

„Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder der Mobilfunkkommunikation auf Sinnesorgane. A. Das Hörsystem.“

Stefan Münkner Jutta Engel

Physiologisches Institut/Abt. II
Hörforschungszentrum Tübingen

11.10.2005 / BfS Workshop

Einführung

Hören und Mobilfunk
Überblick über das
periphere Hörsystem
Schallverarbeitung im
Innenohr
Bekanntere Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs
Befeldungsanlage
Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Überblick

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im Innenohr

Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen von Ca^{2+} -Strömen an IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen

Messaufbau & Präparat

Ergebnisse aus den bisherigen Experimenten

Lange Ableitdauern

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im
Innenohr

Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen

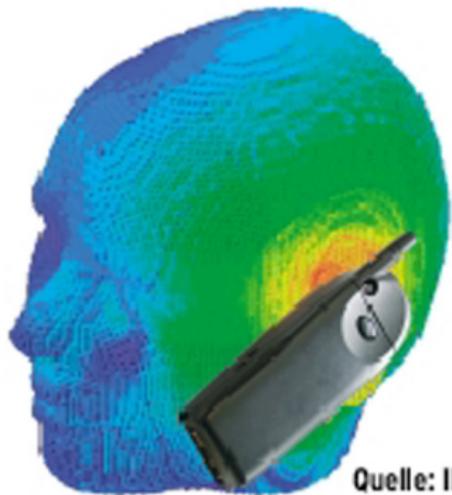
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Hören und Mobilfunk



- ▶ Mobiltelefon vor allem nahe am Ohr.
- ▶ gemessen daran bisher wenige Untersuchungen zum Hörsystem.

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im
Innenohr

Bekanntes Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Überblick über das periphere Hörsystem

EM-Felder &
Sinnesorgane: A.
Das Hörsystem

Stefan Münkner,
Jutta Engel

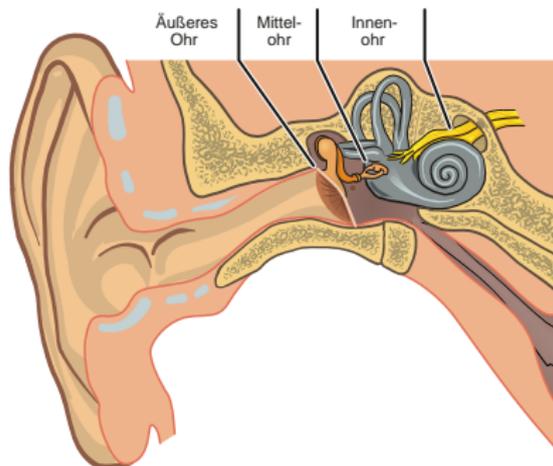


Abb.15-4aus Schmidt/ Thews:Physiologie des Menschen 27.Auflage 1997

- ▶ Außenohr: Schallsammlung/Richtungshören.
- ▶ Mittelohr: Impedanzanpassung.
- ▶ Innenohr: Schallanalyse/Transformation in neuronale Signale.

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im Innenohr

Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen von Ca^{2+} -Strömen an IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen

Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Wanderwelle & Frequenzanalyse

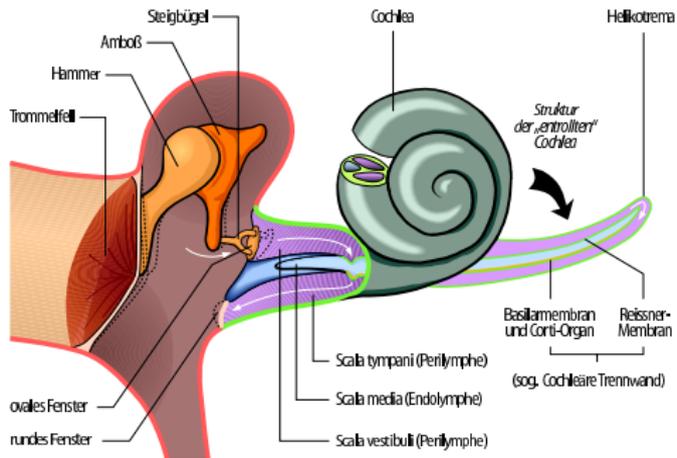


Abb. 156 aus Schmidt/Thews: Physiologie des Menschen 27. Auflage 1997

EM-Felder &
Sinnesorgane: A.
Das Hörsystem

Stefan Münkner,
Jutta Engel

Einführung

Hören und Mobilfunk
Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im
Innenohr

Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Wanderwelle & Frequenzanalyse

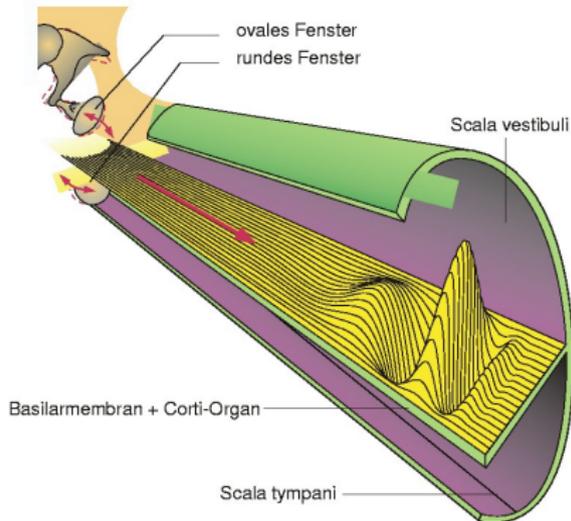


Abb. 15-14 aus Schmidt/Thews Physiologie des Menschen 27. Auflage 1997

- ▶ Wanderwelle ↔ Frequenz-Orts-Transformation.
- ▶ *aktive* Verstärkung der Wanderwelle durch äußere Haarsinneszellen im Corti-Organ.

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im
Innenohr

Bekanntere Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen

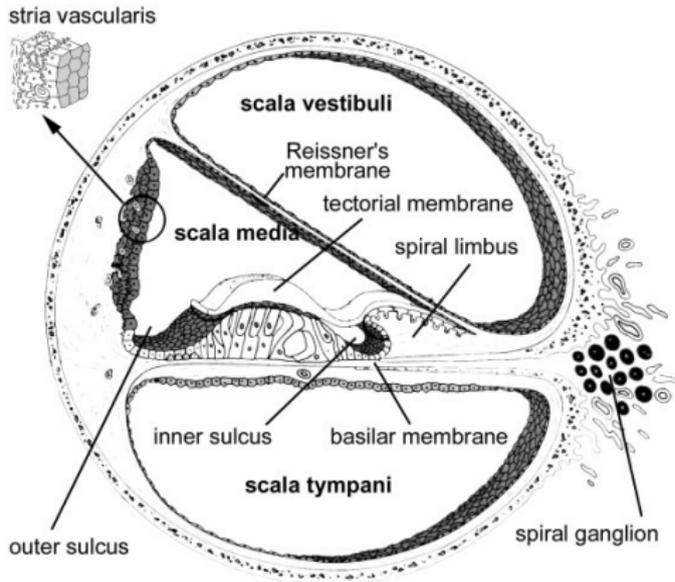
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Das Corti-Organ



EM-Felder &
Sinnesorgane: A.
Das Hörsystem

Stefan Münkner,
Jutta Engel

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im
Innenohr

Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen

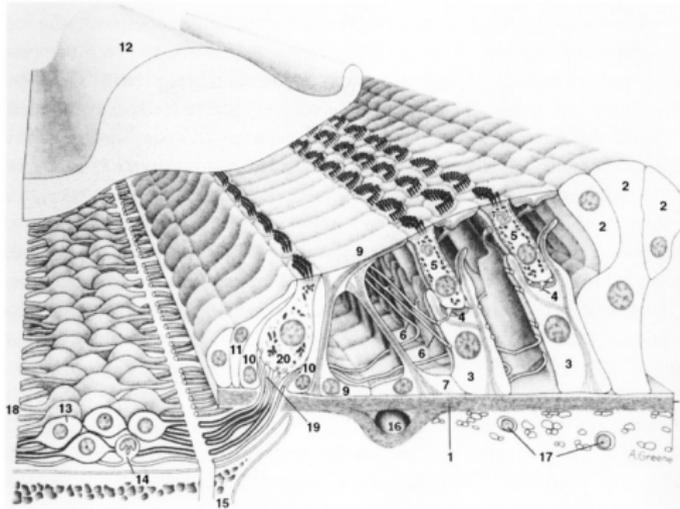
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitauern

Literatur

Das Corti-Organ



- ▶ innere Haarsinneszellen (IHCs) transformieren Schall in neuronale Signale.
- ▶ äußere Haarsinneszellen (OHCs) verstärken die Wanderwelle aktiv.

