USZ Universitäts Spital Zürich

Universität Zürich[UZH]

Werden Hörimplantate unsichtbar?

PD Dr. Christof Röösli,

Klinik für ORL, Hals- und Gesichtschirurgie,

UniversitätsSpital Zürich

Hearing Forum Andermatt 2019

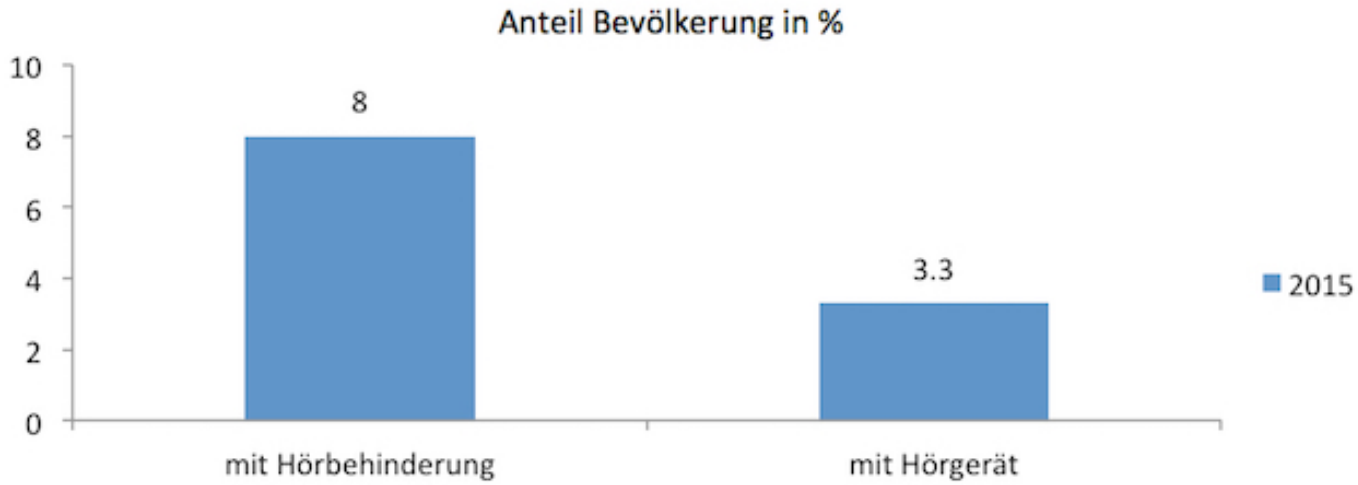
Demographie

Relevant = > 40dB im besser hörenden Ohr.

Gemäss WHO

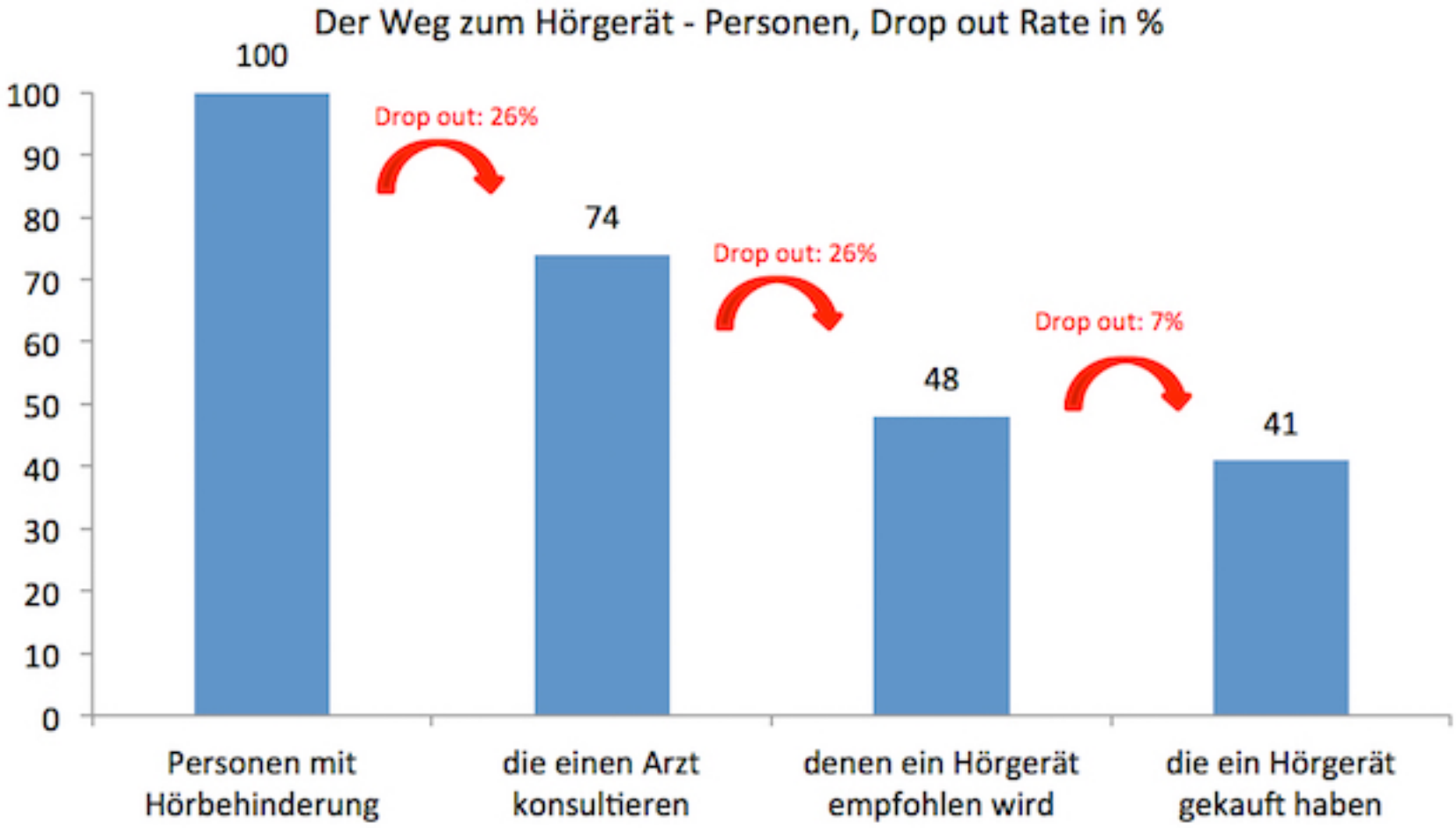
- 466 Millionen Menschen (davon 34 Millionen Kinder) haben einen relevanten Hörverlust
- 2050 werden es > 900 Millionen sein

- Ca. 16% (USA)[1] bis 41% (Schweiz)[2] tragen Hörgeräte



[1] gemäss NIDCD
[2] gemäss Hörgerätehersteller

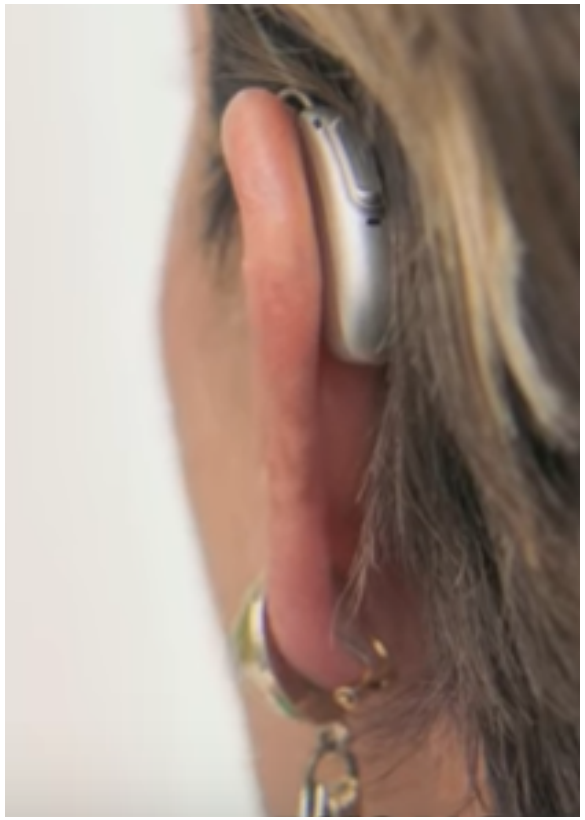
Demographie



gemäss Hörgerätehersteller

Fehlende Akzeptanz











Wunschzettel

Hören in allen Situationen
- Genügend Verstärkung
- Tag und Nacht
- In allen Umgebungen (Wasser)

Zuverlässig
Bezahlbar
Komfort
Kein Stigma

Notwendigkeit / Wunsch
- Unsichtbares Hörgerät

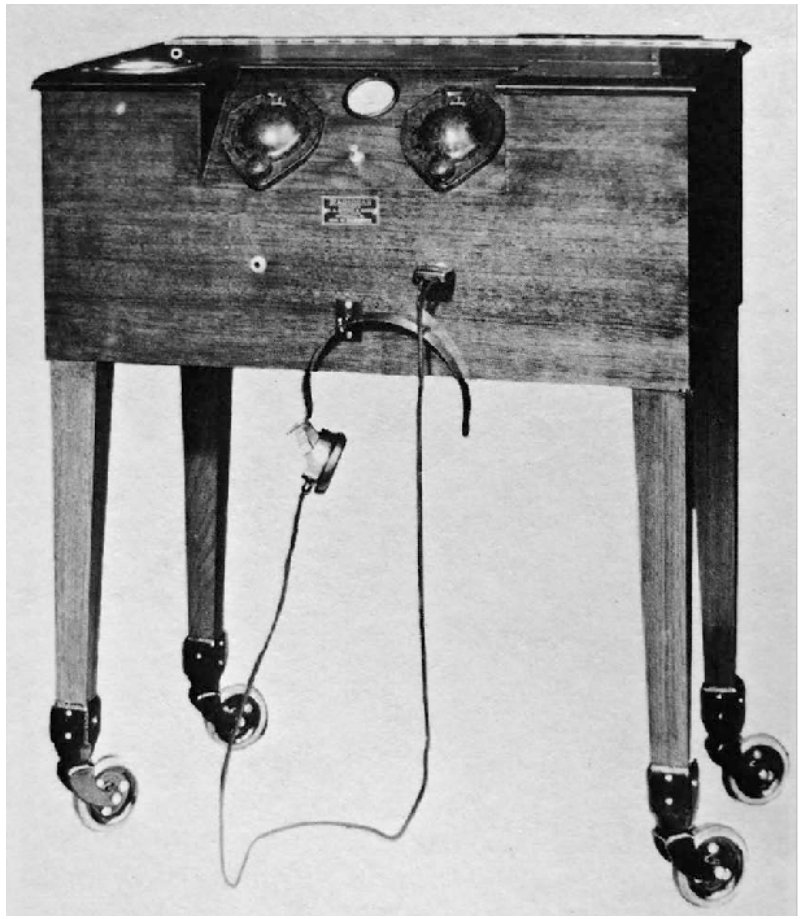
Herausforderung
- **Miniaturisierung**
- **Stimulation**
- **Mikrofon**



Universität Zürich[UZH]

Miniaturisierung

Miniaturisierung - Hörgerät









Miniaturisierung - Hörgerät



Lyric, Phonak, Switzerland

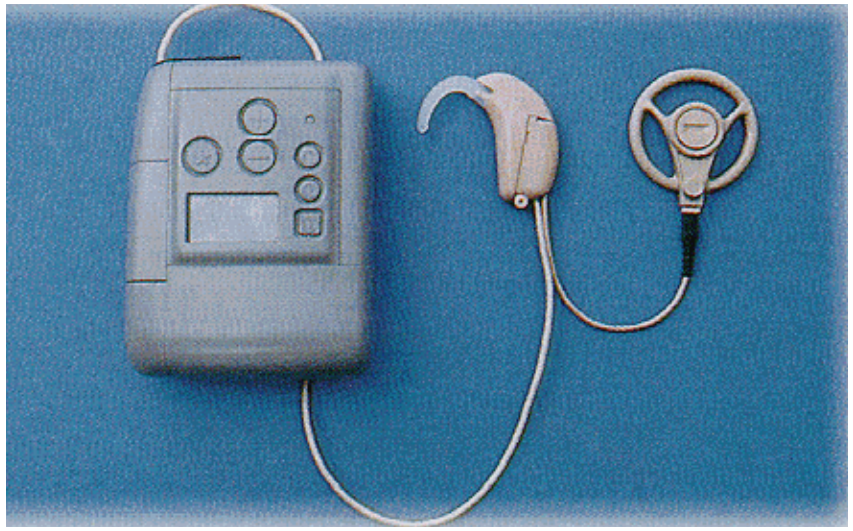
- Milder bis mittelgradiger Hörverlust[1]
- Wenig Beschwerden bei «gesundem» Gehörgang.

