communication," C. E. Shannon, *Bell System Technical Journal*, October 1948.)





Komponenten eines Cochlea-Implantat-Systems





Uebersicht

- Wie funktioniert ein CI
- Elektroden, implantierte Elektronik
- Sprachcodierungs-Strategien
- Elektroakustische (bimodale) Stimulation
- Beidseitige (bilaterale) Implantation
- Vorverarbeitung, Geräuschreduktion
- Anpassverfahren (Fitting-Prozeduren)





CI-Systeme - Hersteller

- Nucleus (22, 24, Freedom, Nucleus 5), Cochlear Pty, Australien
- Clarion (Hires90k, Auria), Advanced Bionics, USA (Sonova/Phonak, Schweiz)
- MedEl (Pulsar, Tempo, Combi40), MedEl Oesterreich
- (zusätzlich: Digisonic, Saphyr MXM, Neurelec, Frankreich)





Nucleus System 5 (Cochlear)





Hires System (Advanced Bionics)





Pulsar/Tempo (MedEL)



MED-EL TEMPO+
Speech Processor



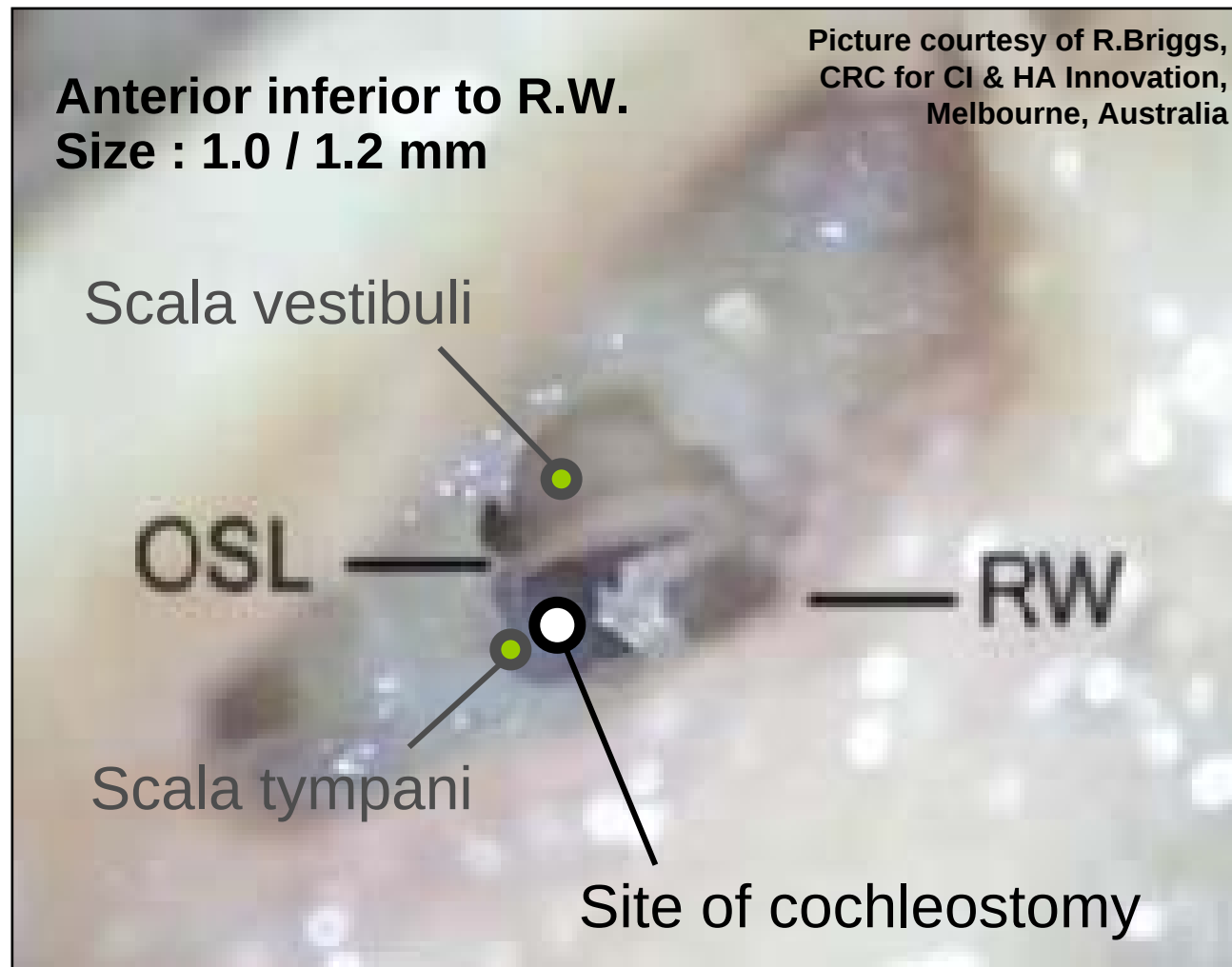


Digisonic/Saphyr (Neurelec)





Electrodeneinführung: Zugang über eine Cochleostomie oder Rundes Fenster



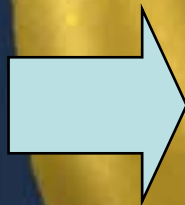


Elektrode mit Stilett - Funktionsweise

Halbband-Elektroden­träger mit abgestuftem Durchmesser

- Lenkt elektrisches Reizsignal zum Modiolus hin
- Glatte Oberfläche zur seitlichen Schnecken-Wand

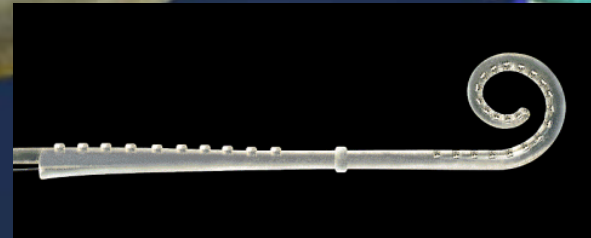
Die Elektrode wird durch ein Stilett während der Einführung stabilisiert



Stilett wird entfernt

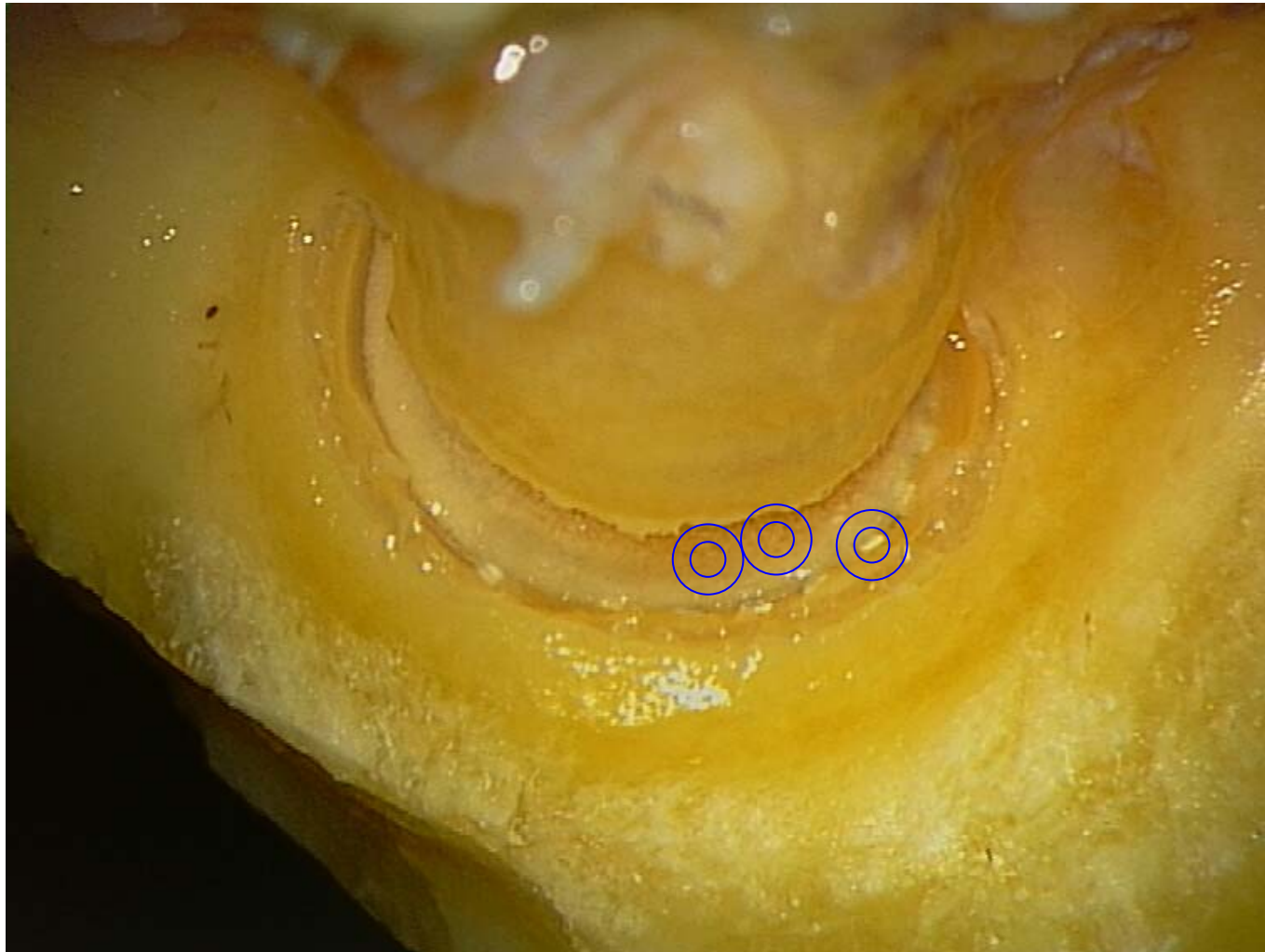


Elektrode formt sich





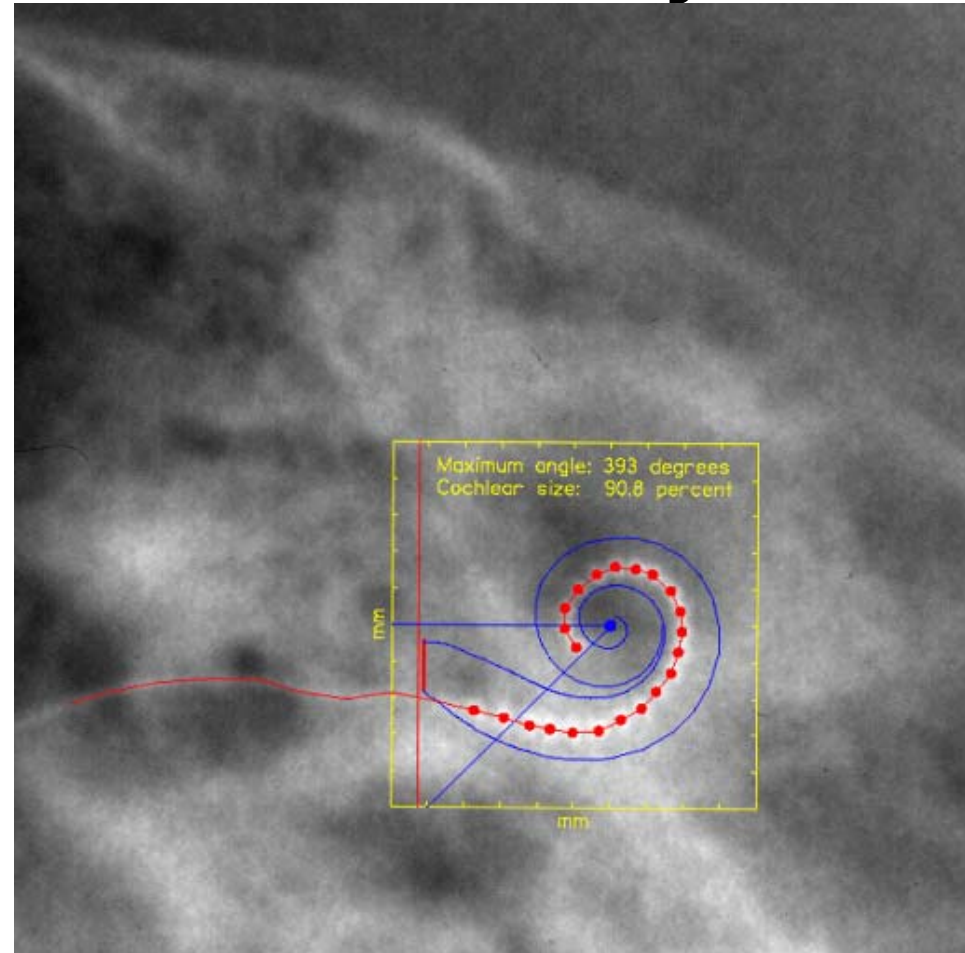
0, 1, 2 oder 3 Rippen in der Cochleostomie?





“Cochlear View” X-ray

- Elektrodenposition verifizieren
- Eindringtiefe (als Winkel) messen





Uebersicht

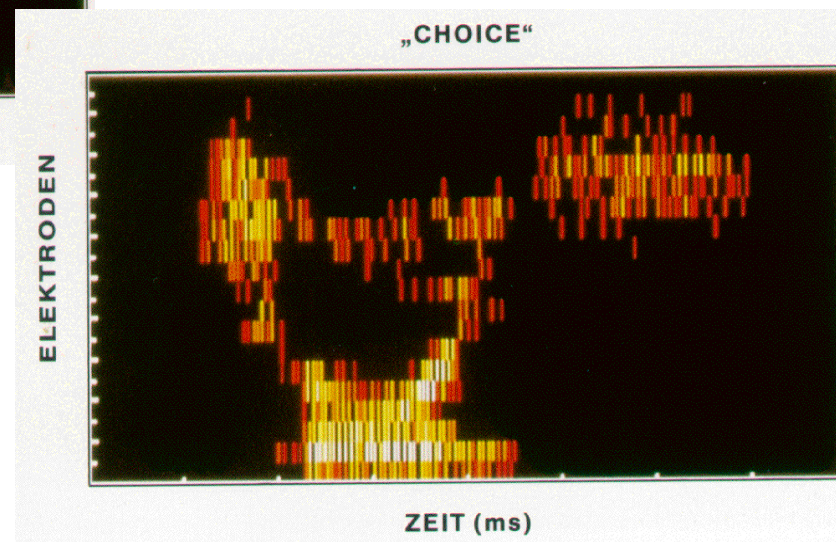
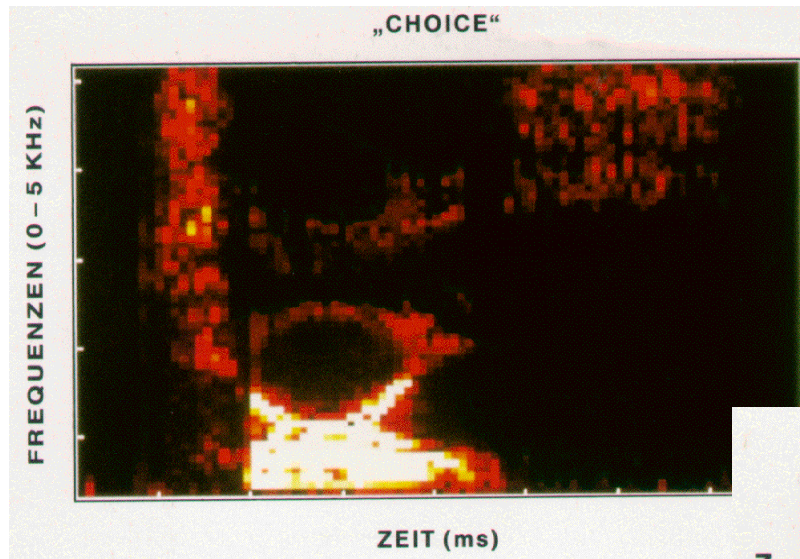
- Wie funktioniert ein CI
- Elektroden, implantierte Elektronik
- **Sprachcodierungs-Strategien**
- Elektroakustische (bimodale) Stimulation
- Beidseitige (bilaterale) Implantation
- Vorverarbeitung, Geräuschreduktion
- Anpassverfahren (Fitting-Prozeduren)





ein Schallmuster

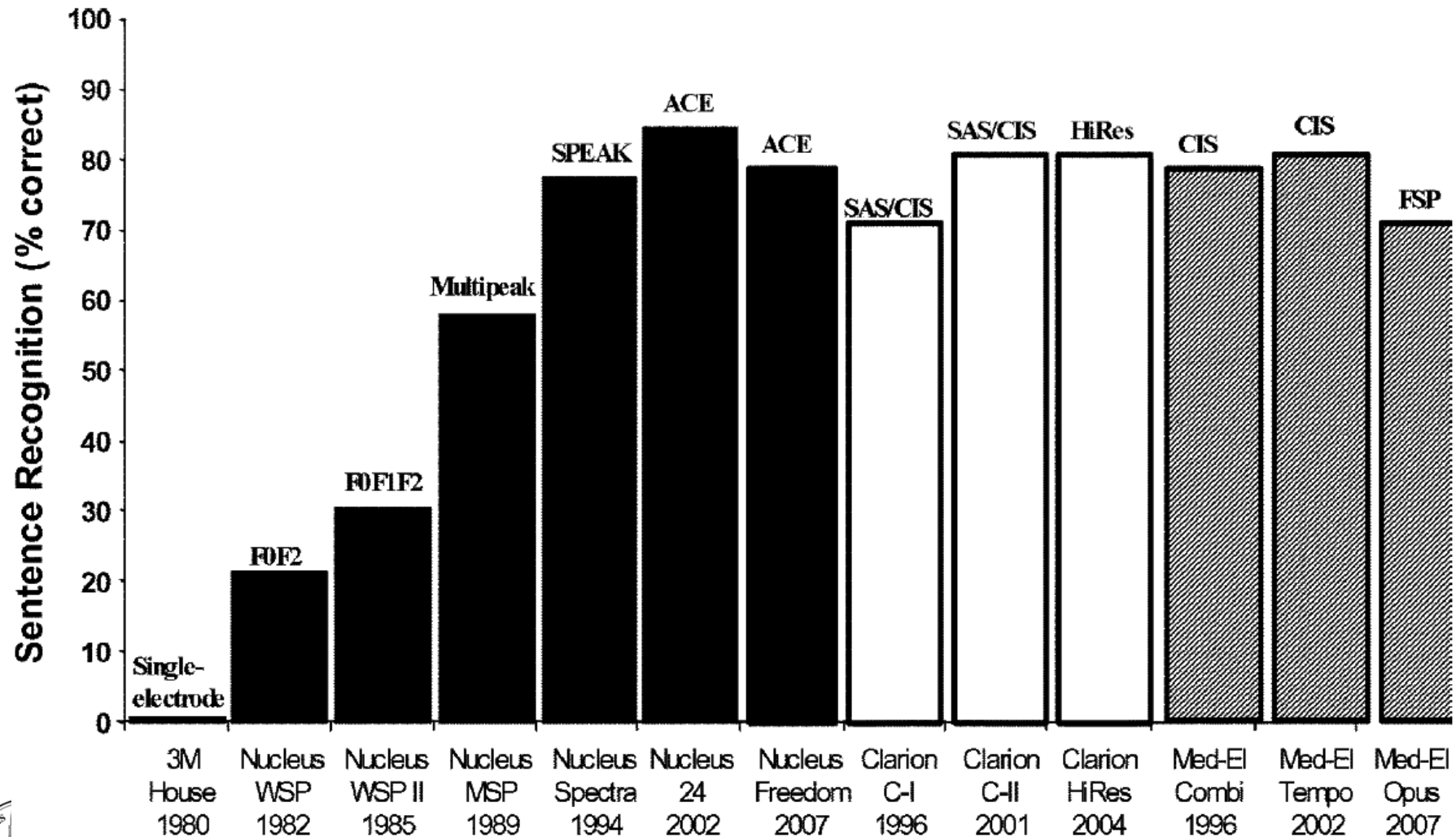
...wird in ein
Stimulationsmuster
umgewandelt





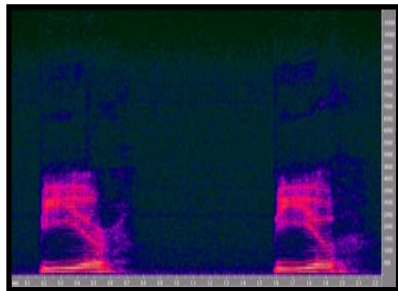
Sprach-Verständlichkeit mit CI

Codierungsstrategien





Sprach-Codierungs-Strategien



- **SPEAK**

Spectral Peak

- Niedrige Pulsrate (250 pps)
mit 6..10 spektralen Maxima

- **CIS**

Continuous Interleaved Sampling

- Hohe Pulsrate (2000 pps) auf
wenigen Stimulationskanälen

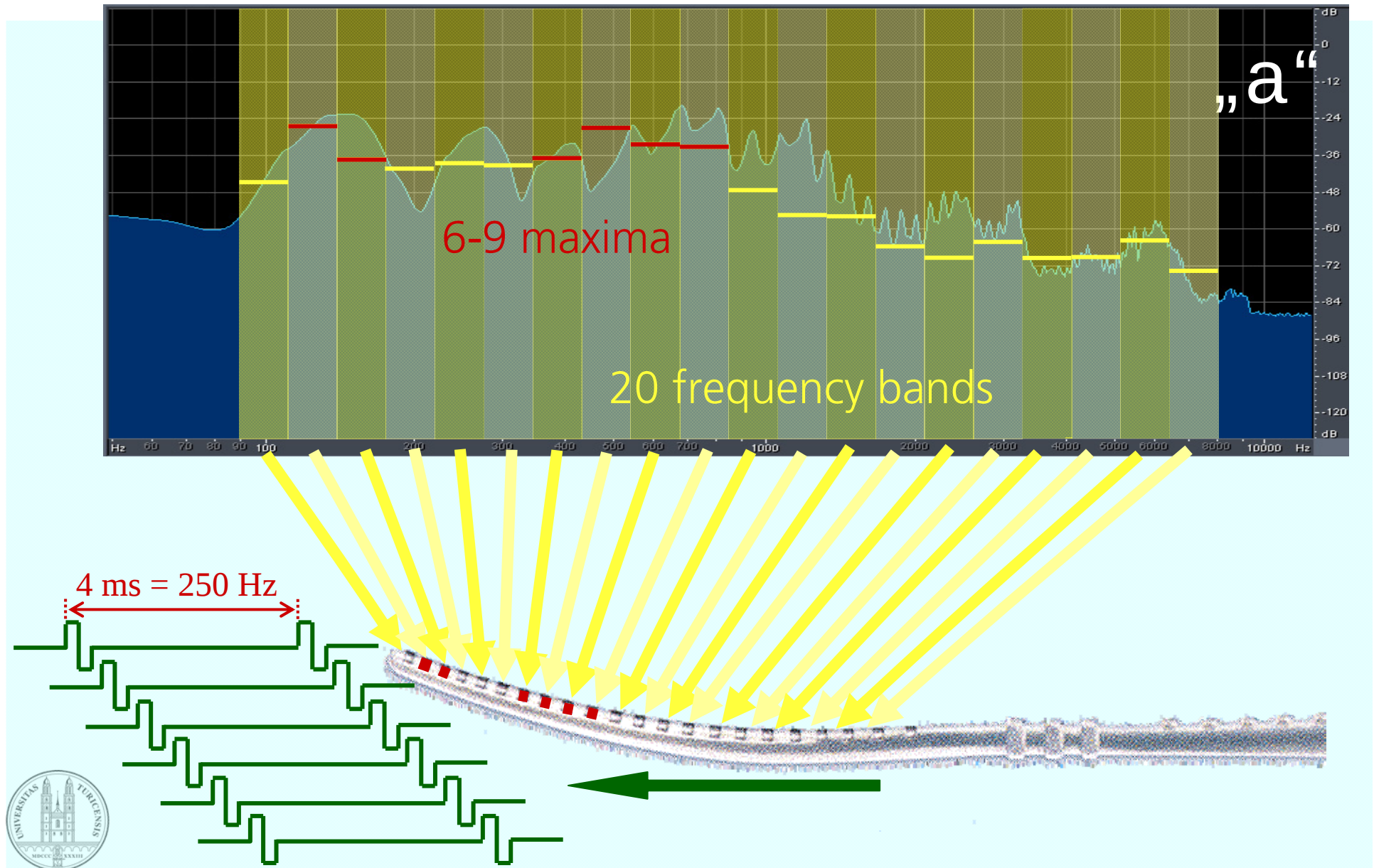
- **ACE (n of m)**

Advanced Combination Encoder

- Hohe Pulsrate mit „vielen“
spektralen Maxima

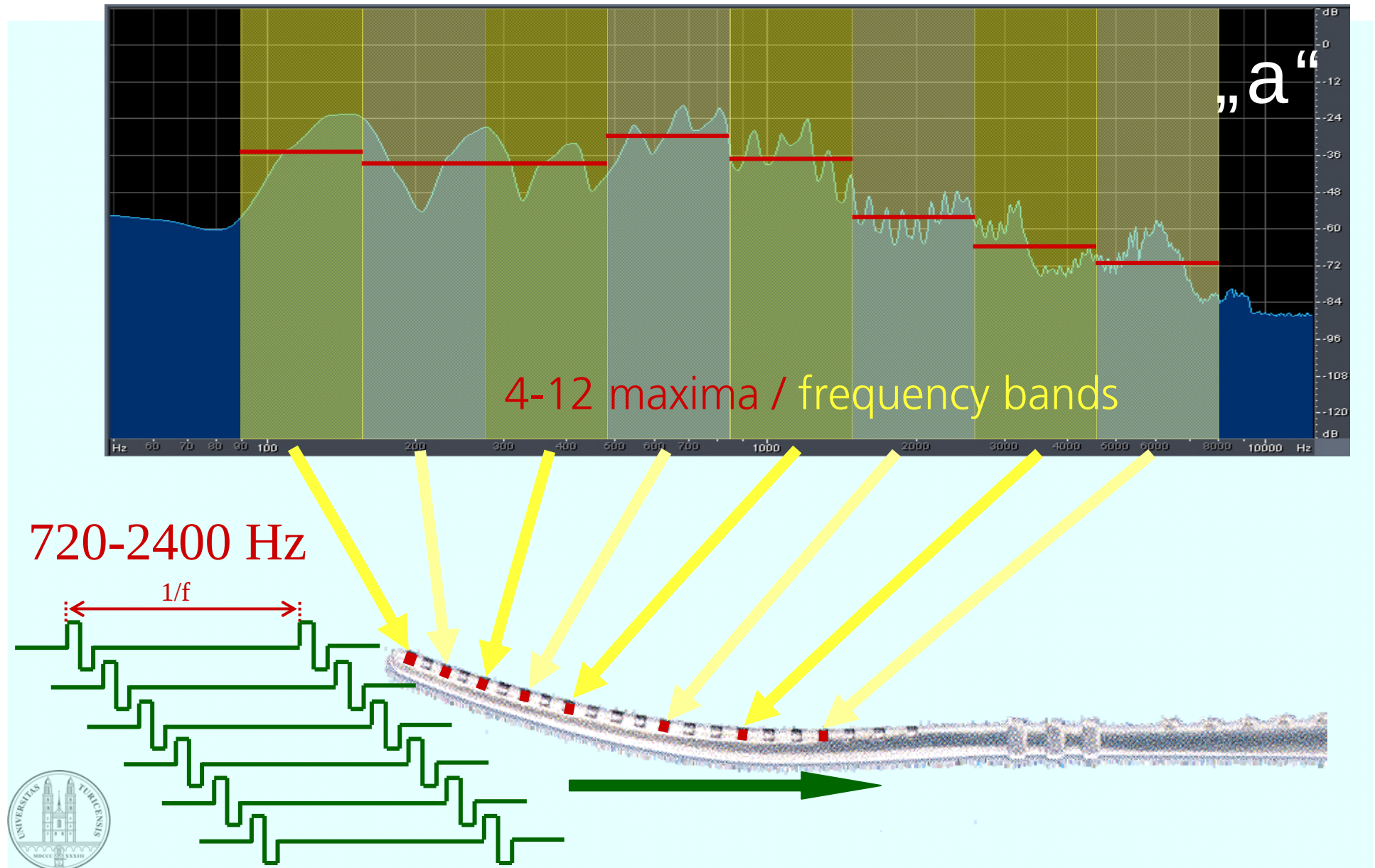


SPEAK (spectral peak)



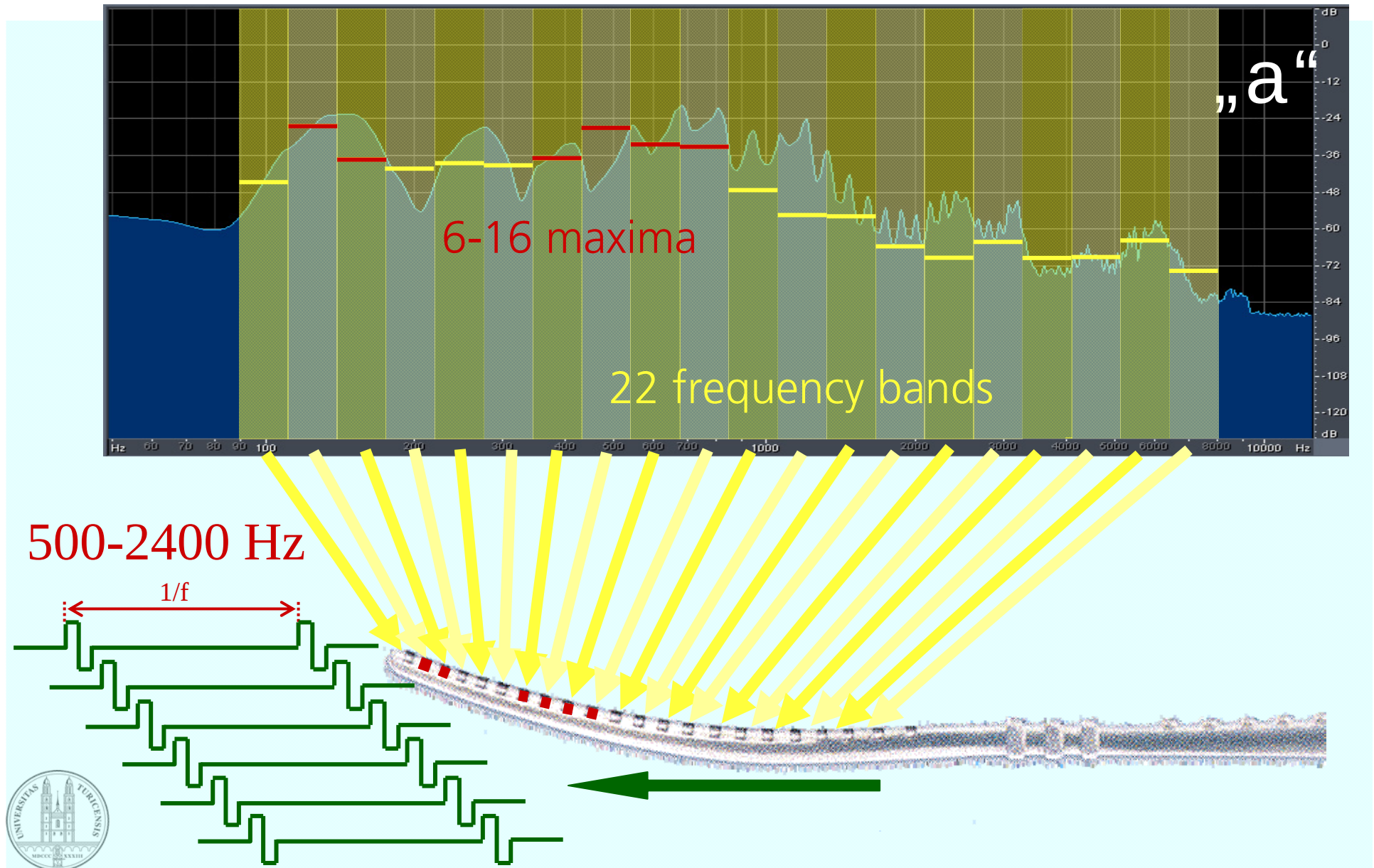


Continuous Interleaved Sampling CIS





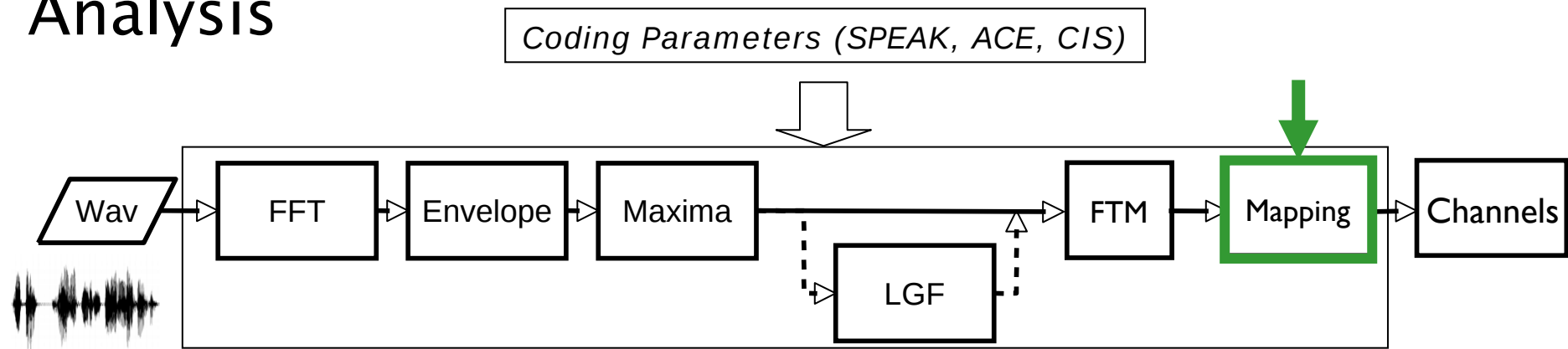
Advanced Combination Encoder ACE



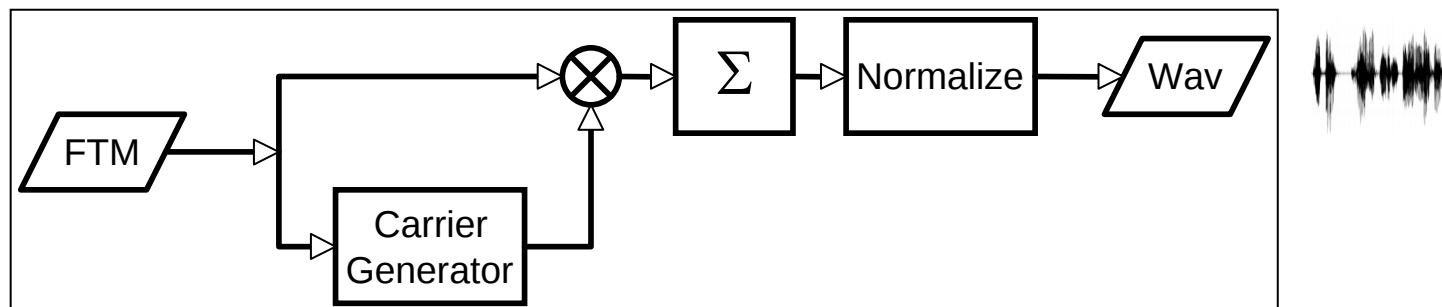


Akustisches Simulations-Modell

Analysis



Resynthesis





Akustisches Simulationsmodell

Synthesevarianten

- Amplituden-Modulation von
 - Rauschbändern
 - Sinussignalen
 - Bandpassgefilterten Impulssequenzen
- Frequenzzuordnung
- Kanalüberlappung
- Dynamik





Audio-Simulationen

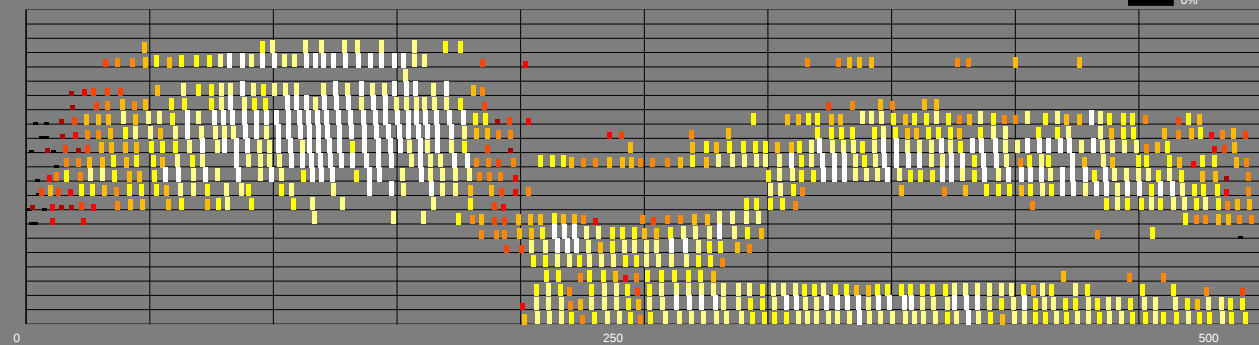
SPEAK



Electrodes

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

scheuen: speak



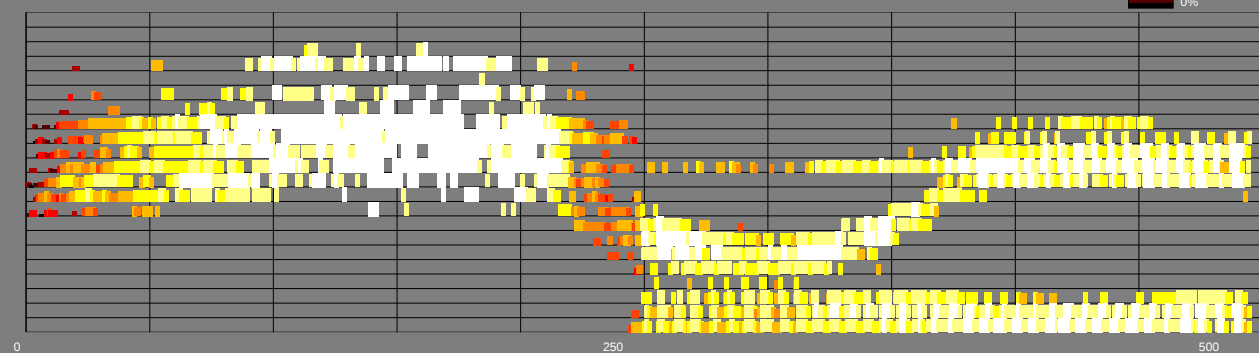
ACE



Electrodes

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

scheuen: ace900



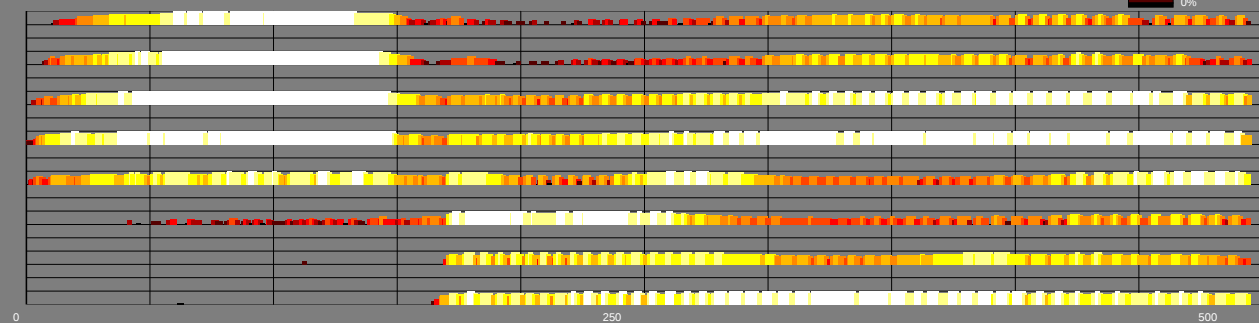
CIS



Electrodes

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

scheuen: cis8-900

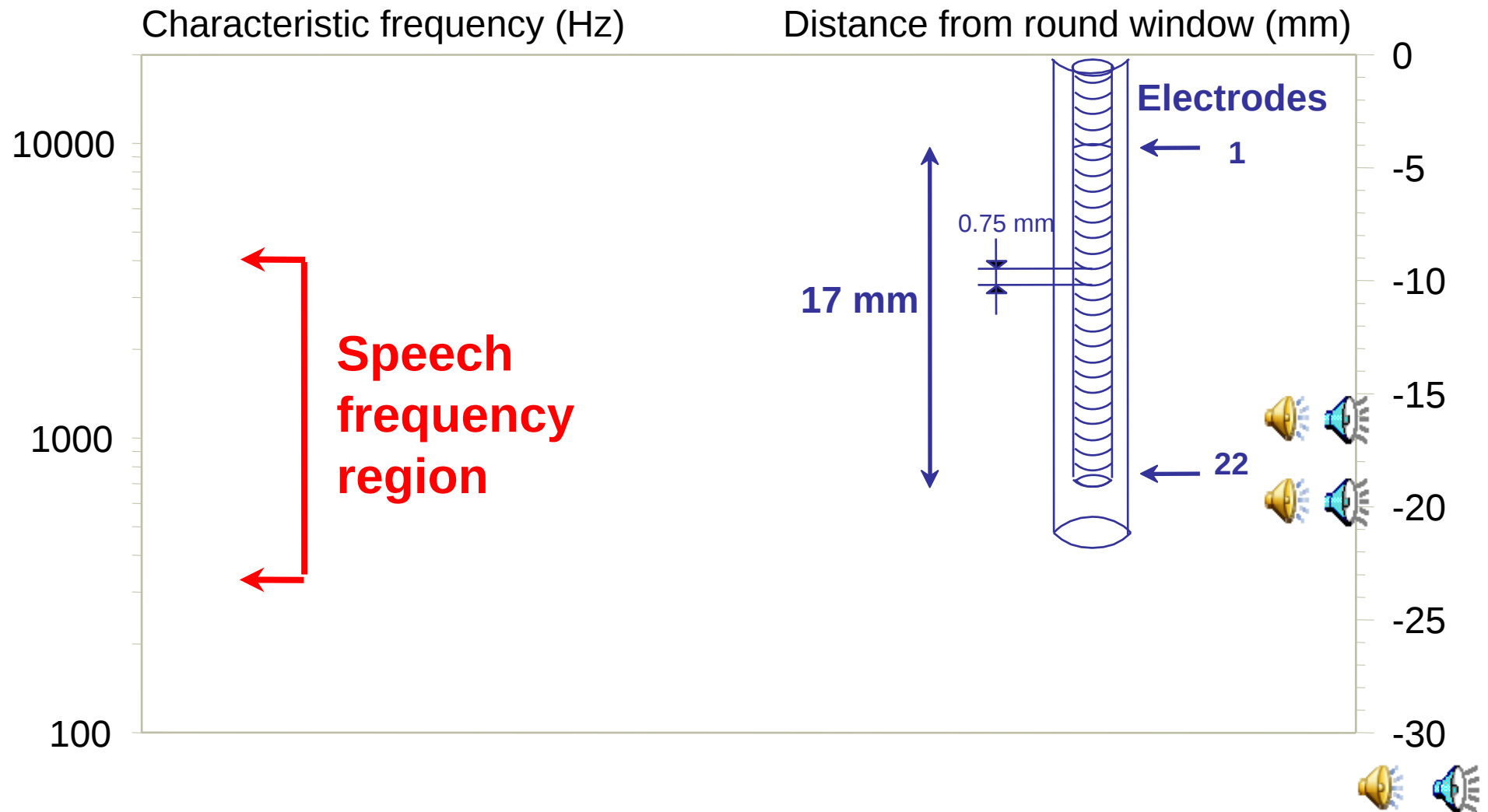


Time (ms)



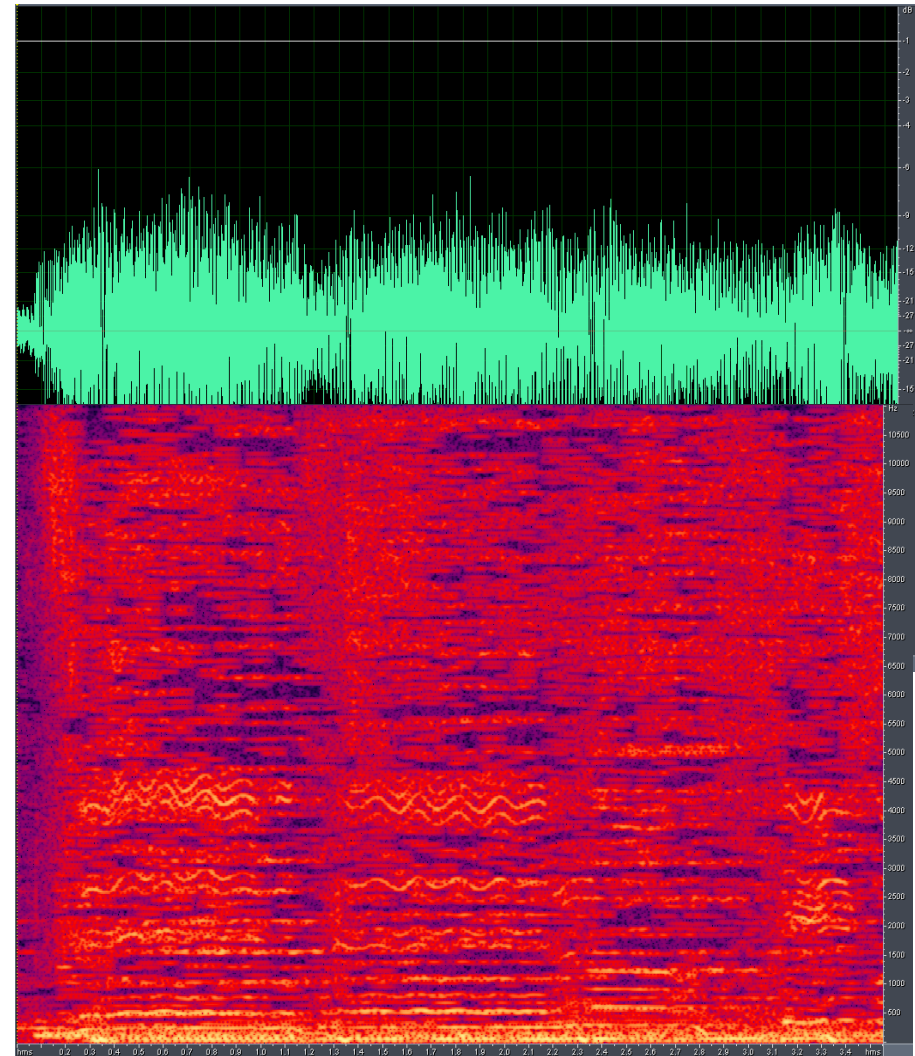
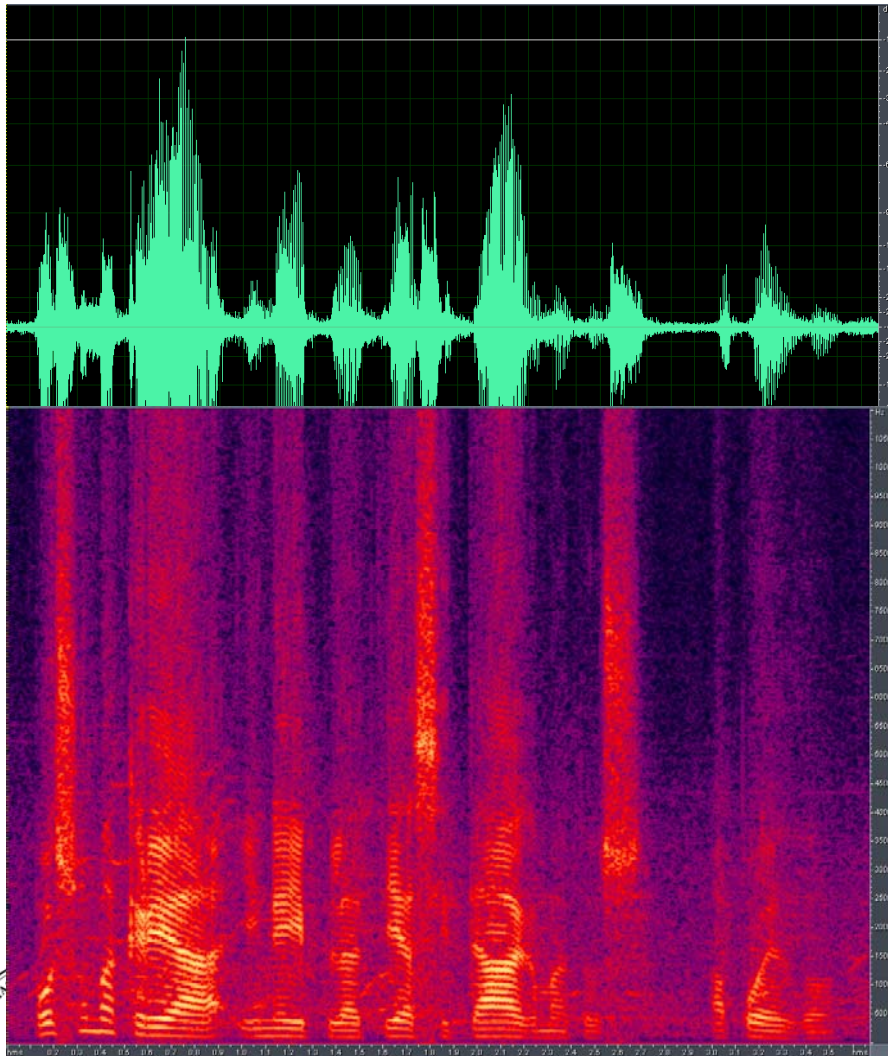
Simulation der Tonotopie

Orts- Frequenz-Abbildung



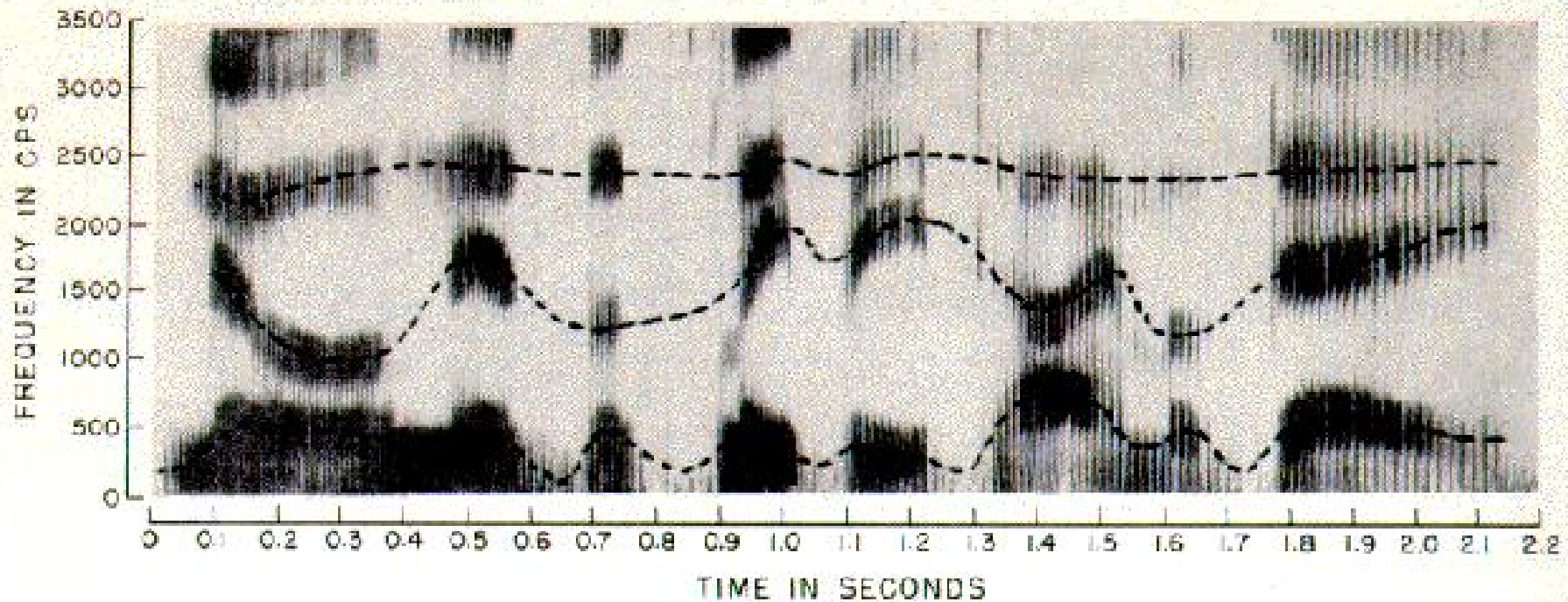


Das Problem





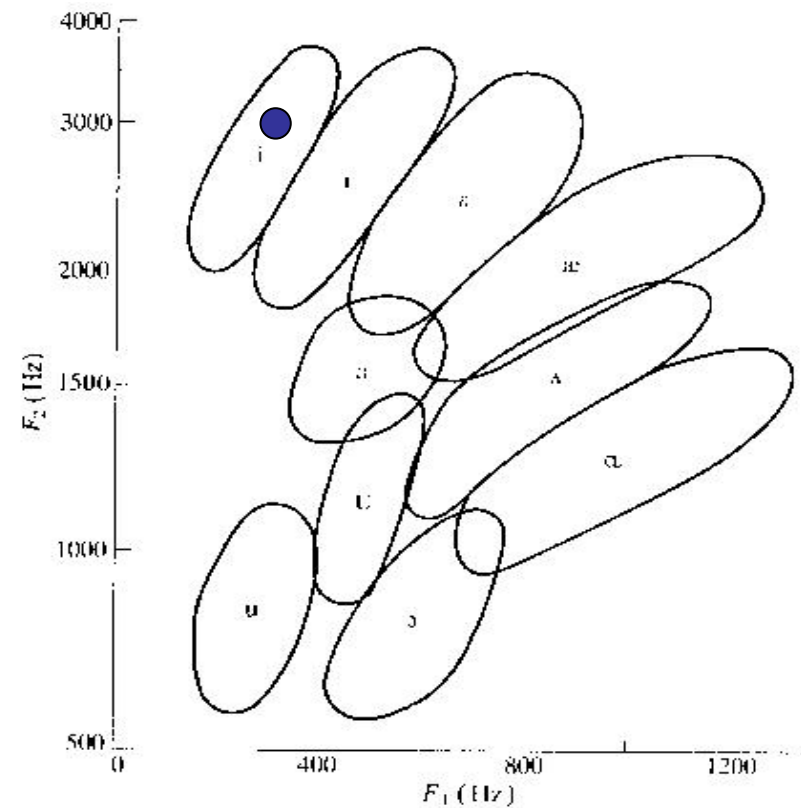
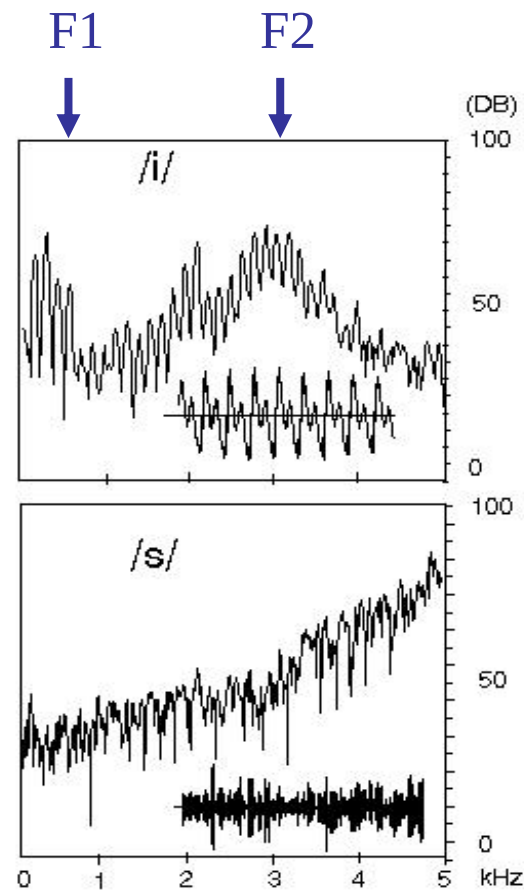
Sonagramm mit Formantverläufen (Sprachbild)



"NOON IS THE SLEEPY TIME OF DAY"

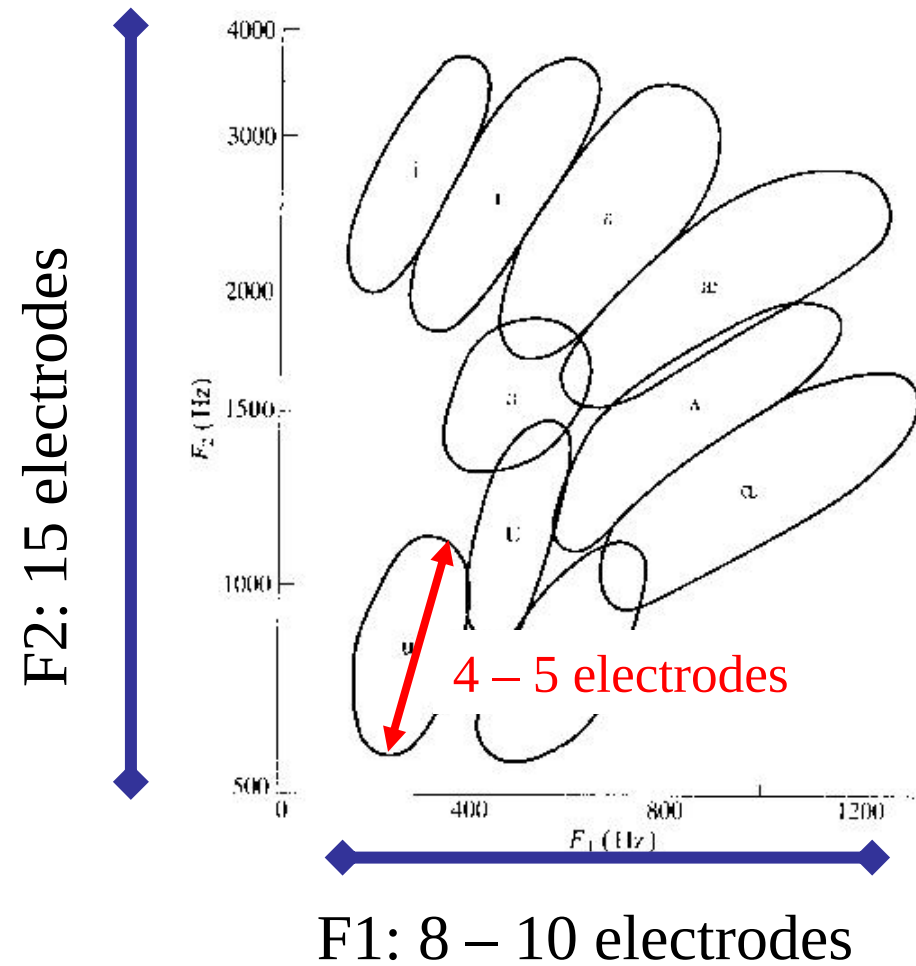


Sprachlaute: Formant-Frequenzen



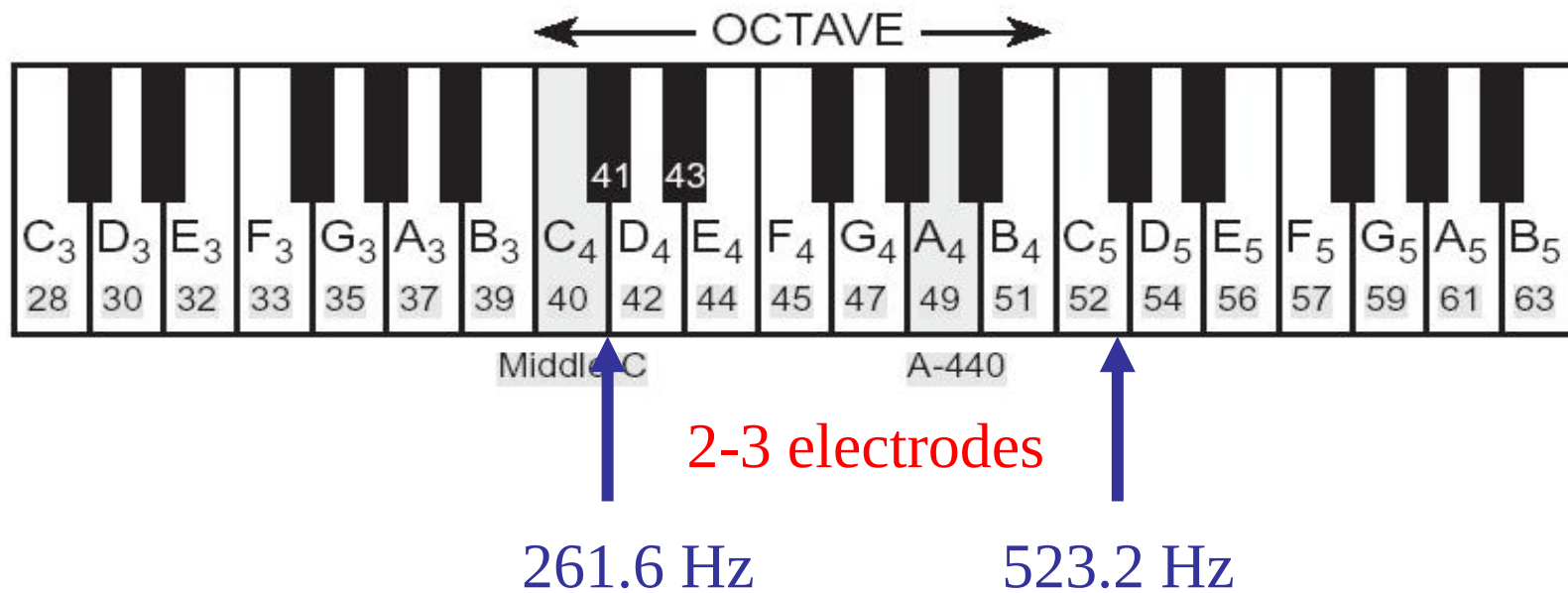


Frequenzauflösung für Vokalerkennung



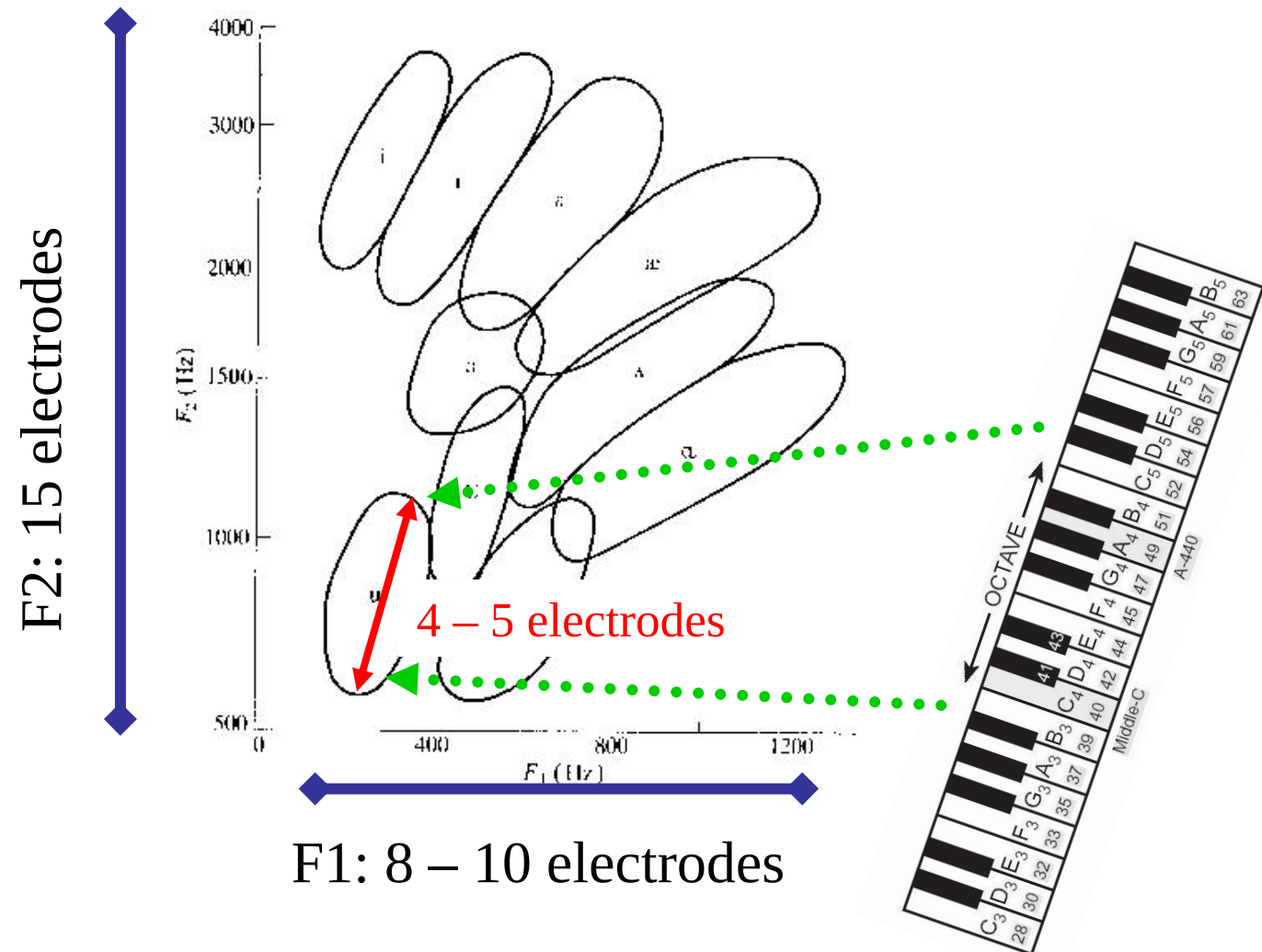


Klaviertastatur Frequenzauflösung



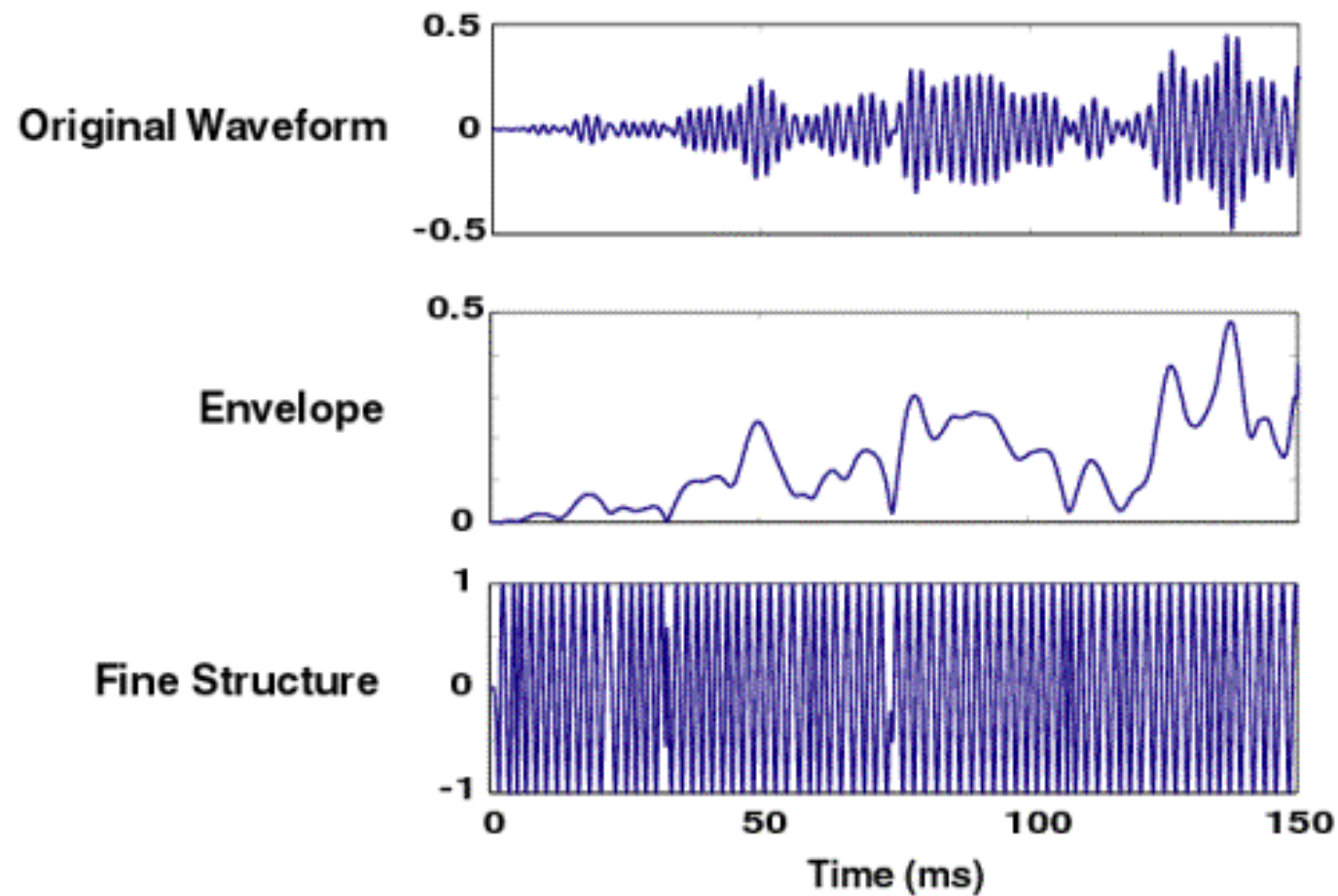


Frequenzauflösung für Sprache und Musik





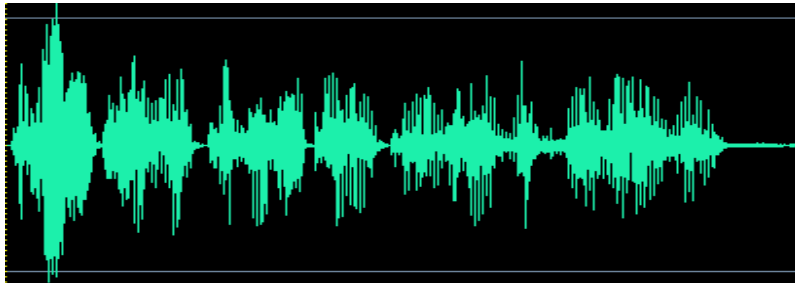
Envelope und Feinstruktur



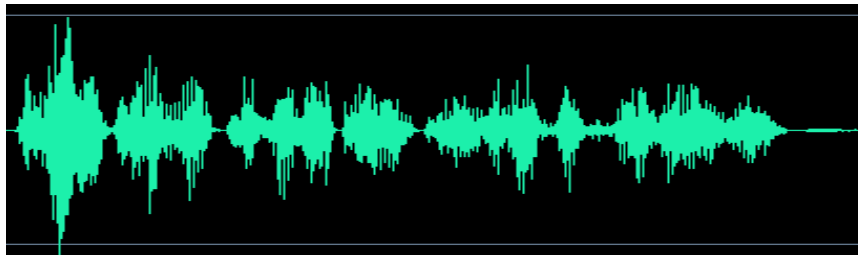
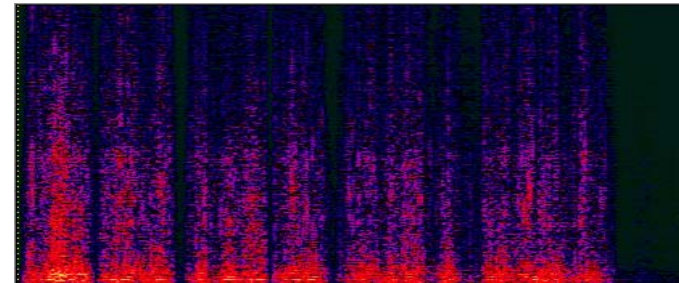
Z.M. Smith, B. Delgutte, A. J. Oxenham (2001)



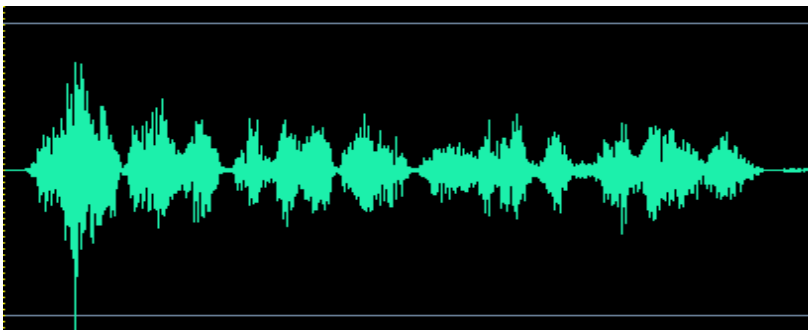
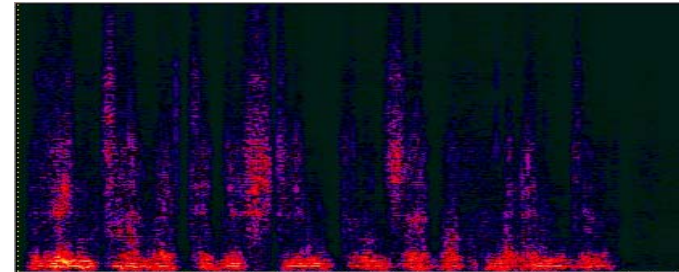
Envelope - speech



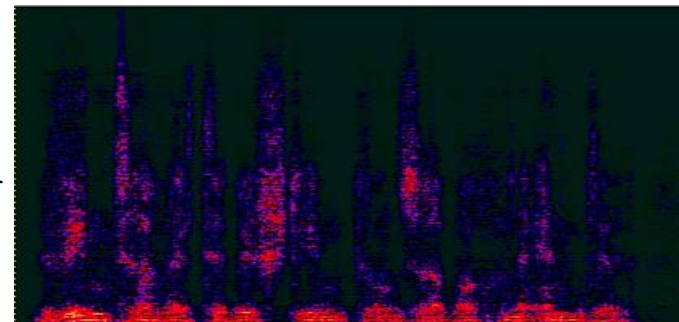
1 ch



8 ch

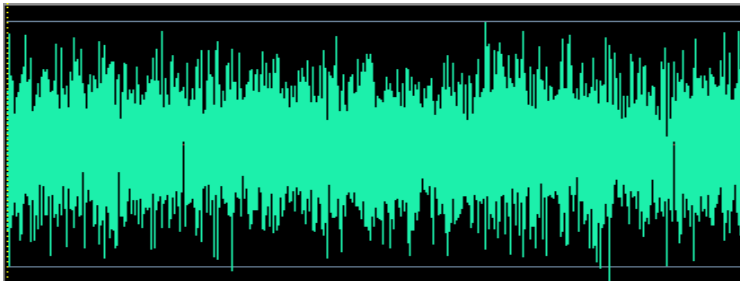


32 ch

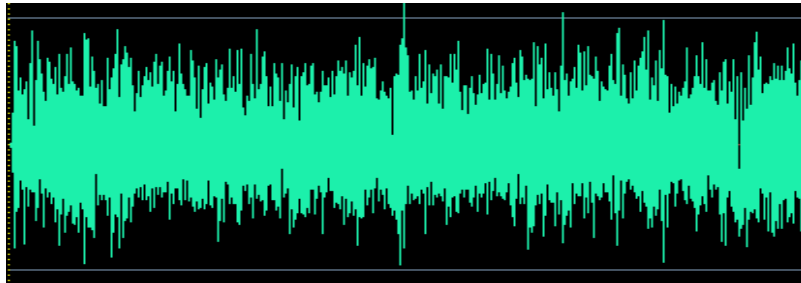
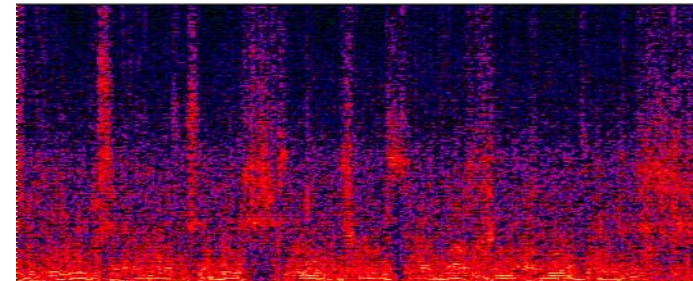




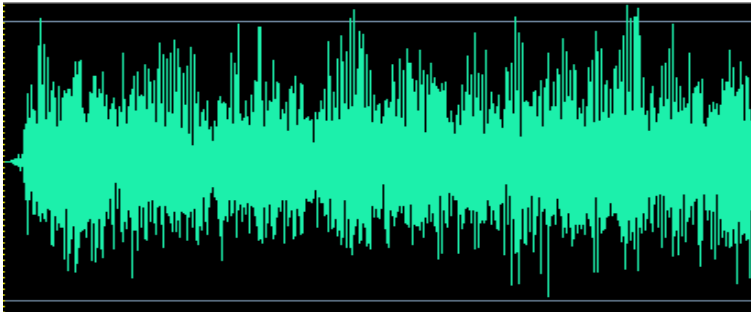
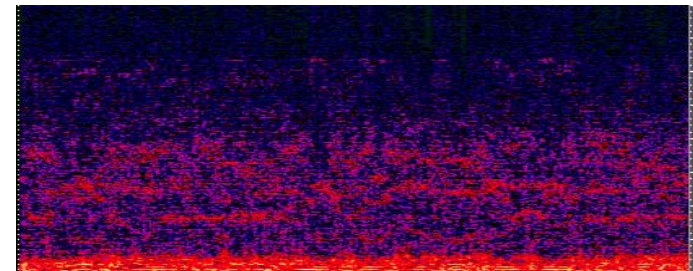
Fine structure - speech



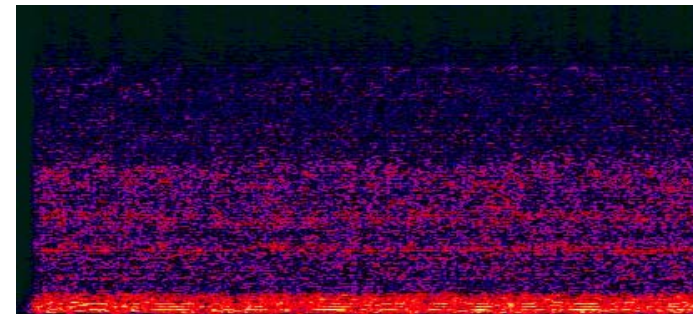
1 ch



8 ch

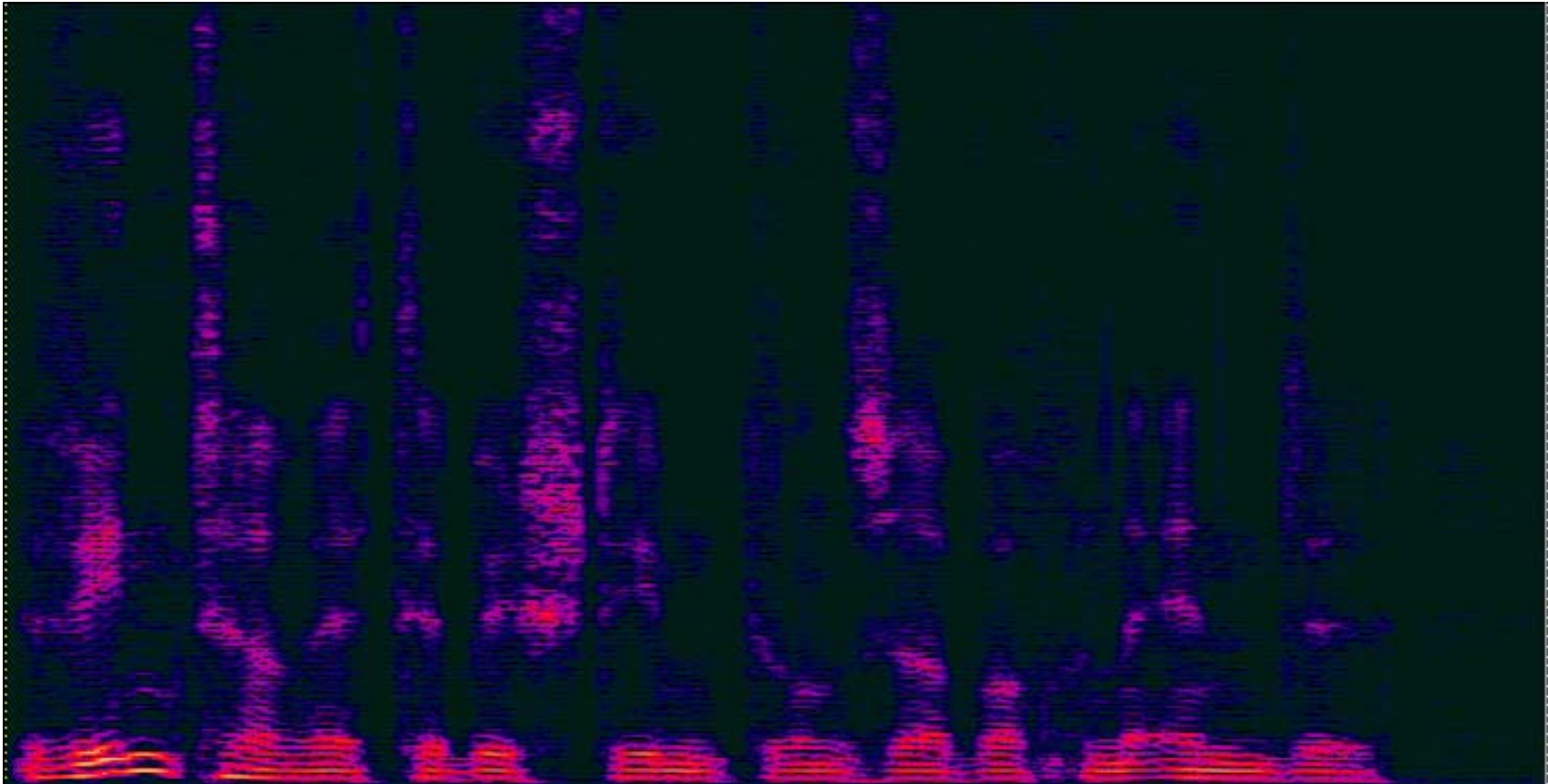


32 ch



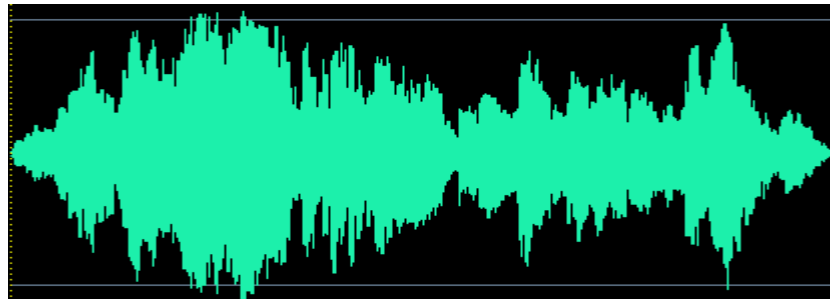


Original - speech

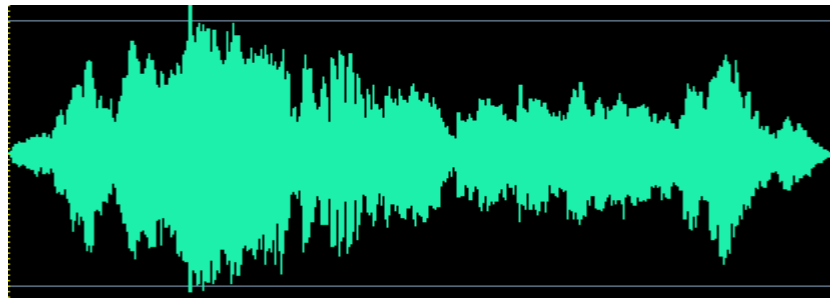
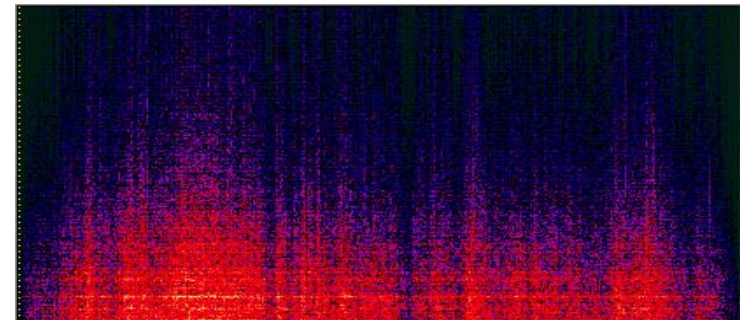




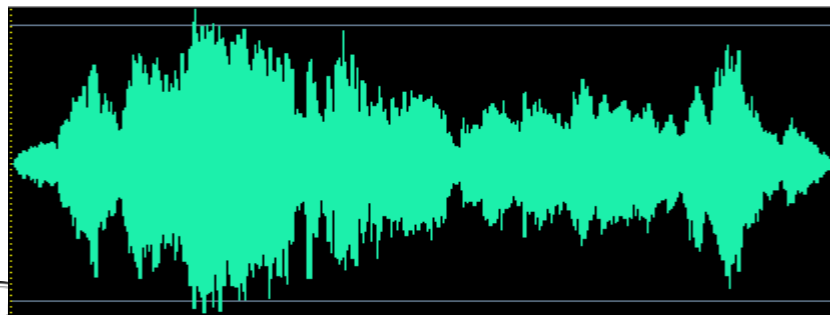
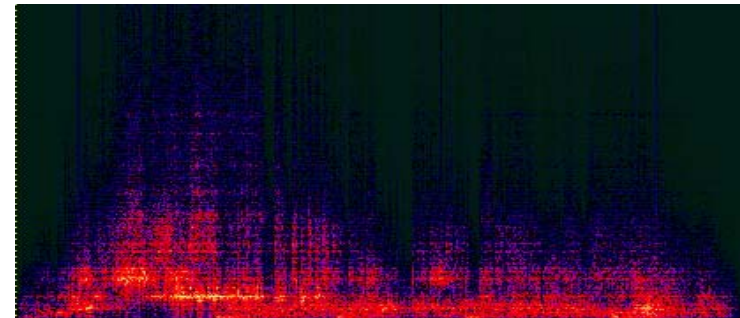
Envelope - music



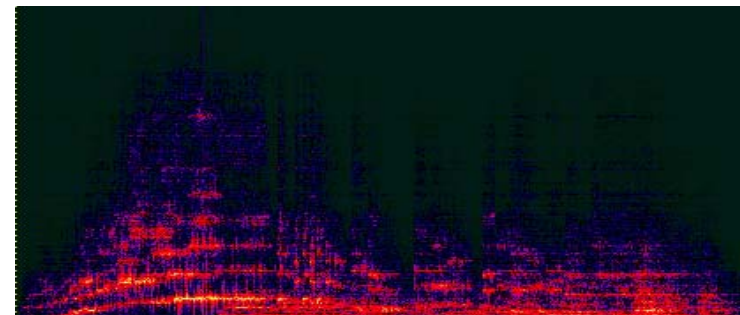
1 K



8 K

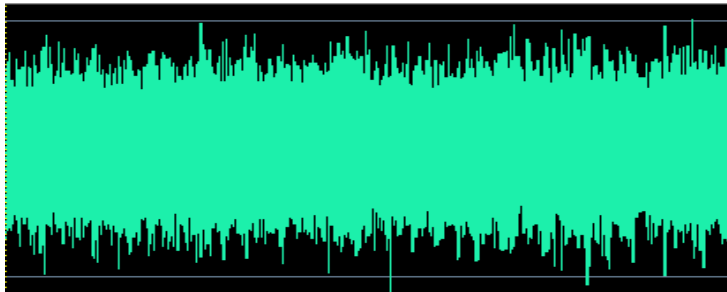


32 K

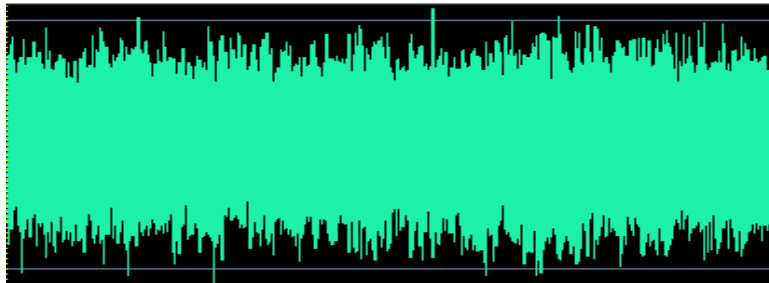
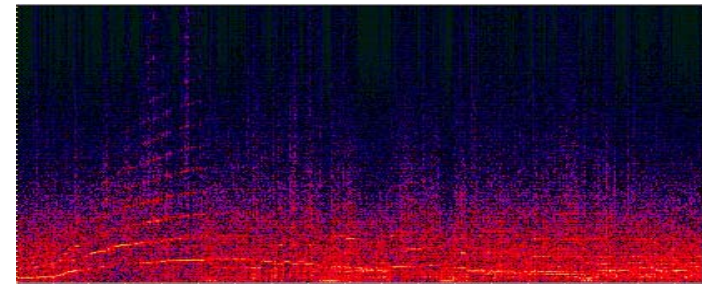




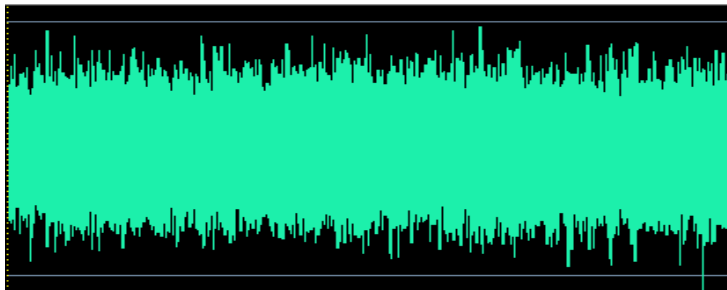
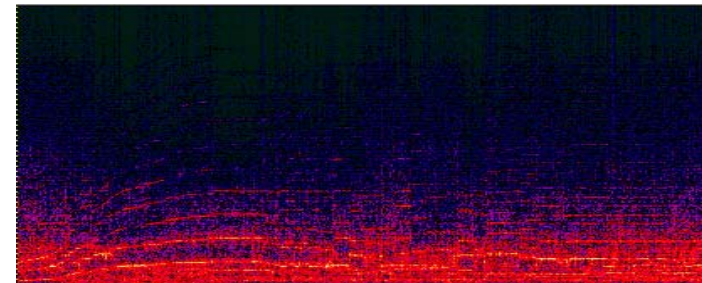
Fine structure - music



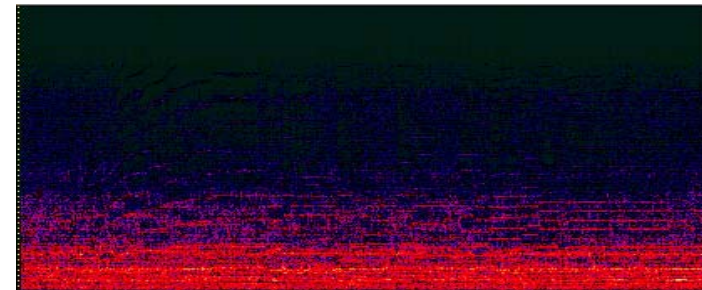
1 K



8 K

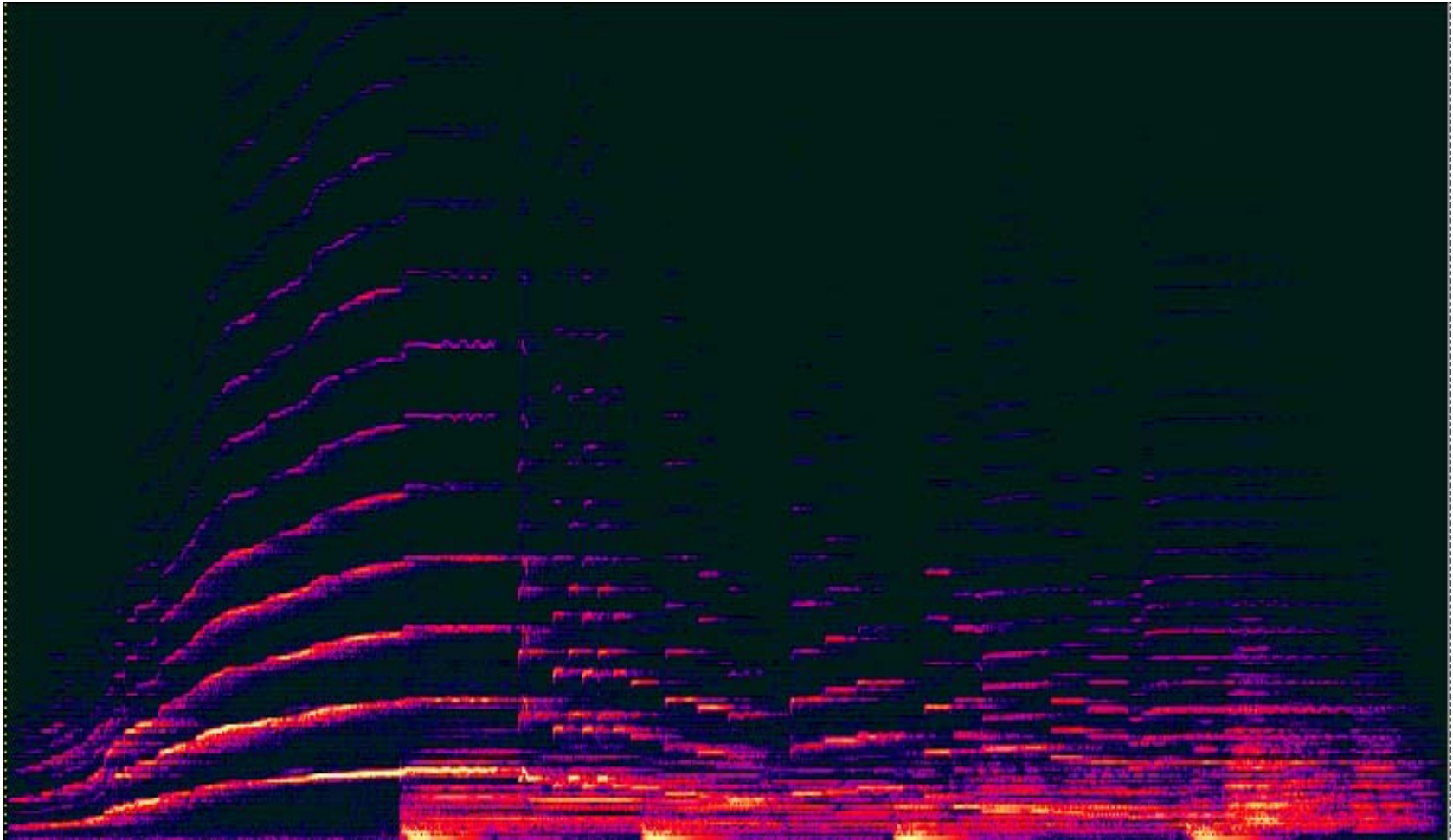


32 K





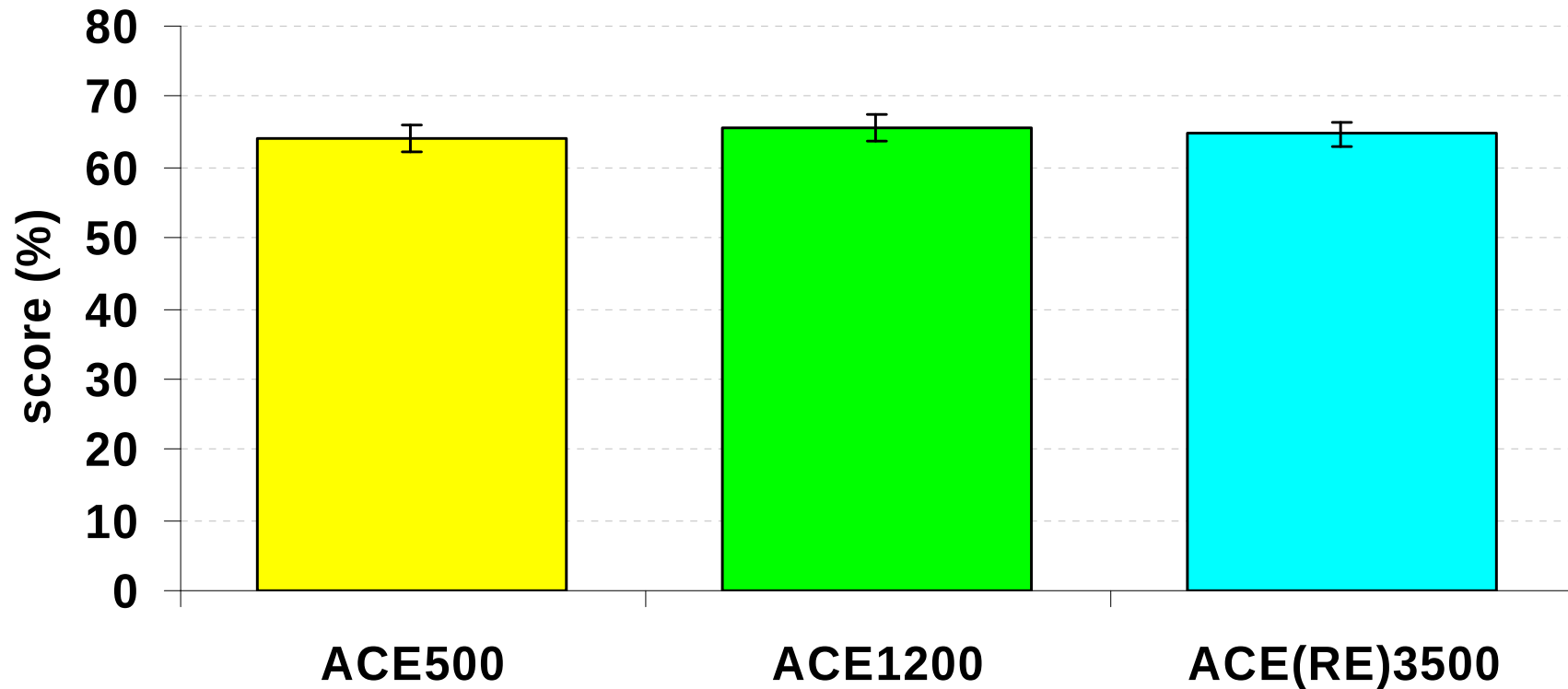
Original - music





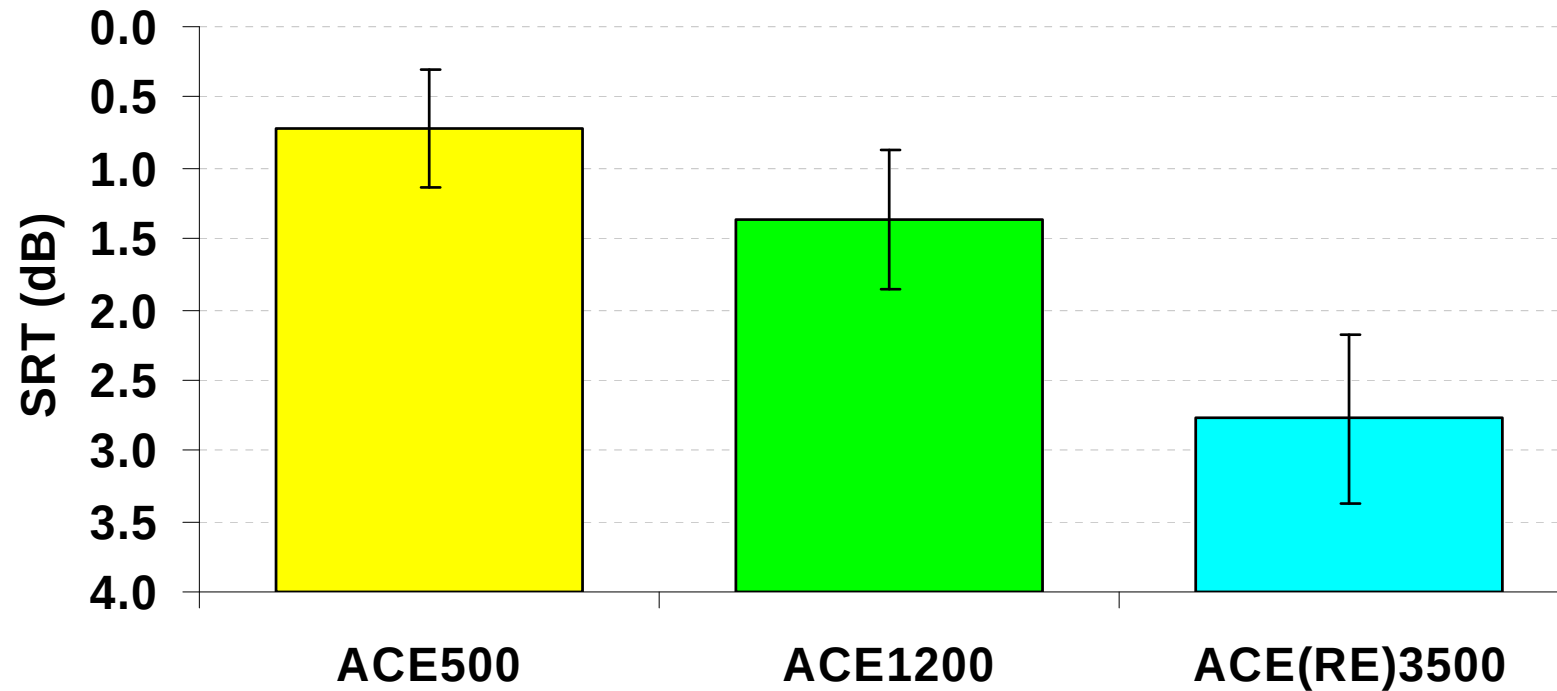
Ist eine höhere Reizrate immer besser?

Freiburger Einsilber in Ruhe bei 60dB
(avg and SEM, n=29, anova p=0.8)





Oldenburger Satztest im Störlärm bei 65dB (avg and SEM, n=29, anova p<0.001)



t-test Old Sent in noise at 65dB	
rates compared	p
500-1200	0.0737
500-3500	0.0007
1200-3500	0.0703





Zusammenfassung

- Gruppenergebnisse konnten keinen Effekt der Stimulationsrate aufzeigen für Raten von 500 bis 3500 pps bei Tests in Ruhe.
- Individuelle Effekte für einzelne Patienten wurden für Sprachverständlichkeit und Präferenz gefunden (Tendenz: Reizraten um 1200 pps und weniger besser als höhere Raten)
- Im Einzelfall ist eine individuelle Optimierung der Reizrate unter Umständen erfolgreich





Mögliche zukünftige Signalverarbeitungs-Optionen

- Erhöhte Frequenzauflösung (zusätzliche ***virtuelle Kanäle***)
- Variable Frequenz-Stimulationsort-Zuordnung (Mapping-Funktionen, ***harmonische Tonskalen***)
- Codierung der ***zeitlichen Feinstruktur*** (Melodie- und Instrumentenerkennung, Konsonant-Vokal-Uebergänge)

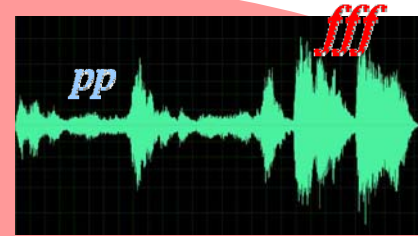




Musik-Merkmale

Musikempfinden

Lautheit
(Dynamik,
Rhythmus)



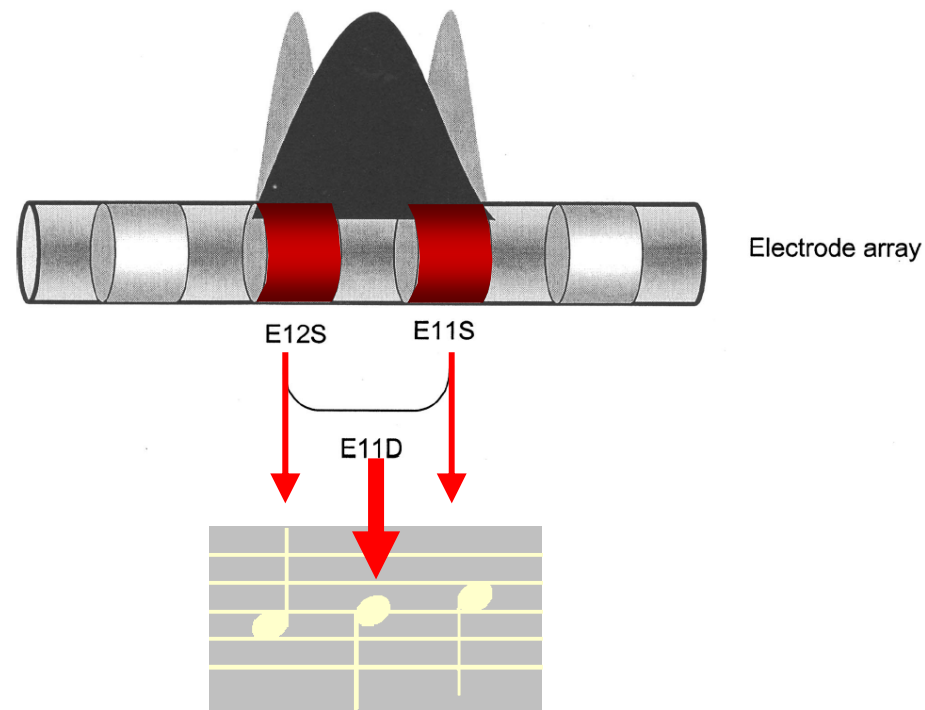
Klang
(Tonfarbe,
Charakter)



Tonhöhe

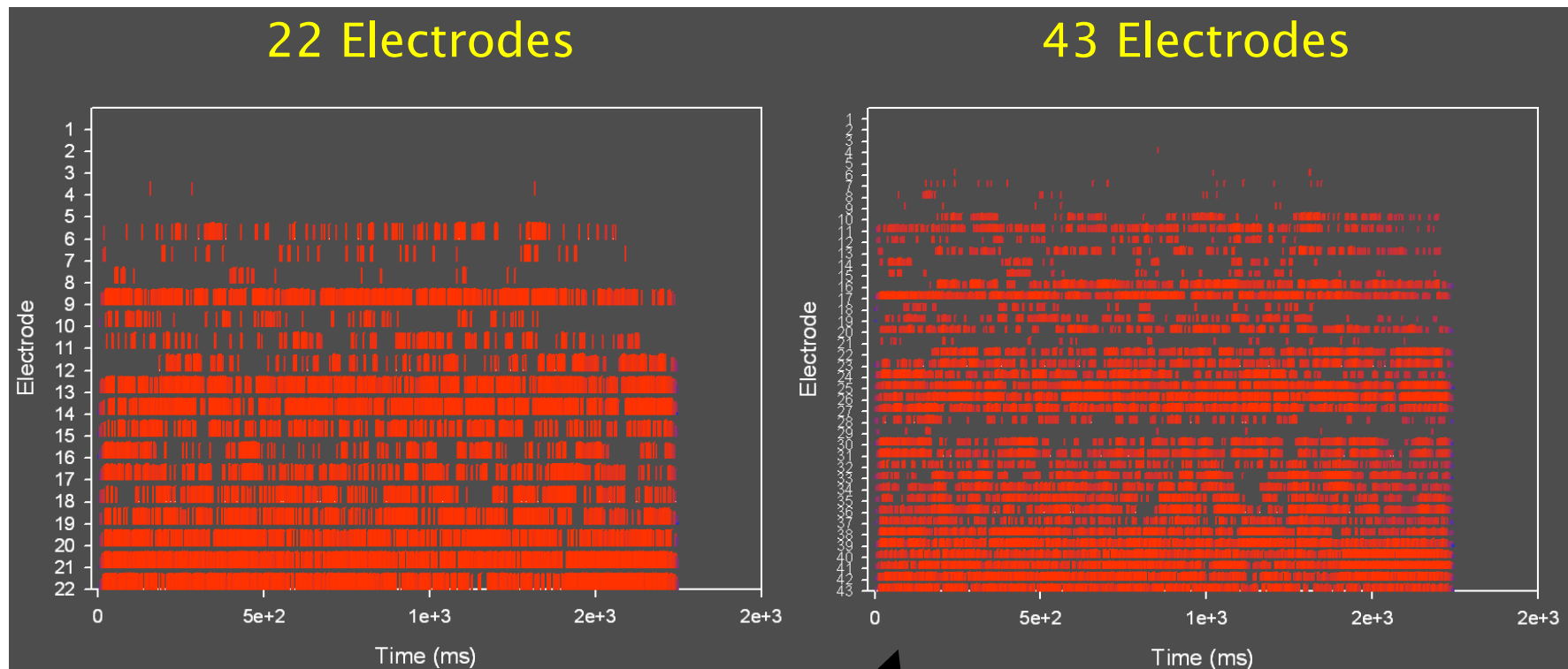


Virtuelle Elektroden: Hypothese (1)





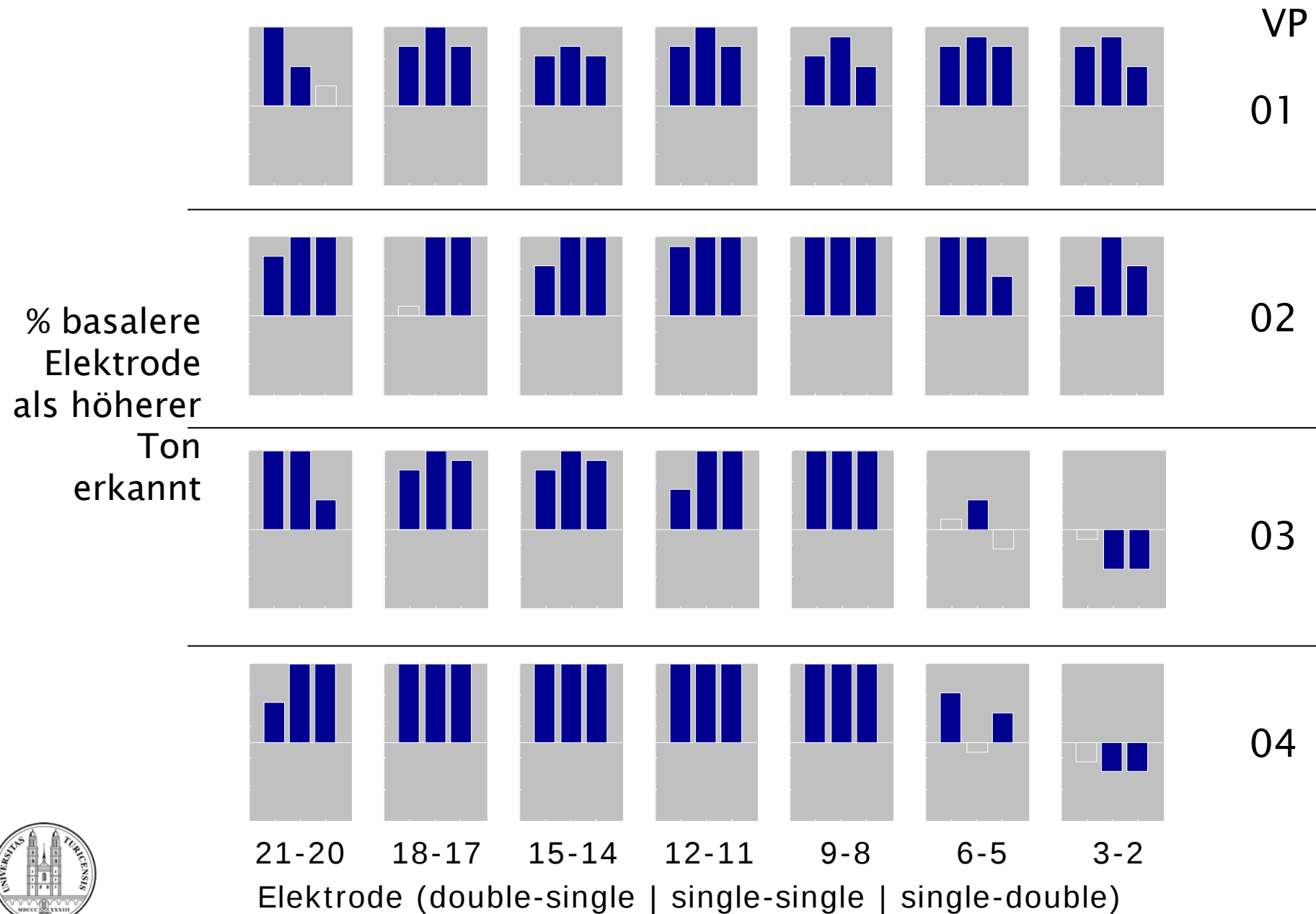
Hypothese (2)



- Verbesserte Frequenzauflösung ?
- Bessere Musikwahrnehmung ?

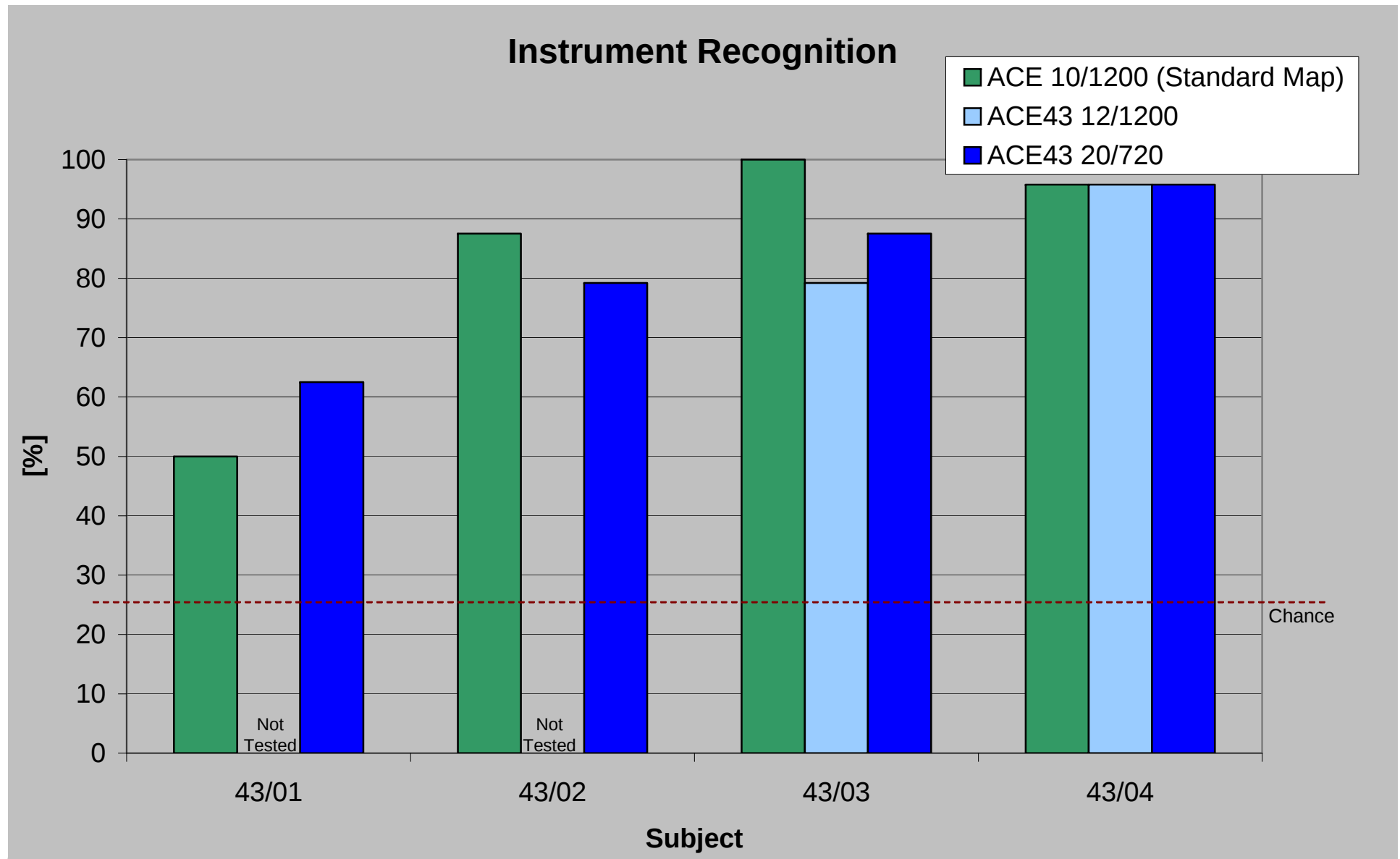


Tonhöhen-Erkennung: 7 Elektrodenpaare



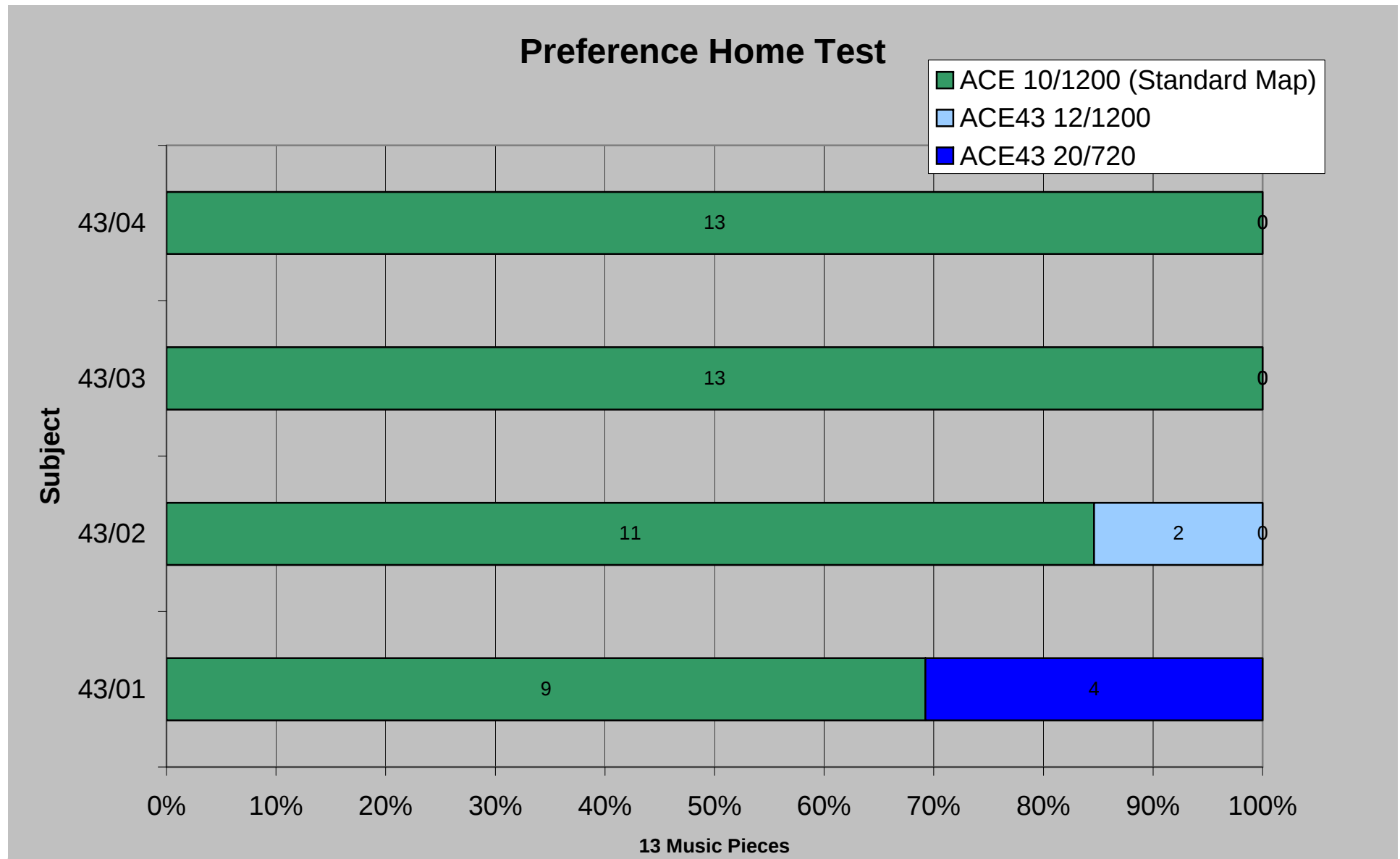


Labor-Experiment: Resultate





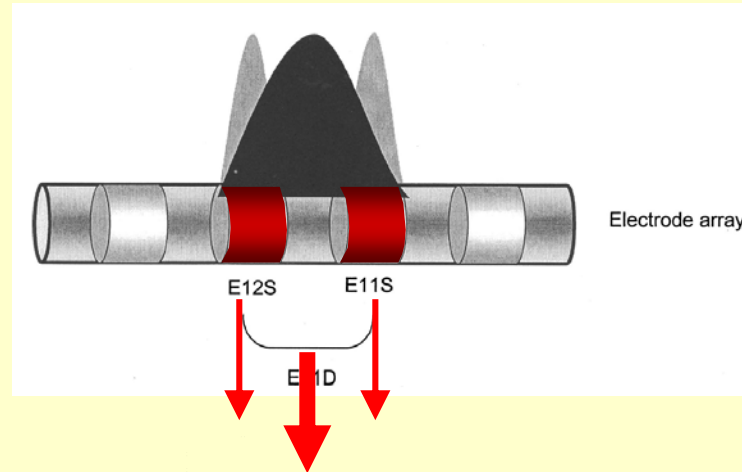
Hörtests zu Hause: Resultate



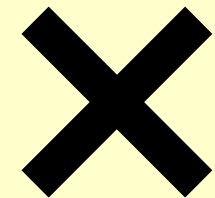
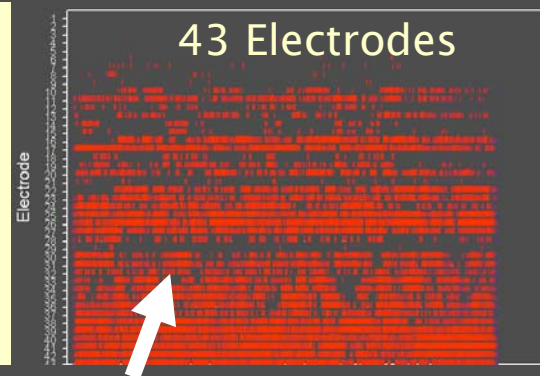
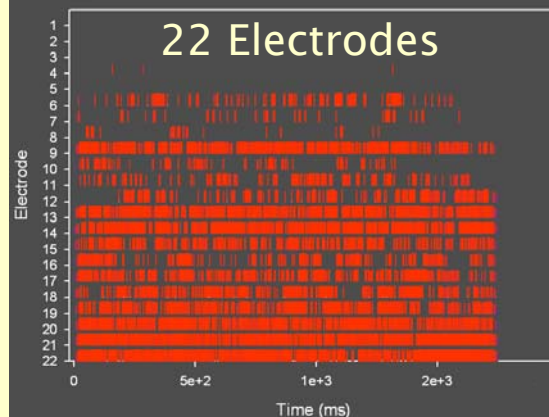


Schlussfolgerungen

Hypothese (1)



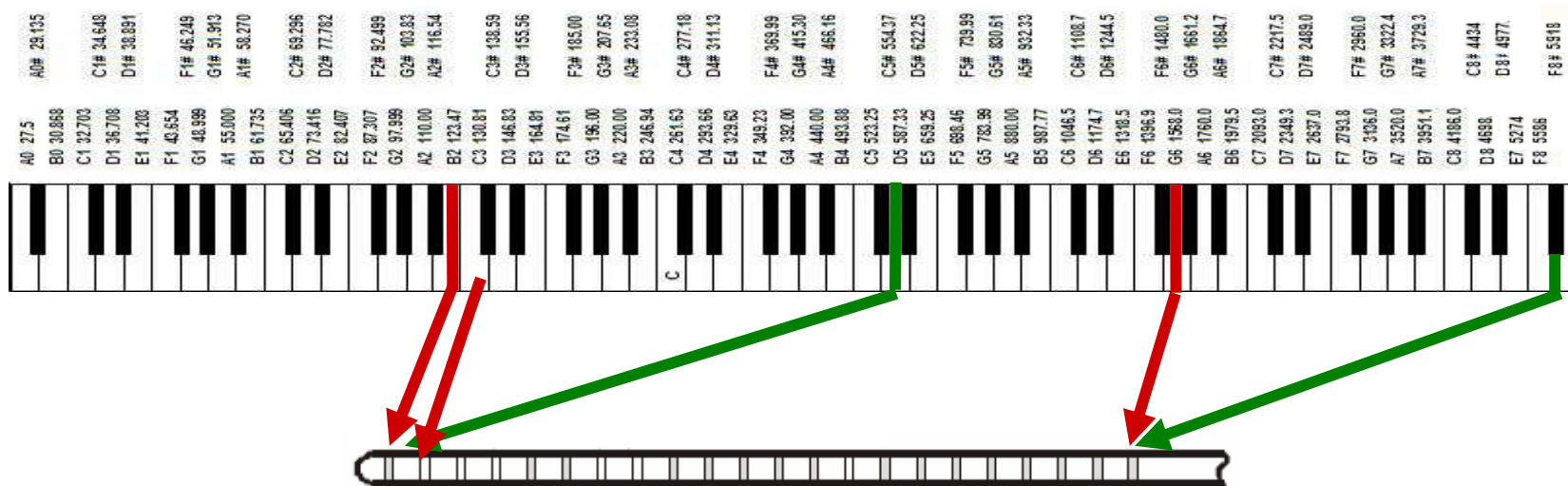
Hypothese (2)



- Verbesserte Frequenzauflösung ?
- Bessere Musikwahrnehmung ?



Frequency to electrode variation: Semitone Mapping



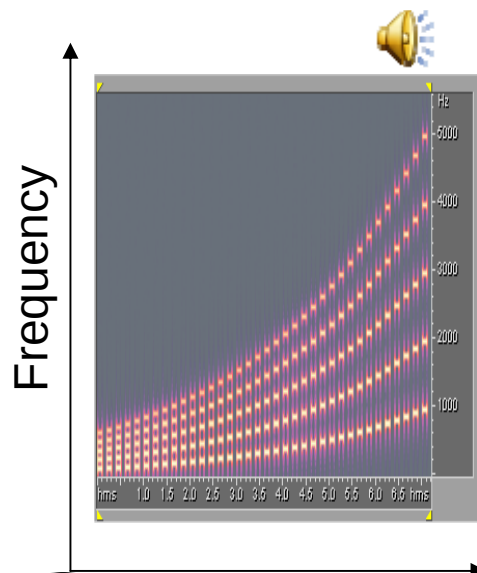
43 Channel can cover 43 Semitones (3.5 Octaves)



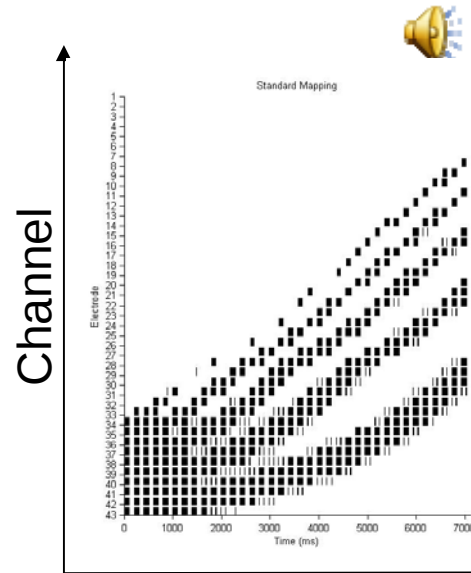
Harmonic Pattern

Example of different frequency maps

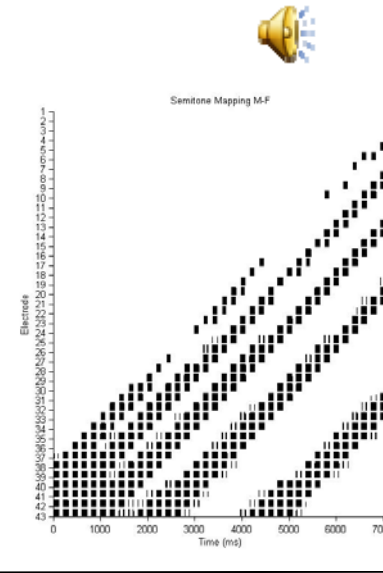
Unprocessed Spectrogram



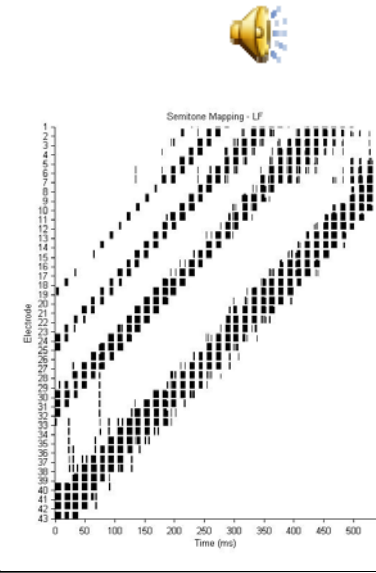
Standard Mapping



Semitone Mapping -MF



Semitone Mapping -LF

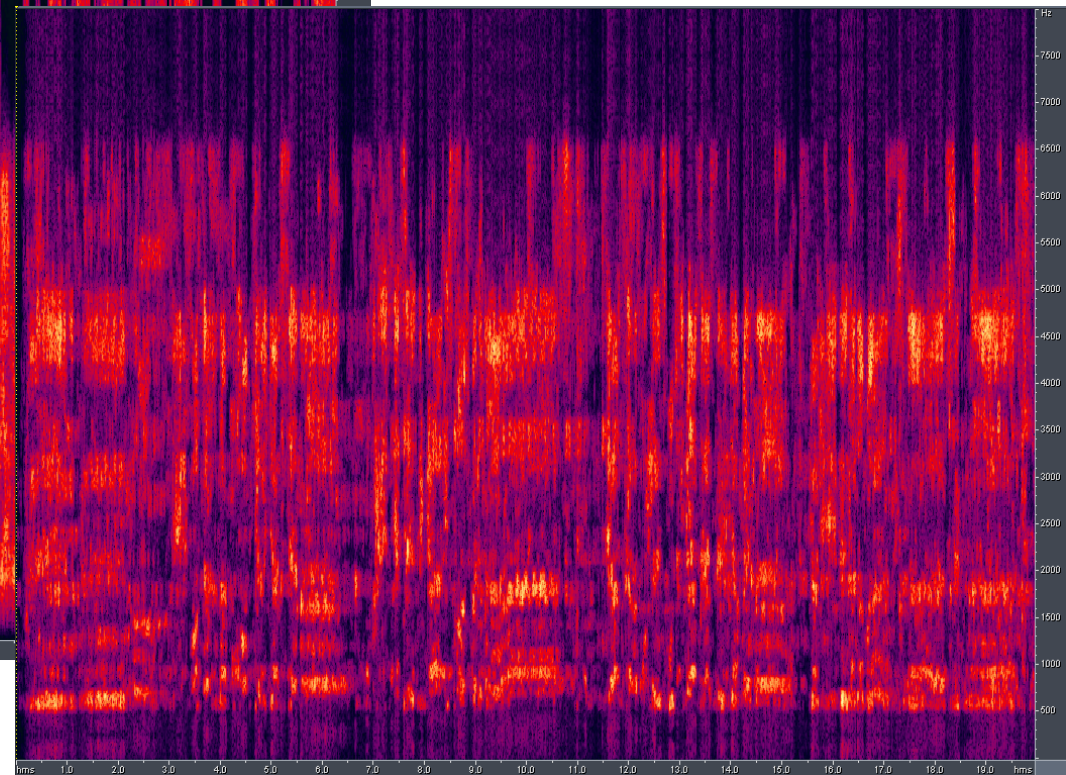
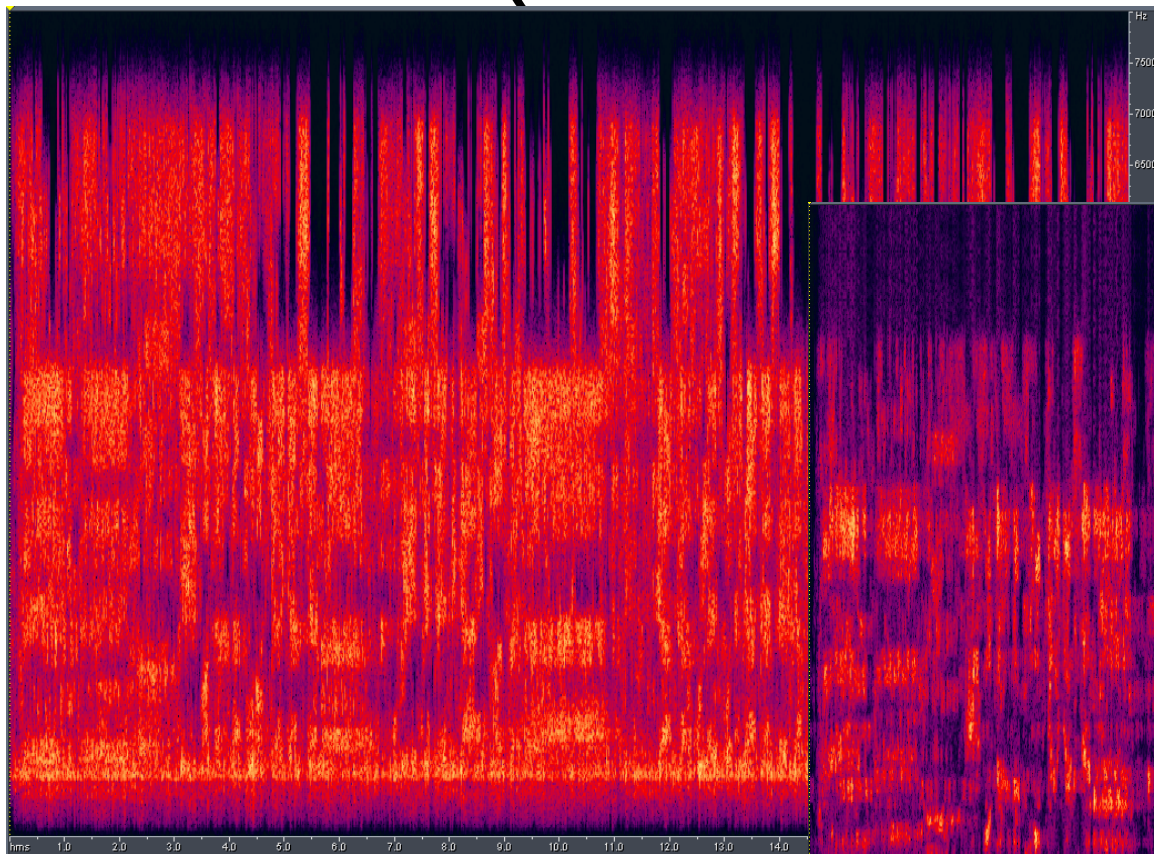


Time

Time

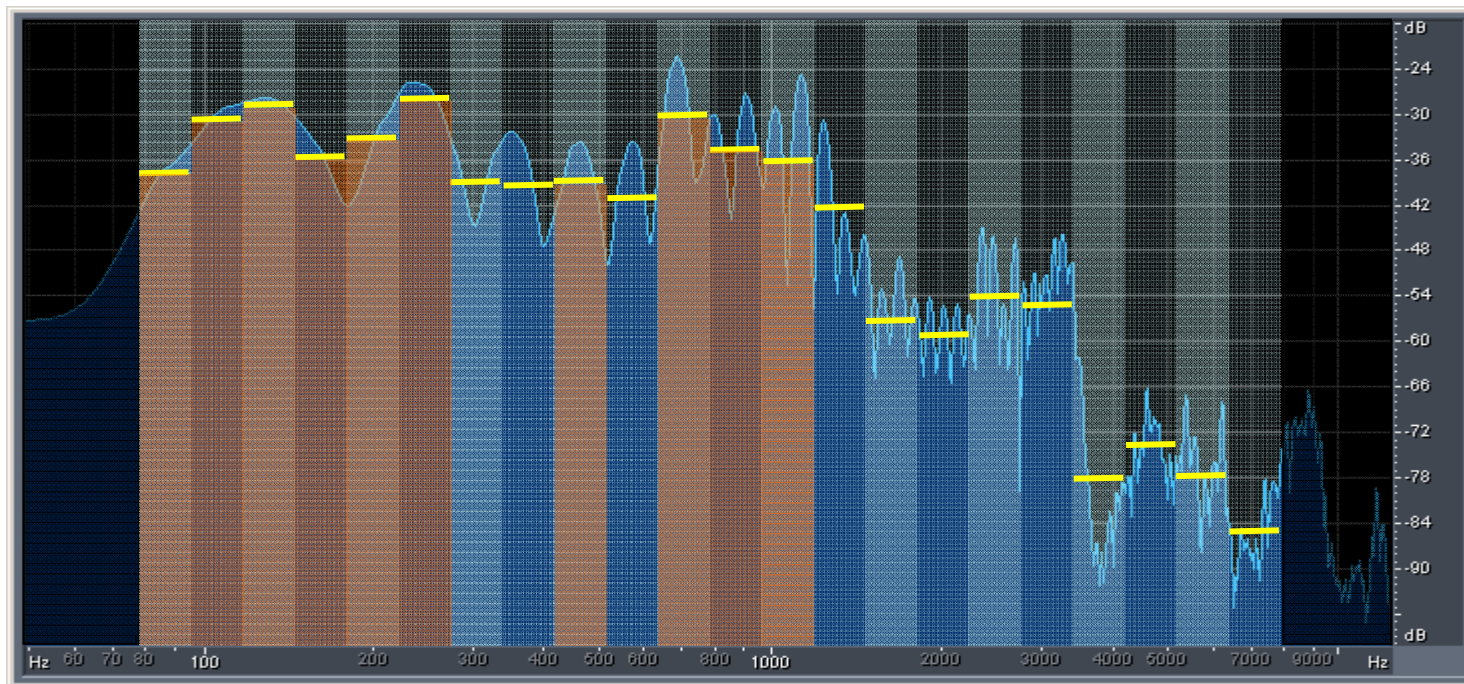


Standard versus Semitone map (440 Hz – 4kHz)





Selecting maxima



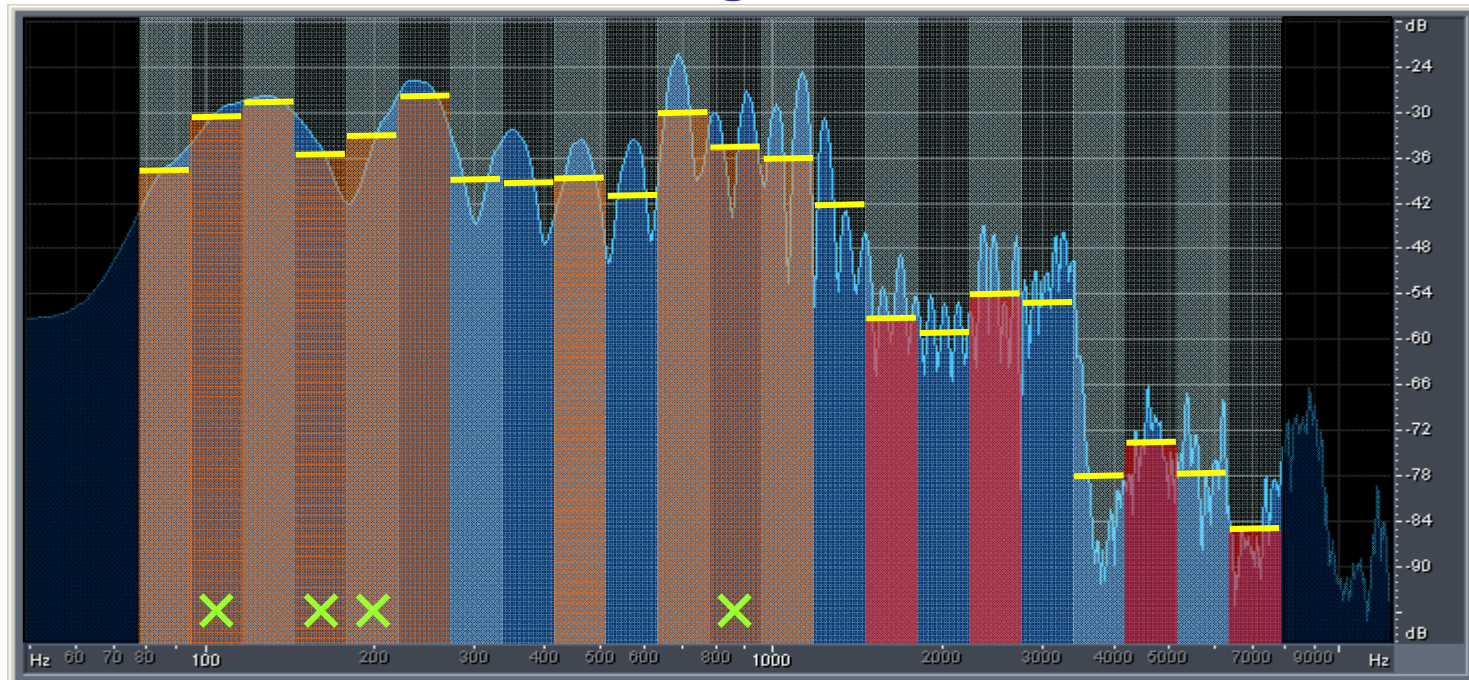
The vowel "a" (no preemphasis)

- ACE tends to select clusters of channels
 - adjacent channels produce interactions
 - refractory effects (forward masking) produce some degree of redundancy





Selecting maxima



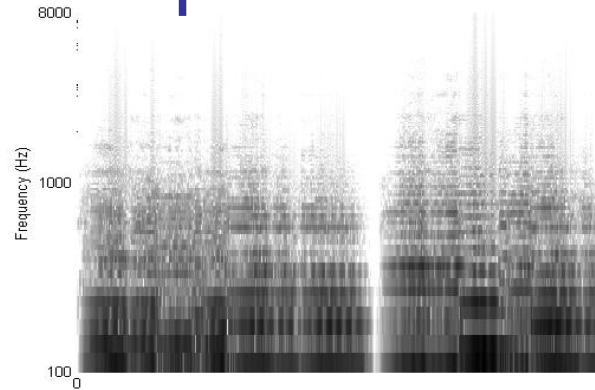
The vowel "a" (no preemphasis)

- MP3000 (aka Psychoacoustic ACE or PACE) tries to **eliminate these redundancies**
 - one aim is to use less channels to transmit the same information
- More spectral information could be presented
Would additional spectral information be useful for music perception?





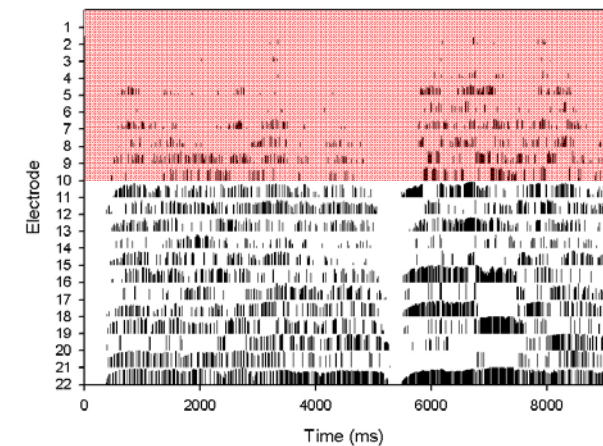
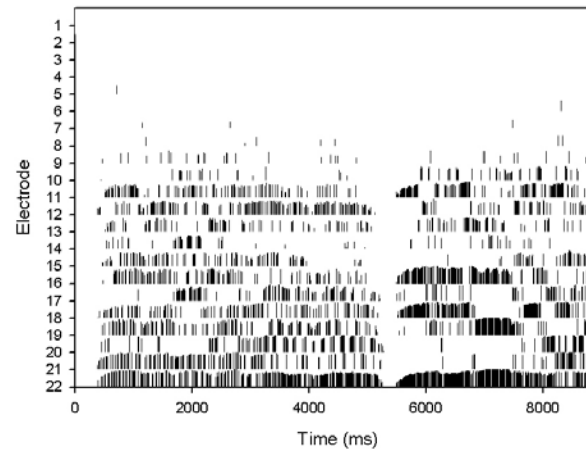
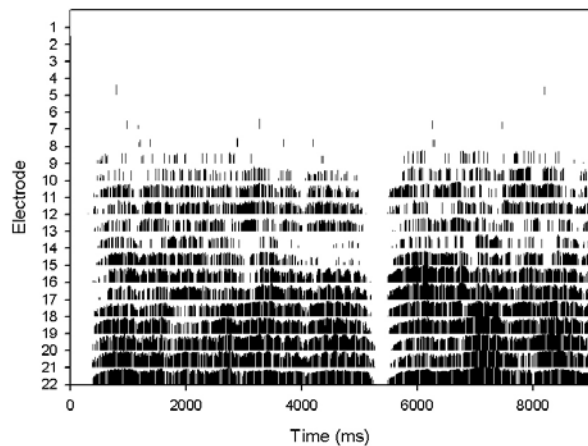
An example: a cello piece



Cello ACE10 TV3

Cello PACE4 TV3

Cello PACE8 TV3





Folgerungen aus Sprachcodierungsstudien

- Heutige Cochlea-Implantate vermitteln eine gute spektrale und zeitliche Auflösung, welche für die Spracherkennung ausreicht, aber für das Musikhören oft nicht ausreicht
- Erhöhte spektrale und/oder zeitliche Auflösung ist für die Musikwahrnehmung erforderlich
- Selbst ein kleiner Anteil zusätzlicher zeitlicher Feinstruktur im Stimulationsmuster kann die Musikwahrnehmung und Klangqualität signifikant verbessern
- Akustische Anregung des Restgehörs ist ein möglicher Weg, dieses Ziel zu erreichen





Uebersicht

- Wie funktioniert ein CI
- Elektroden, implantierte Elektronik
- Sprachcodierungs-Strategien
- **Elektroakustische (bimodale)
Stimulation**
- Beidseitige (bilaterale) Implantation
- Vorverarbeitung, Geräuschreduktion
- Anpassverfahren (Fitting-Prozeduren)





Erfahrungen

- “...eine zunehmende Anzahl Hörgeschädigter mit Cochlea-Implantaten auf einem Ohr haben im nichtimplantierten Ohr ein Restgehör, welches mit akustischer Verstärkung genutzt werden könnte.
 - Trotzdem entscheiden sich viele erwachsene CI-Träger, ihr Hörgerät im nichtimplantierten Ohr nicht mehr zu benutzen.”
- Ching et al., Ear and Hearing 25/1 (2004)





Möglicher Nutzen eines Hörgerätes zusätzlich zum CI

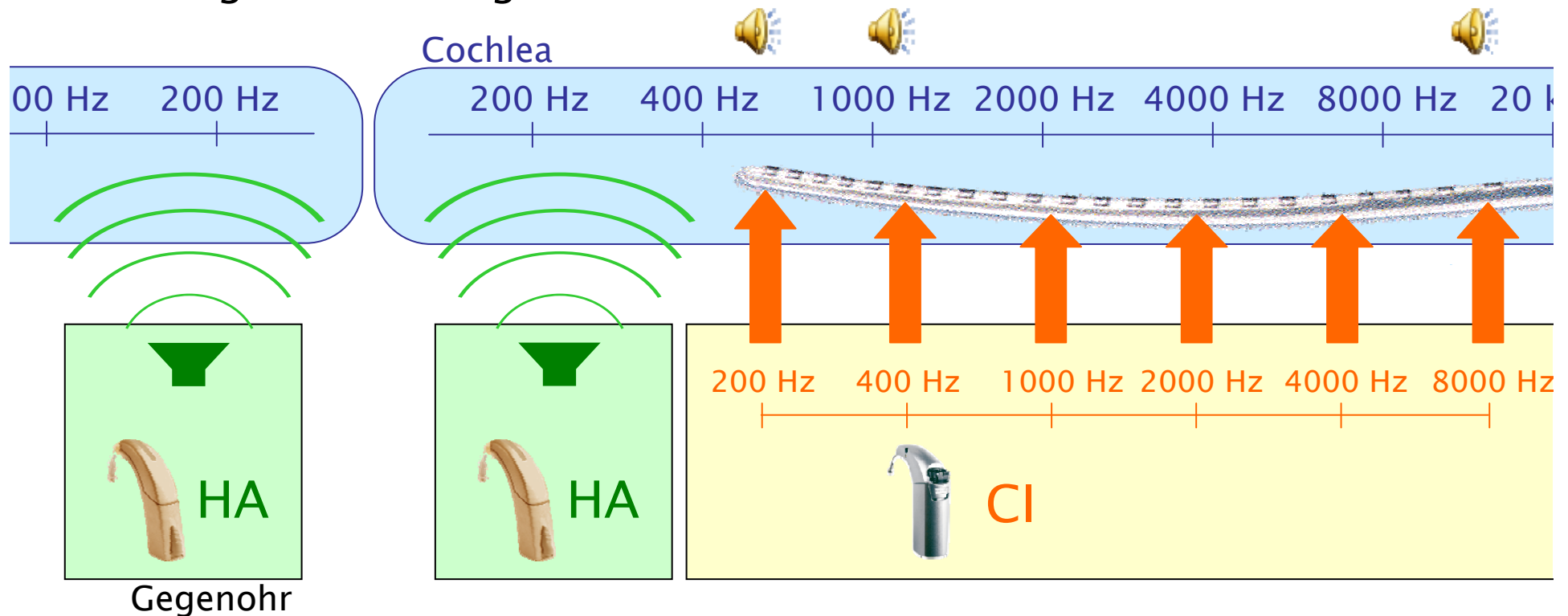
- Stimm-Melodie (Pitch)
- Musikhören
- Zusätzliche Sprachinformation
- Schall-Lokalisation
- Hörerhalt (“use it or lose it”)





Bimodale/elektroakustische Stimulation

Ausreichendes Restgehör in einem oder beiden Ohren:
Hörgerät überträgt vor allem den Tieftonbereich





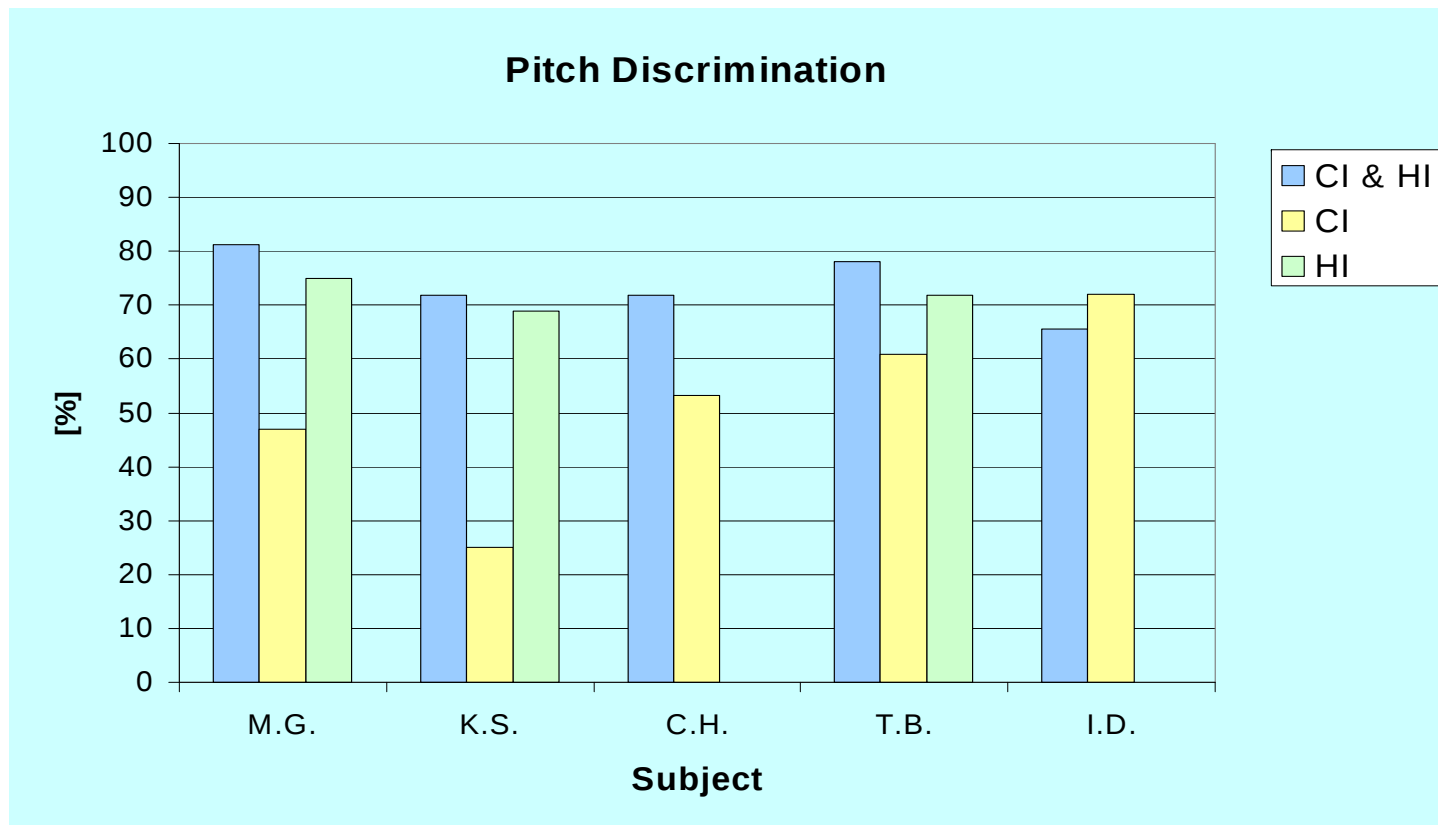
Bimodale/elektroakustische Stimulation

- CI auf einer Seite, Hörgerät am Gegenohr
 - Ohr mit CI kann vollständig taub sein
 - Kombination der Hörempfindungen findet im zentralen Hörsystem statt
- CI und Hörgerät am gleichen Ohr
 - Voraussetzung: Erhalt des Restgehörs nach CI Operation (“safe surgery”)
 - Kombination der Hörempfindungen (akustisch/elektrisch) findet entweder in der Peripherie (Innenohr, Hörnerv) oder zentral statt



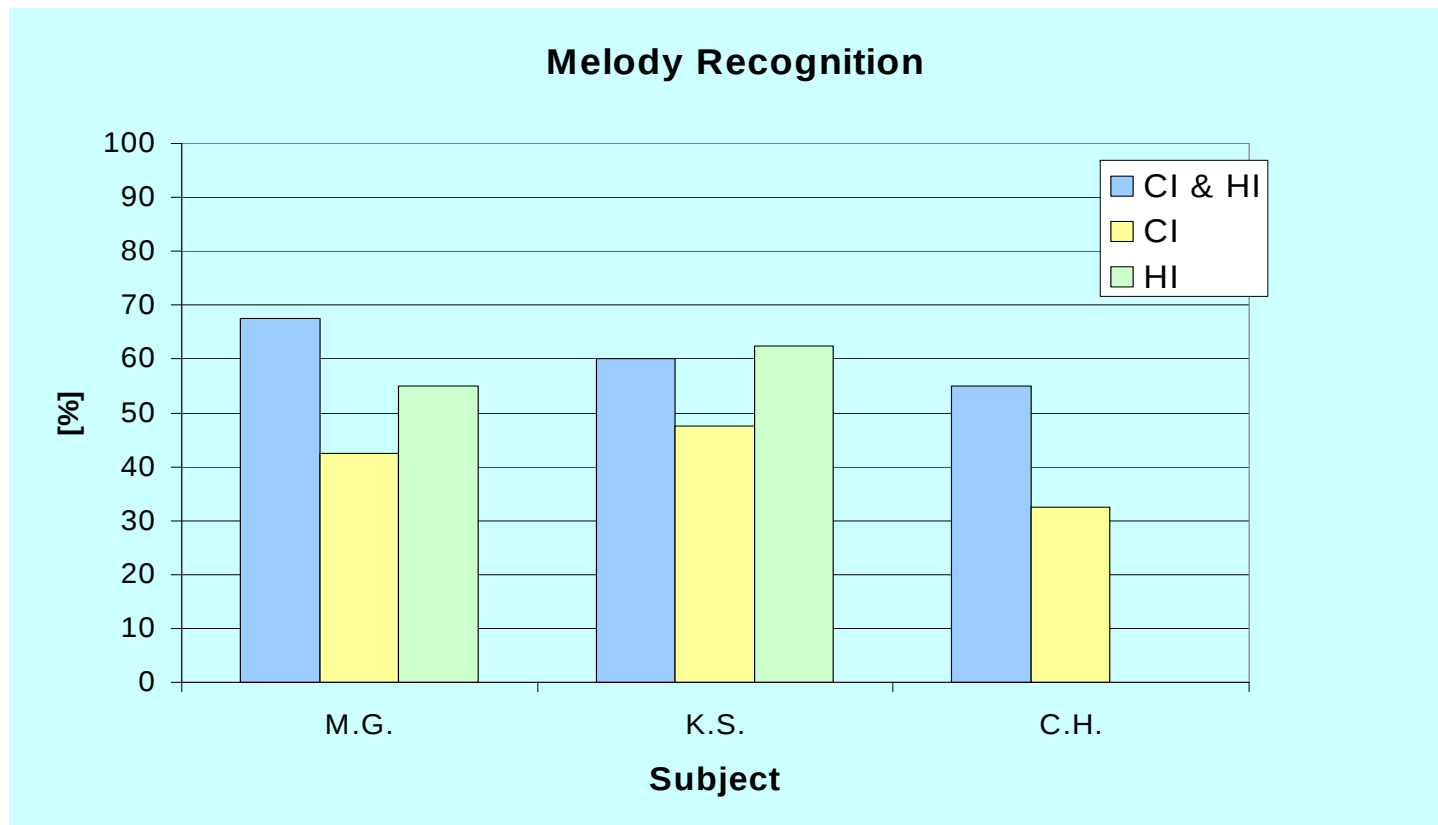


CI kombiniert mit Hörgerät: Grundfrequenzunterscheidung



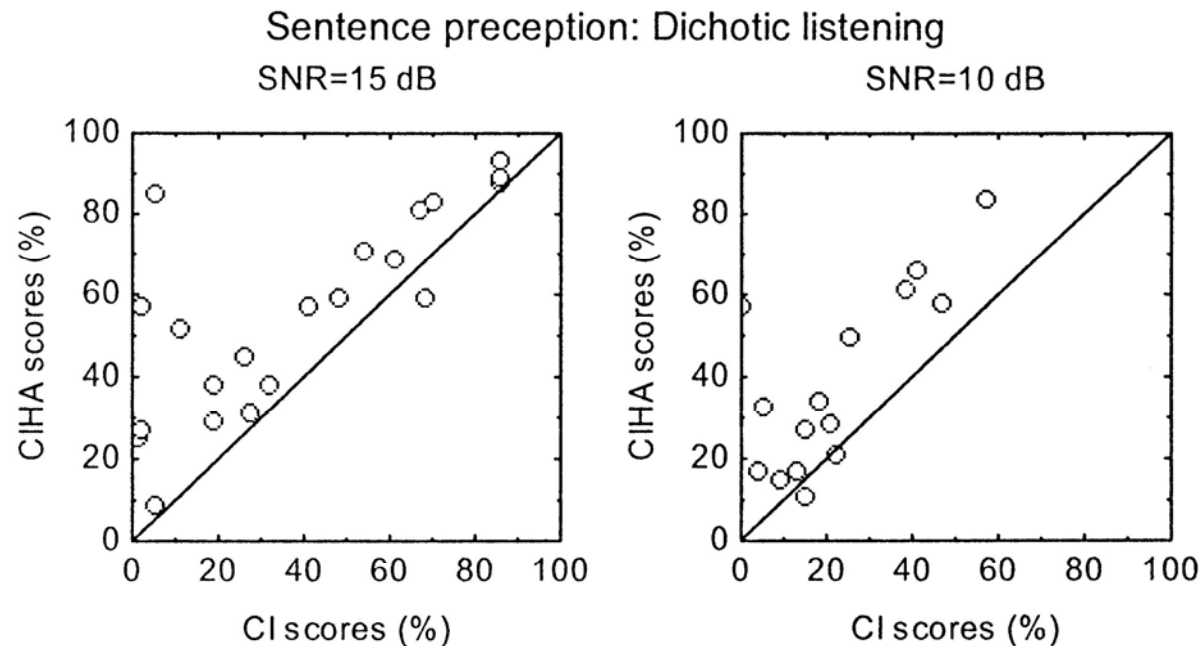


CI kombiniert mit Hörgerät: Melodie-Erkennung



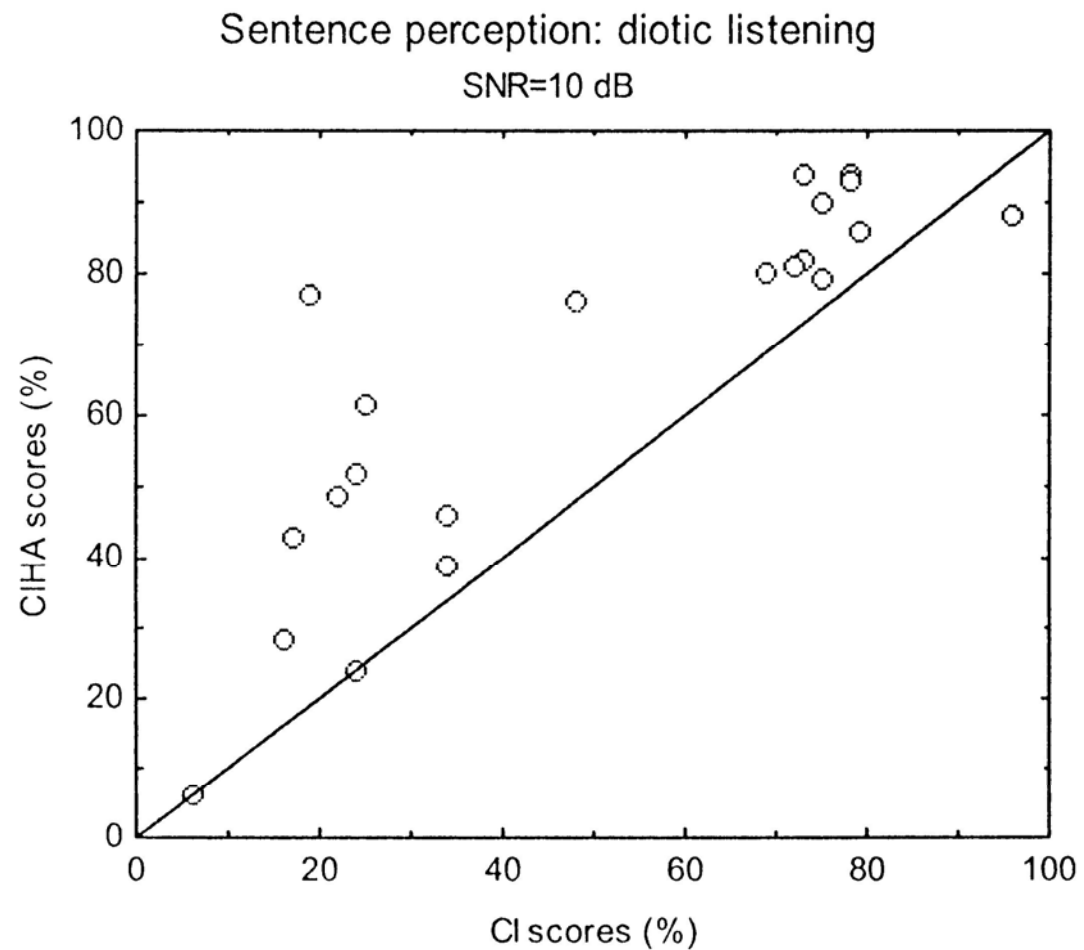


Satzverständnis im Störlärm mit CI/HG





Satzverständnis im Störlärm mit CI/HG





Verbesserungen im Alltagsleben – Studien mit Erwachsenen

- Schall wird in beiden Ohren gehört, klingt “natürlicher”, eigene Stimme tönt “angenehmer”.
- Hörgerät vermittelt zusätzliche Informationen, ermöglicht “klareres” Hören, Fähigkeit zum Lokalisieren.
- Sprecher-Erkennung in Geschäften und Restaurants.
- Mehr Sicherheit im Alltag.
- Musik hören angenehmer, bessere Stimmqualität



Armstrong et al., 1997, Blamey et al., 1997, Tyler et al, 2002, Syms III
& Wickesberg, 2003, Ching et al, 2004, Hamzavi et al., 2004



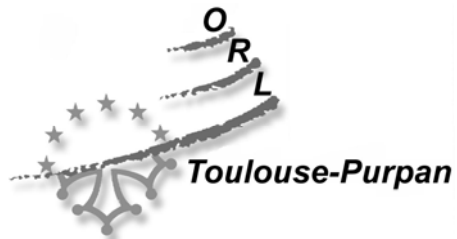
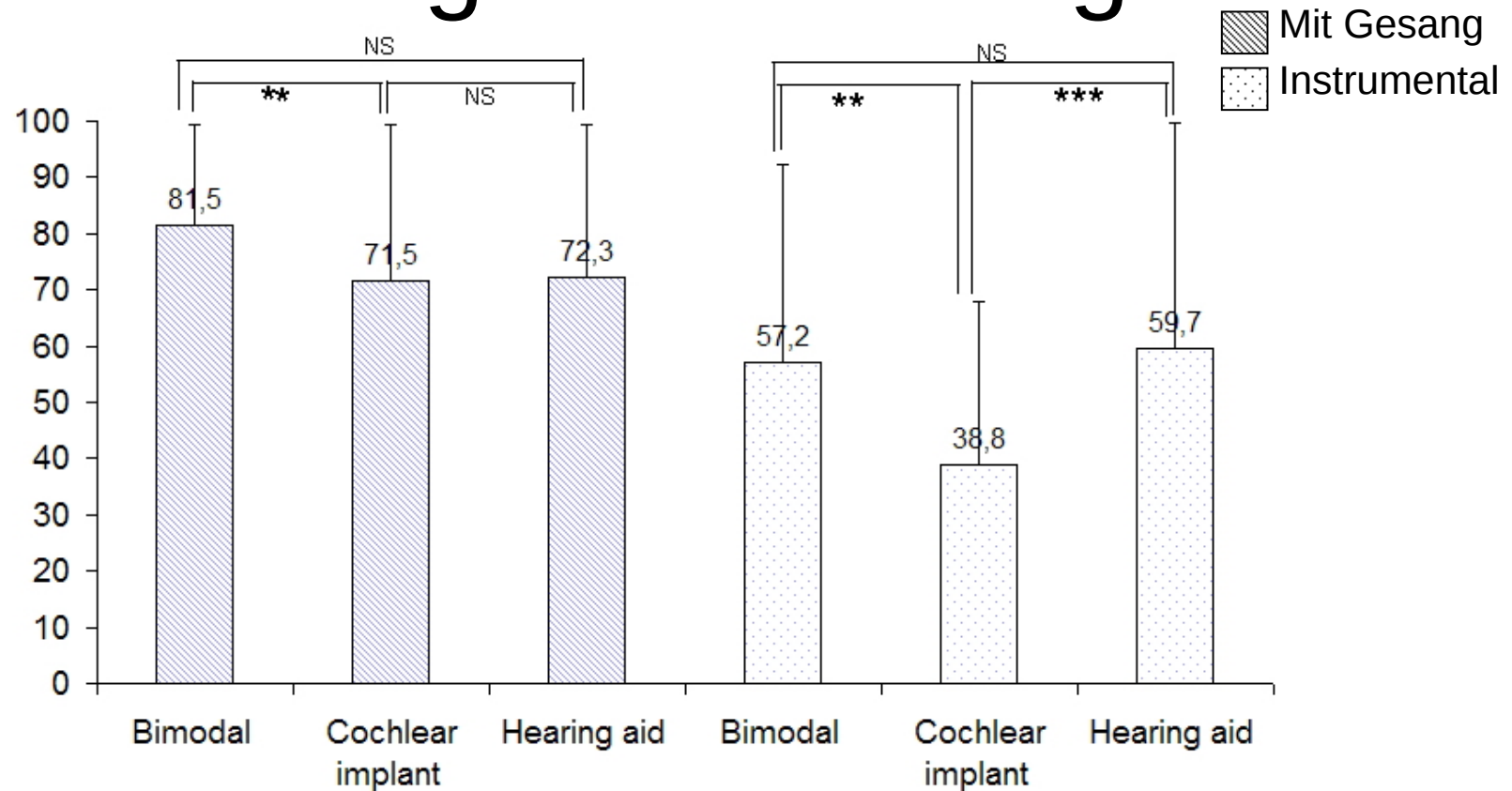
Verbesserungen im Alltagsleben – Studien mit Kindern

- Sprache wird in der Kopfmitte wahrgenommen anstatt nur in einem Ohr.
- Zusätzliche Sicherheit, Lokalisationsfähigkeit.
- Spontanere Konversation, weniger Wiederholungen benötigt, sicherer in der Kommunikation.
- Aussprache wird deutlicher. Stimm-Imitation und –Intonation verbessert.
- Erkennen von Melodien, Songs, Unterscheidung von Umweltgeräuschen, Stimmen.





Song-Erkennung

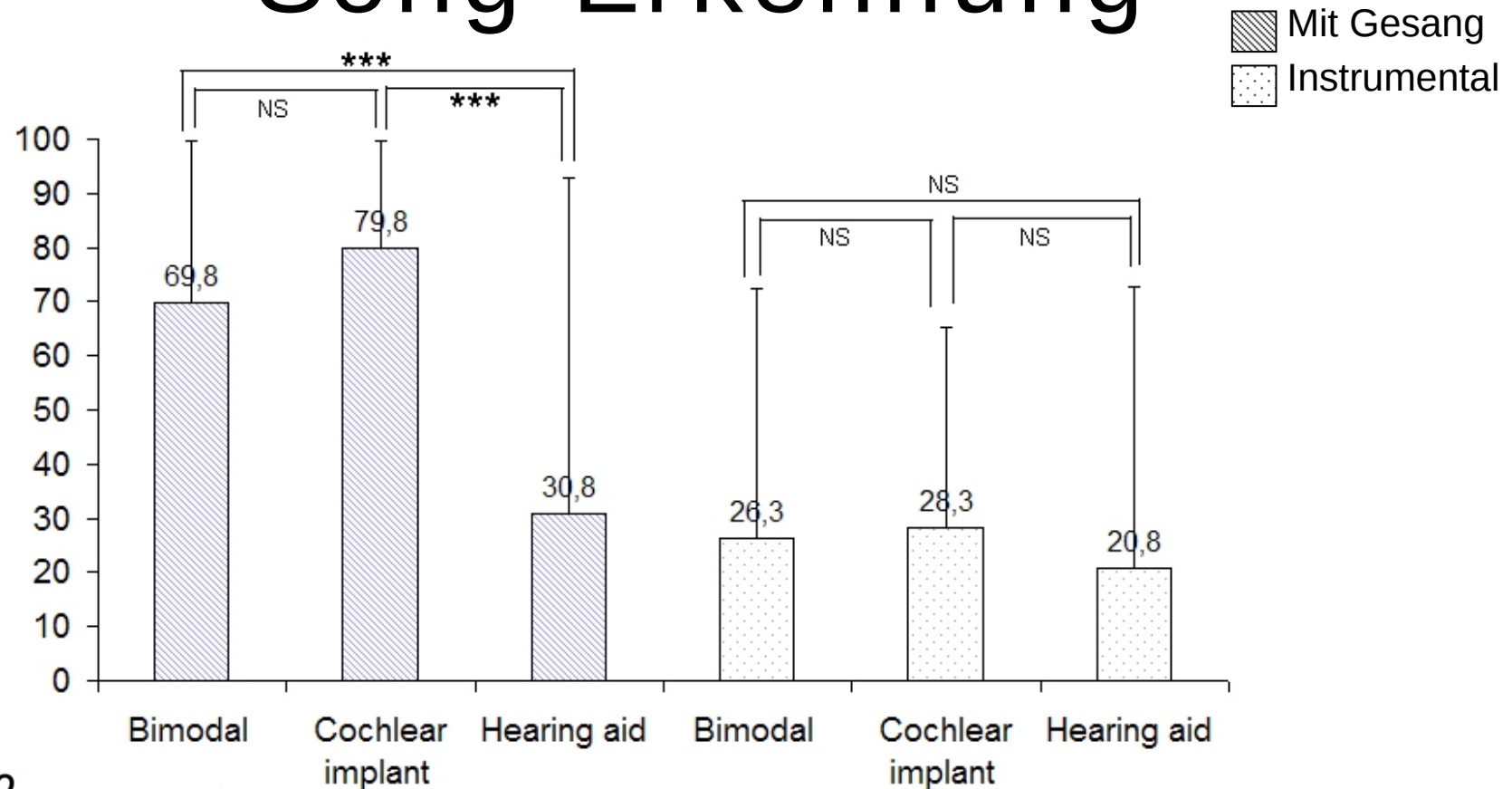


Gruppe I: Gutes Restgehör

El Fata et al. 2006 SIFORL



Song-Erkennung



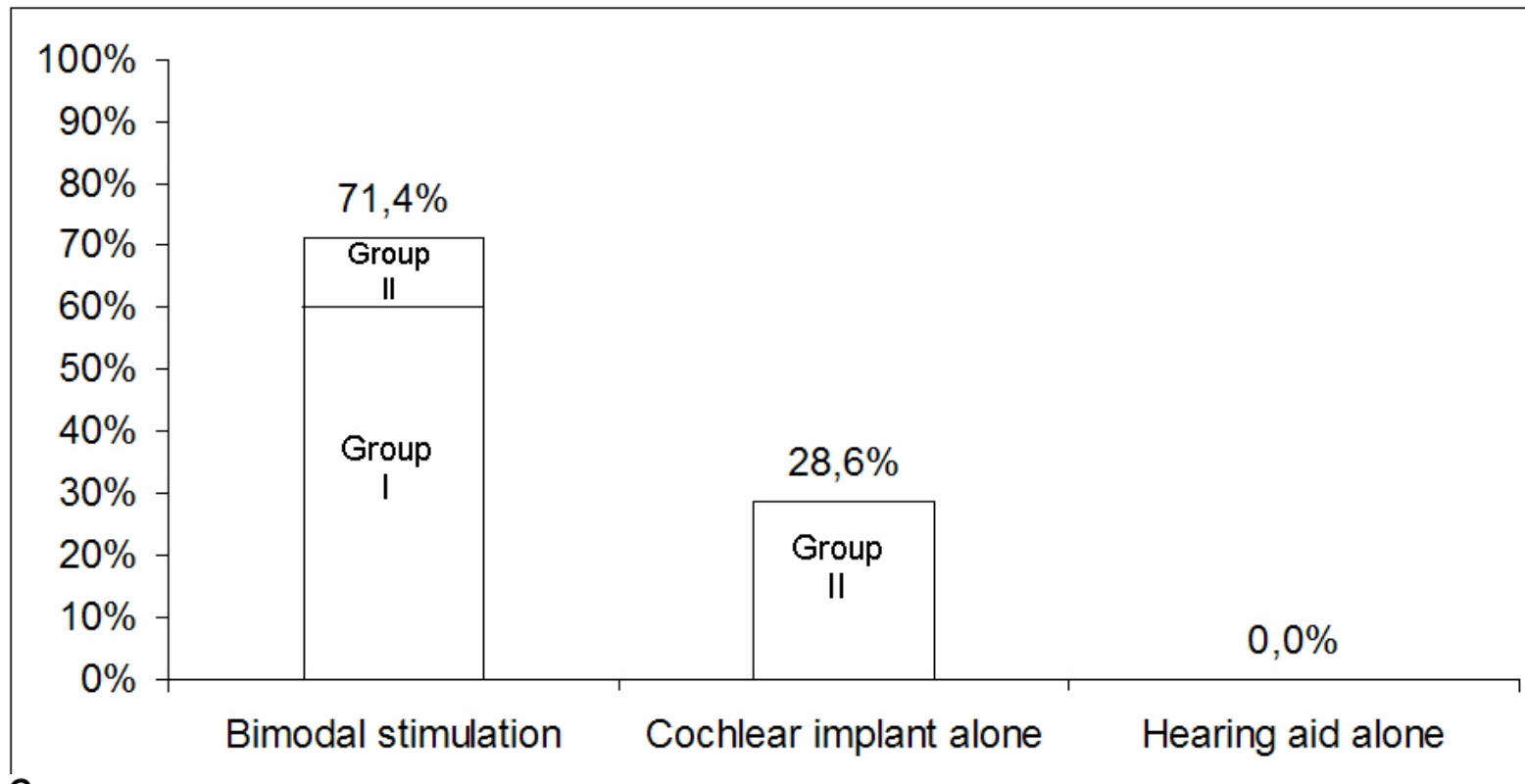
Gruppe II: Wenig Restgehör



El Fata et al. 2006 SIFORL



Bevorzugte Hörsituation





Perspektiven

- Der zusätzliche Nutzen der bimodalen/elektroakustischen Stimulation gegenüber CI allein ist in verschiedenen Studien nachgewiesen worden
- Kombinierte Versorgung wird bei Patienten mit Restgehör eine realistische Option





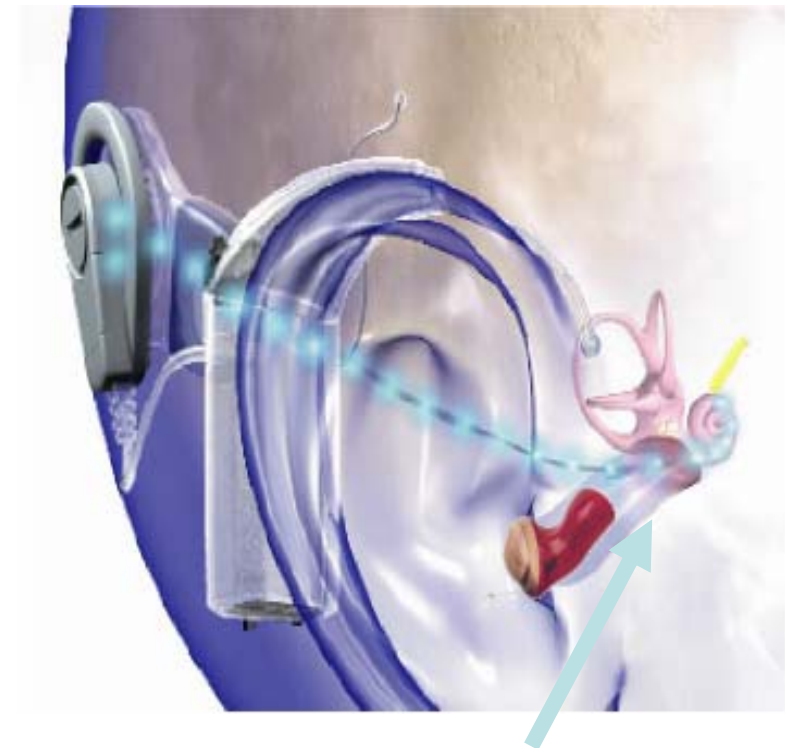
Elektro-Akustische Stimulation (EAS) im gleichen Ohr

- ▶ Elektrische Stimulation
der hohen Frequenzen

→ via Cochlear Implant

- ▶ Akustische Stimulation
der tiefen Frequenzen

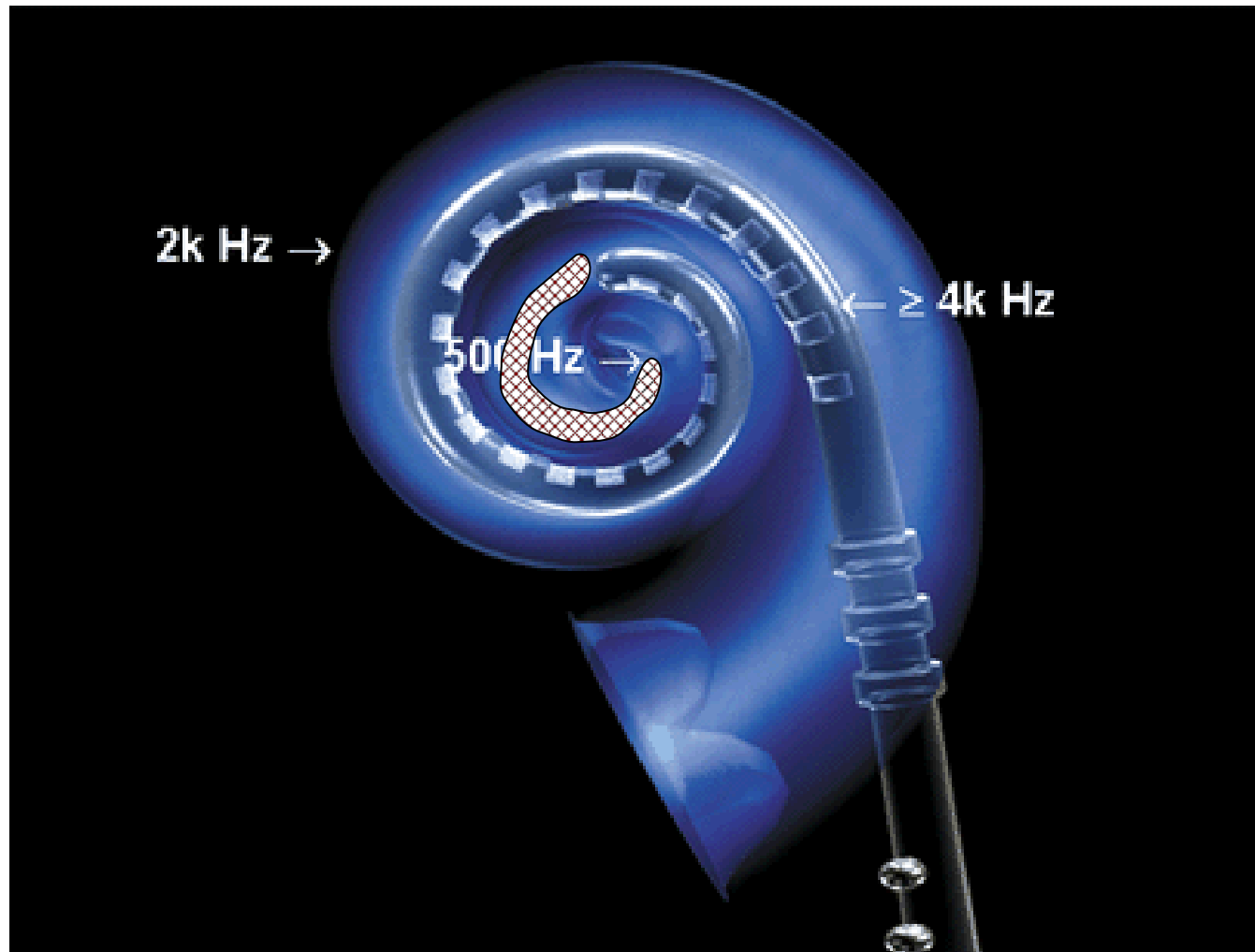
→ via ipsilaterales Hörgerät



im gleichen Ohr



Charakteristische Frequenzen



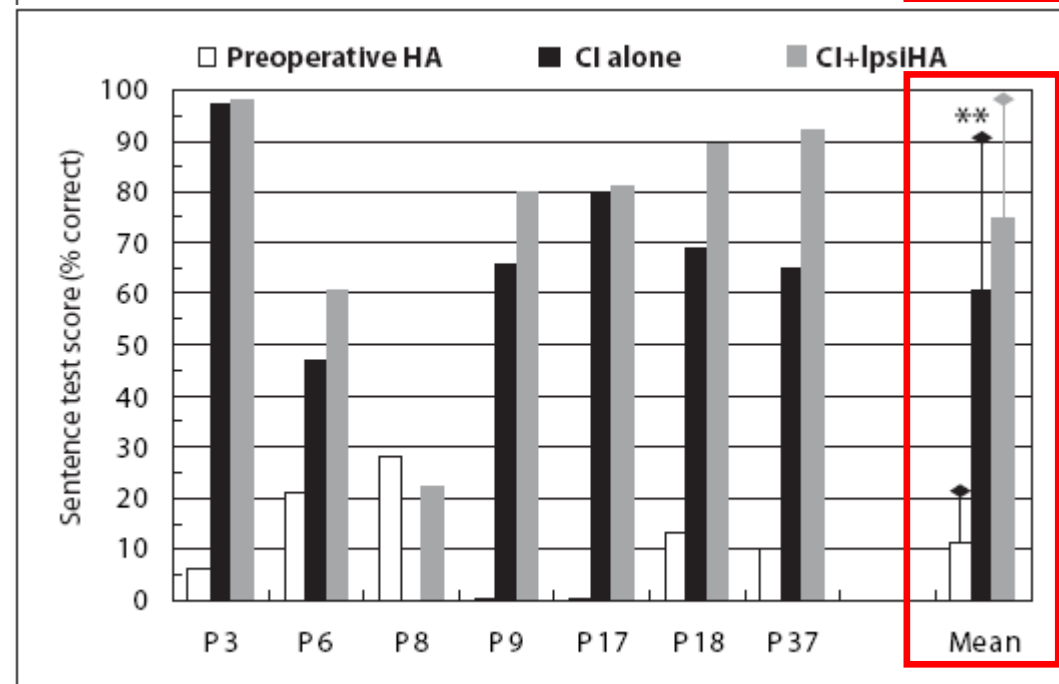
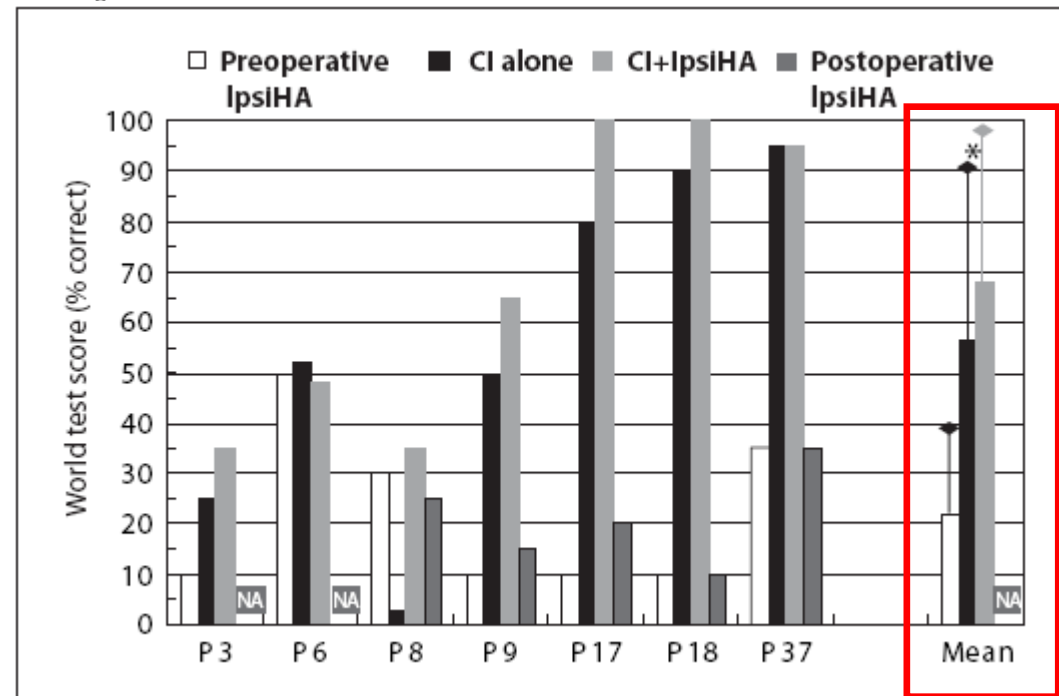


Worttest
in Ruhe

EAS Resultate (Contour)

James, Frayssé et al.
(2006)

Sätztest im
Störlärm





Nucleus Hybrid-S

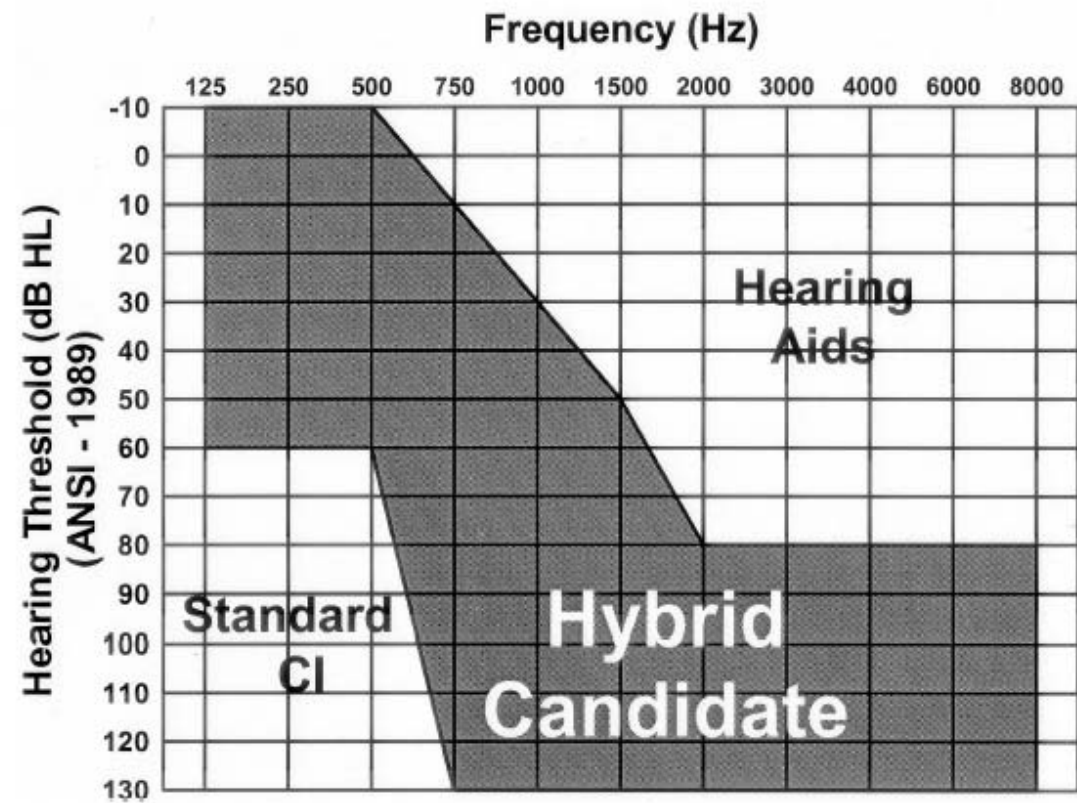
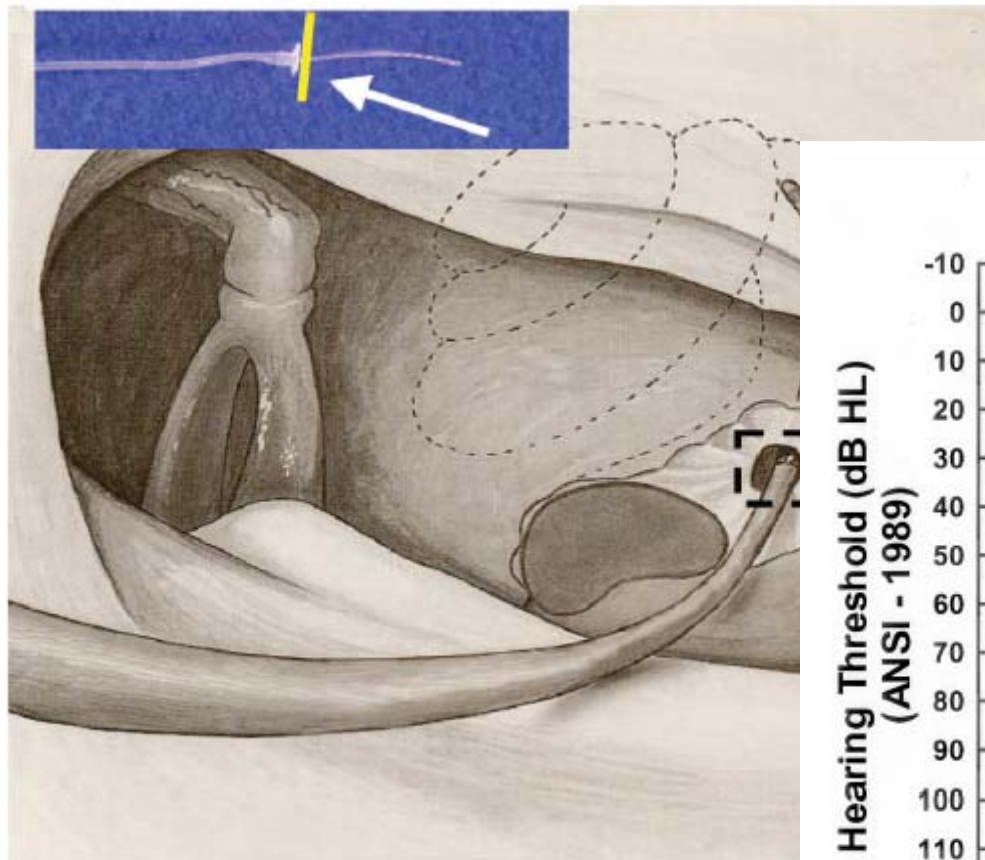


Fig. 4. Audiometric profile (gray area) for Iowa/Nucleus Hybrid Food and Drug Administration trial.



Uebersicht

- Wie funktioniert ein CI
- Elektroden, implantierte Elektronik
- Sprachcodierungs-Strategien
- Elektroakustische (bimodale) Stimulation
- **Beidseitige (bilaterale) Implantation**
- Vorverarbeitung, Geräuschreduktion
- Anpassverfahren (Fitting-Prozeduren)





Hören mit zwei Ohren: bilaterale Cochlea-Implantate

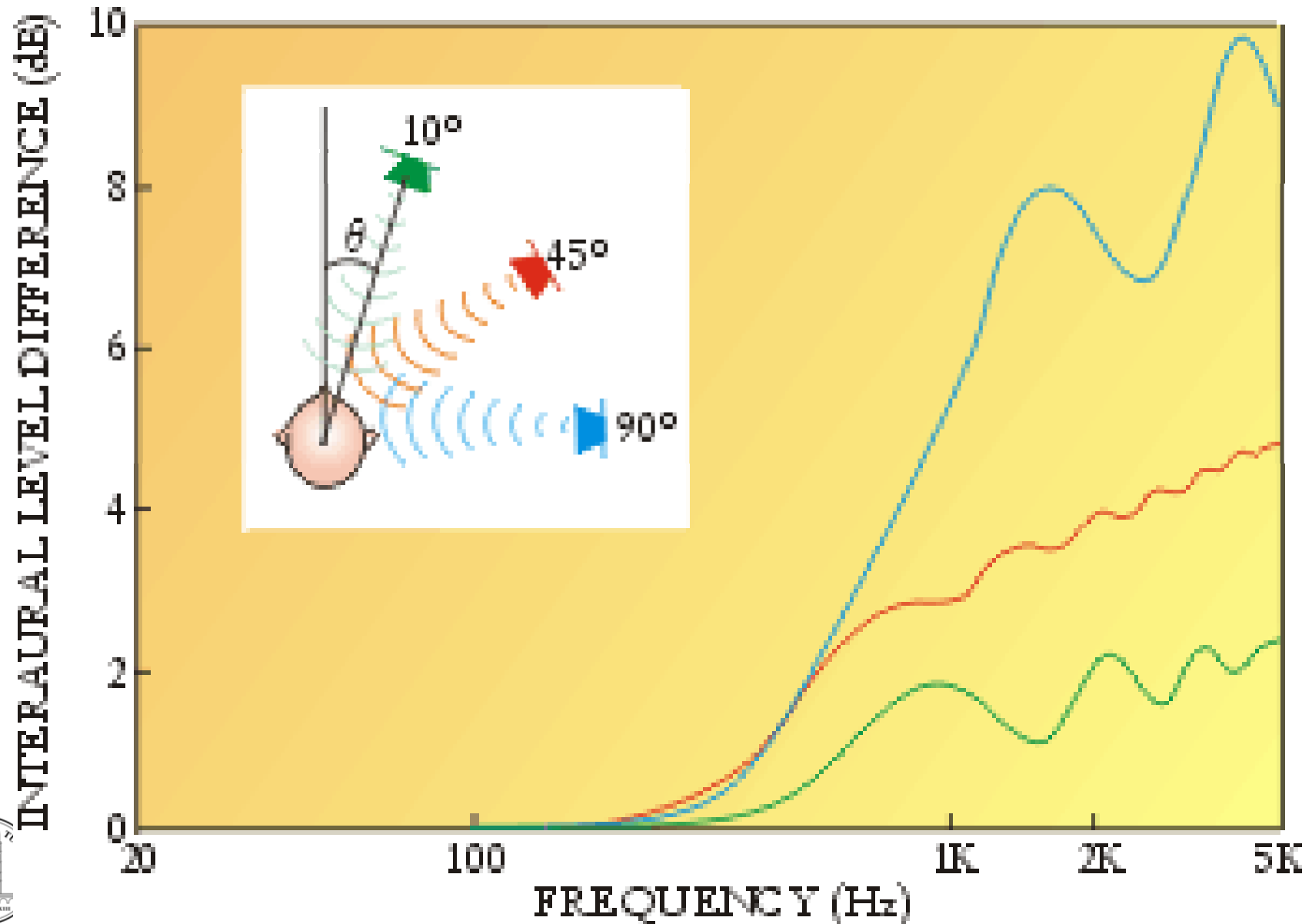
Zusätzliche Mechanismen

- Interaural Level Differences (ILD)
- Interaural Time Differences (ITD)



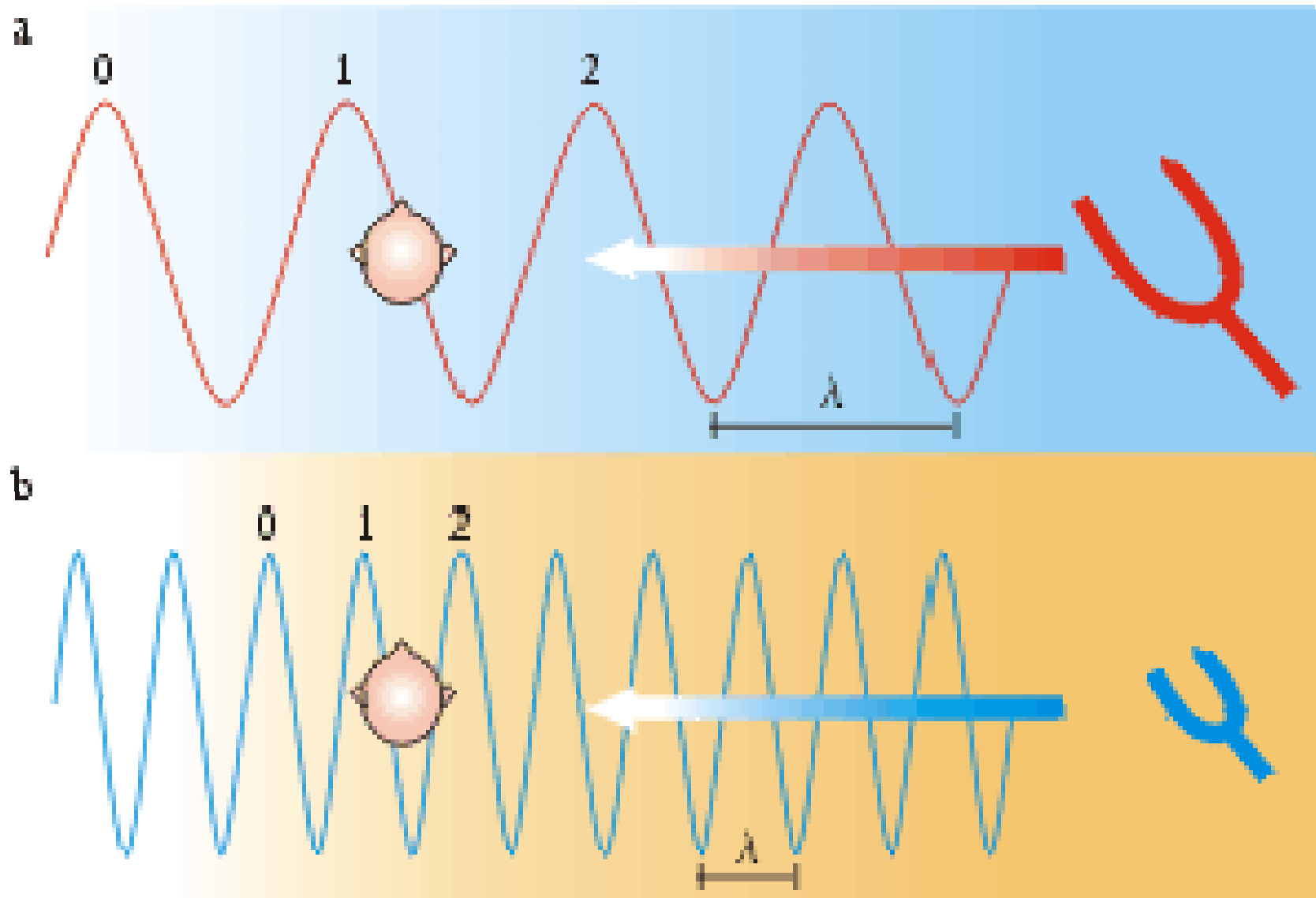


Interaural Level differences (ILD)





Interaural Time Differences (ITD)





Vorteile der bilateralen Versorgung:

- beidseitige Stimulation ist wahrscheinlich für die Entwicklung des auditorischen Systems wichtig
- die besser auf elektrische Stimulation reagierende Seite wird erreicht, Seitenwahl fällt weg
- Deprivation (Verkümmerung) der nicht stimulierten Seite wird vermieden
- verstehen von Sprache bei Störlärm kann verbessert werden
- Raum- und Richtungshören kann erreicht werden
- „Reserve“ bei Ausfall eines Implantats





Patientengruppen

- Besonders wichtig für Kinder und junge Erwachsene in Ausbildung, da Reifung des auditorischen Systems noch nicht abgeschlossen:
 - deshalb möglicherweise Vorteil für lange Zeit
 - Vorteile für beruflich-soziale Integration
- bei Erwachsenen nur dann indiziert, wenn klare Verbesserung der Erwerbsfähigkeit oder Tätigkeit im Aufgabenbereich erreicht werden kann





Zeitpunkt der Zweitimplantation

- Innerhalb eines Jahres günstig
- Gibt es eine obere Zeitlimite ?

Kritische Periode der neuronalen Plastizität

CAEP (cortical auditory evoked potentials):

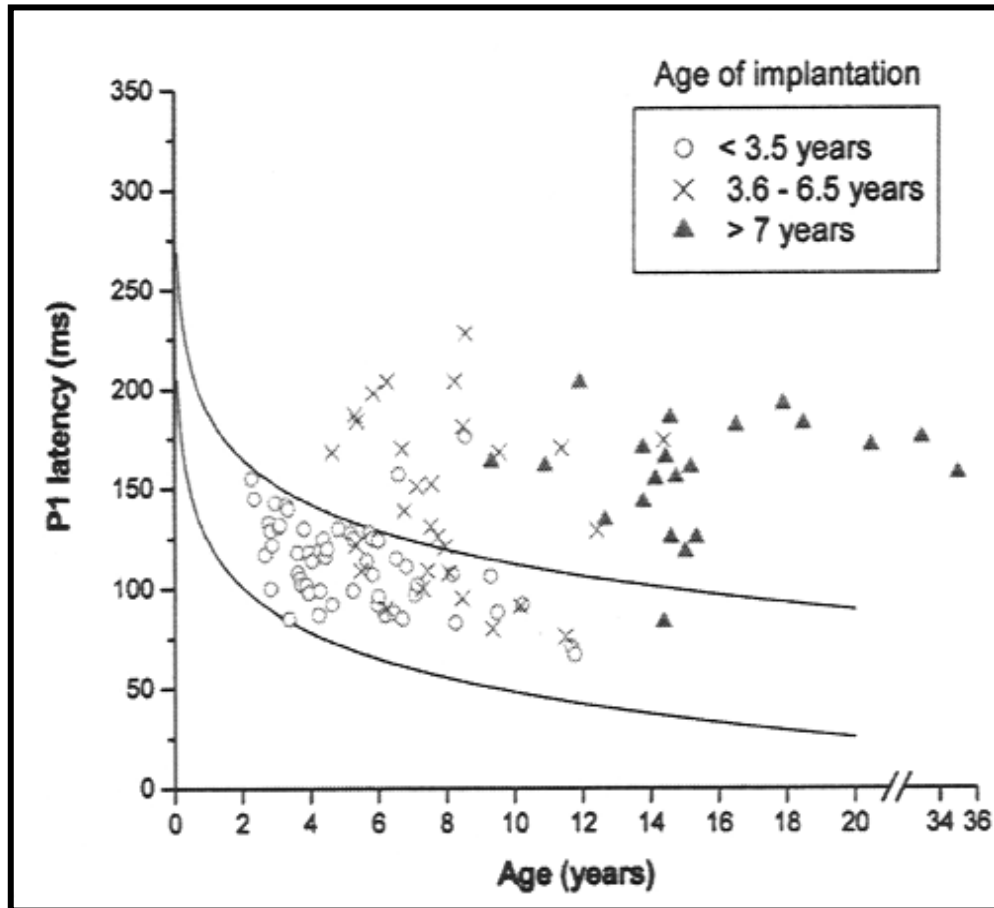
P1-Welle: thalamo-corticaler Abschnitt der Hörbahn.

Latenz P1-Welle: Mass für Reifung

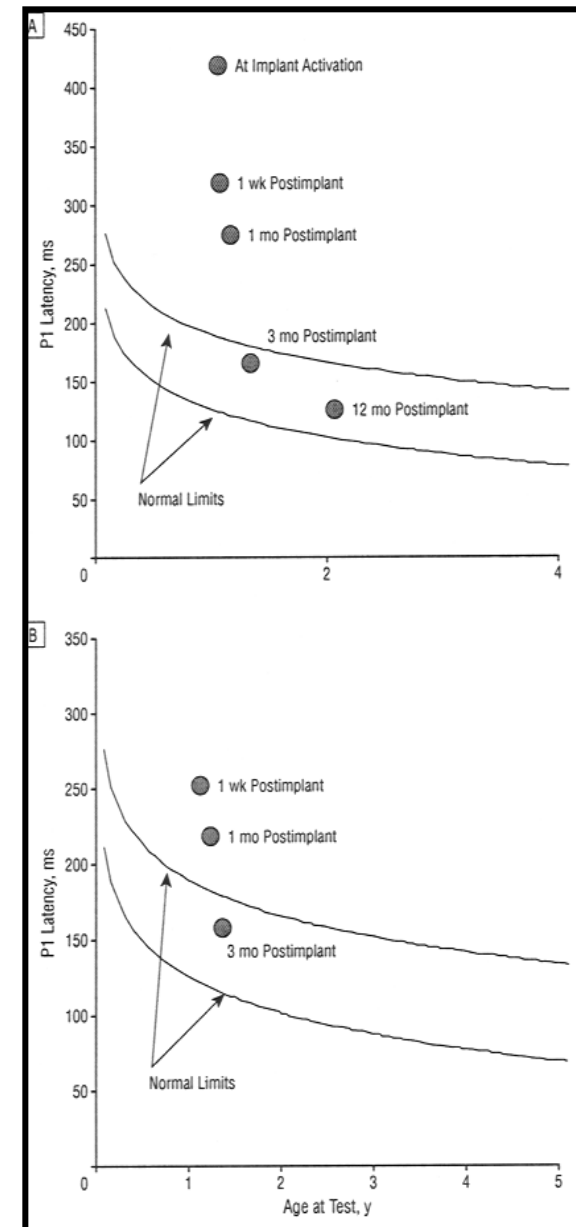




Kortikal evozierte Potentiale und Sprachentwicklung

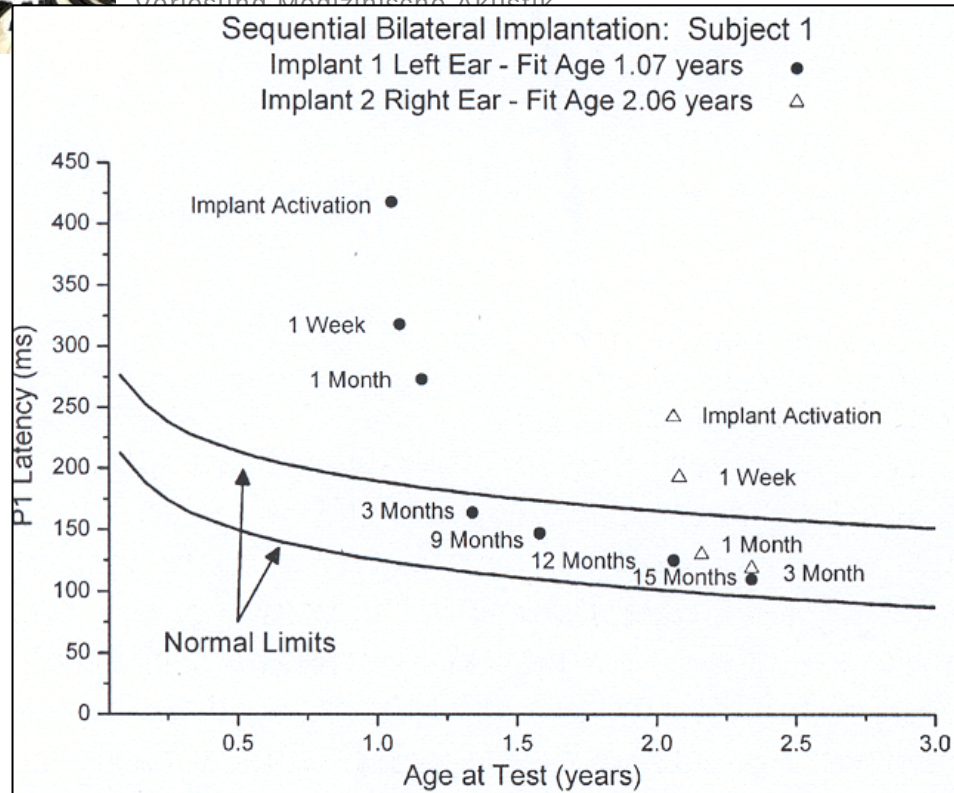


nach A. Sharma 2002

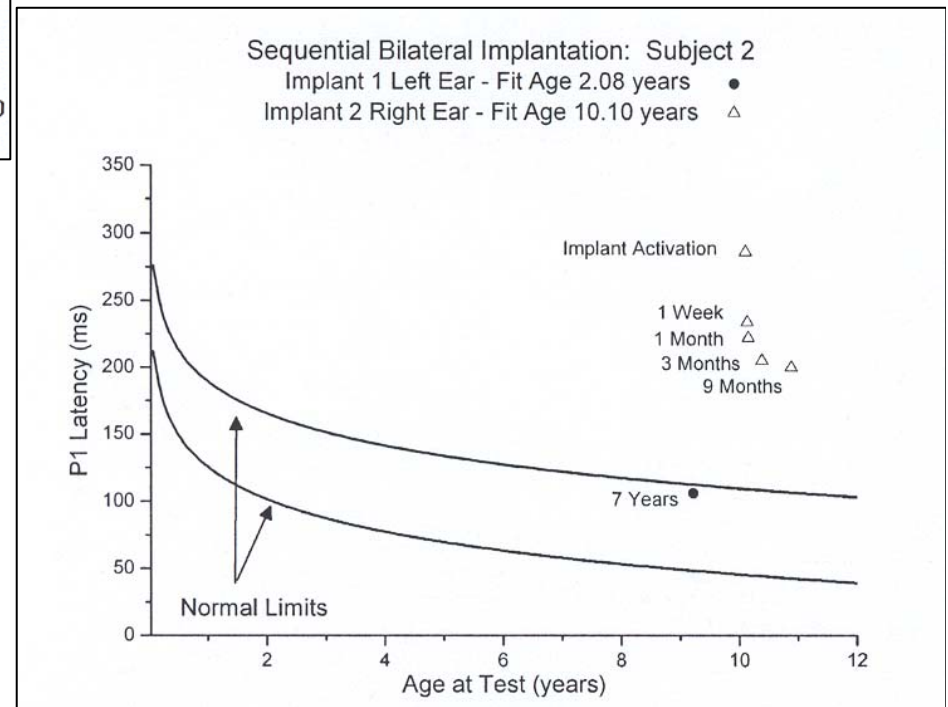


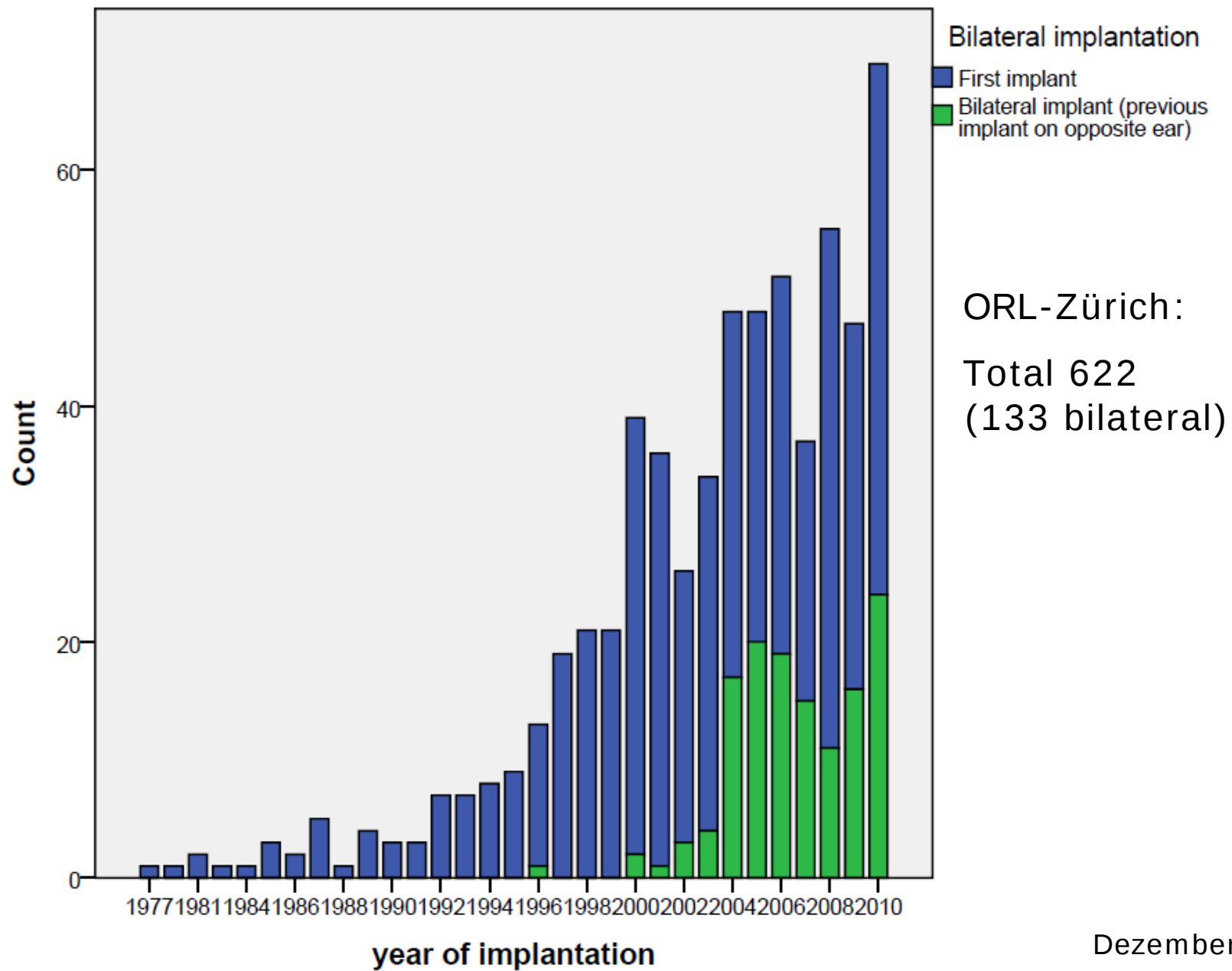
nach A. Sharma 2004





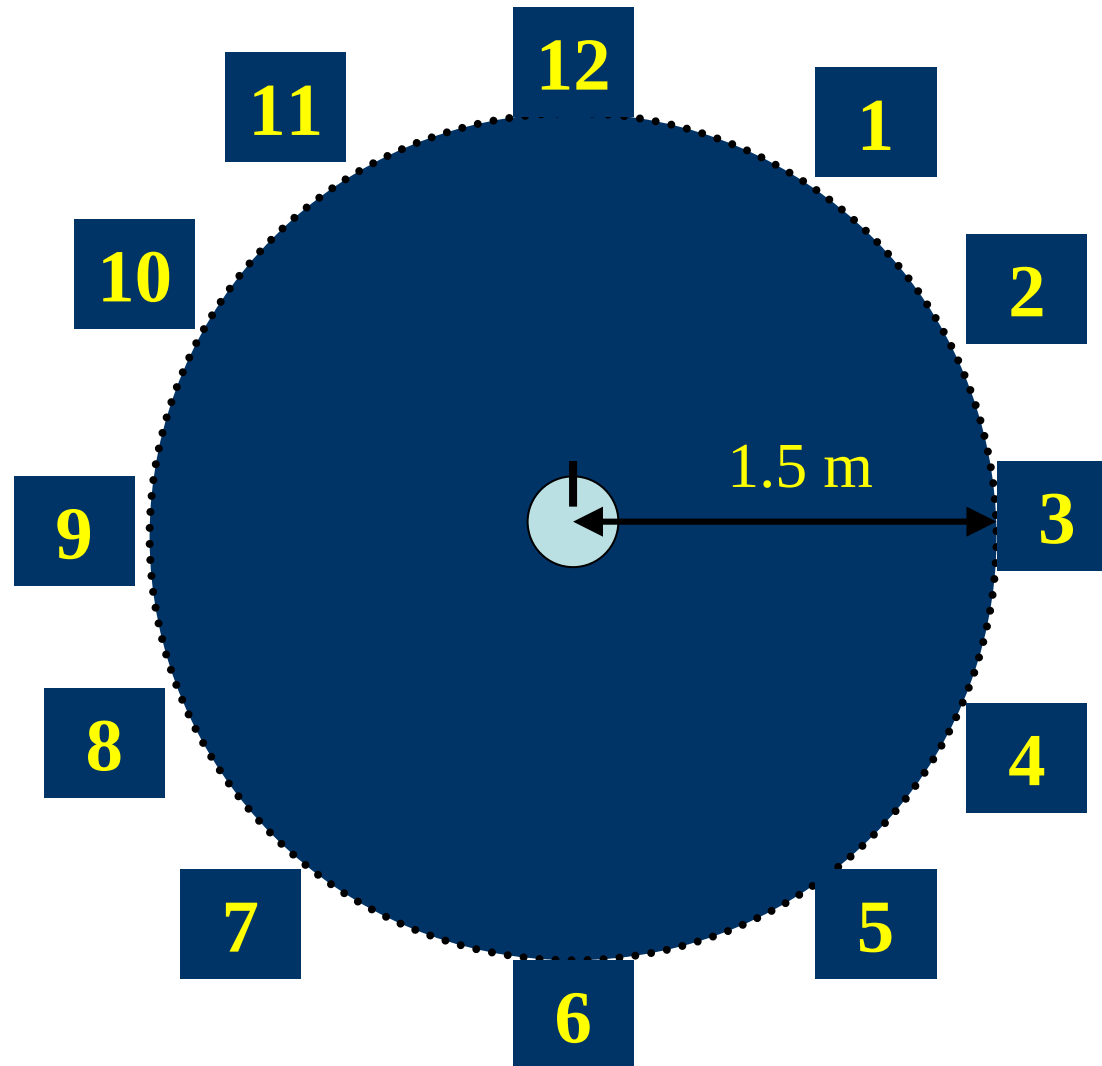
nach A. Sharma 2005







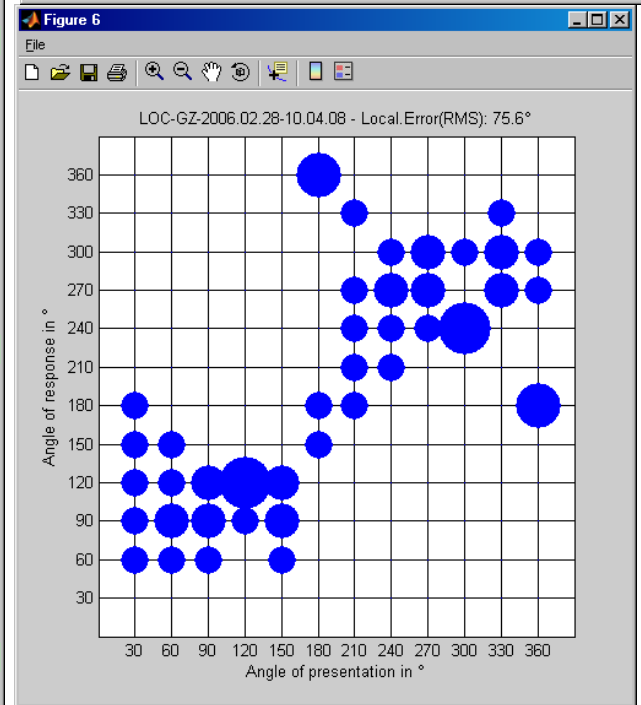
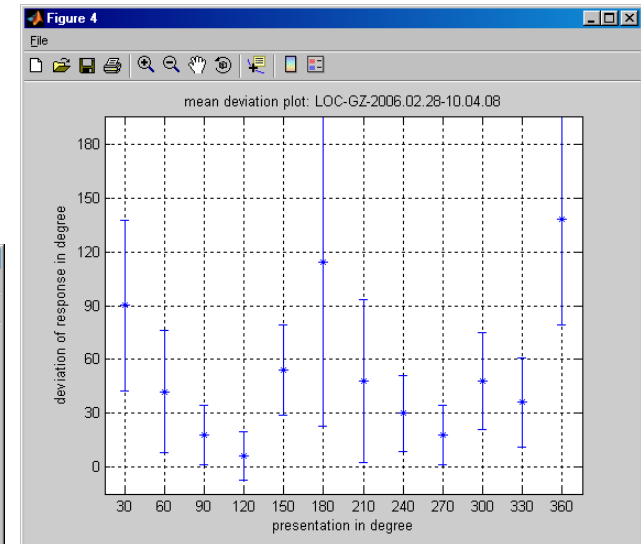
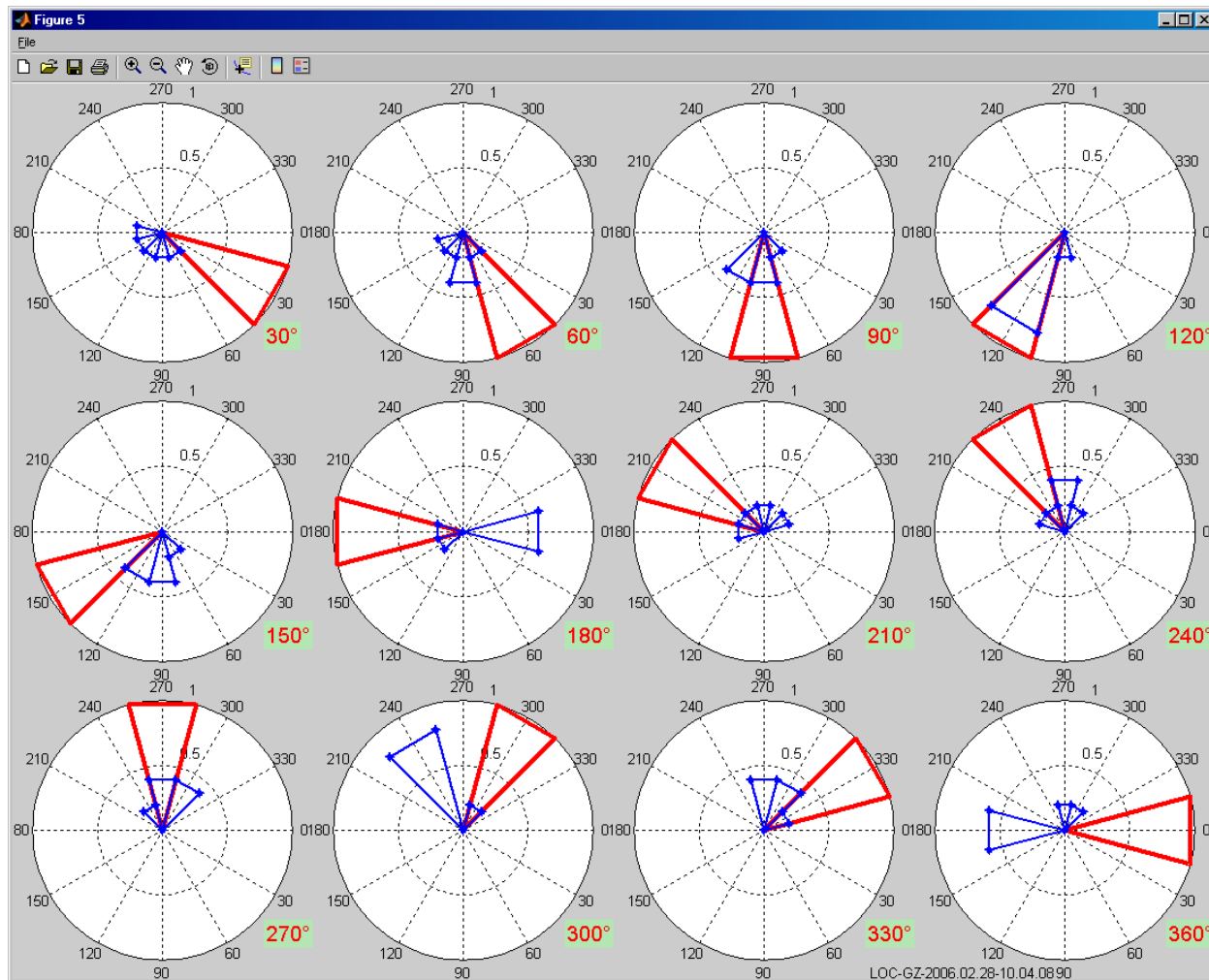
Lokalisations-Experimente: Testanordnung





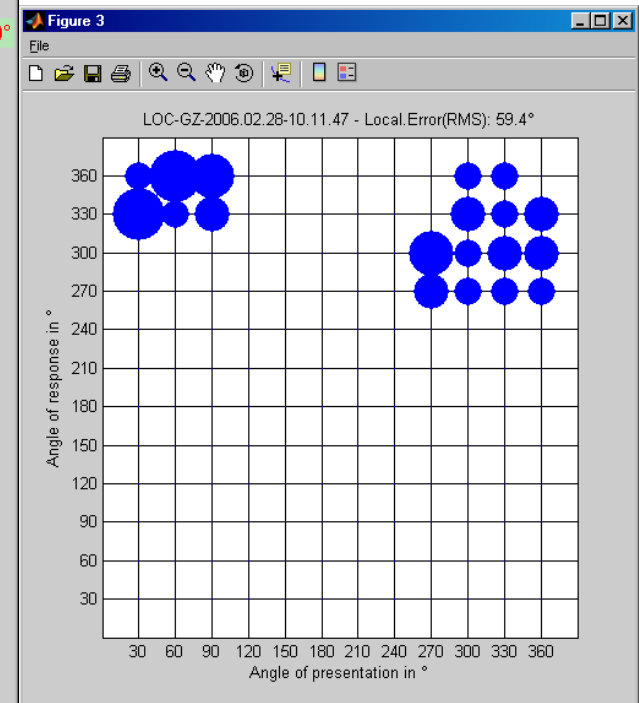
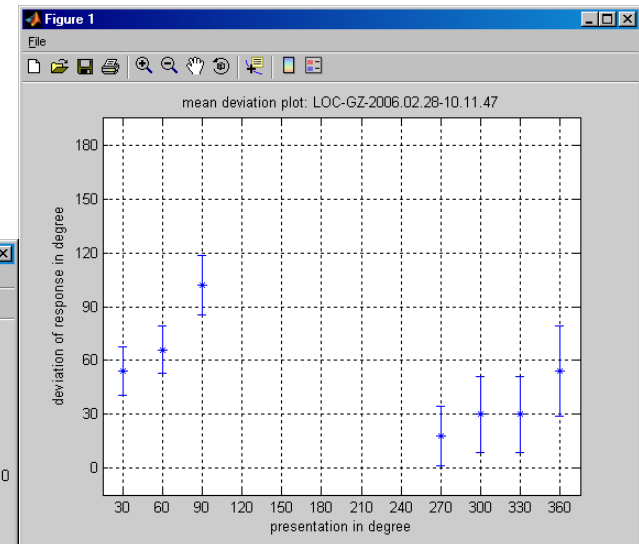
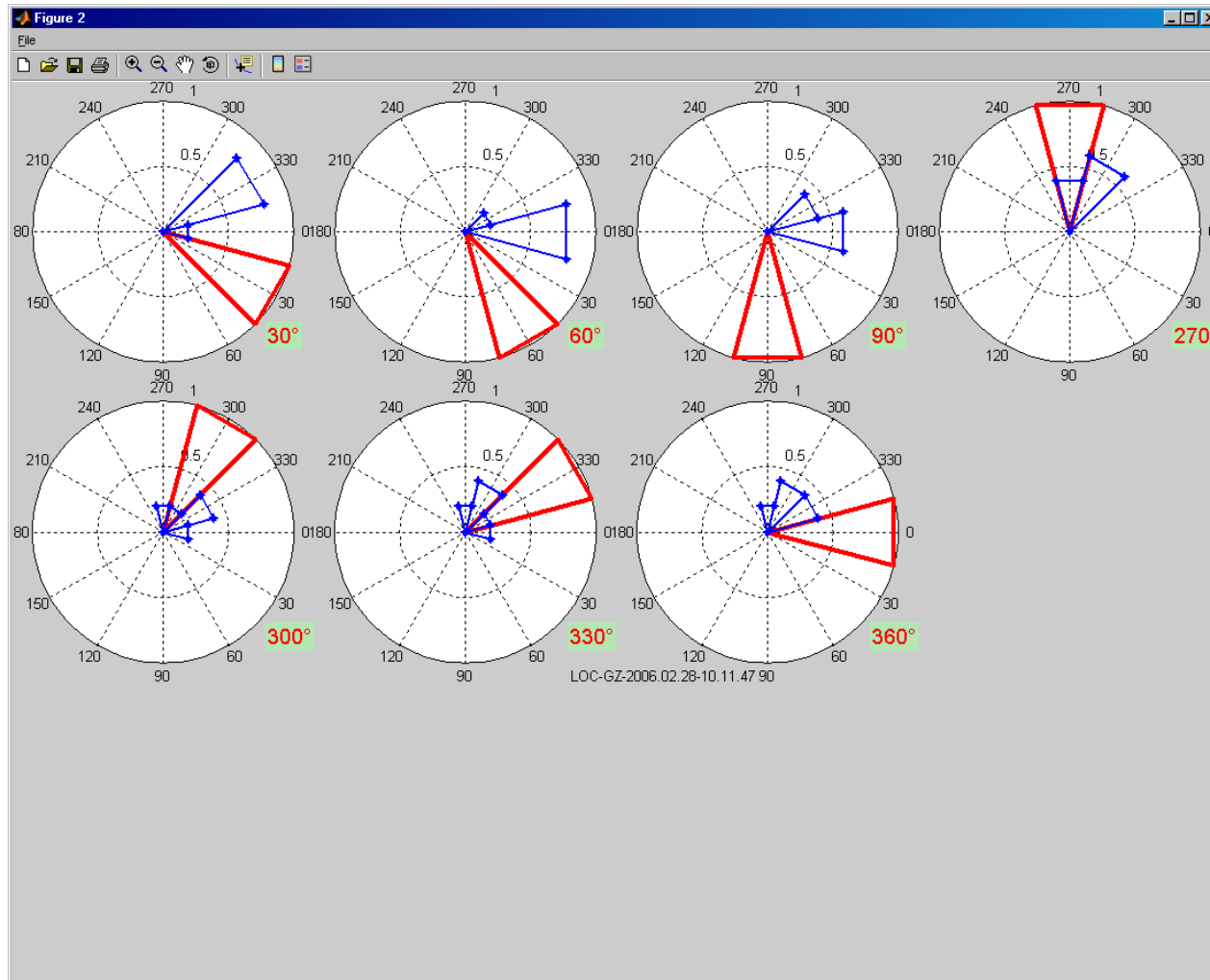


Localization GZ (46 yrs), bilateral, 3 mts postop RMS: 75.6



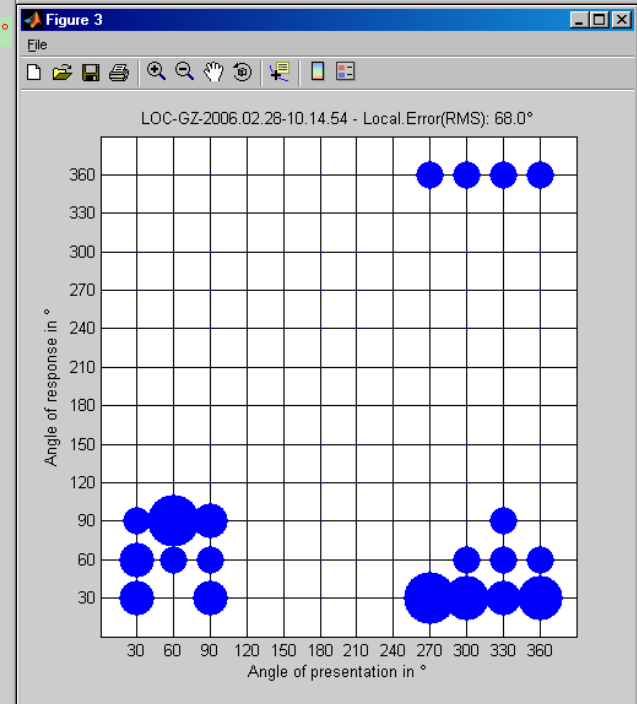
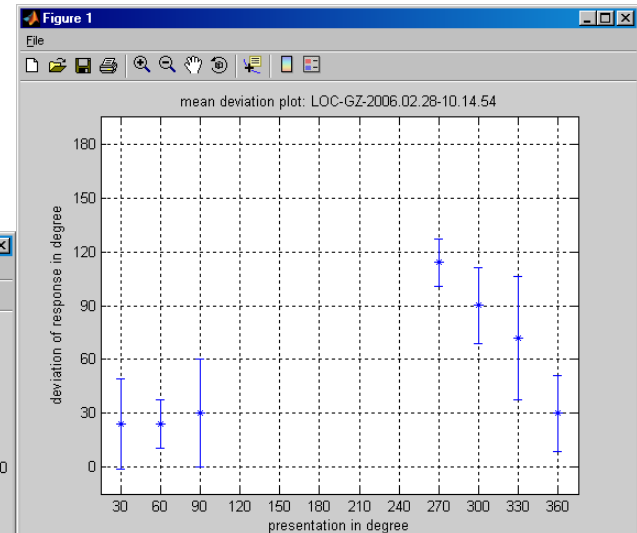
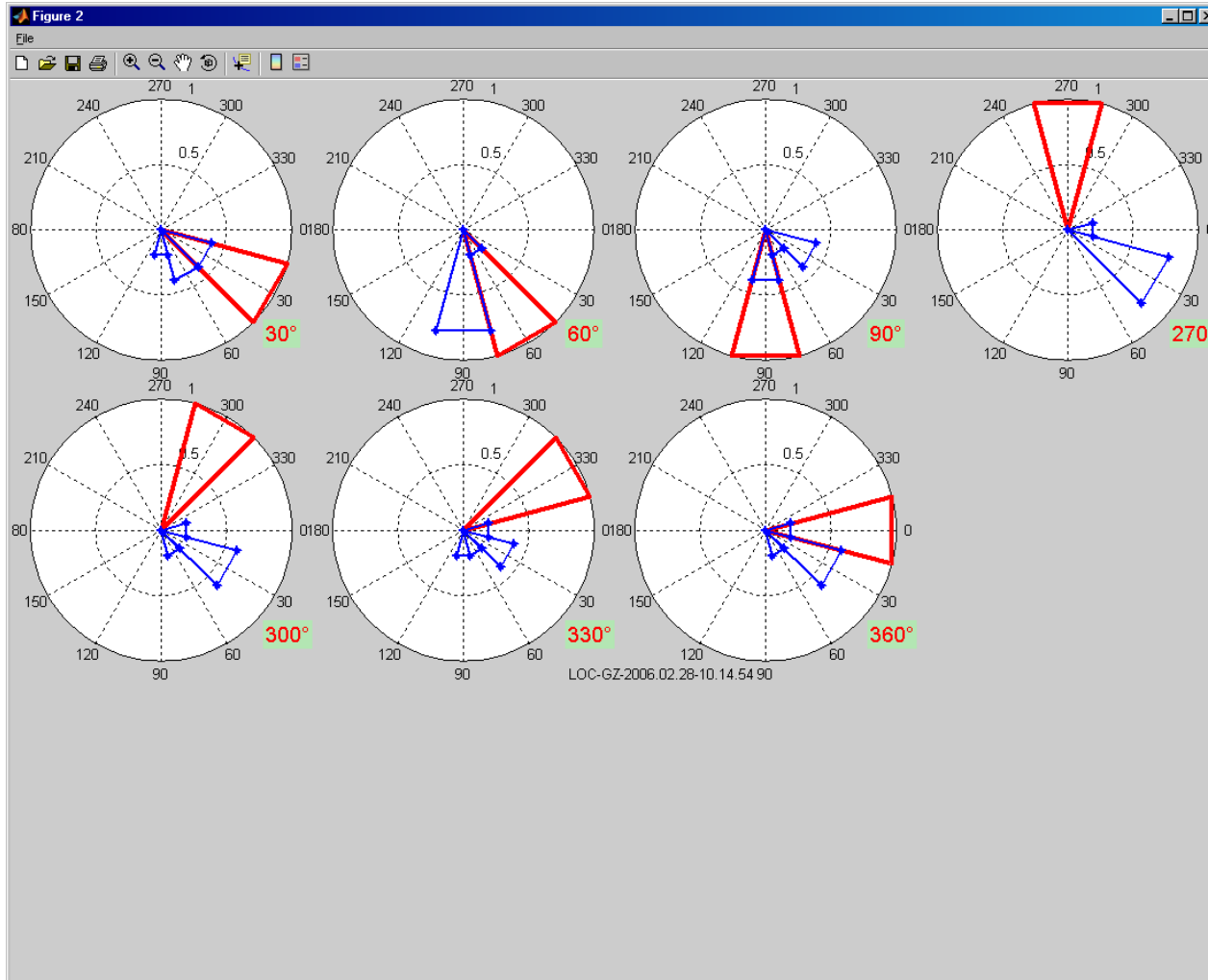


Localization GZ (46 yrs), left, 2 yrs postop RMS: 59.4





Localization GZ (46 yrs), right, 3 mts postop RMS: 68.0





Uebersicht

- Wie funktioniert ein CI
- Elektroden, implantierte Elektronik
- Sprachcodierungs-Strategien
- Elektroakustische (bimodale) Stimulation
- Beidseitige (bilaterale) Implantation
- Vorverarbeitung, Geräuschreduktion
- Anpassverfahren (Fitting-Prozeduren)





Vorverarbeitung, Geräuschreduktion

- Gleiche Verfahren wie für Hörgeräte
 - Spektrale Subtraktion
 - Adaptiver Beamformer
 - ADRO (Adaptive Dynamic Range Optimization)
 - Telefonspule (Induktion)
 - Anschluss von FM-Empfängern





BeamTM

- Ein sogenannt intelligenter adaptiver Beamformer-Algorithmus modernster Art.
- Entwickelt an der Universität Löwen, Belgien (Prof. J. Wouters).
- Ein Beamformer ist ein Art intelligentes Richtmikrofon.
- Die Richtwirkung des Systems passt sich unterschiedlichen Lärmsituationen automatisch an.





SmartSound Beam™

Direktional

Omni-direktional



Das direktionale und omni-direktionale Mikrofon werden zusammengesaltet, um die spezielle Richtwirkung zu erzeugen



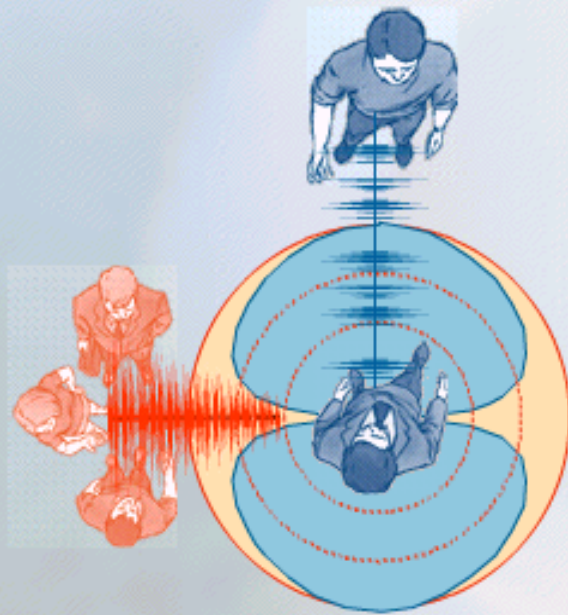
|dAZ|
Adaptive digital Audio Zoom

Adaptive digital AudioZoom

Ortung des Störgeräusches

dAZ sucht die lauteste Störquelle und passt die Richtcharakteristik automatisch zur bestmöglichen Störgeräuschunterdrückung an

Unabhängig davon, ob sich der Zuhörer bewegt oder sich die Störgeräuschquelle ändert



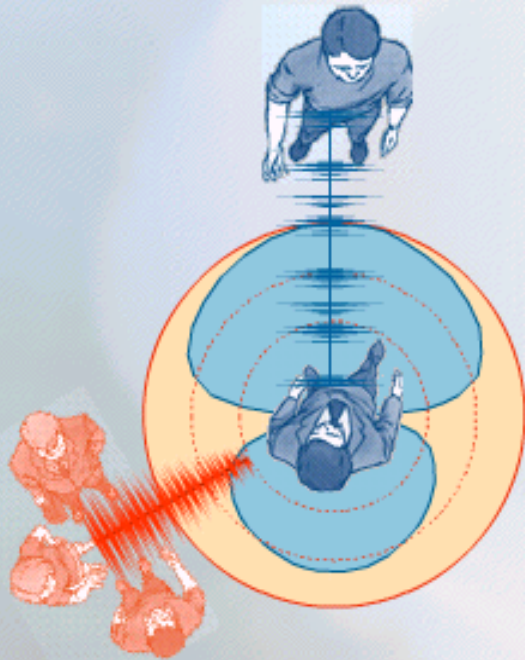
|dAZ|
Adaptive digital Audio Zoom

Adaptive digital AudioZoom

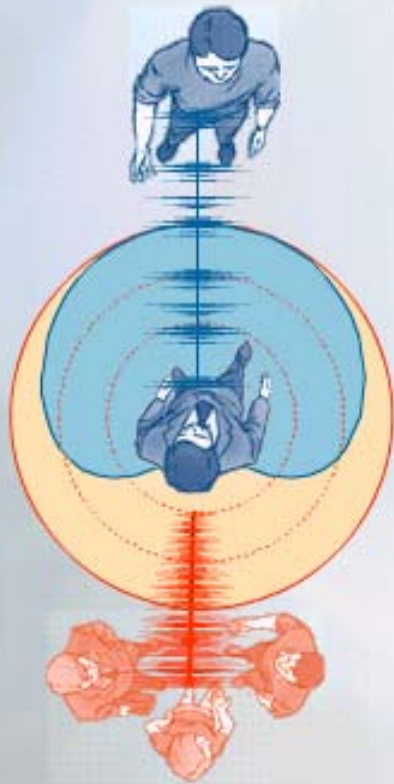
Ortung des Störgeräusches

dAZ sucht die lauteste Störquelle und passt die Richtcharakteristik automatisch zur bestmöglichen Störgeräuschunterdrückung an

Unabhängig davon, ob sich der Zuhörer bewegt oder sich die Störgeräuschquelle ändert



|dAZ|
Adaptive digital Audio Zoom



Adaptive digital AudioZoom

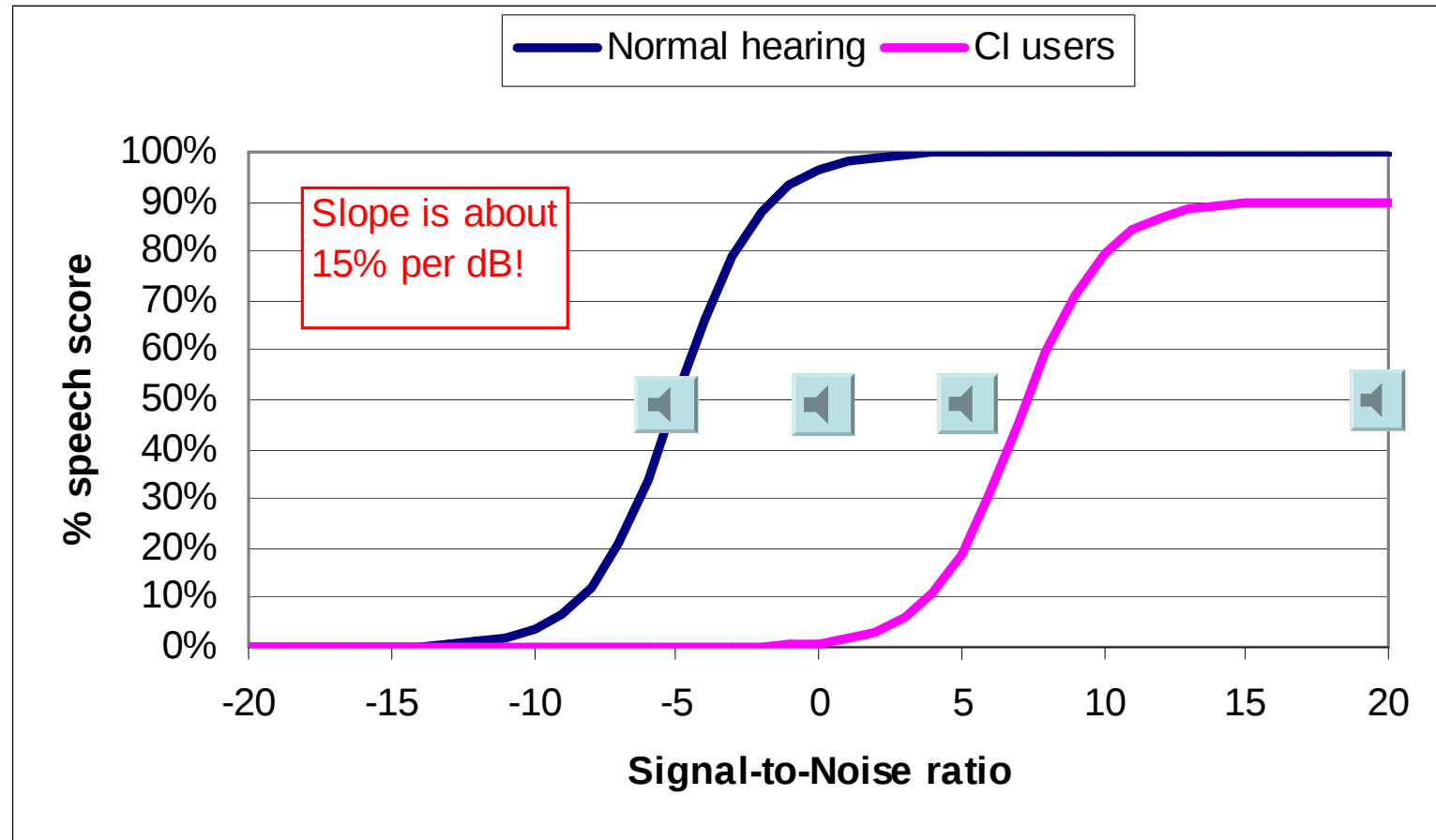
Ortung des Störgeräusches

dAZ sucht die lauteste Störquelle und passt die Richtcharakteristik automatisch zur bestmöglichen Störgeräuschunterdrückung an

Unabhängig davon, ob sich der Zuhörer bewegt oder sich die Störgeräuschquelle ändert

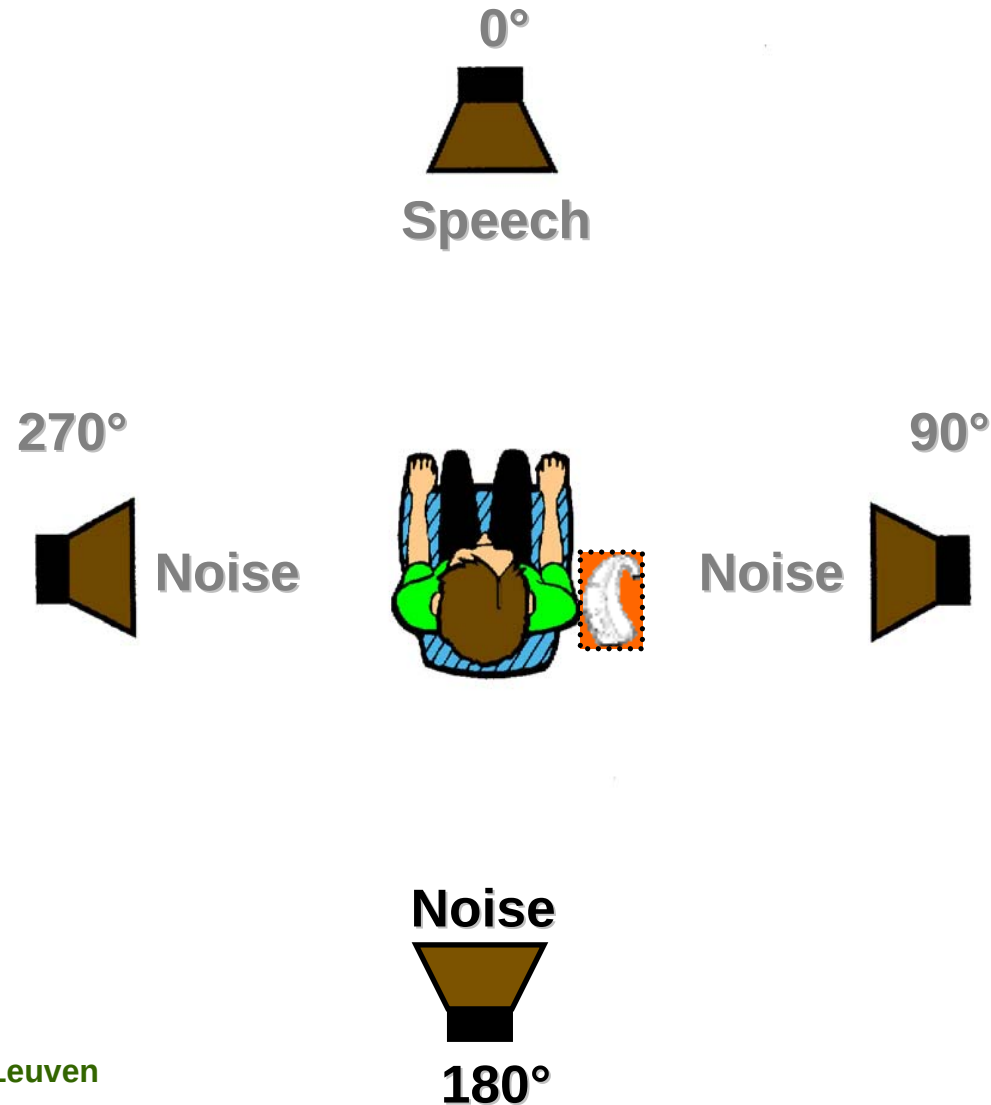


Sprache in Störlärm



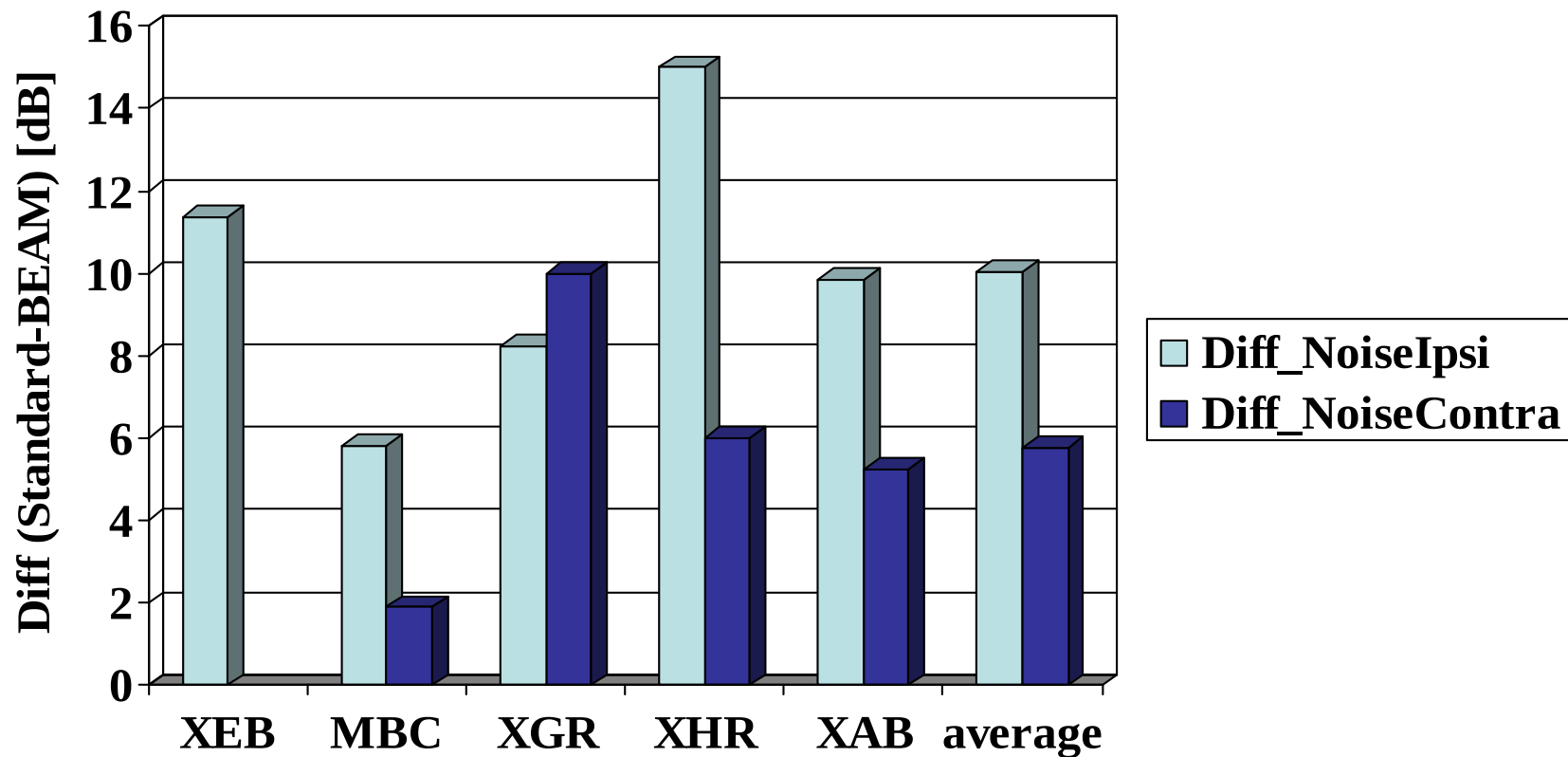


Test-Anordnung Beam-Evaluation





Signal/Rausch-Verbesserung SNR50: BEAM vs. Standard-Richtmikrofon





FM-Empfänger im Batteriefach

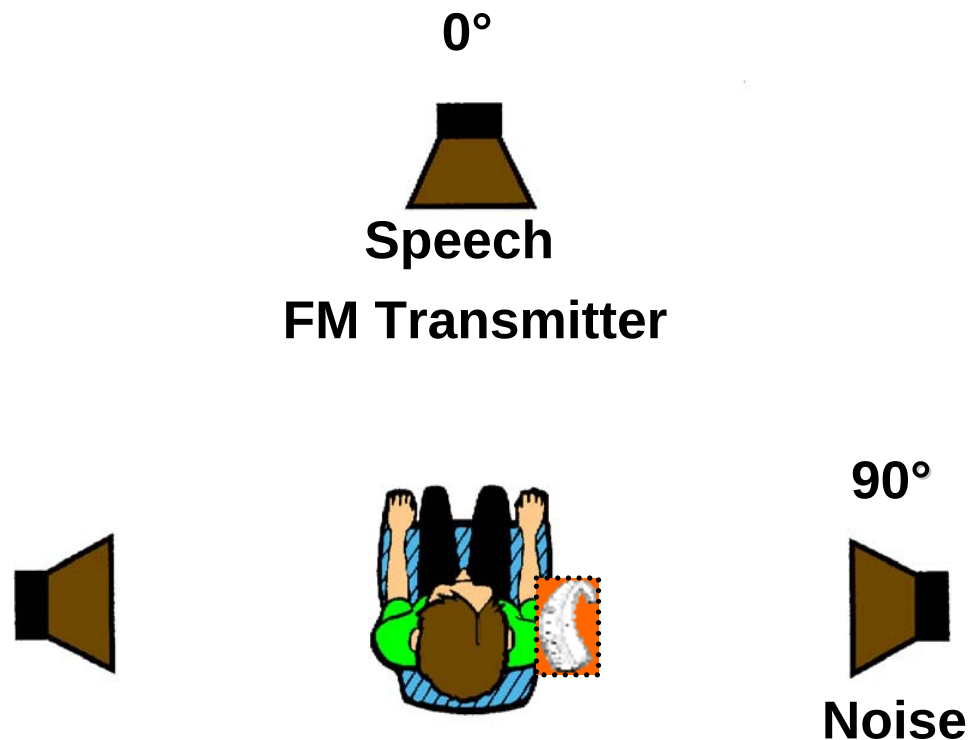
- Nucleus Freedom Sprachprozessor
- Phonak MLxS Empfänger-Elektronik integriert in einem Batteriefach
- Ersetzt den Standard-Batteriehalter





Test setup

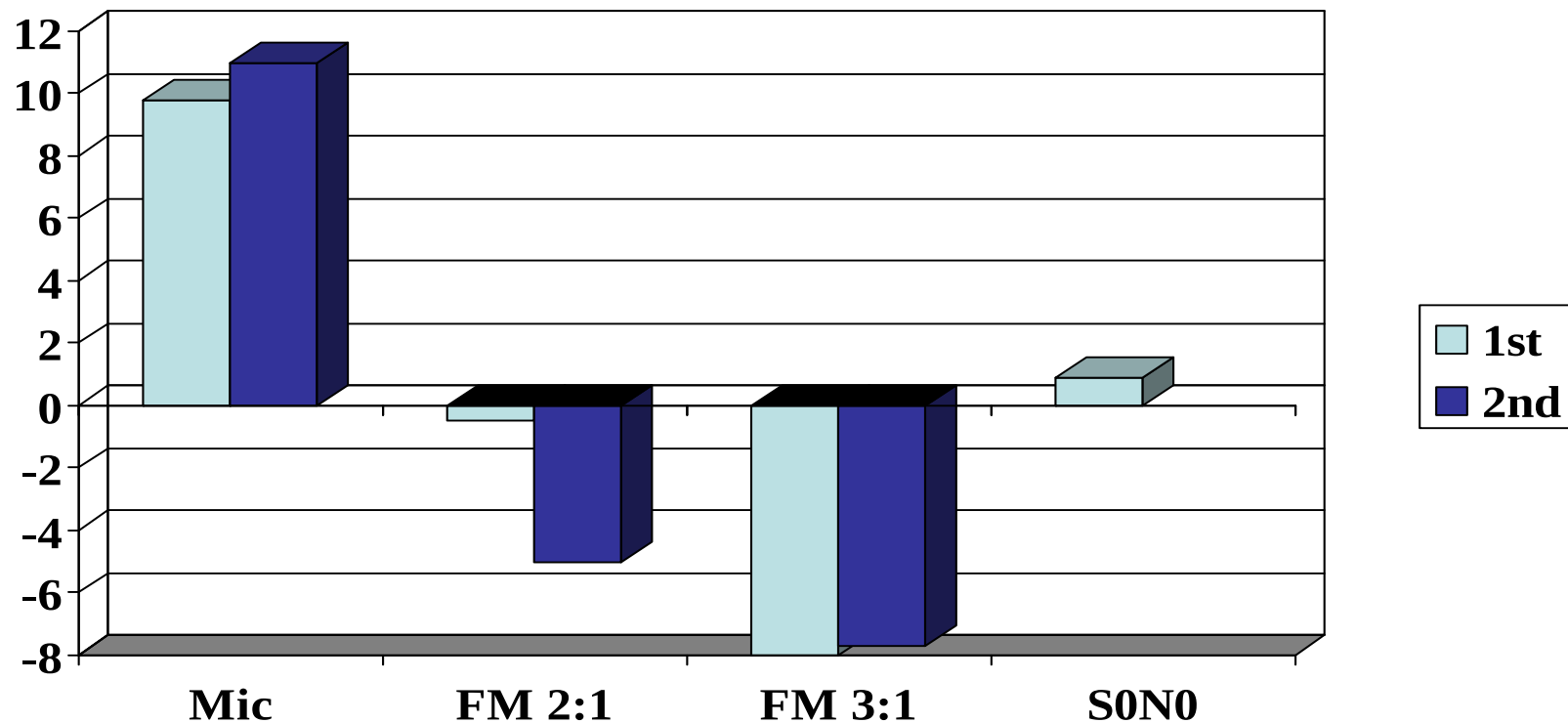
- Two adult experienced cochlea implant users (Nucleus Freedom system)
- Monosyllabic word tests in quiet
- Sentence tests (OLSA) in noise
- Either standard microphone input or FM input with two different mixing ratios (2:1 and 3:1)





Microphone versus FM

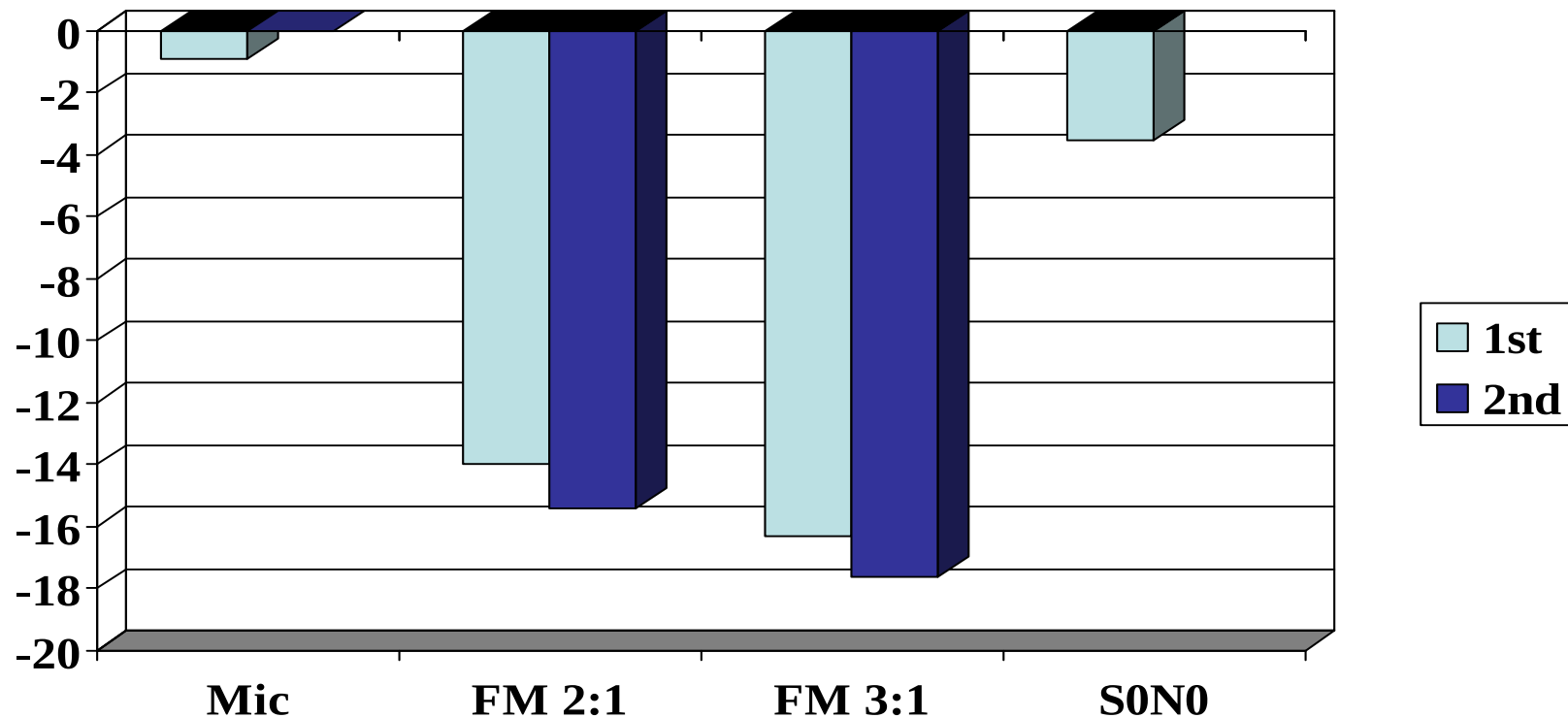
Speech in front, noise from right side





Microphone versus FM

Speech in front, noise from right side





Uebersicht

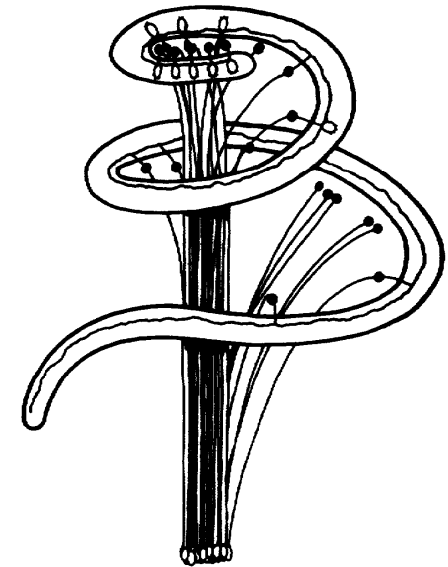
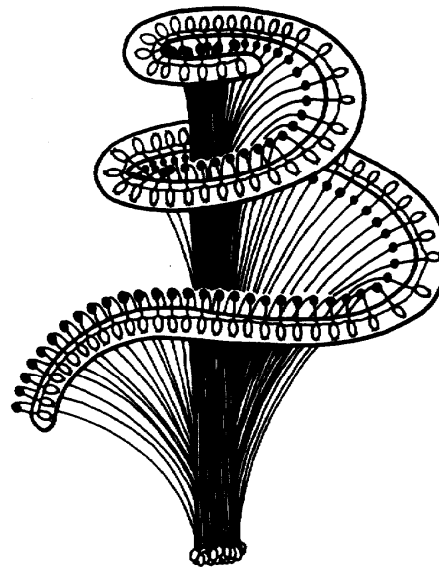
- Wie funktioniert ein CI
- Elektroden, implantierte Elektronik
- Sprachcodierungs-Strategien
- Beidseitige (bilaterale) Implantation
- Elektroakustische (bimodale) Stimulation
- Vorverarbeitung, Geräuschreduktion
- Anpassverfahren (Fitting-Prozeduren)





Patienten-Variablen welche die Wahl einer Codierungsstrategie beeinflussen können

- Aetiologie
- Alter, Dauer der Ertaubung/Taubheit
- Gewöhnung, Training
- Verteilung und Zustand der Hörnerv-Fasern





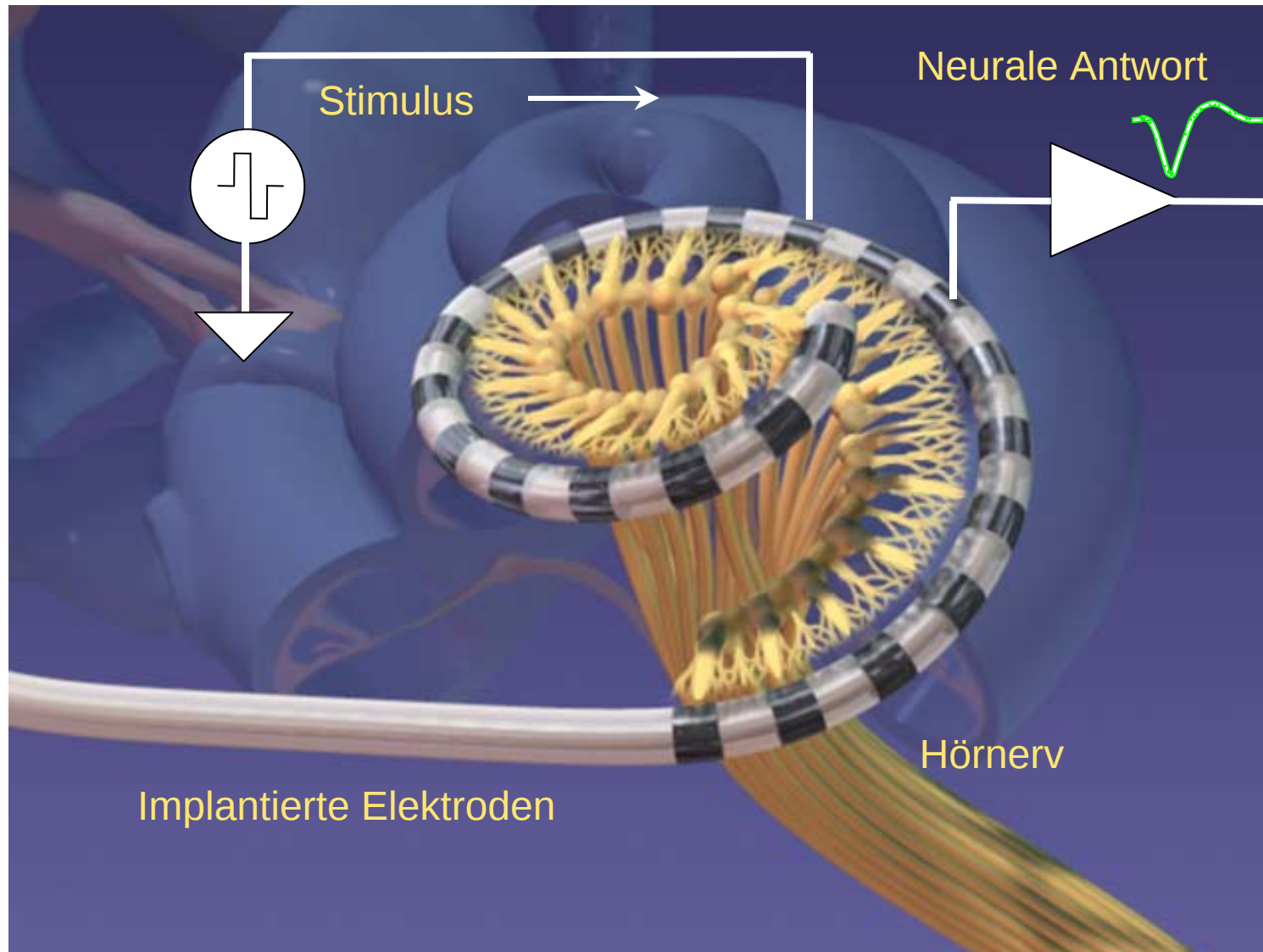
Sprachprozessor-Anpassung

- Sprachprozessoren für Cochlear Implants sind komplexe elektronische Geräte mit vielen Möglichkeiten
- Die Anpassung von Geräteparametern bei Kleinkindern ist sehr anspruchsvoll und zeitaufwendig
- Objektive Messungen können wertvolle Information für die Programmierung und Feinanpassung liefern



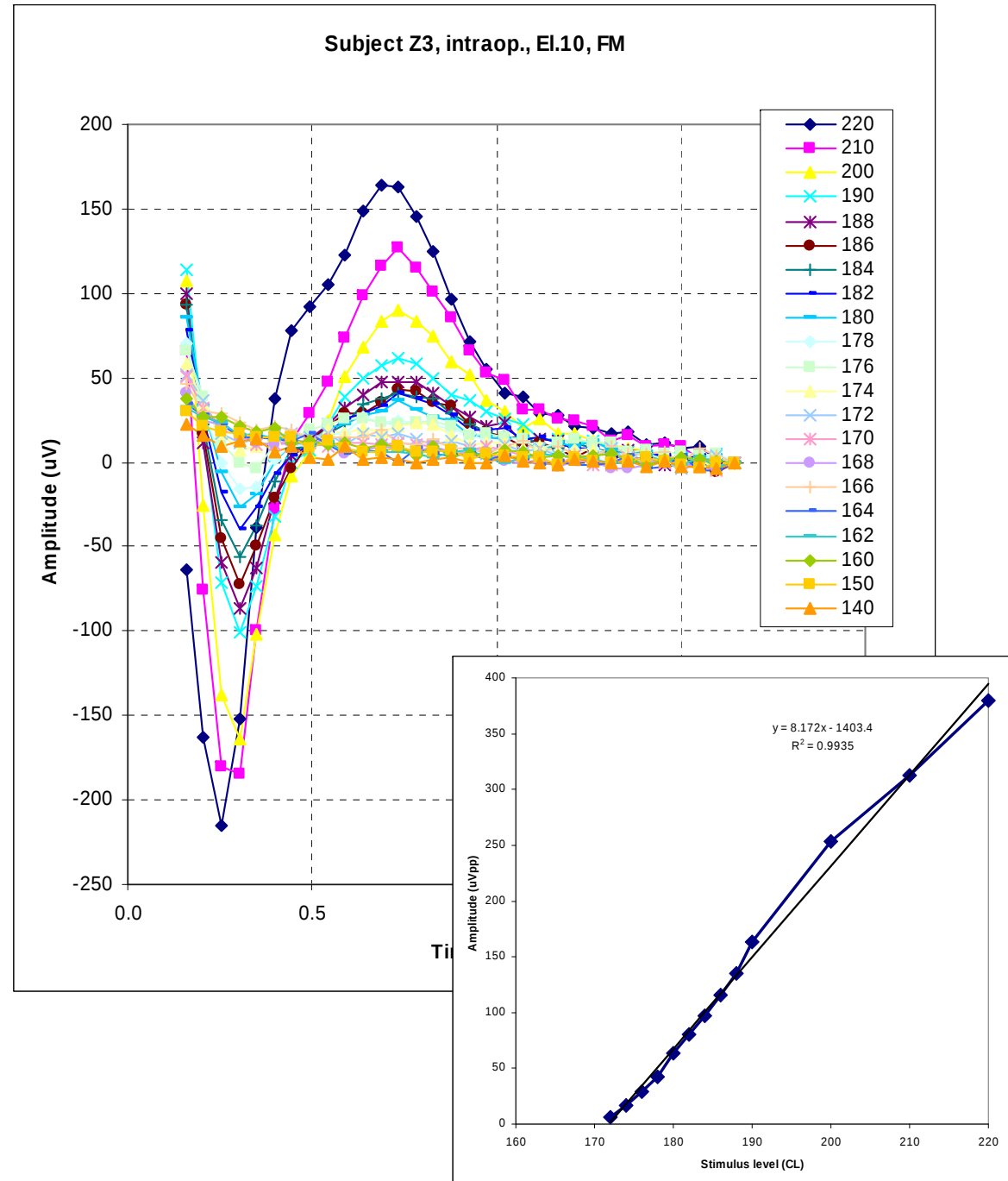


Intracochleäre Messungen elektrisch evozierter Summen-Aktions-Potentiale (ECAP)





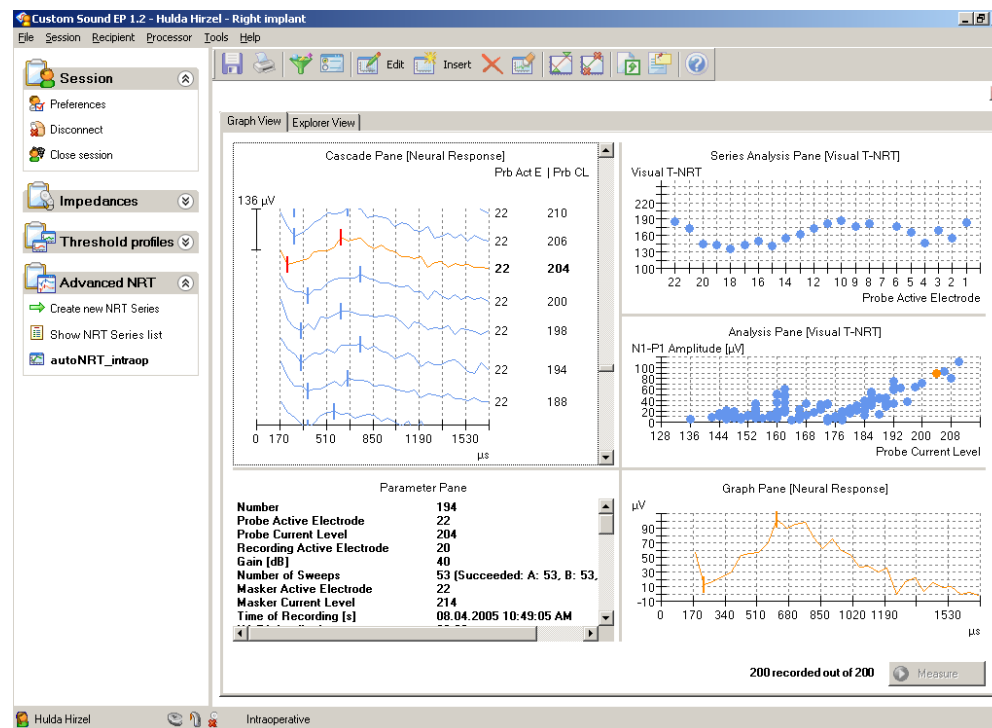
Intraoperative Bestimmung von NRT- Schwellen (T- NRT)





AutoNRT

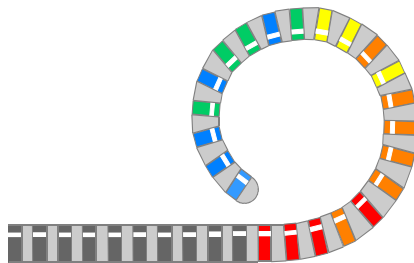
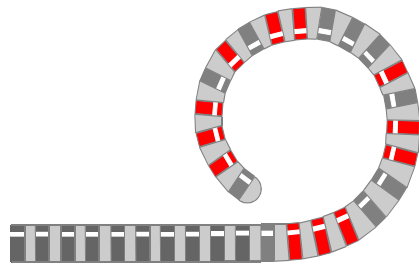
- + Automatische Erkennung von neuronalen Antworten
- + Suche nach NRT-Schwellen mittels aufsteigendem Algorithmus
- + TNRT-Profil automatisch berechnet und für die Anpassung gespeichert





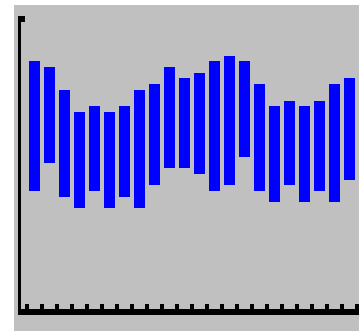
Mögliche NRT-Anwendungen zur Optimierung der Sprachcodierung

Auswahl von optimalen
Reizelektroden



■ Slower rates
■
■
■
■ Faster rates

Abschätzung von maximaler
Lautstärke (**MCLs**)



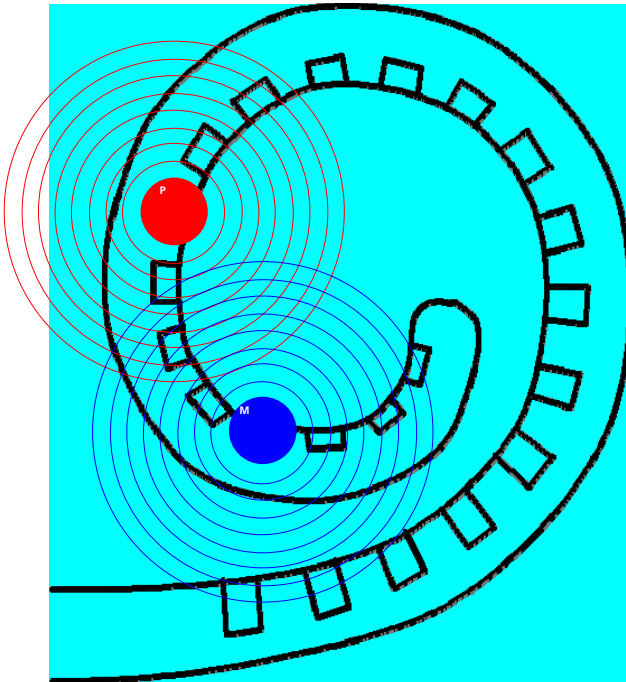
Abschätzung von
Hörschwellen (**T-levels**)

Auswahl optimaler
Reizraten

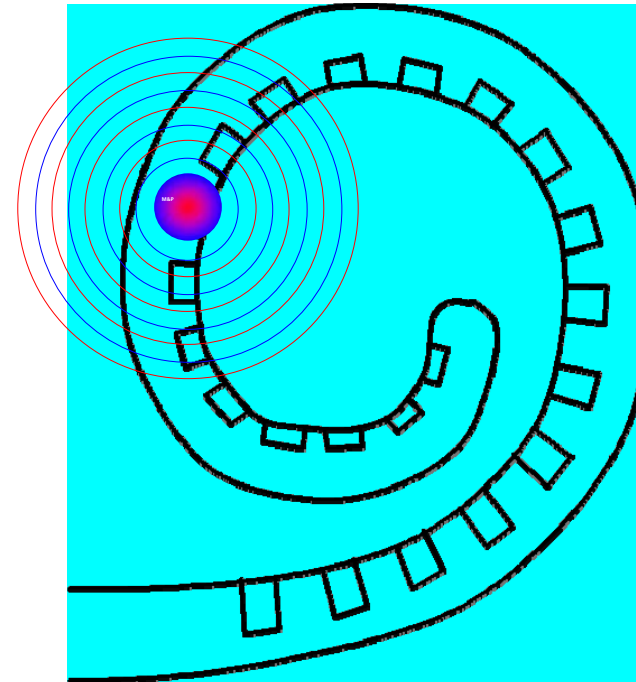




Selectivität und „spread of excitation“ Messungen: Variationen von Masker- und Ableit-Elektrodenposition



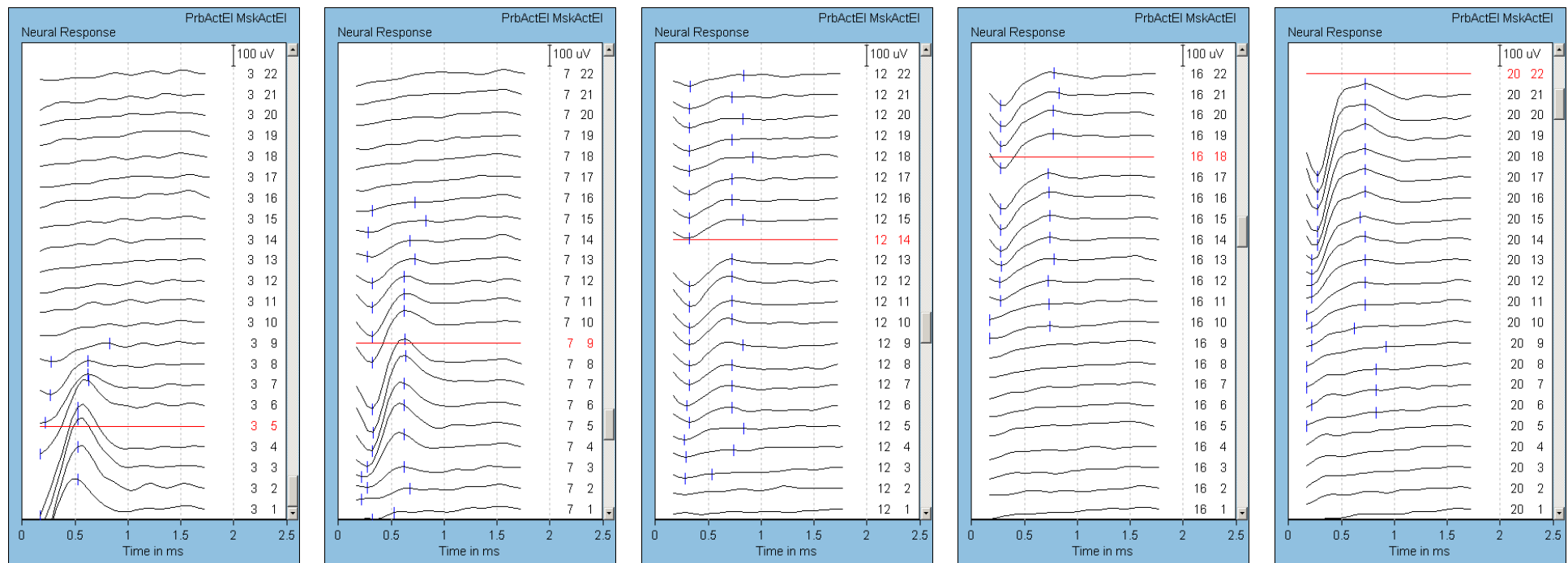
Masker and Probe on
different electrodes



Masker and Probe on
same electrode



Variation der Masker-Elektrodenposition



3

7

12

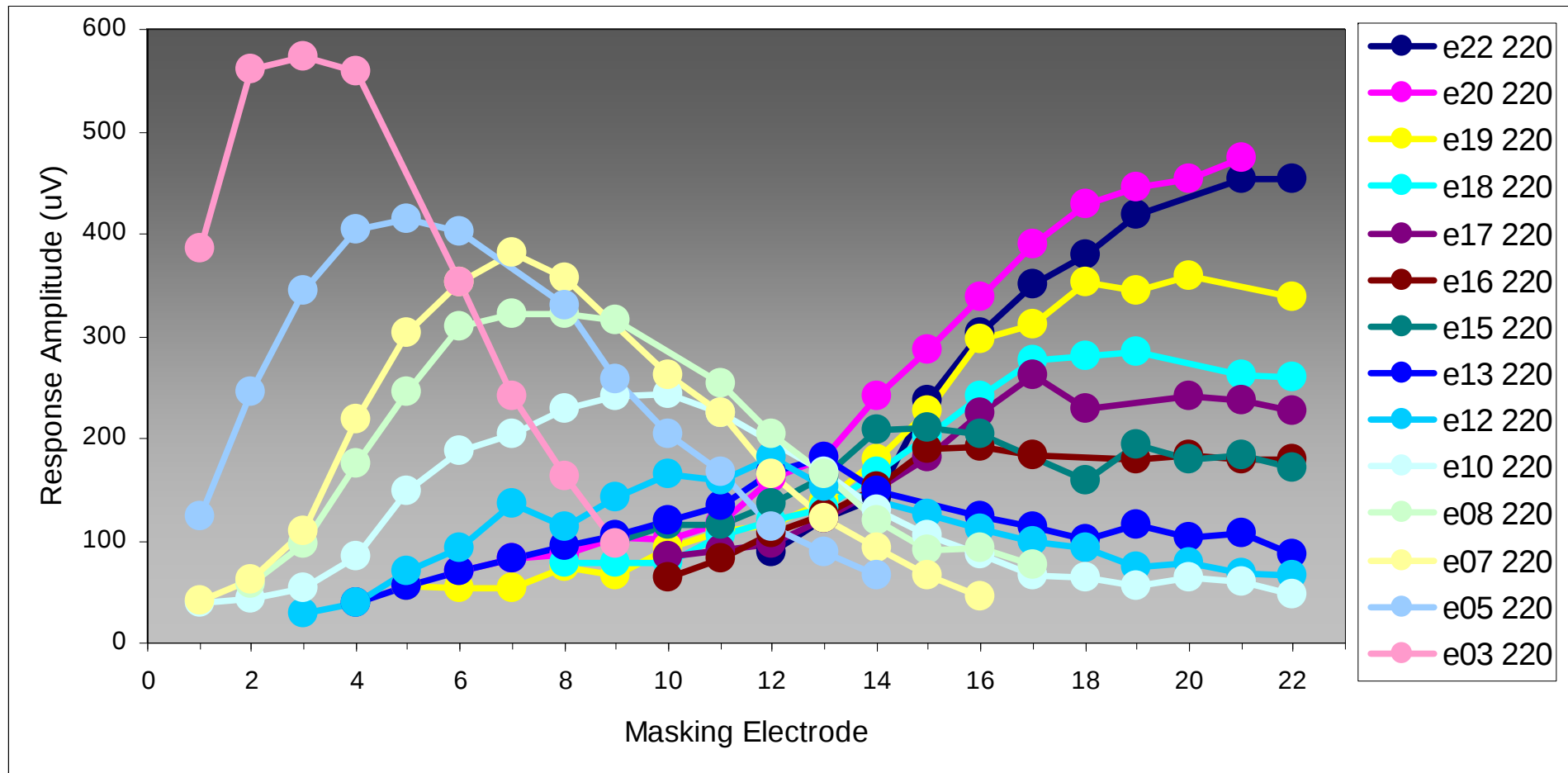
16

20



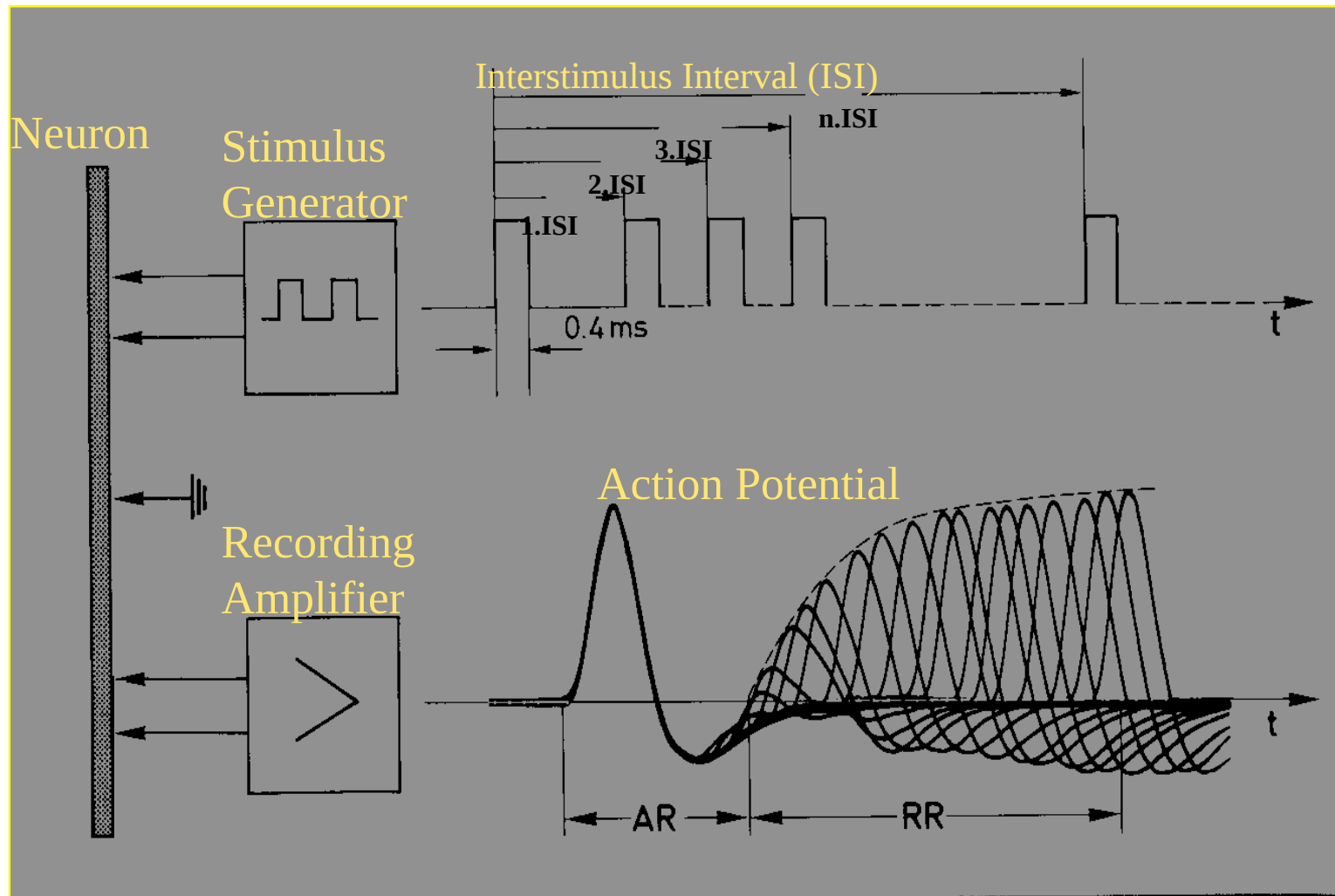


Maskerposition-Variationen für unterschiedliche Messelektroden



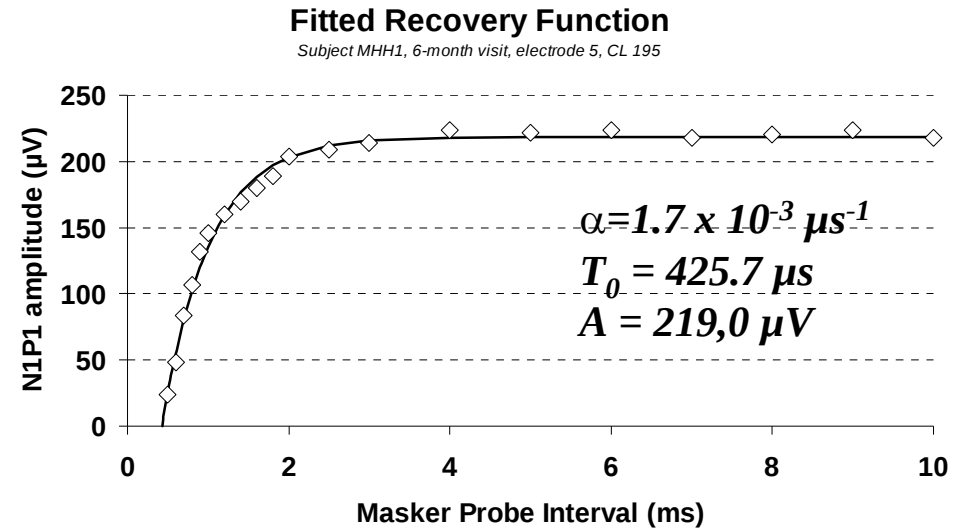
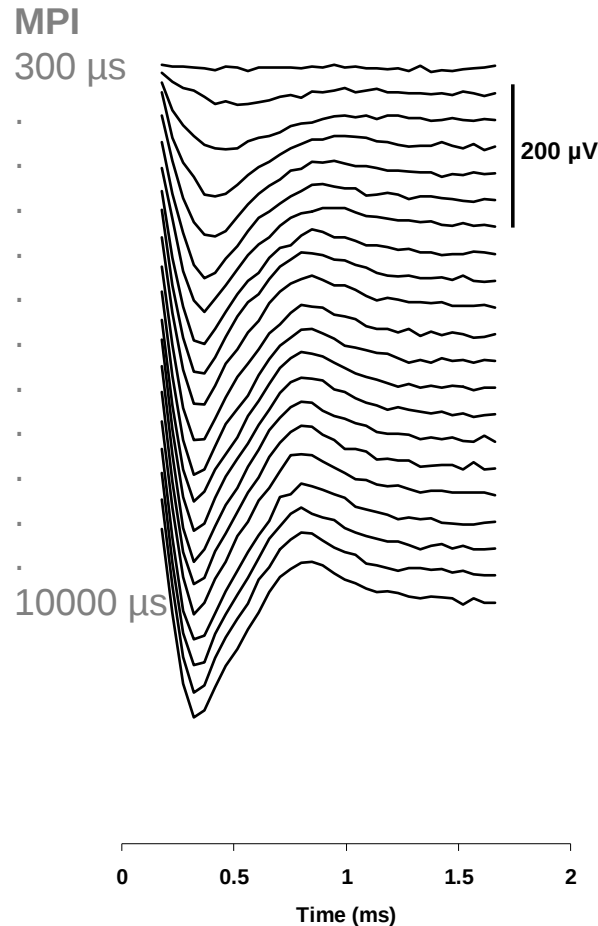


Absolute/relative Refraktärperioden





Erholungsfunktion (recovery function)



$$f(\text{MPI}) = A (1 - e^{-\alpha (\text{MPI} - T_0)})$$

$\alpha \approx$ relative refractory period
 $T_0 \approx$ absolute refractory period





Perspektiven, weitere Entwicklungen

- Codierung: verbesserte Auflösung zeitlicher und spektraler Signalelemente
- Verbesserte Klangqualität (Musikhören) und Differenzierung im Störlärm
- Vorverarbeitung zur Dynamikanpassung und Störlärmunterdrückung
- Kombinierte akustische und elektrische Stimulation
- Beidseitige Versorgung
- Präzisere Programmierung und Feinanpassung mit Hilfe von objektiven Messungen





Cochlea-Implantation: eine Team-Arbeit

- Audiologie, Diagnostik, Evaluation
- Chirurgie, medizinische Intervention
- Geräteanpassung, Sprachcodierungsstrategien
- Rehabilitation, Sprach- und Sprechentwicklung





Danke

CI-Team ORL-Klinik Universitätsspital Zürich



Swiss National Science Foundation



Cochlear AG