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im
Innenohr

Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen

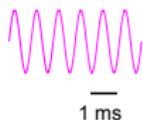
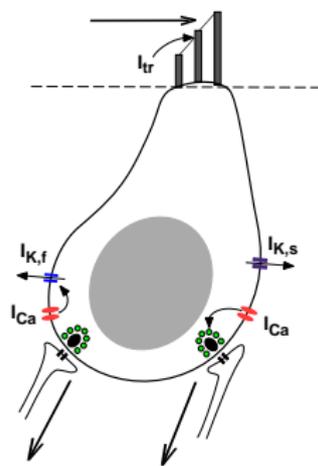
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Innere Haarsinneszellen



- ▶ Stereozilienauslenkung öffnet mechanisch gesteuerte Transduktionskanäle.
- ▶ K⁺-Einstrom depolarisiert Zellmembran.
- ▶ Ca²⁺-Einstrom durch spannungsgesteuerte Ca²⁺-Kanäle löst Ausschüttung von Neurotransmitter aus.
- ▶ spannungsgesteuerte K⁺-Kanäle repolarisieren die Zelle.

Die spannungsgesteuerten Ca²⁺-Kanäle stellen eine zentrale Komponente der Reizleitung dar!

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im
Innenohr

Bekanntere Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca²⁺-Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

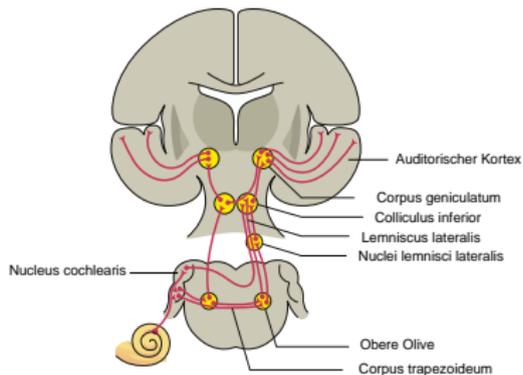
Lange Ableitdauern

Literatur

Weitere Verarbeitung in der Hörbahn

EM-Felder &
Sinnesorgane: A.
Das Hörsystem

Stefan Münkner,
Jutta Engel



modifiziert nach: Schmidt/Thews: Physiologie des Menschen 27. Auflage 1997

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im Innenohr

Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen

Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Bekannte Untersuchungen zum EMF-Einfluss auf das Hörsystem

- ▶ 3 Auditory Brain Stem Response (ABR) Studien mit wenig definierter Exposition, zur Untersuchung der Hörbahn bis zum Hirnstamm.
 - ▶ Arai et al. (2003) und Bak et al. (2003) keinen finden Effekt
 - ▶ von Kellényi et al. (1999) gefundener Effekt ist groß aber inkonsistent mit Beschreibung der VPn.
- ▶ Ozturan et al. (2002) und Kizilay et al. (2003) untersuchten die Funktion der OHCs über Otoakustischen Emmissionen (OAE). Kein Effekt, aber schlechte bis gar keine Kontrolle der Exposition.
- ▶ Maier et al. (2004) bestimmten psychoakustische Dauerunterschiedsschwellen, aufgrund von methodischen Mängeln praktisch unbrauchbar.

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im
Innenohr

Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Bisherige Untersuchungen zum EMF-Einfluss aufs Hörsystem

- ▶ einige EEG Untersuchungen verwenden auditorische Gedächtnis- oder Erkennungsaufgaben, um die Hirntätigkeit zu normalisieren, sehr widersprüchliche Ergebnisse.

Fazit

- ▶ **keine** Elektrophysiologie!
- ▶ **keine** psychoakustischen Experimente!