- Wechsel alle 3 - 4 Mt.
- Kosten
- Analoges Hörgerät

[1]Sperling et al. Hear Res. 2019
[2] Sim et al. Audiol Neurotol

Miniaturisierung - Cochlea Implantat







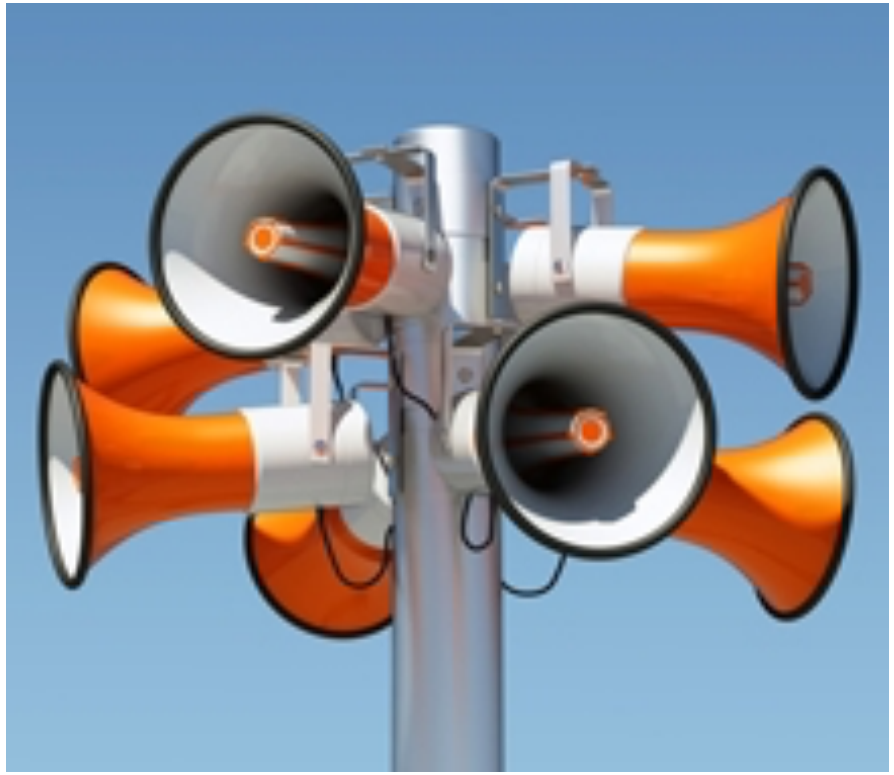


Entwicklung des Sprachprozessors

Stimulation

Stimulation

Akustisch

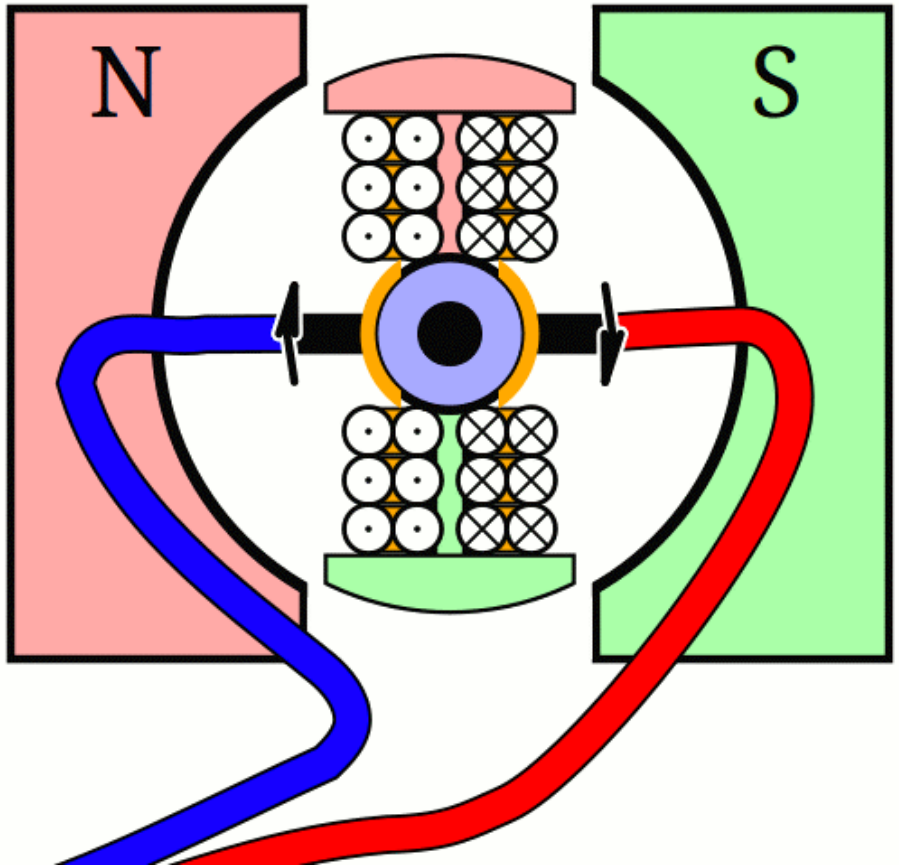


Licht

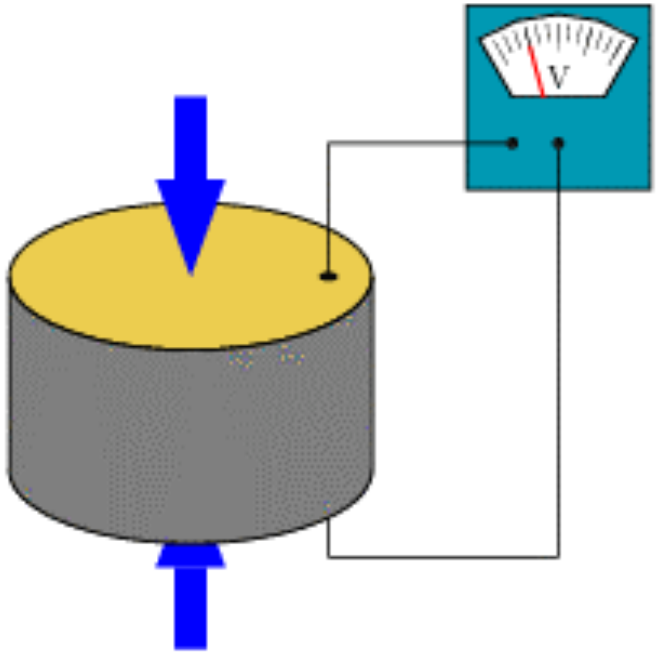


Stimulation

Elektromechanisch



Piezoelektrisch



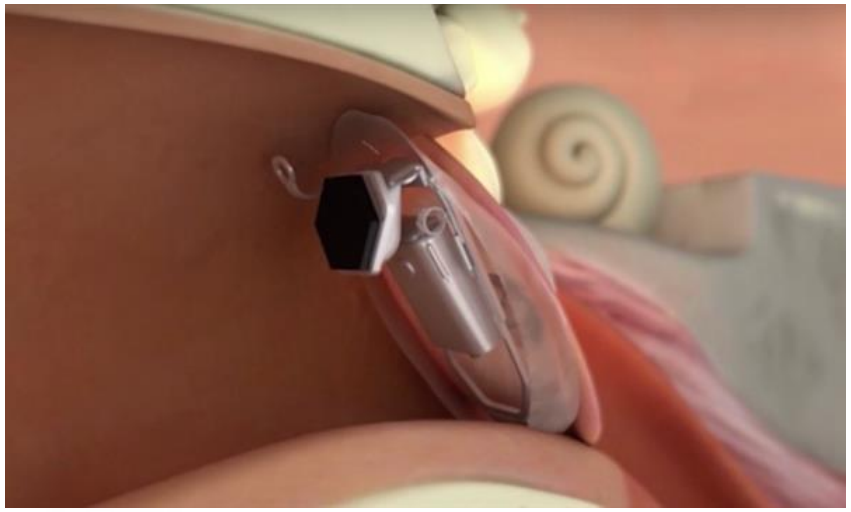
USZ Universitäts Spital Zürich

MichaelFrey - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=41991664

Degreen, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17309851

Universität Zürich[UZH]

Stimulation - mit Licht

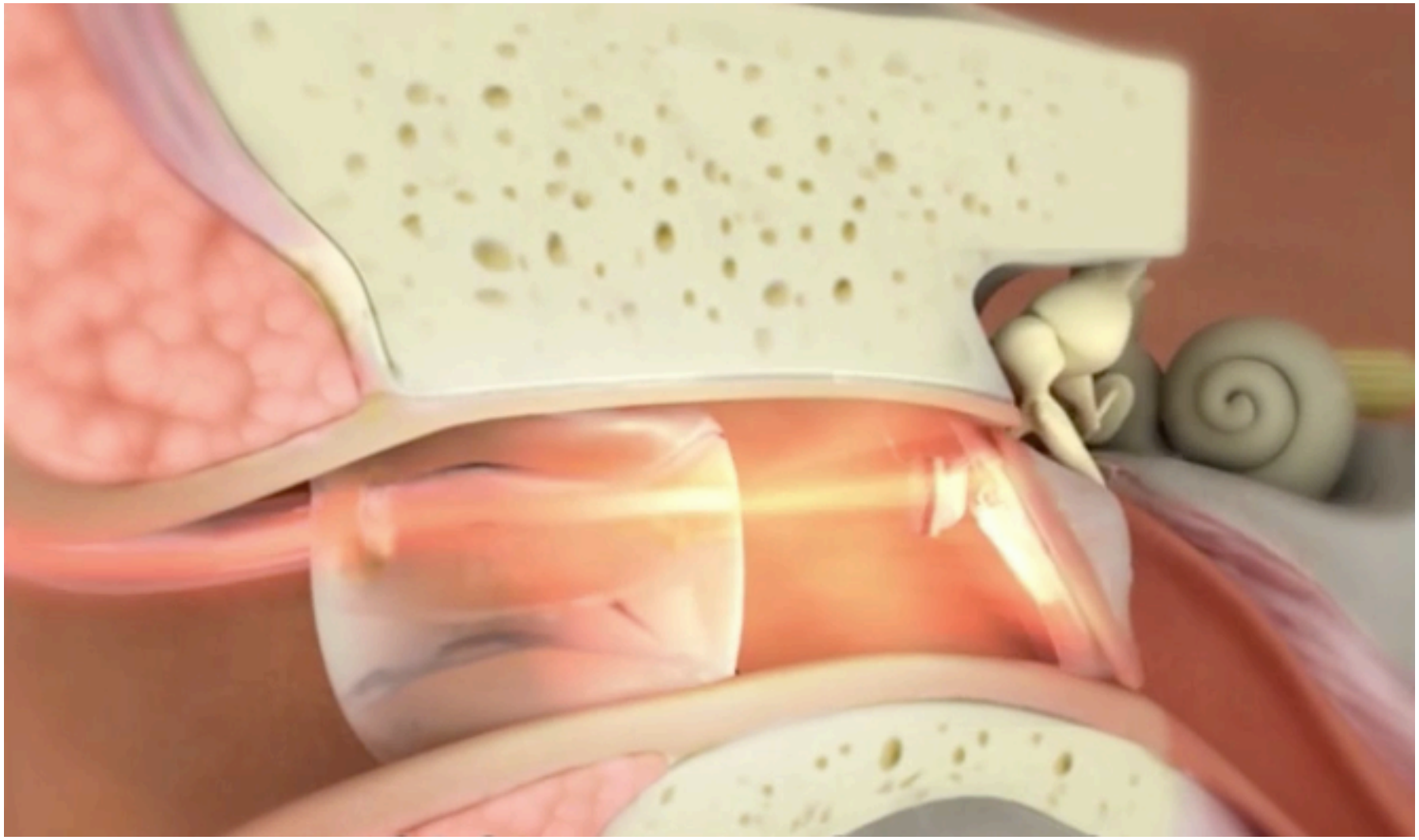




Earlens, Earlens Co, USA

Sperling et al. Hear Res. 2019
Perkins, Otolaryngol Hear Neck Surg. 1996

Stimulation - mit Licht



- Weniger Feedback
- Grösseres Frequenz-spektrum stimulierbar[1]
- Maximaler Output von 120-136dB[2]

- Unterhalt?
- Kosten?
- Langzeiterfahrung?