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im
Innenohr

Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Patch-clamp Messungen von Ca^{2+} -Strömen

- ▶ patch-clamp Messungen von Ca^{2+} -Strömen in IHCs des explantierten Cortischen Organs von Mäusen (reife Zellen, P18-P20).
- ▶ Messungen vor (5 min), während (20 min) und nach einer Befeldung (≥ 15 min).
- ▶ 5 verschiedene SAR-Werte: 0.02 W/kg, 0.2 W/kg, 2 W/kg, 20 W/kg und sham.
- ▶ 3 verschiedene Signalarten: GSM 900, GSM 1800 und UMTS .
- ▶ randomisierte und verblindete Befeldungsbedingungen.

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im
Innenohr

Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen

Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

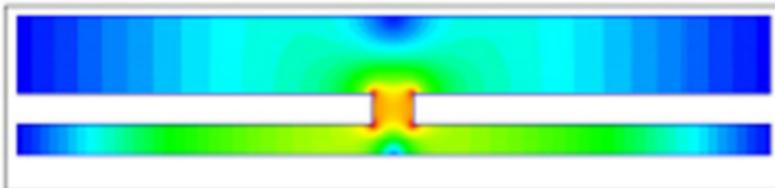
Lange Ableitdauern

Literatur

Befeldungsanlage



- ▶ entwickelt von V. Hansen und J. Streckert, Universität Wuppertal.
- ▶ möglichst geringe Einschränkung des eigentlichen Messvorgangs, deshalb oben offene Konstruktion als Finnleitung.
- ▶ Feld ist aufgrund der Größe nicht messbar am Ort des Präparats, daher numerische Berechnung der Feldverteilung.



Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im
Innenohr

Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

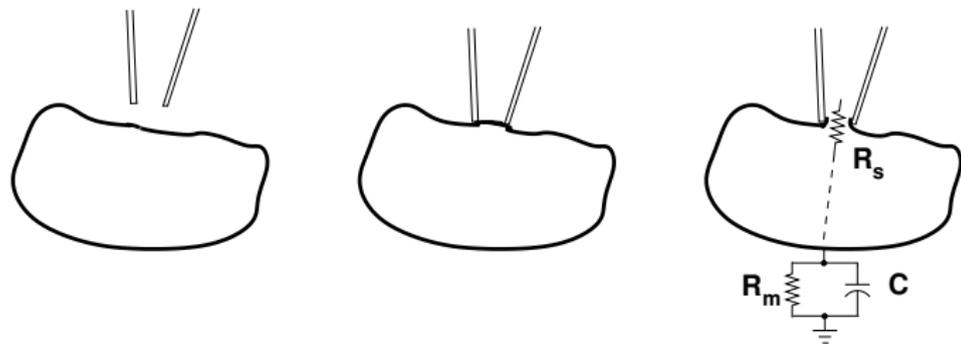
Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Patch-clamp Messungen



- ▶ eine dünne Glaspipette (ca. $1 \mu\text{m}$ Spitzendurchm.) wird auf die Zellmembran aufgesetzt.
- ▶ es bildet sich ein elektrisch dichter "Seal" ($\approx 10^9 \Omega$ Widerstand).
- ▶ durch leichten Unterdruck wird die Zellmembran durchbrochen und der Gesamtstrom durch die Zellmembran kann gemessen werden.

Einführung

Hören und Mobilfunk
Überblick über das
periphere Hörsystem
Schallverarbeitung im
Innenohr
Bekanntere Untersuchungen

Geplante Arbeiten

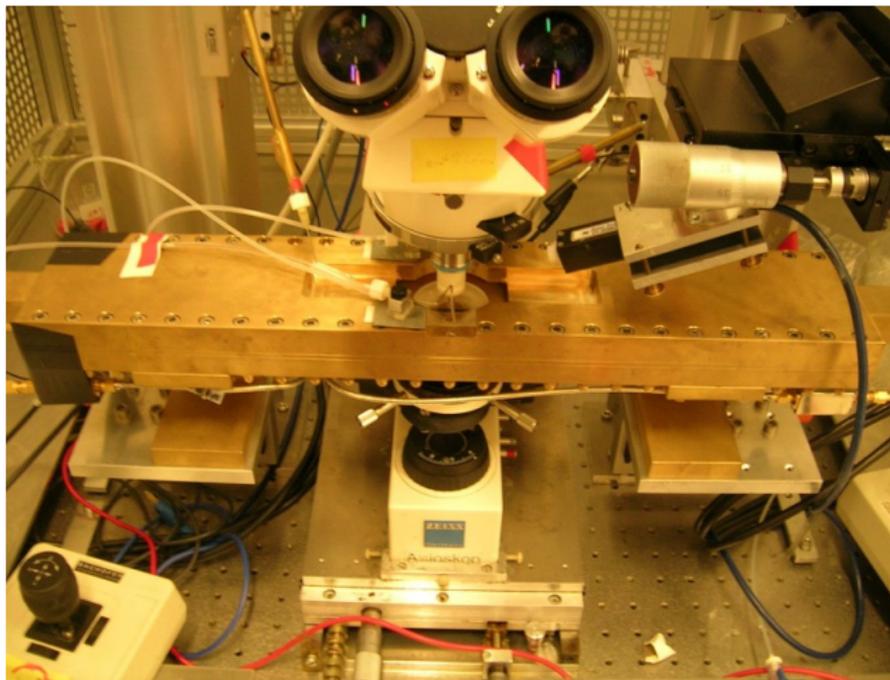
Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs
Befeldungsanlage
Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Messaufbau



EM-Felder &
Sinnesorgane: A.
Das Hörsystem

Stefan Münkner,
Jutta Engel

Einführung

Hören und Mobilfunk
Überblick über das
periphere Hörsystem
Schallverarbeitung im
Innenohr
Bekanntere Untersuchungen

Geplante Arbeiten

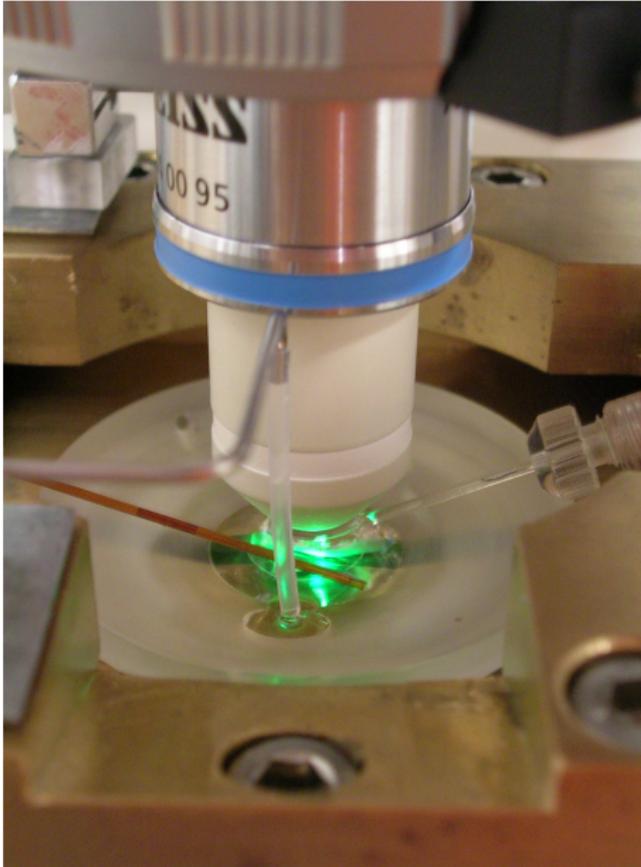
Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs
Befeldungsanlage
Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Messaufbau



EM-Felder &
Sinnesorgane: A.
Das Hörsystem

Stefan Münkner,
Jutta Engel

Einführung

Hören und Mobilfunk
Überblick über das
periphere Hörsystem
Schallverarbeitung im
Innenohr
Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