[1] Sperling et al. Hear Res. 2019
[2] Purial et al. Otol Neurotol. 2016

Stimulation - an den Zähnen



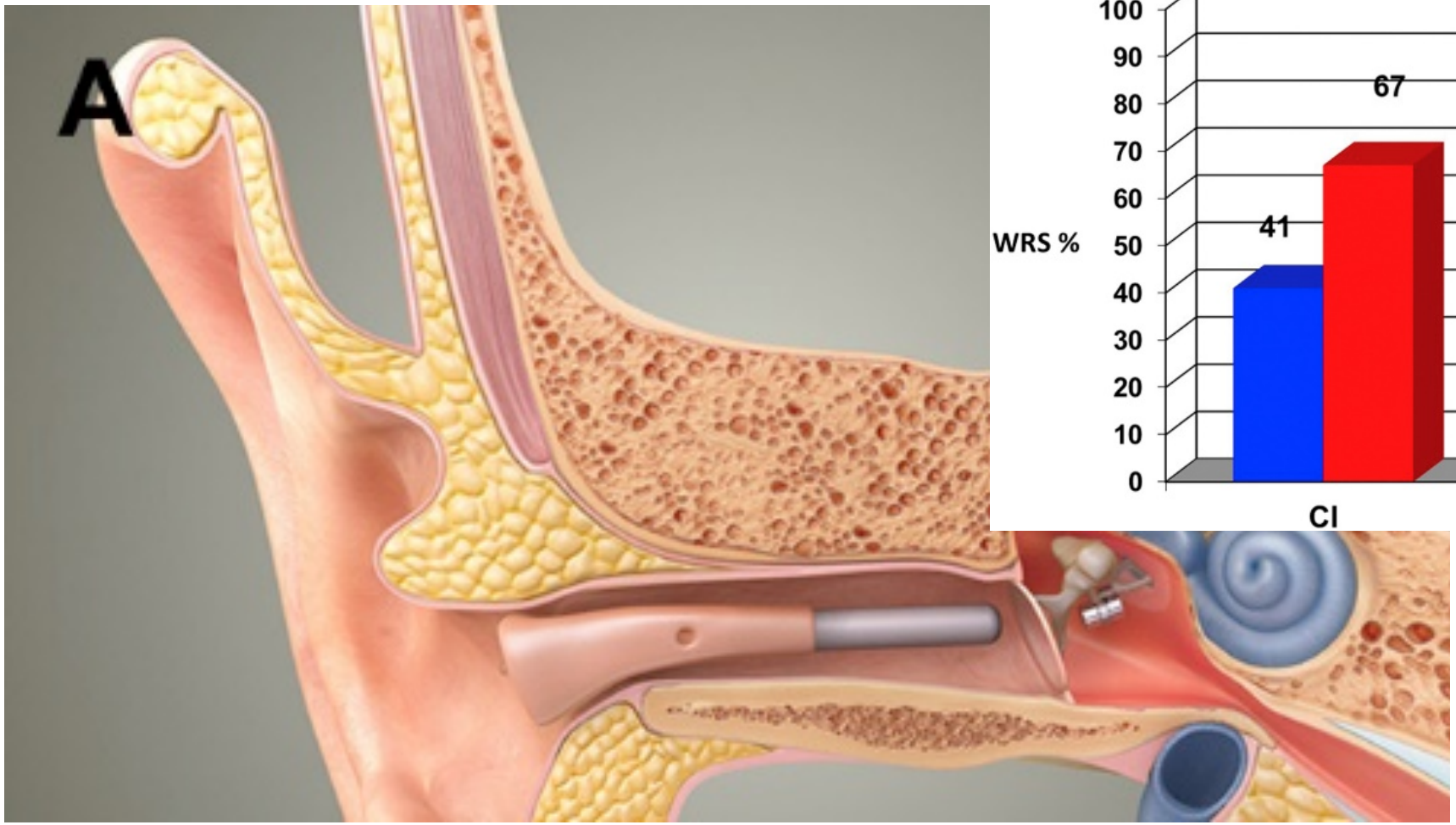


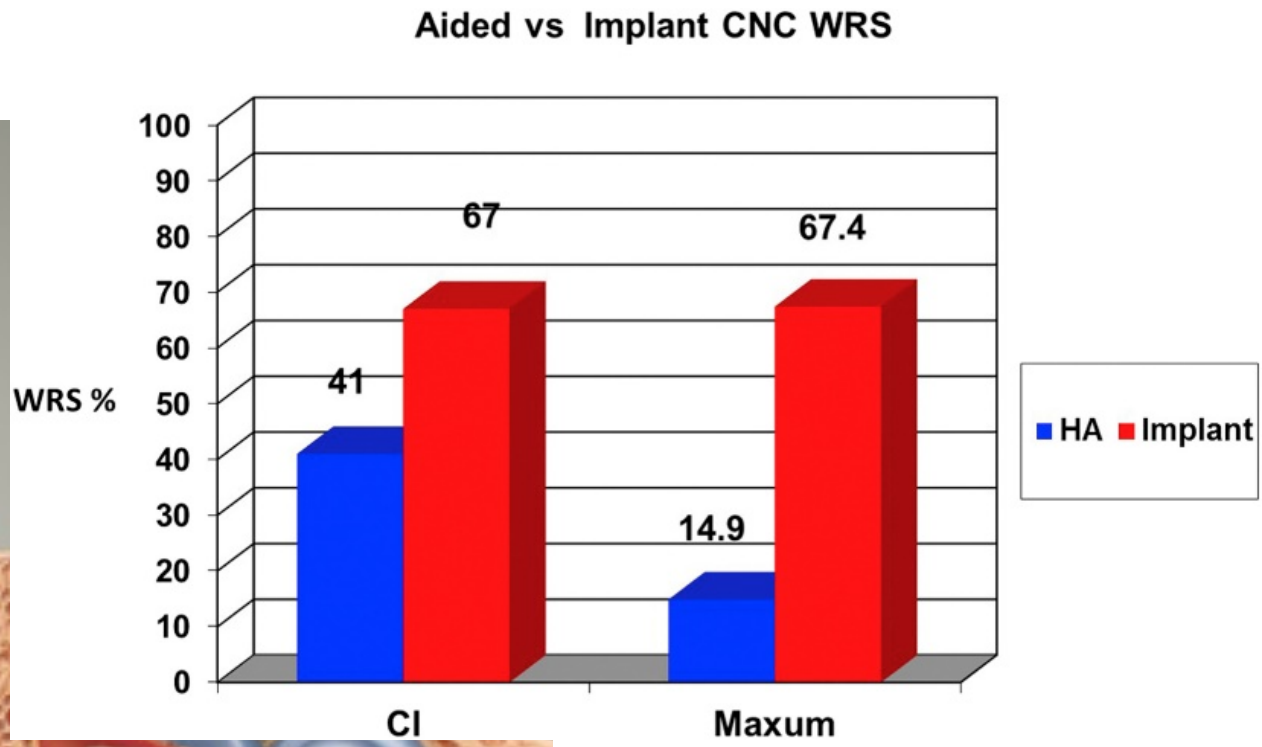
Soundbite

Murray et al., Otot Neurotol. 2012
Gurgel and Shelton. Laryngoscope. 2013

Stimulation - mittels Induktion

Maxum, Ototronix, USA





Chang J., Otolaryngol Clin North am. 2019

Mikrofon

Mikrofon

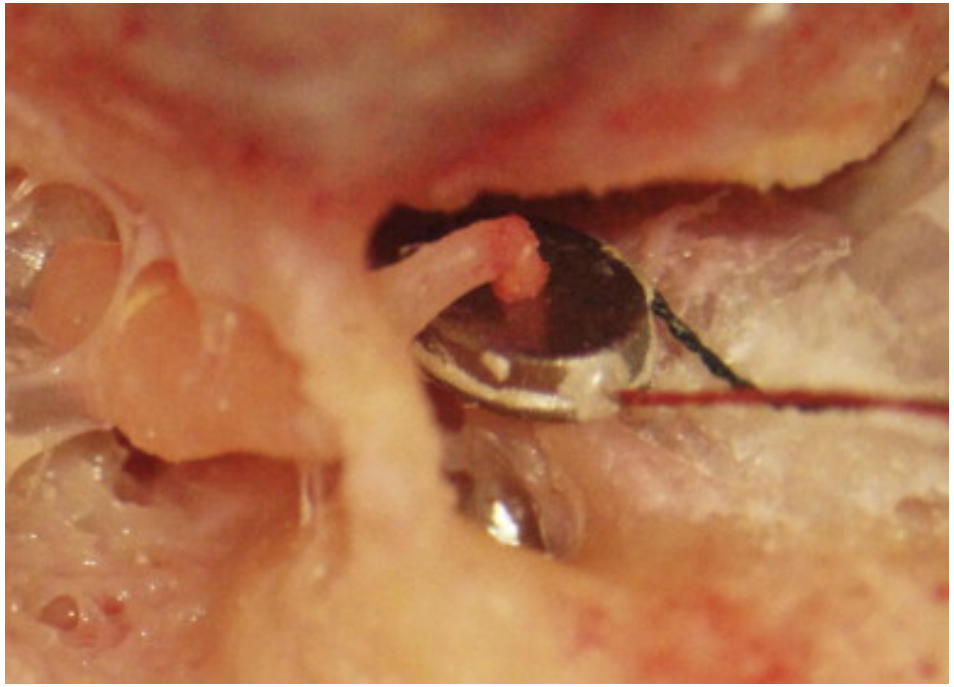
Grosse Herausforderung

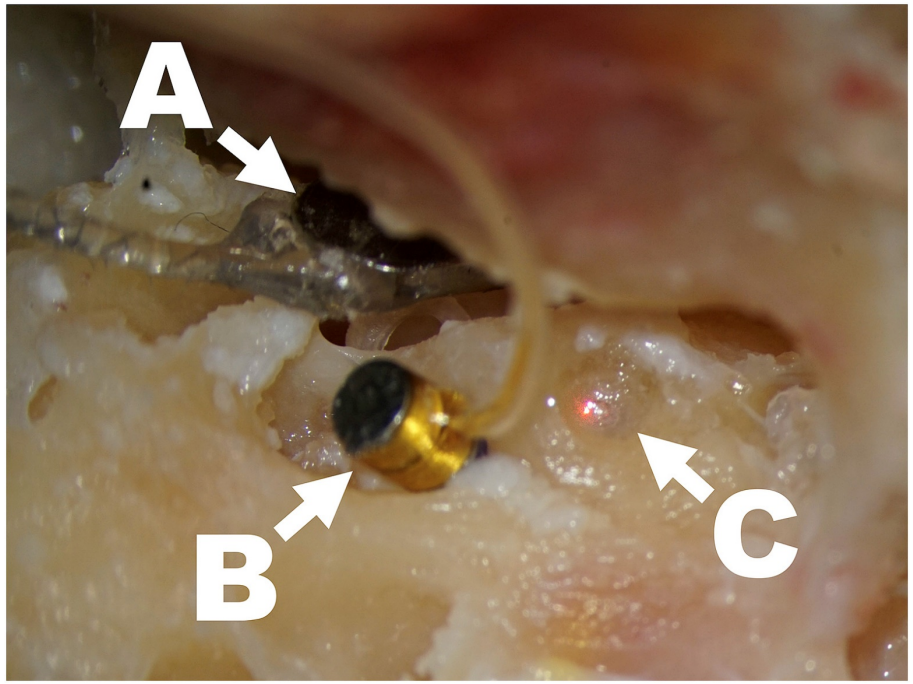
- Grösse
- Hohe Sensitivität (max. Eigenrauschen ≙ 30 dB HL)
- Tiefer Energieverbrauch (P_{el} < 100 μW)
- Biokompatibilität und zuverlässig während mehrerer Jahre
- Einfacher chirurgischer Eingriff