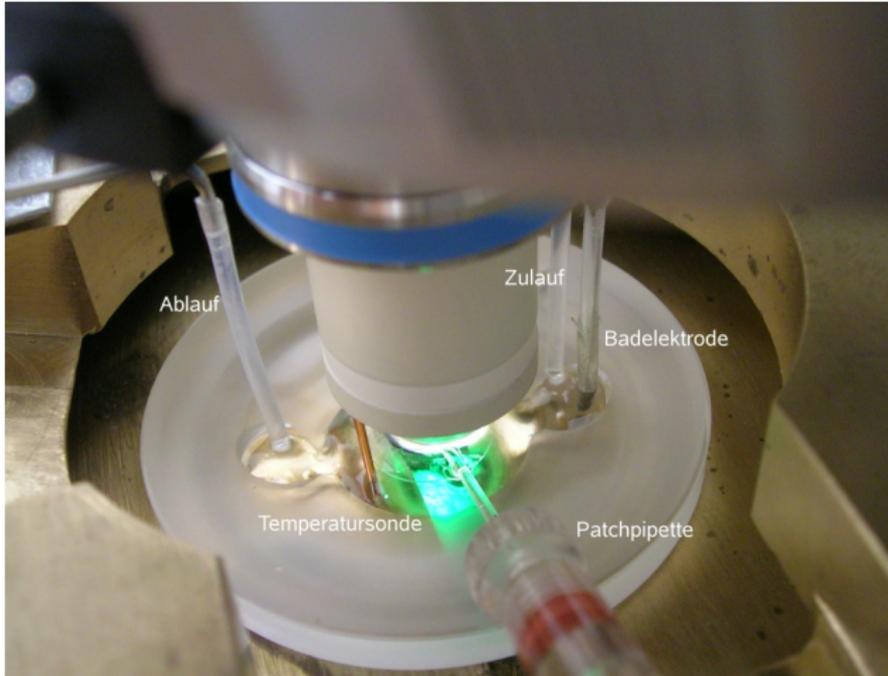
Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs
Befeldungsanlage
Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Messaufbau



EM-Felder &
Sinnesorgane: A.
Das Hörsystem

Stefan Münkner,
Jutta Engel

Einführung

Hören und Mobilfunk
Überblick über das
periphere Hörsystem
Schallverarbeitung im
Innenohr
Bekanntere Untersuchungen

Geplante Arbeiten

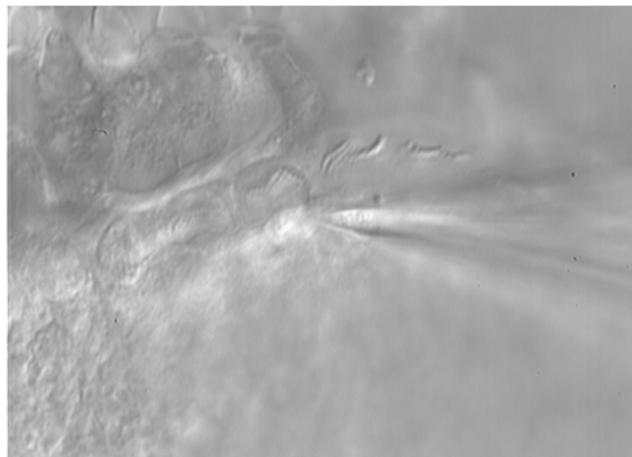
Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs
Befeldungsanlage
Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Präparat



- ▶ akut explantiertes Corti-Organ von Mäusen.
- ▶ Anpatchen erfolgt im "slice", *ohne* ein Freisaugen der Zellen.
- ▶ als Ladungsträger wird Ba^{2+} verwendet, das zusammen mit TEA und 4-AP K^+ -Kanäle blockiert.
- ▶ es sind Ableitdauern von ≥ 40 min möglich.

Einführung

Hören und Mobilfunk
Überblick über das
periphere Hörsystem
Schallverarbeitung im
Innenohr
Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