Mikrofon an Gehörknöchelchen

Piezoelektrischer Sensor,
Koppelung mit Soundbridge, Med-El, Austria





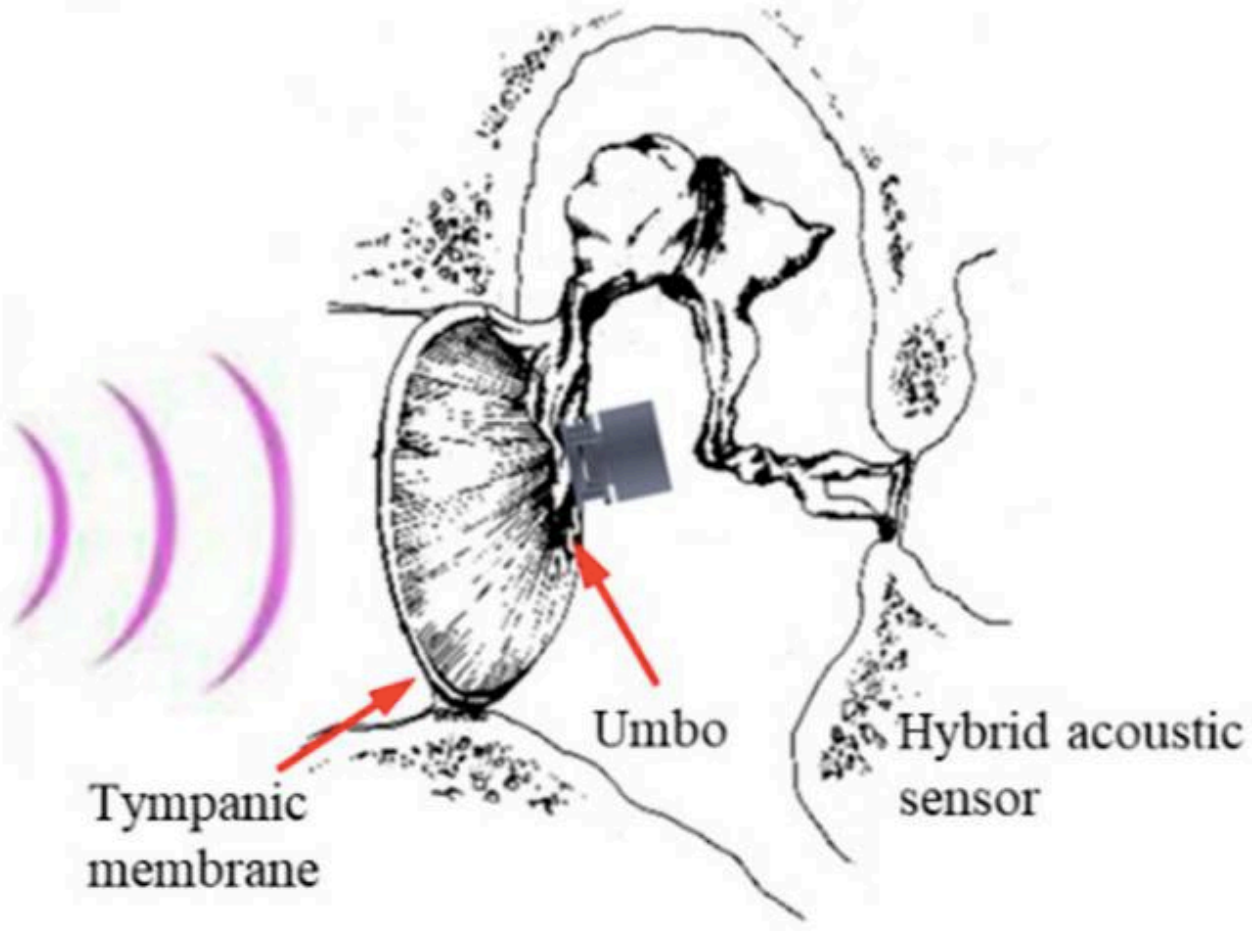


Koch et al. Hear Res. 2013

Essinger et al. Hear Res. 2019

Mikrofon an Gehörknöchelchen

Vibro-akustisches Hybrid-Mikrofon



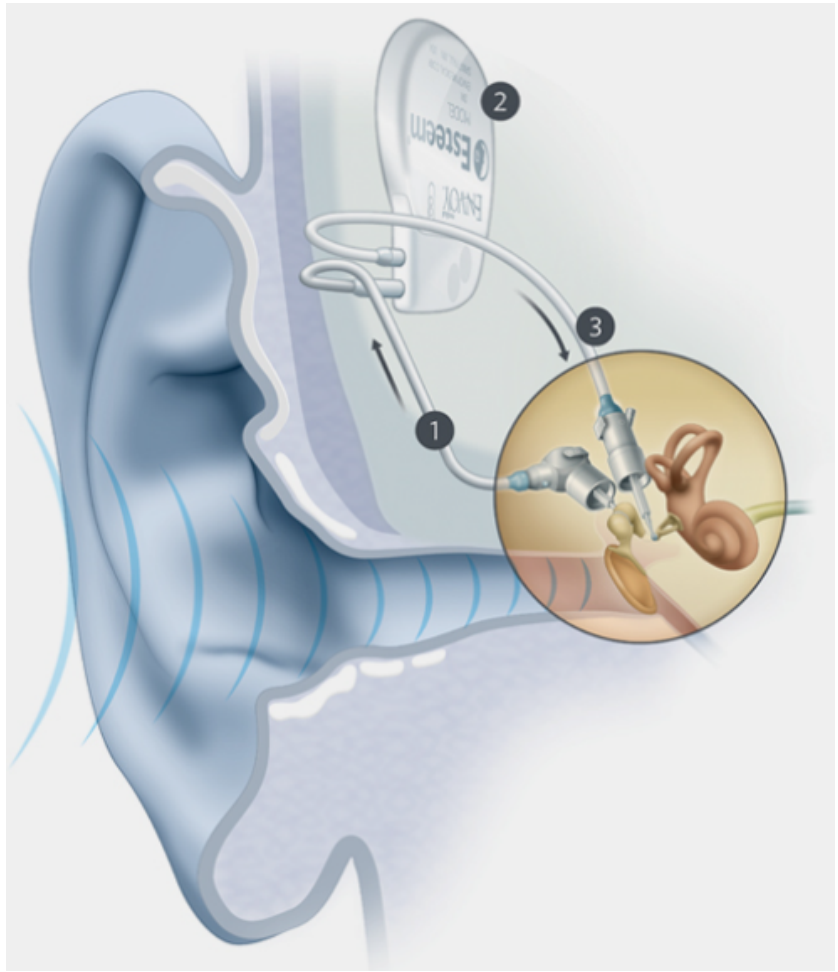
Gleichzeitiges Messen von

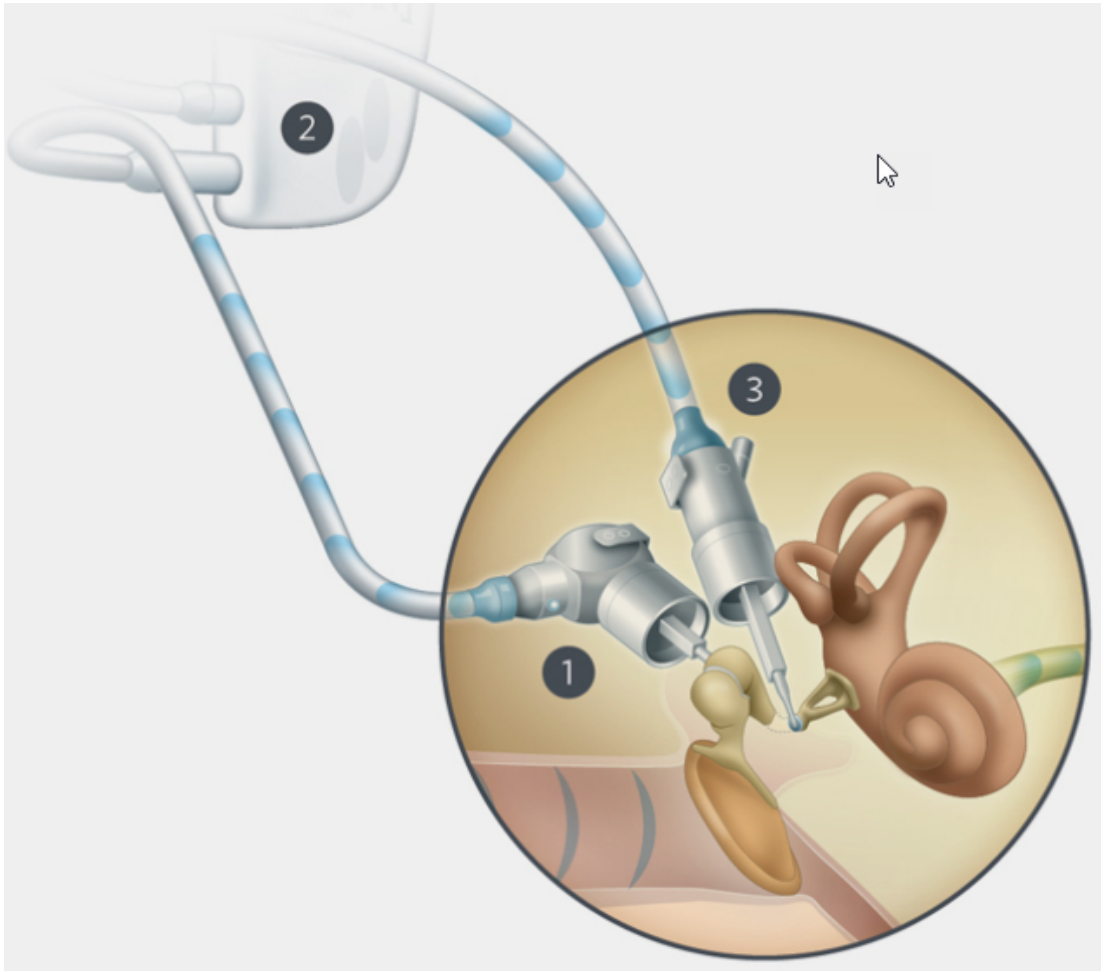
- Schalldruck im Mittelohr
- Beschleunigung am Umbo

Seong et al. Sensor. 2019

Mikrofon an unterbrochenen Gehörknöchelchen

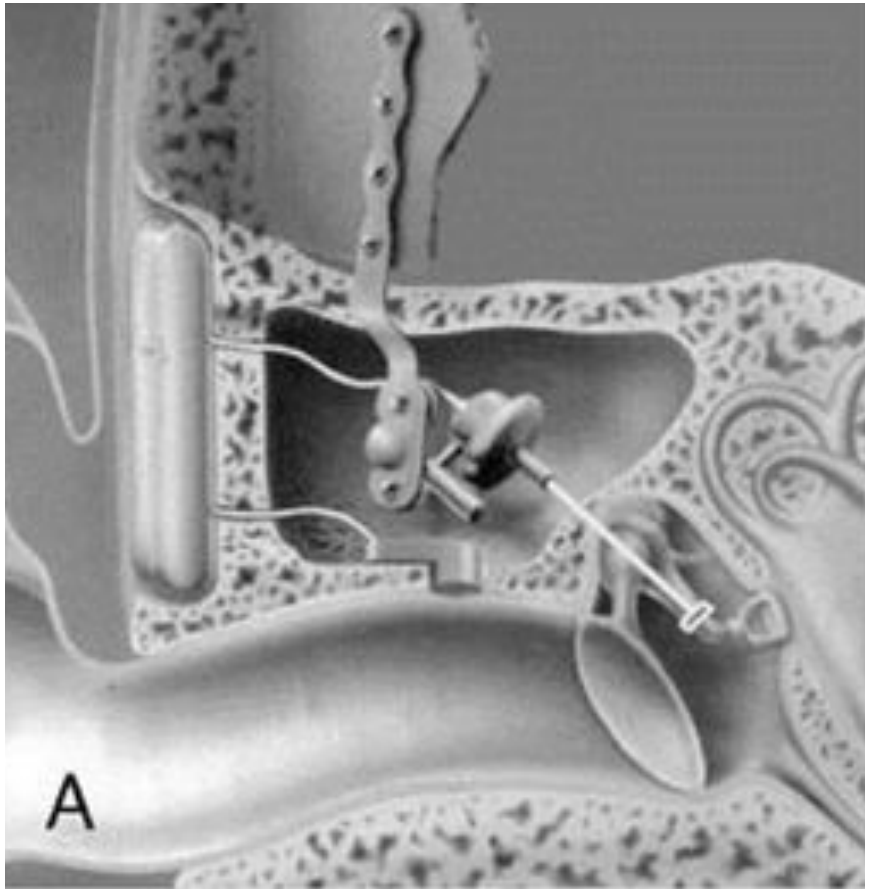
Esteem, Envoy Medical Corporation, USA

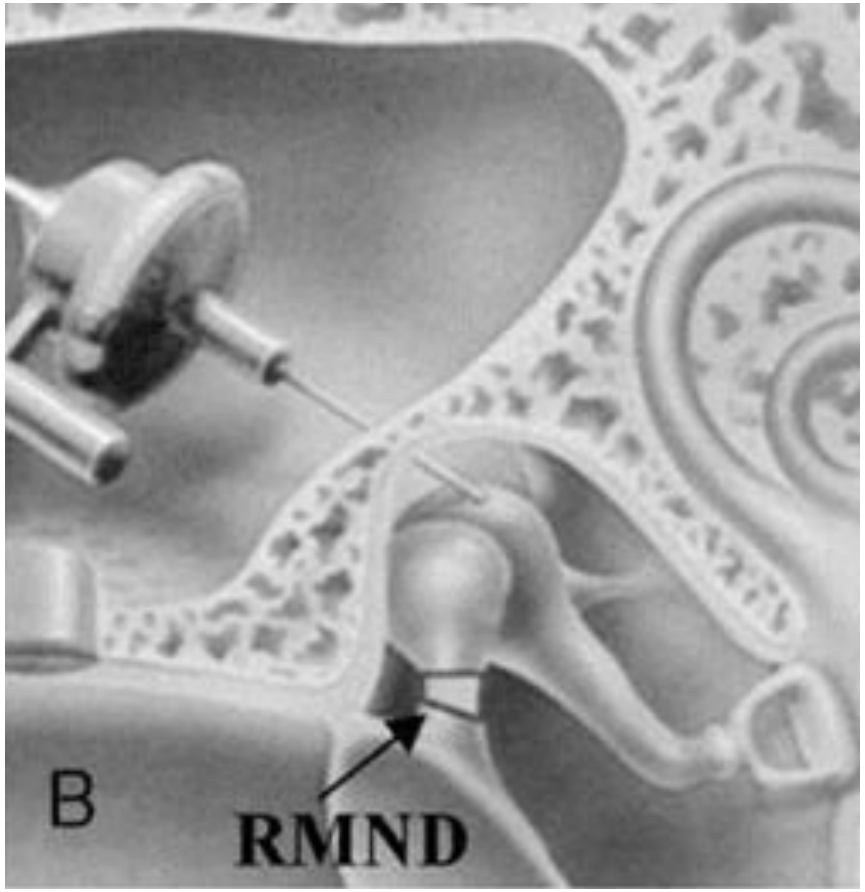




Mikrofon im Gehörgang

Implex TICA

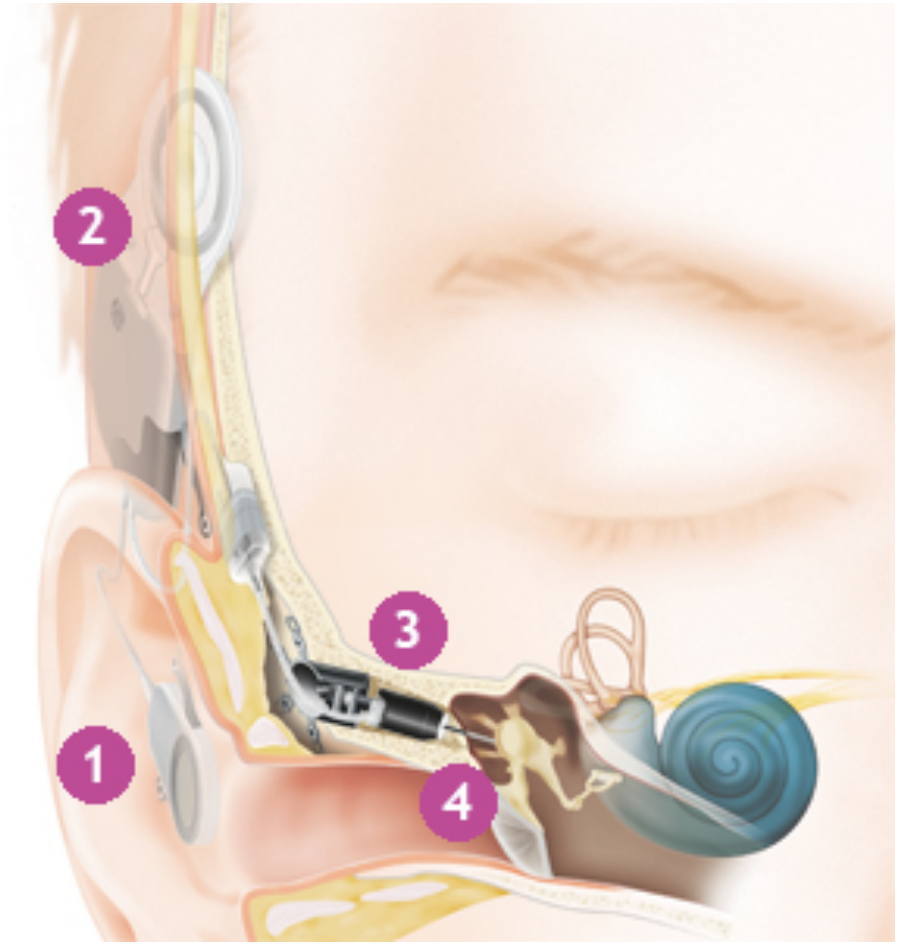




Zenner et al., Otolaryngol Clin North Am. 2001
Zenner et al., Adv Otorhinolaryngo. 2010