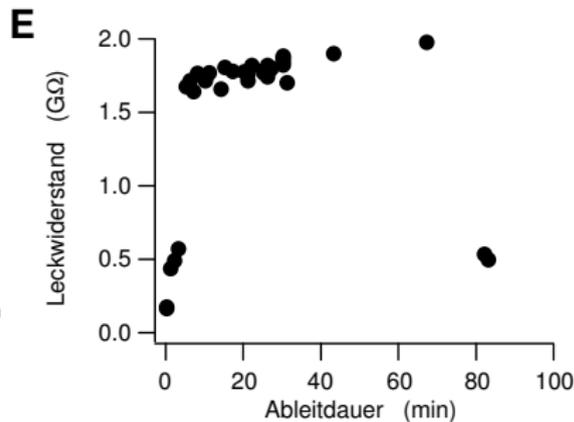
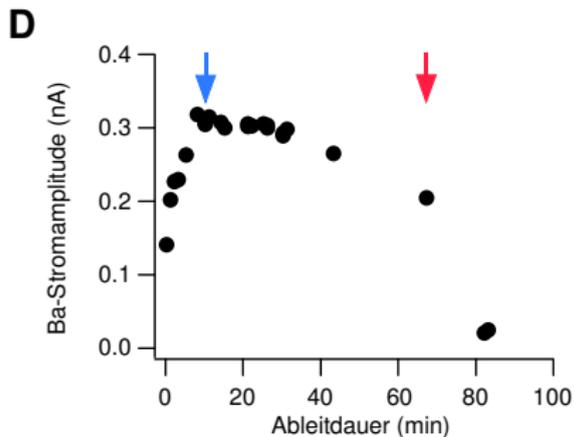
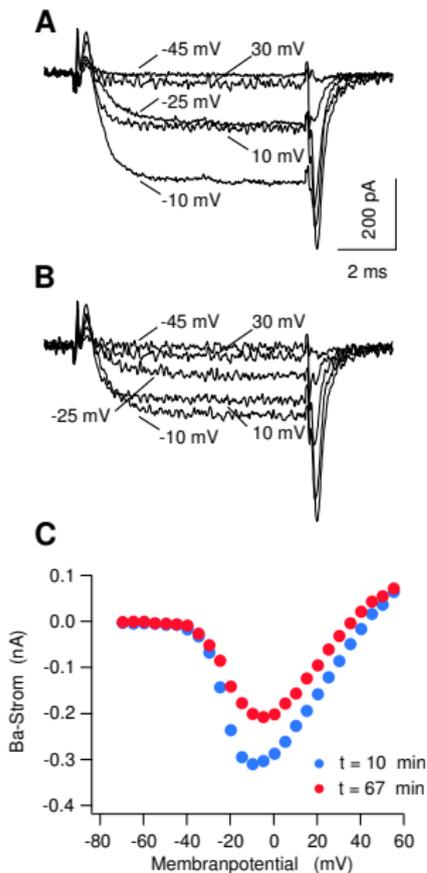
Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs
Befeldungsanlage
Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur

Ableitungen mit ≥ 40 min Dauer



Einführung

Hören und Mobilfunk
Überblick über das
periphere Hörsystem
Schallverarbeitung im
Innenohr
Bekannte Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs
Befeldungsanlage
Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitauern

Literatur

- Arai, N., Enomoto, H., Okabe, S., Yuasa, K., Kamimura, Y., and Ugawa, Y. (2003). "Thirty minutes mobile phone use has no short-term adverse effects on central auditory pathways," *Clin. Neurophysiol.* **114**, 1390–1394.
- Bak, M., Sliwinska-Kowalska, M., Zmyslony, M., and Dudarewicz, A. (2003). "No effects of acute exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on brainstem auditory potentials in young volunteers," *Int. J. Occup. Med. Environ. Health* **16**, 201–208.
- Kellényi, L., Thuróczy, G., Faludy, B., and Lénárd, L. (1999). "Effects of mobile GSM radiotelephone exposure on the auditory brainstem response (ABR)," *Neurobiology (Bp)* **7**, 79–81.
- Kizilay, A., Ozturan, O., Erdem, T., Kalcioğlu, M. T., and Miman, M. C. (2003). "Effects of chronic exposure of electromagnetic fields from mobile phones on hearing in rats," *Auris Nasus Larynx* **30**, 239–245.
- Maier, R., Greter, S. E., and Maier, N. (2004). "Effects of pulsed electromagnetic fields on cognitive processes - a pilot study on pulsed field interference with cognitive regeneration," *Acta Neurol. Scand.* **110**, 46–52.
- Ozturan, O., Erdem, T., Miman, M. C., Kalcioğlu, M. T., and Oncel, S. H. (2002). "Effects of the electromagnetic field of mobile telephones on hearing," *Acta. Otolaryngol.* **122**, 289–293.

Einführung

Hören und Mobilfunk

Überblick über das
periphere Hörsystem

Schallverarbeitung im
Innenohr

Bekanntere Untersuchungen

Geplante Arbeiten

Patch-clamp Messungen
von Ca^{2+} -Strömen an
IHCs

Befeldungsanlage

Patch-clamp Messungen
Messaufbau & Präparat

Ergebnisse

Lange Ableitdauern

Literatur