Subkutanes Mikrofon - Mittelohrimplantat

Carina, Cochlear Ldt, Australia





USZ Universitäts Spital Zürich

Tisch et al. Curr Top Otolaryngol Head Neck Surg. 2017
Cochlear Company
Lefebre et al. Audiol Neurotol. 2017

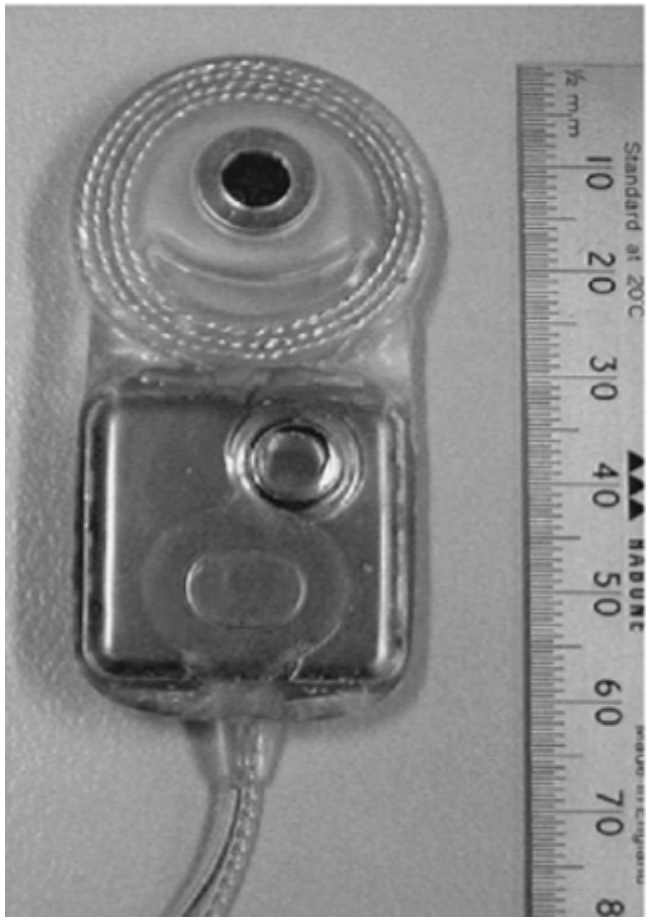
Universität Zürich[UZH]

Subkutanes Mikrofon - Cochlea Implantat

TIKI System (Subkutanes Mikrofon)

3 Patienten eingeschlossen

- Sensitivität des Mikrofons gering
- Sprachverständnis schlechter als mit sichtbarem Sprachprozessor
- Körperschall als Störfaktor
- Einfache Chirurgie
- Keine Komplikationen

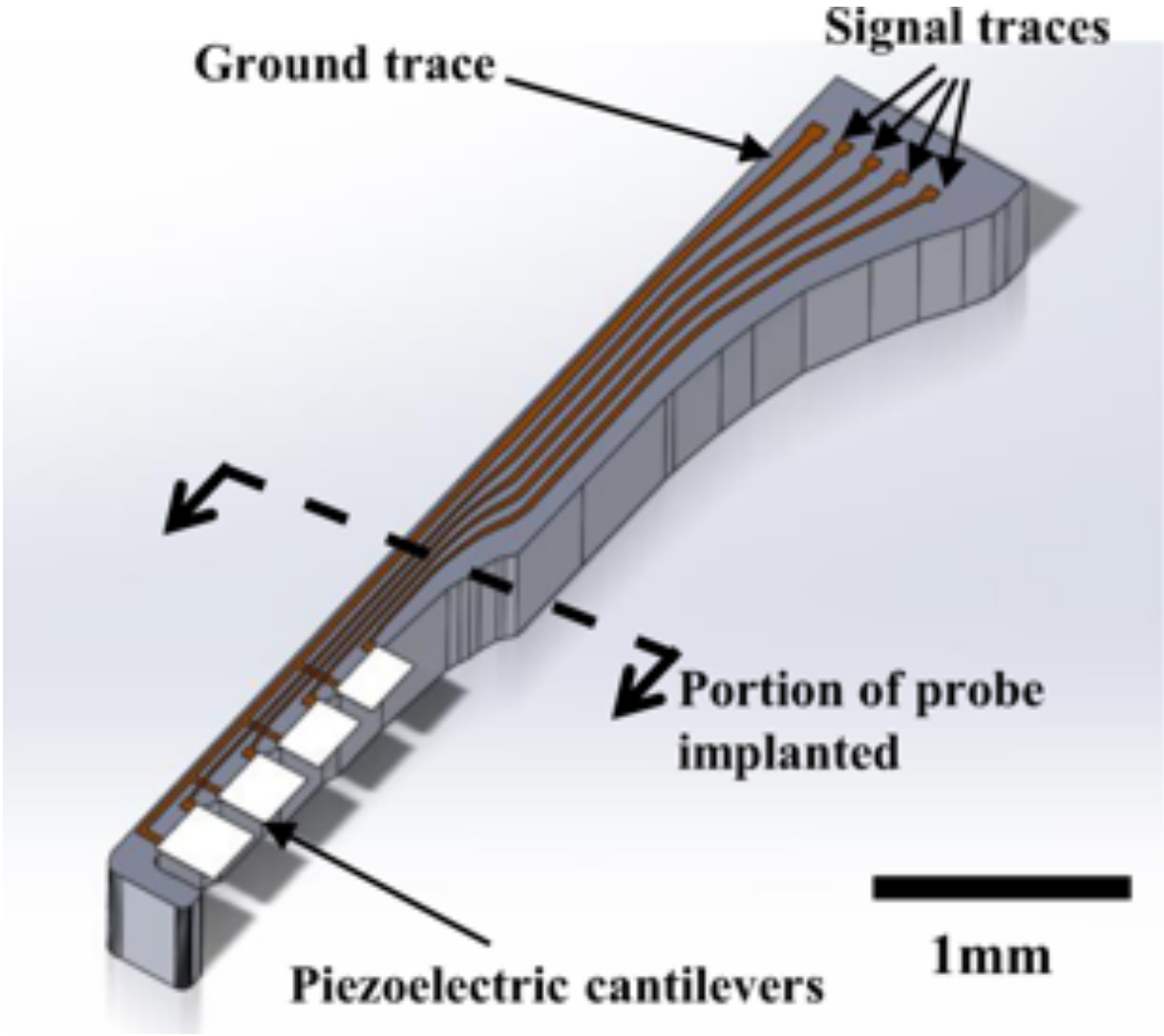


Briggs et al., Otol Neurotol. 2008

Intracochleäres Mikrofon

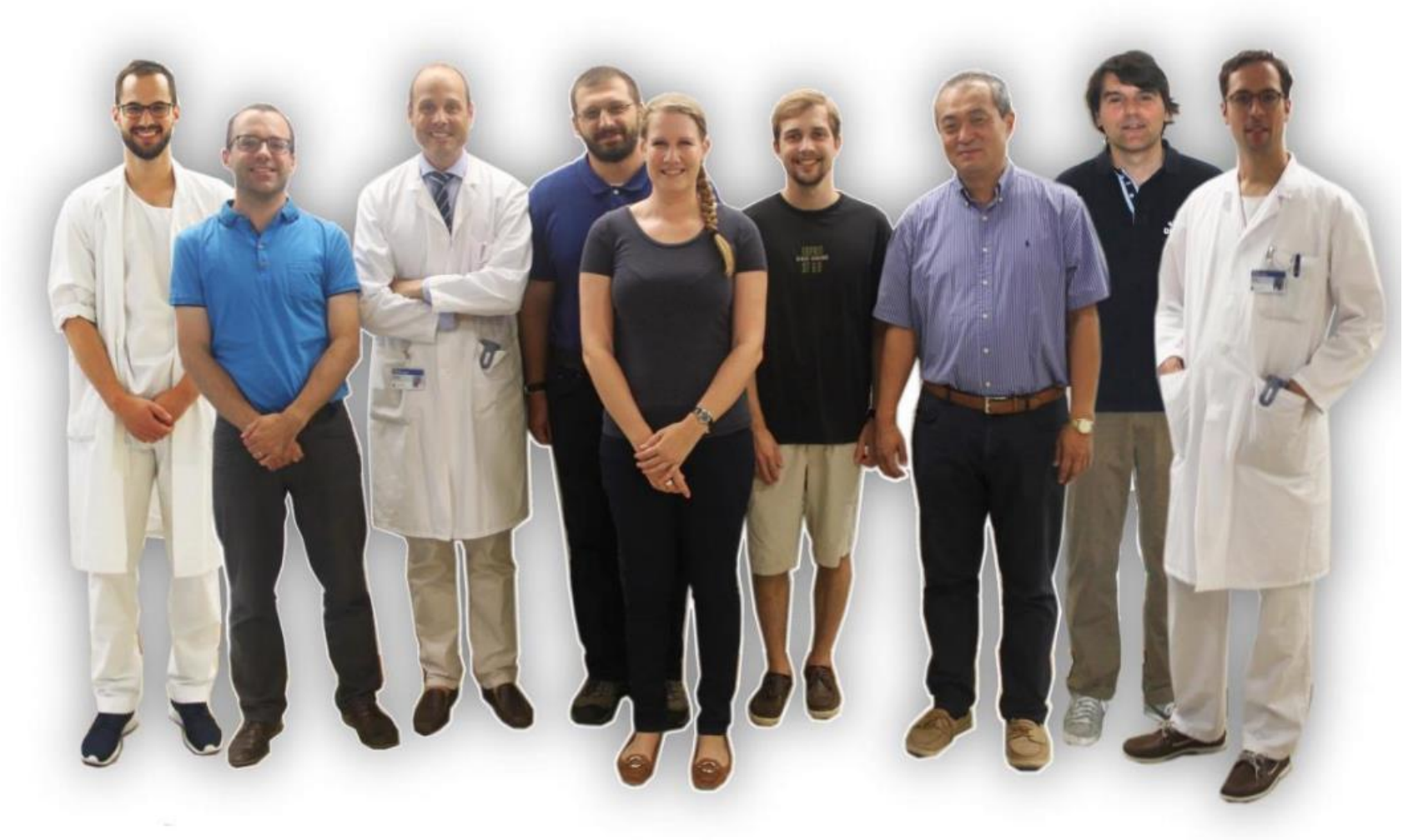
Piezoelektrisches Konzept

Sensitivität noch zu gering



Zhao et al. Sensor, 2019

Intracochleäres Mikrofon - Team UniversitätsSpital Zürich



Funding:
Baugarten Stiftung Zürich, Switzerland,
Cochlear Technology Centre Belgium
Cochlear AG, European Headquarters.

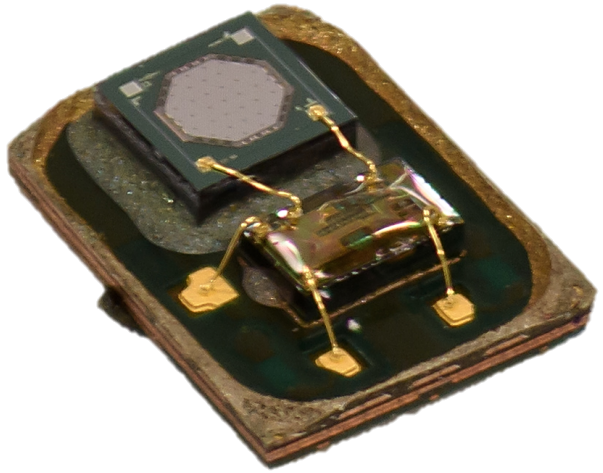
USZ Universitäts Spital Zürich

ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Universität Zürich[UZH]

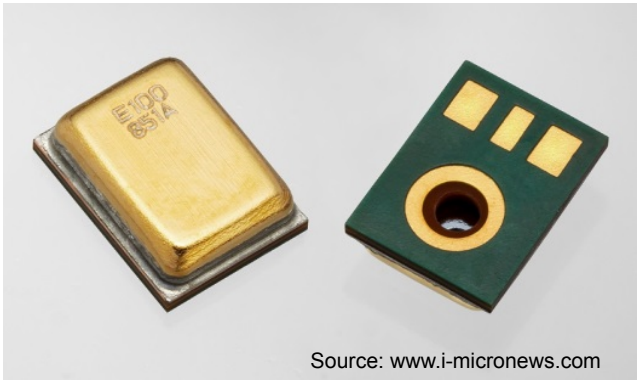
Intracochleäres Mikrofon

Designkonzept: Micro-electro-mechanic system (MEMS) condenser microphone (CMIC)



Vorteil

- Schnell sich entwickelnde Technologien gefördert durch den elektronischen Mark der Konsumenten.
- Klein, hohe Sensitivität, geringer Stromverbrauch (< 30 μW)
- Löst bisherige Elektret-Kondensor Mikrofone ab



Source: www.i-micronews.com

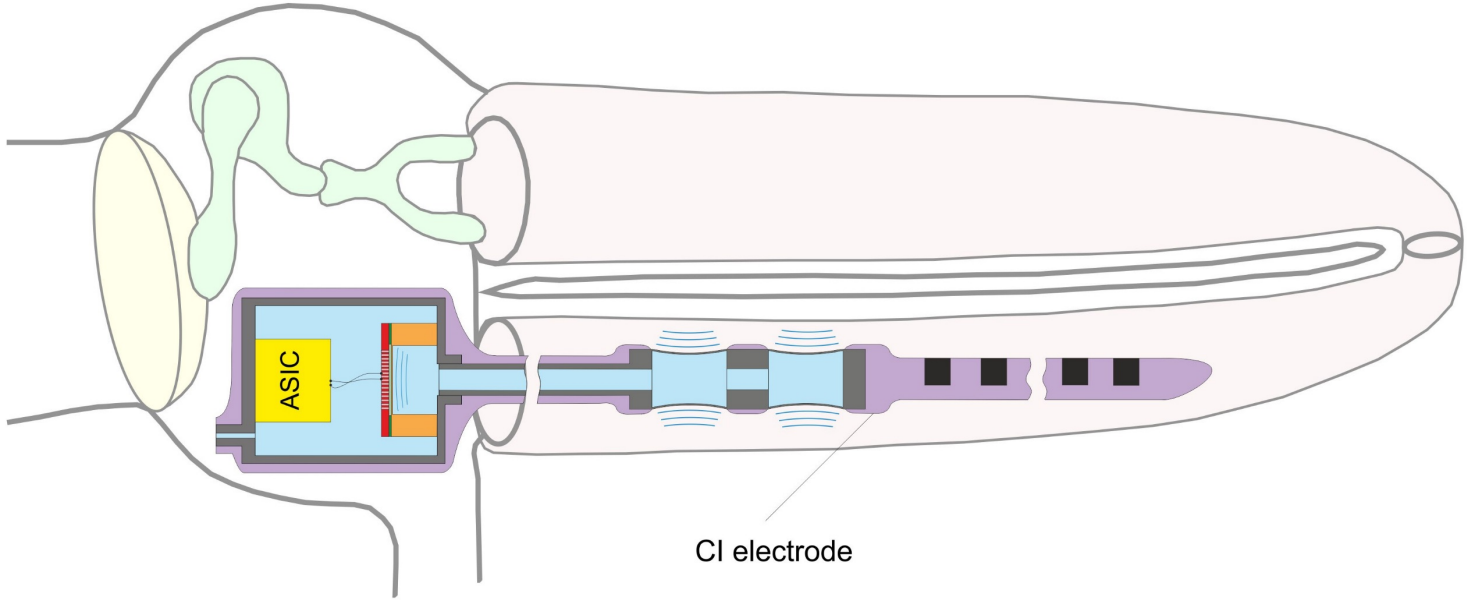
Herausforderung

- Nicht biokompatibel
- Funktioniert nicht in flüssiger Umgebung

➔ Massgeschneiderte Verpackung notwendig!

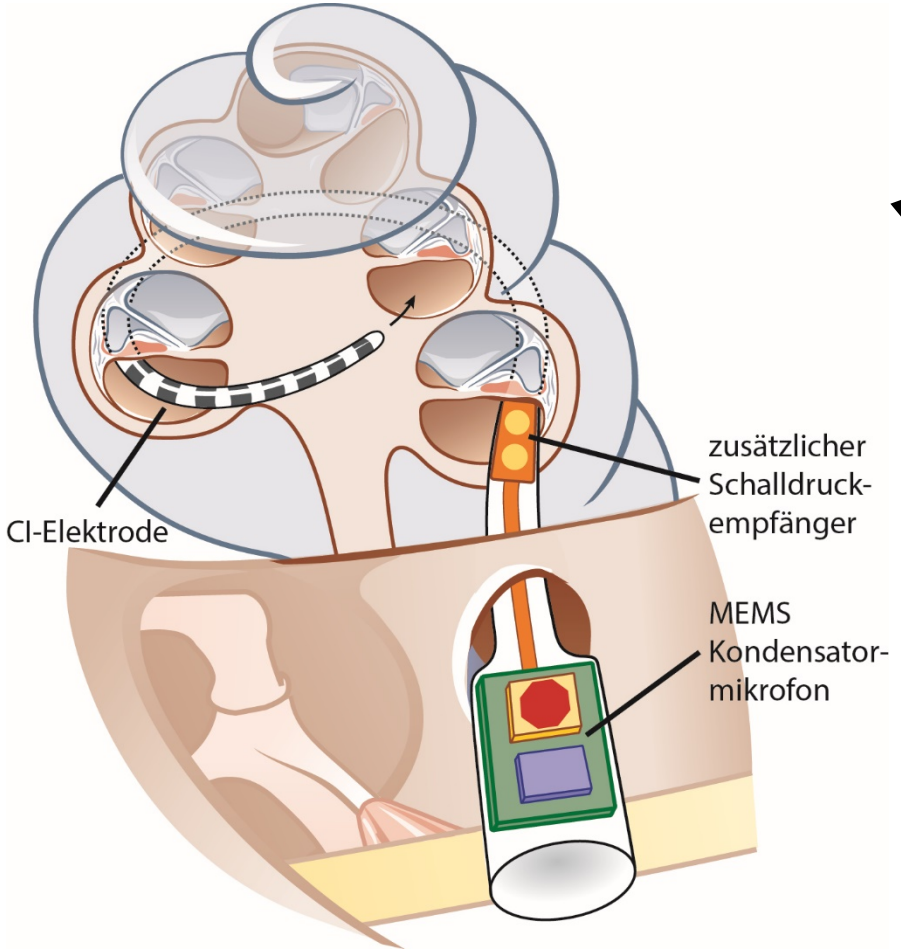
Intracochleäres Mikrofon - Konzept

Integration in CI Elektrode, um chirurgischen Eingriff zu erleichtern.



Intracochleäres Mikrofon - Konzept

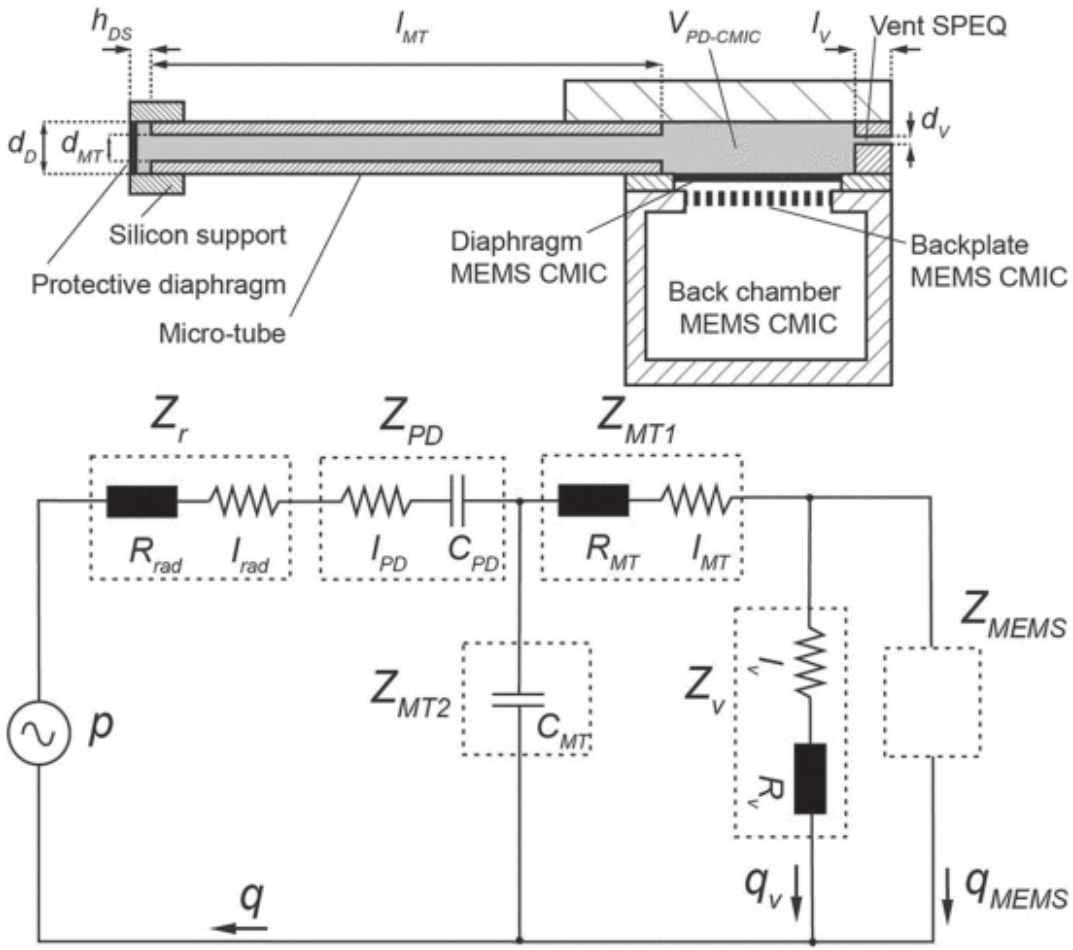
Integration in CI Elektrode, um chirurgischen Eingriff zu erleichtern.

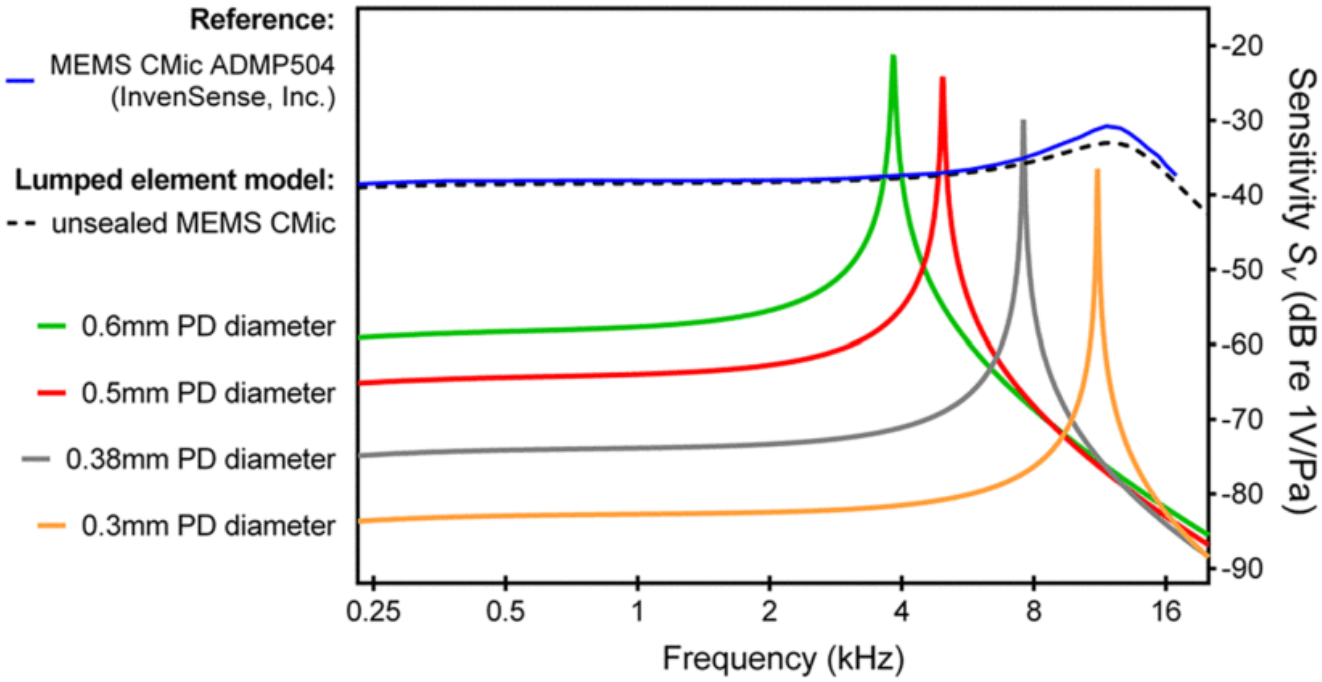


Vision

Intracochleäres Mikrofon - Simulation

Lumped Element Modell





USZ Universitäts Spital Zürich

Pfiffner et al. IEEE Transactions on Biomedical Engineering , 2017

Universität Zürich[UZH]

Intracochleäres Mikrofon

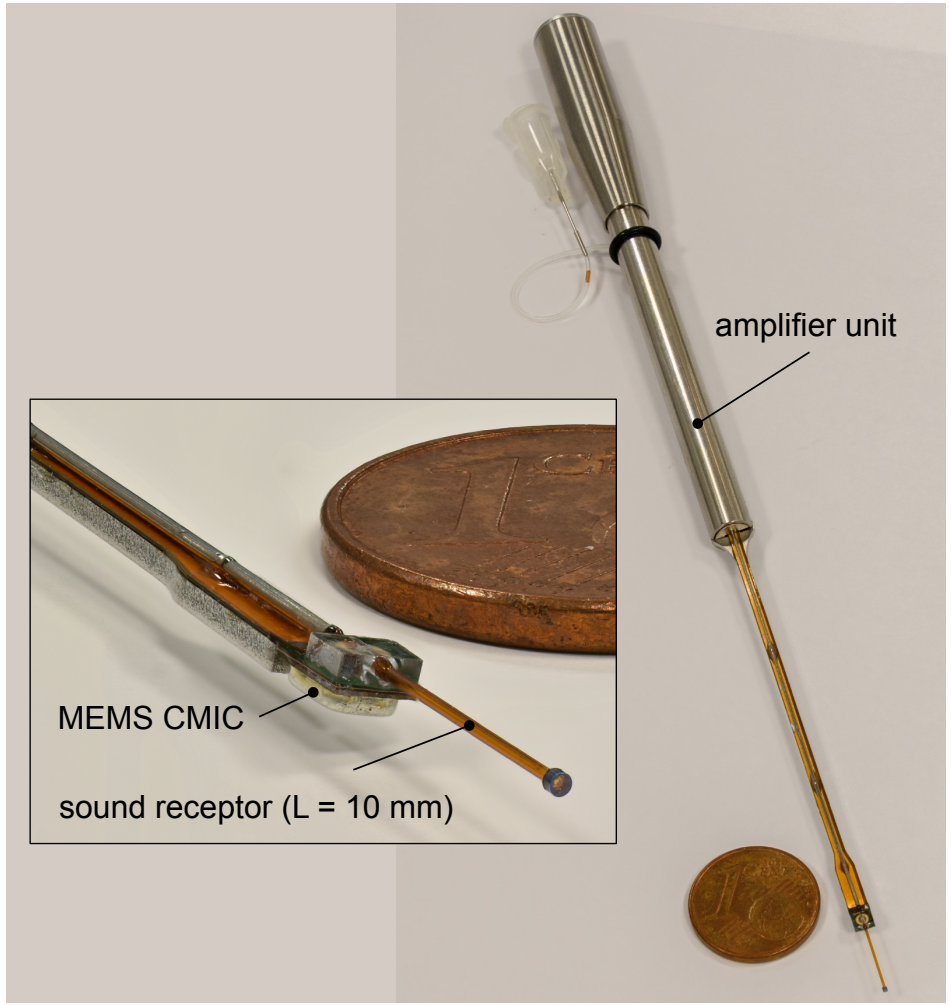
Prototyp I

Features:

- MEMS CMIC in original Verpackung
- Sound receptor mit 1 protectiven Diaphragma
- Stabile Performance

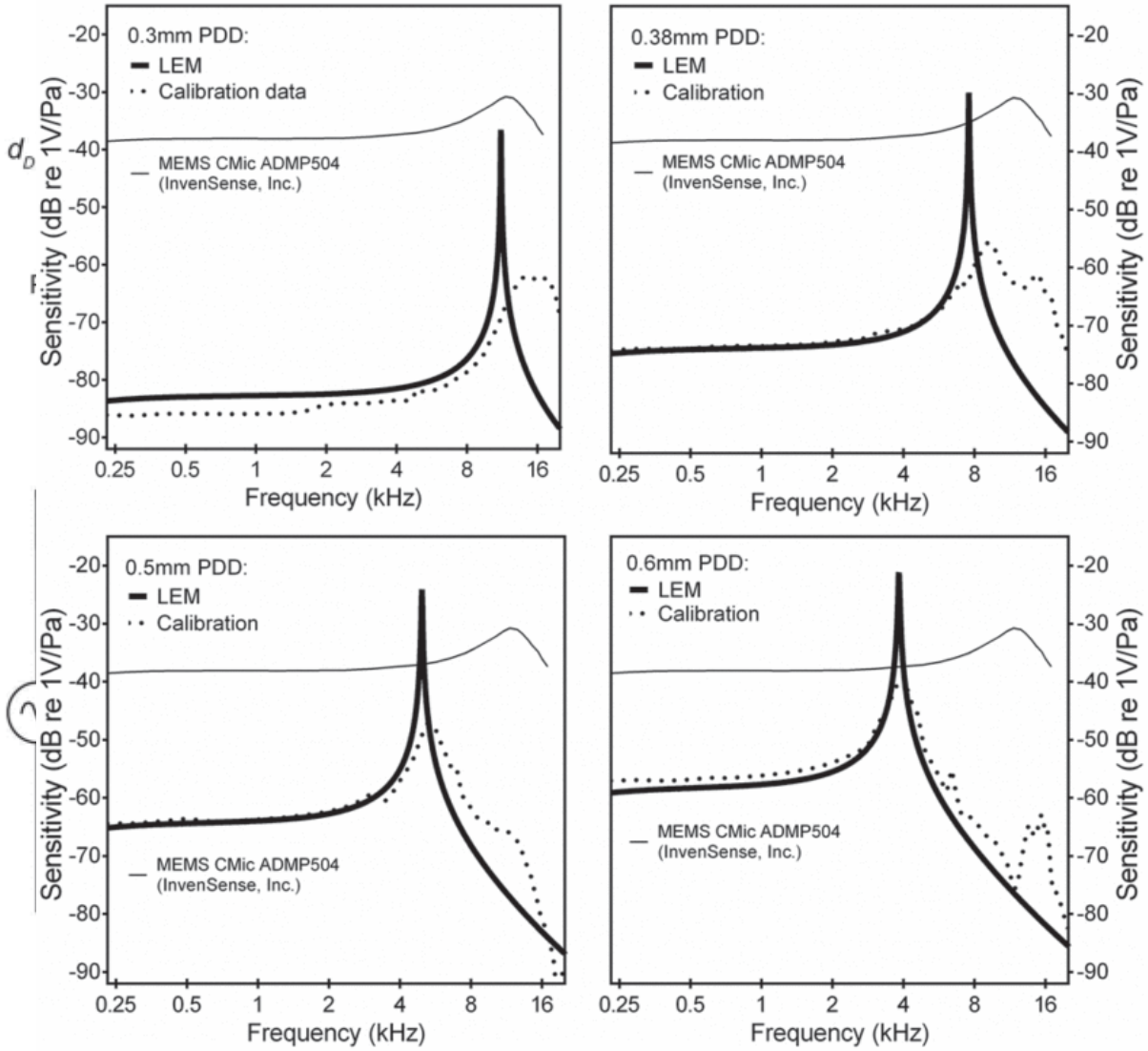
Applikation:

- Tests in humanen und Schaf Felsenbein



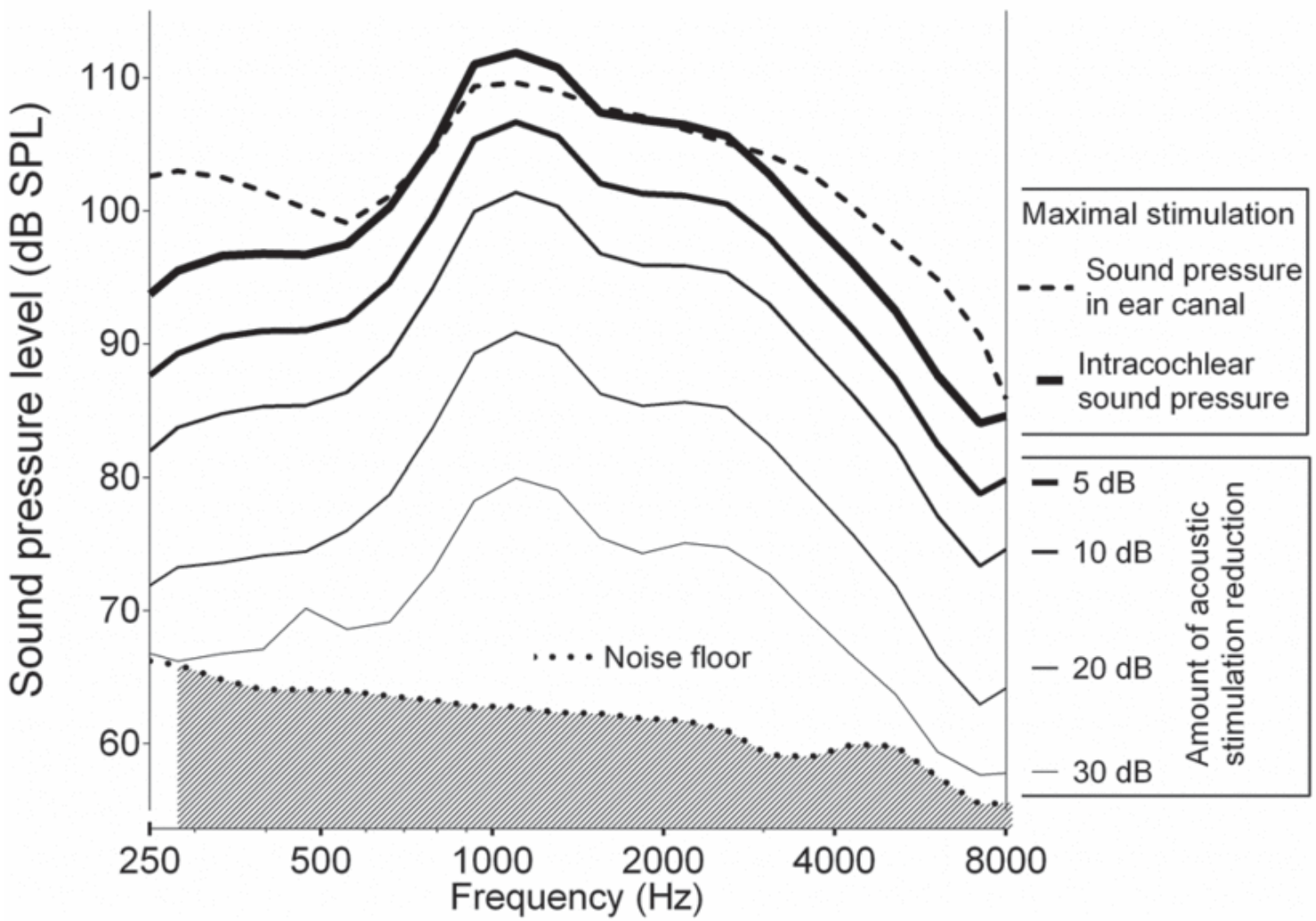
Intracochleäres Mikrofon

Lumped Element Modell vs Experiment



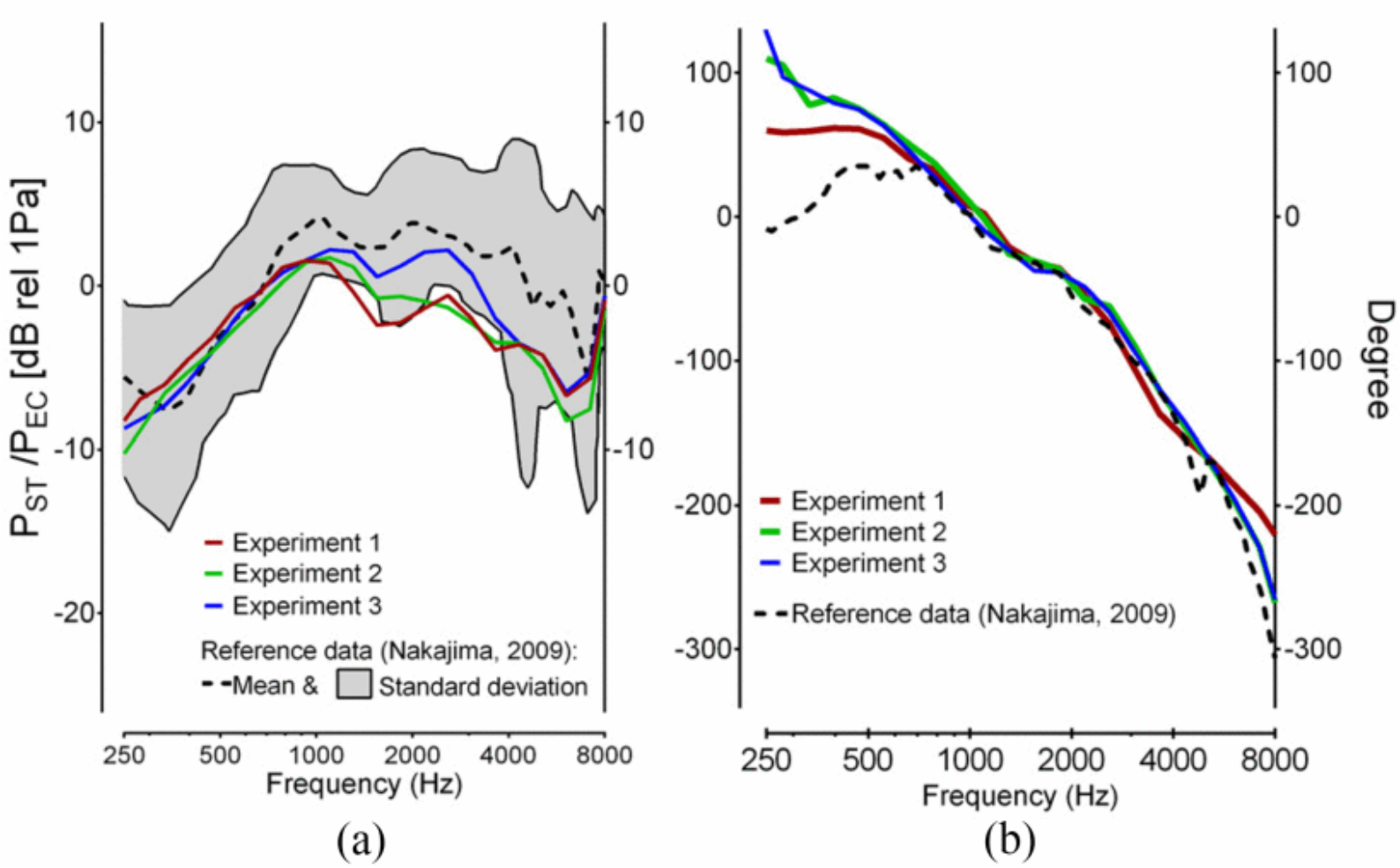
Pfiffner et al. IEEE Transactions on Biomedical Engineering , 2017

Intracochleäres Mikrofon



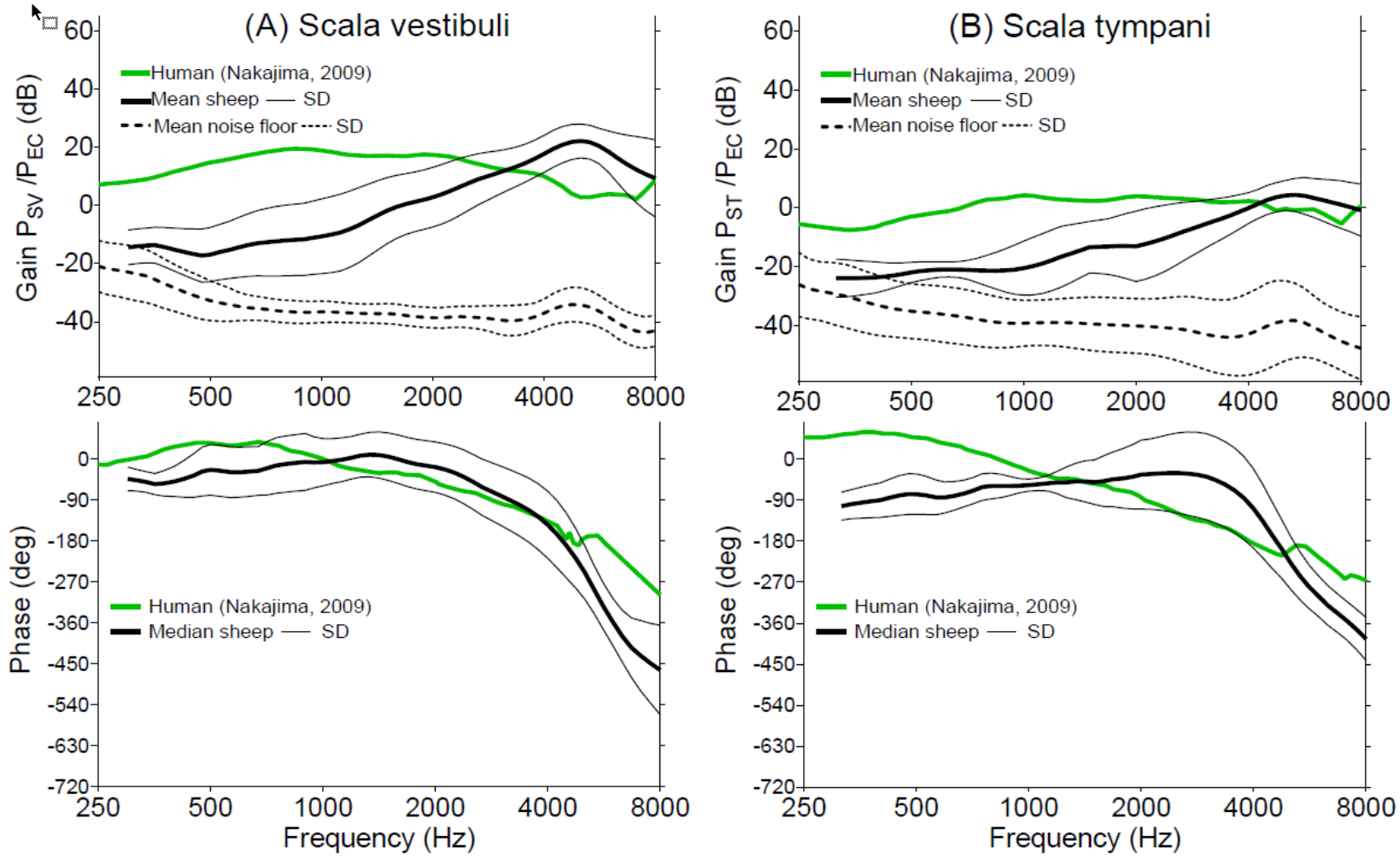
Pfiffner et al. IEEE Transactions on Biomedical Engineering , 2017

Intracochleäres Mikrofon



Pfiffner et al. IEEE Transactions on Biomedical Engineering , 2017

Intracochleäres Mikrofon



Messungen im Schaf
- Gutes Modell für die Validierung des Mikrofons

Peus D. et al., Hear Res. 2017

Intracochleäres Mikrofon

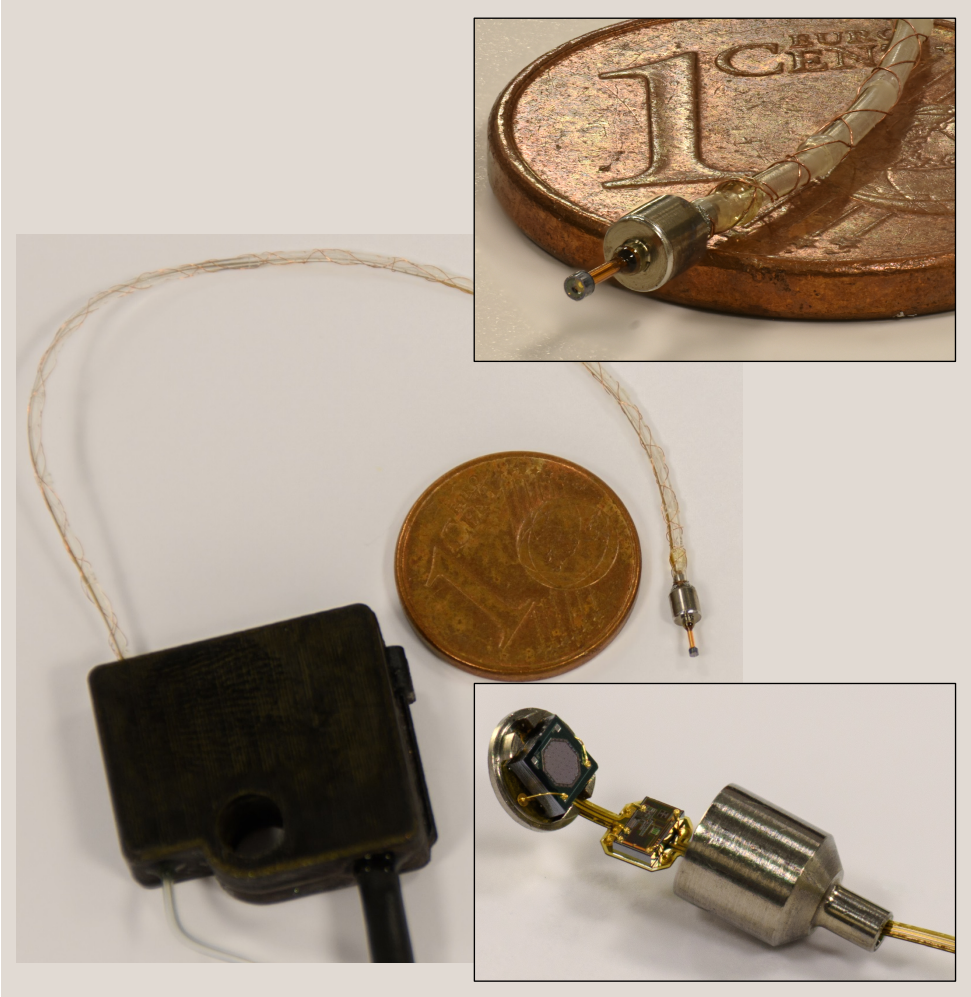
Prototyp II

Features:

- MEMS CMIC in massgeschneidertem Titaniumgehäuse mit optimierter Form
- Schallempfänger des PT I
- Sensor entwickelt für vereinfachte Chirurgie

Applikation:

- Akute in vivo Tests in Schafen



Intracochleäres Mikrofon

Prototyp III

Features:

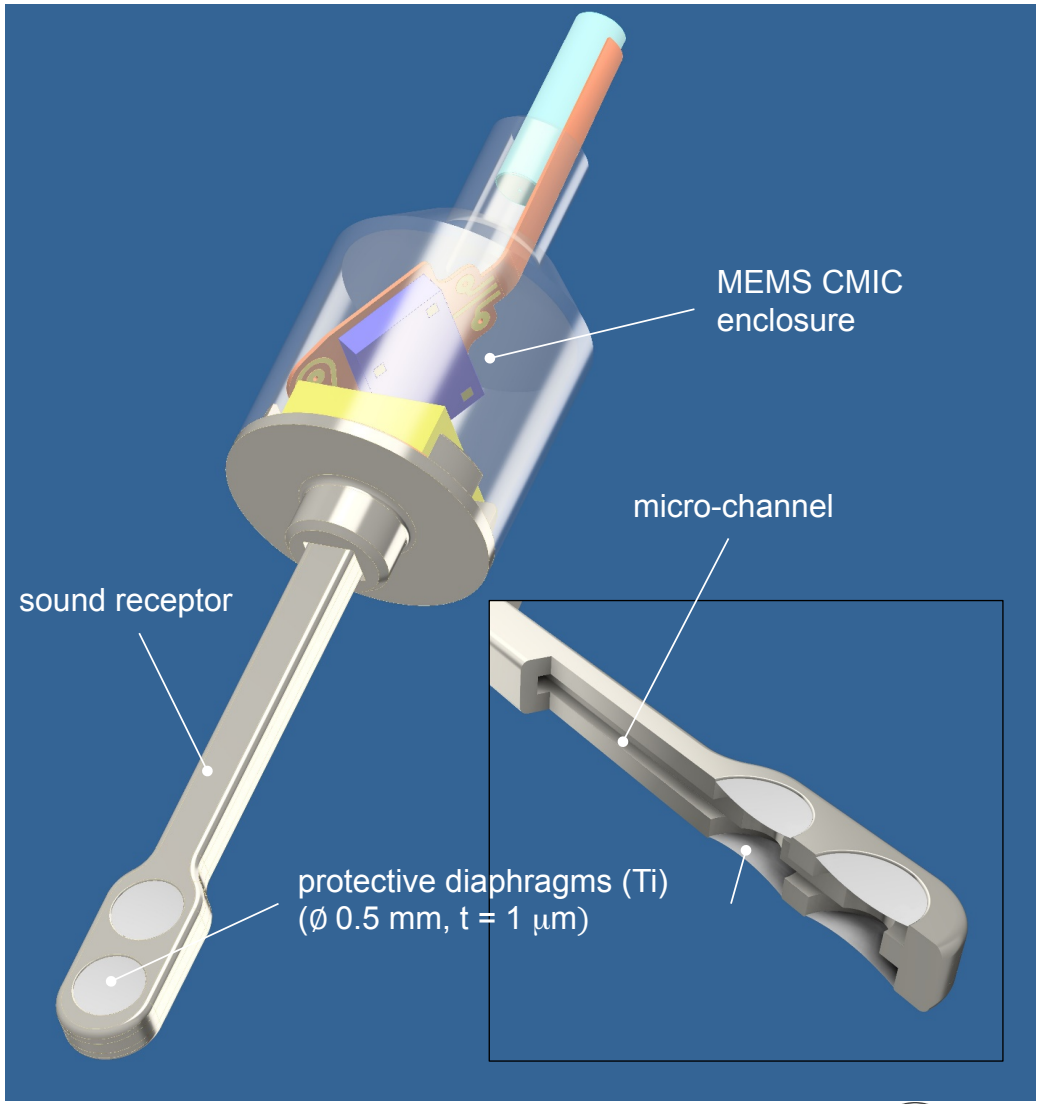
- Vollständig in Titanium verpackt ⇨ hermetisch und biokompatibel

- Multi-Diaphragma Design ⇨ hohe Empfindlichkeit

Ziel des PT III:

- Bestätigung der notwendigen Empfindlichkeit

- Bestätigung der Langzeit-Stabilität



Intracochleäres Mikrofon – Schlussfolgerungen

MEMS CMIC als Basis für ein intracochleäres Mikrofon kann verwendet werden, um intracochleären Schalldruck zu messen

Prototype I: Forschungsinstrument für Messungen im Felsenbein

Prototype II: Akute in-vivo Experimente (Schaf)

Prototype III: Biokompatibles multi-Diaphragma Design → höhere Sensitivität

Das Konzept des intracochleären Mikrofons hat das Potential als Mikrophon in einem vollständig implantierbaren Mikrofon

Zusammenfassung

Unsichtbares Hörimplantat:

Miniaturisierung
- Komponenten werden immer kleiner

Stimulation
- Alternative Stimulationswege werden erprobt

Mikrofon
- Unterschiedliche Konzepte werden evaluiert und erprobt

USZ Universitäts Spital Zürich

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit