

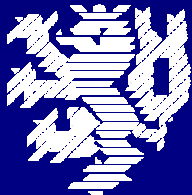
Expositionseinrichtung zur Untersuchung des Einflusses hochfrequenter elektromagnetischer Felder der Mobilfunkkommunikation auf Haarzellen im Hörsystem.

A. El Ouardi, T. Reinhardt, J. Streckert, A. Bitz, V. Hansen

Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik

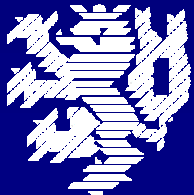
Universität Wuppertal, Deutschland

11. Oktober 2005



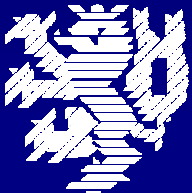
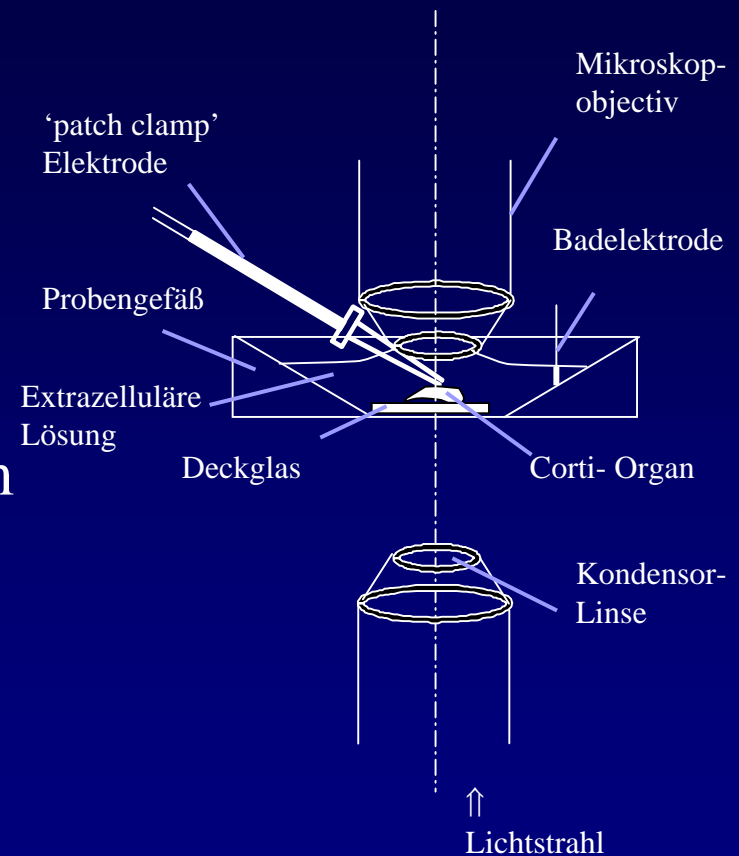
Inhalt

1. Physiologischer Messaufbau
2. Expositionseinrichtung
3. Ergebnisse
4. Zusammenfassung



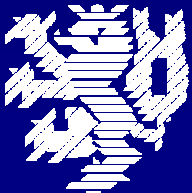
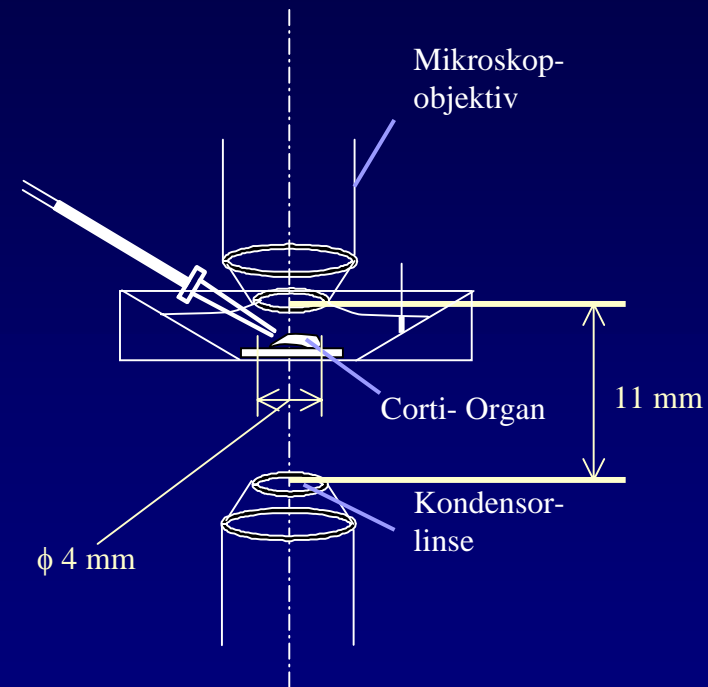
Physiologischer Messaufbau

- Corti- Organ wird präpariert
- ‘Patch clamp’- Elektrode kontaktiert eine einzelne Haarzelle
- Messung des Ionenstroms zwischen Zellinnerem und Umgebung
- Beobachtung des Kontakts mit einem Immersionsmikroskop
- Fokussierung des Lichtstrahls mit Hilfe der Kondensorlinse



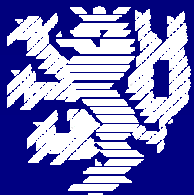
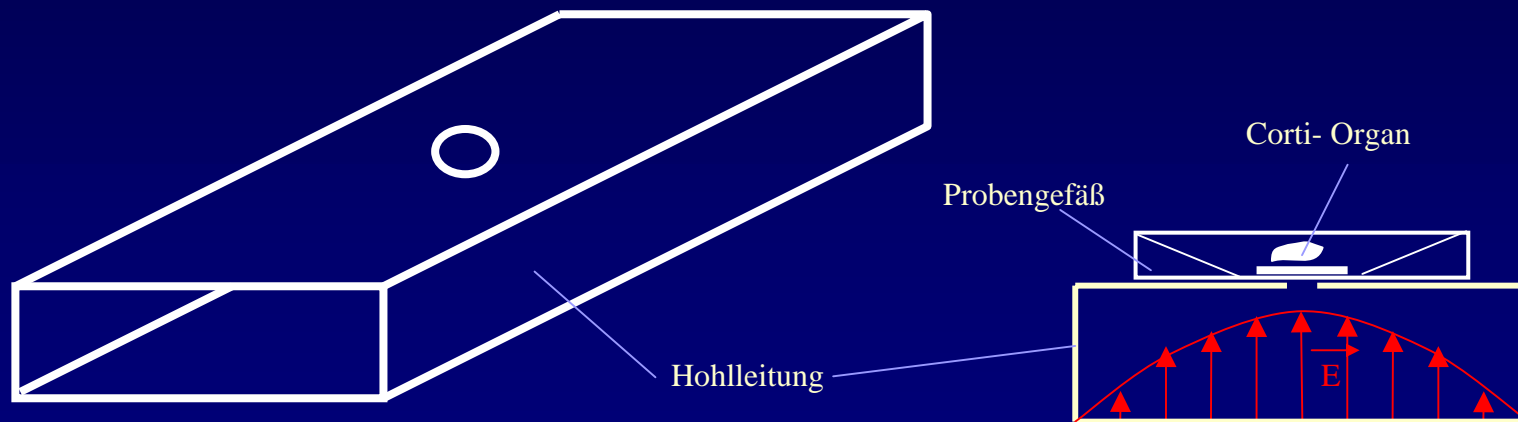
Anforderungen

- Abstand zwischen Mikroskopobjektiv und Kondensorlinse beträgt nur 11 mm
- Homogene Feldverteilung im Aufenthaltsbereich der Zelle
- Öffnung für die 'Patch-Clamp'-Elektrode und die Kanülen für Perfusion muss vorhanden sein
- Spezifische Absorptionsrate (SAR) von 20 W/kg muss erreicht werden

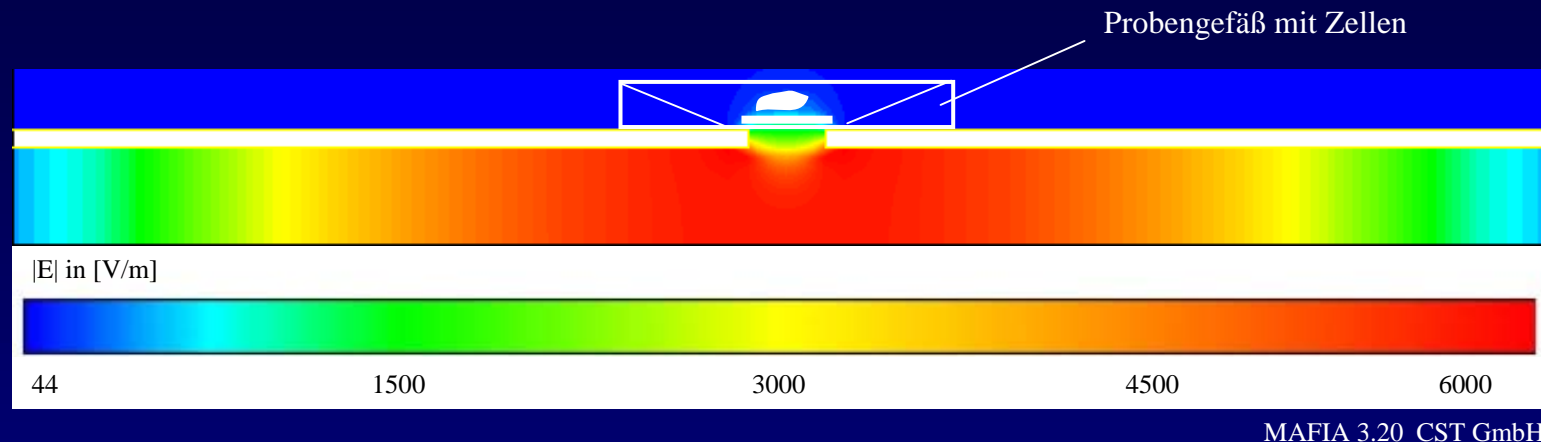


Rechteckförmige Hohlleitung

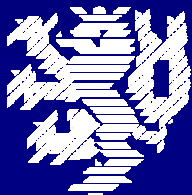
Erster Versuch: flache rechteckförmige Hohlleitung mit Öffnung



Rechteckförmige Hohlleitung

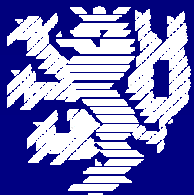
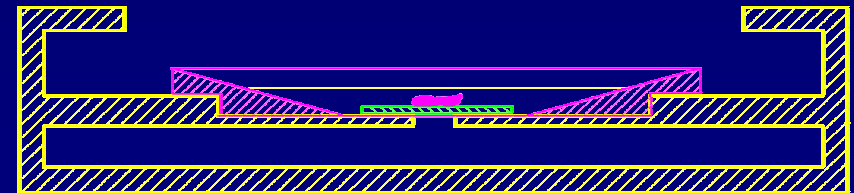
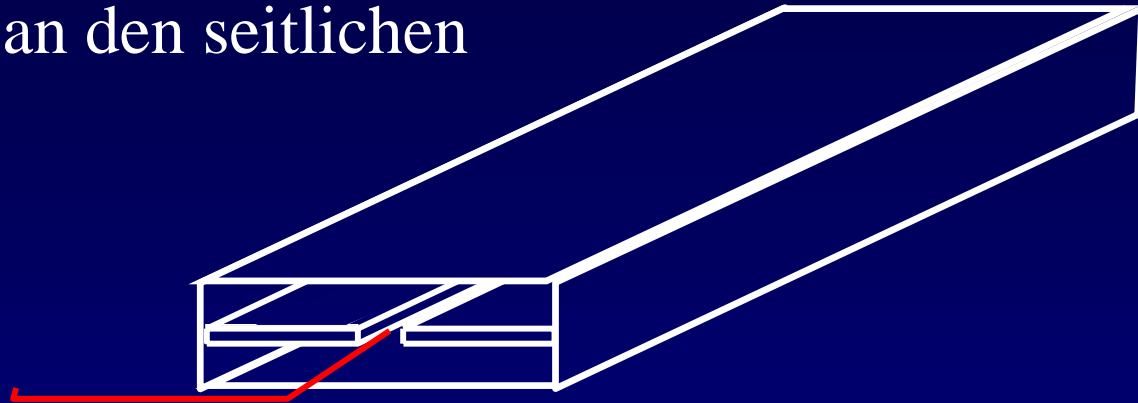


- Nach außen ausgekoppeltes Feld ist sehr klein
- Sehr hohe Leistung erforderlich, um die gewünschten Feldstärke an den Zellen zu erreichen



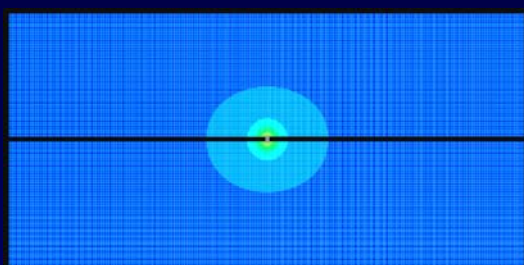
Finnleitung

- Rechteckförmige Hohlleitung mit zwei metallischen Finnen an den seitlichen Wänden
- Konzentrierung des Feldes im Schlitz
- Probengefäß platziert auf den Finnen über dem Schlitz

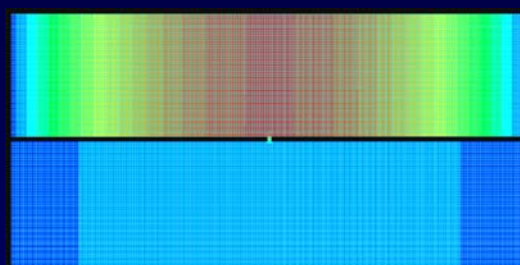


Dimensionierung der Finnleitung

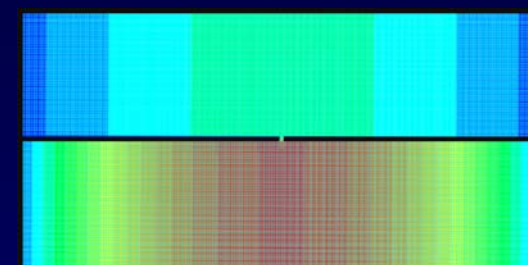
- Existenz weiteren Wellentypen



Finnwelle

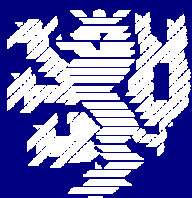
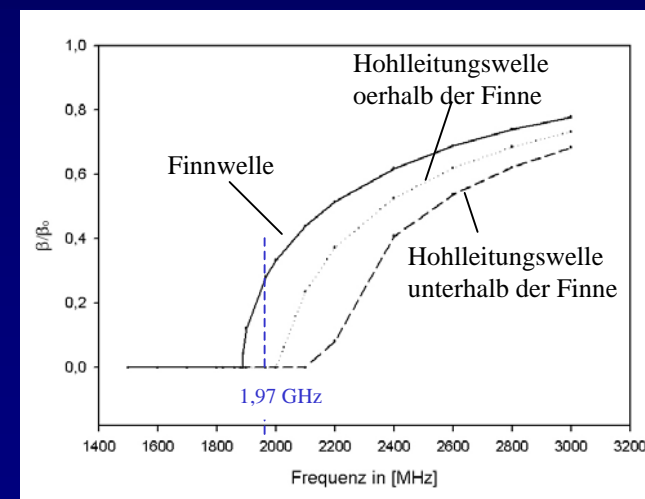


Hohlleitungswelle 1



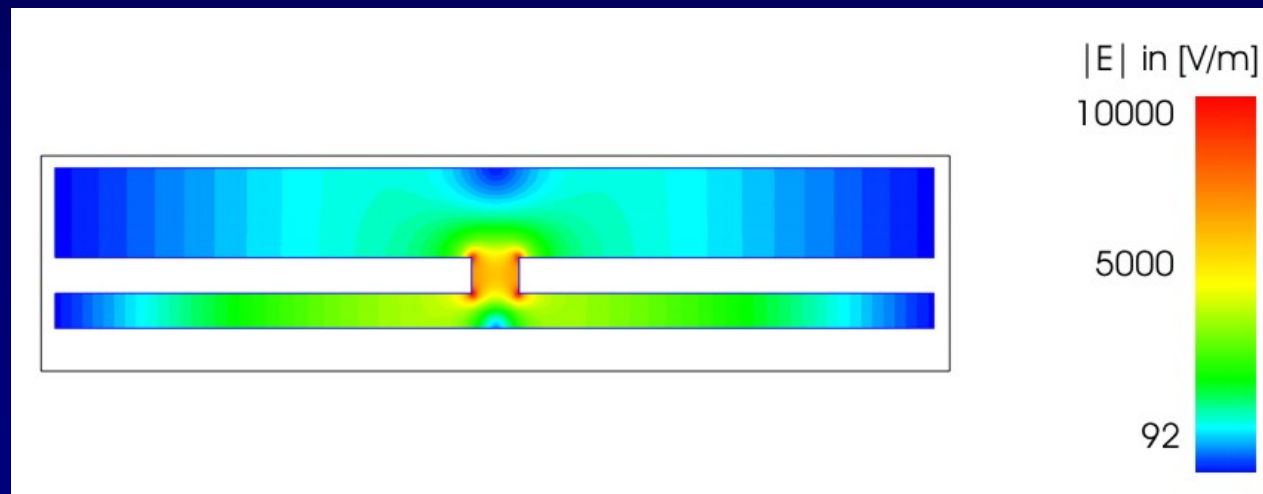
Hohlleitungswelle 2

- Cut-Off Frequenzen der ungewünschten Hohlleitungswellen größer als Cut-Off der Finnwelle
- Bei UMTS Frequenz (1,97 GHz) nur Finnwelle kann ausbreitungsfähig

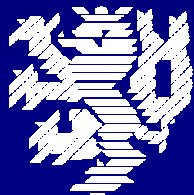


Feldverteilung in der Fynnleitung

- Frequenz: 1,97 GHz
- Eingangsleistung: 1 Watt
- Feldkonzentration im Schlitz zwischen den Finnen

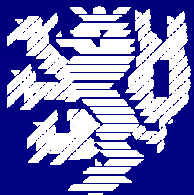
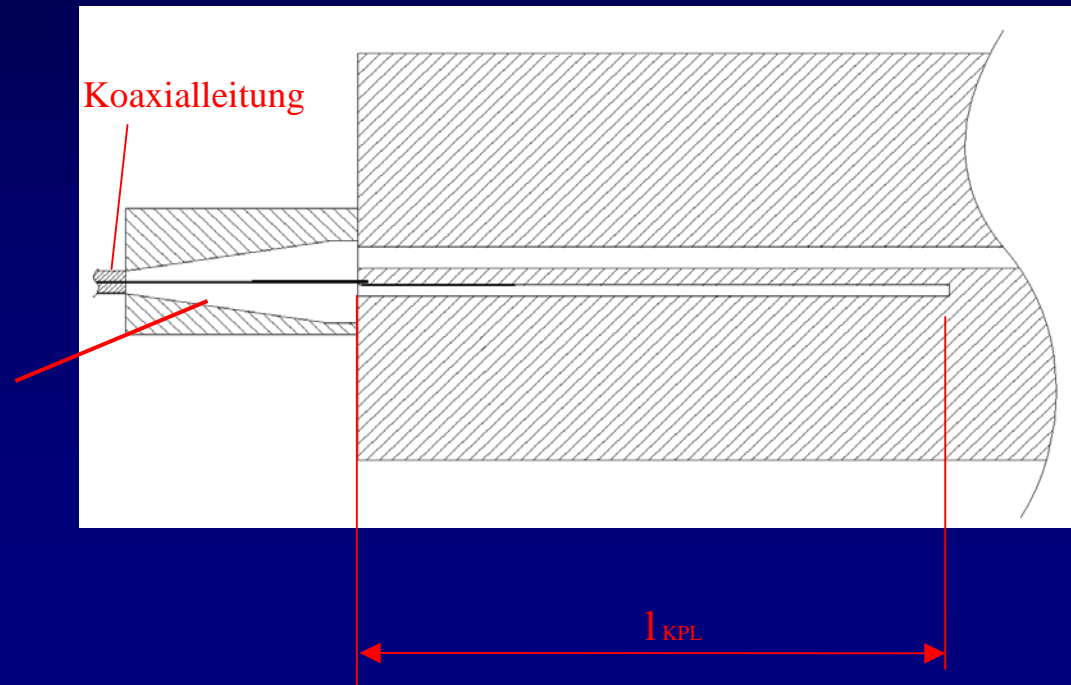


MAFIA 3.20 CST GmbH



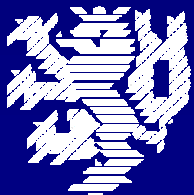
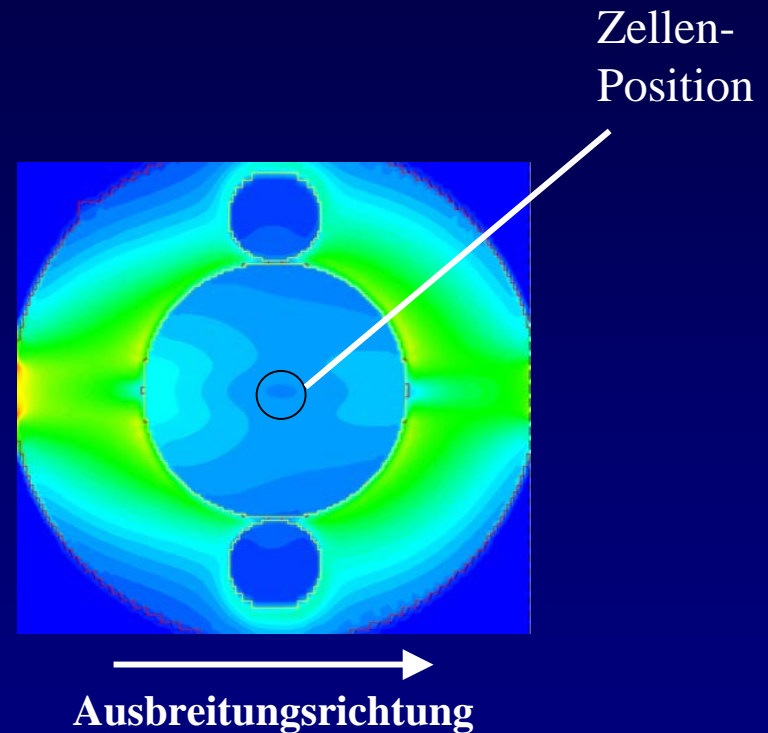
Speisung der Finnleitung

- Speisung der Finnleitung durch Koaxialkabel über ein Koplanarleitungstück (KPL)
- Optimierung der Länge der KPL durch numerische Rechnungen
- Konusleitung zur Verbesserung des Reflexionsfaktors



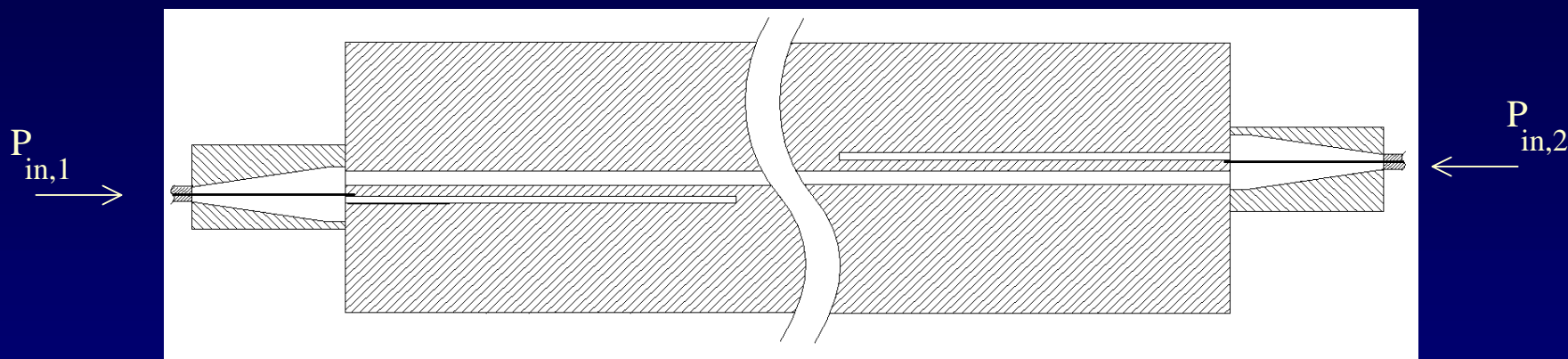
Beidseitige Speisung über KPL I

- Bei einseitiger Speisung:
inhomogenes Feld
→ Beidseitige Speisung

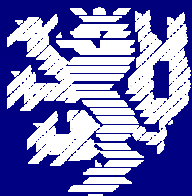


Beidseitige Speisung über KPL II

- $P_{in,1} = P_{in,2}$ und $\varphi_{in,1} - \varphi_{in,2} = 180^\circ$

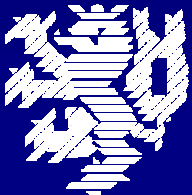
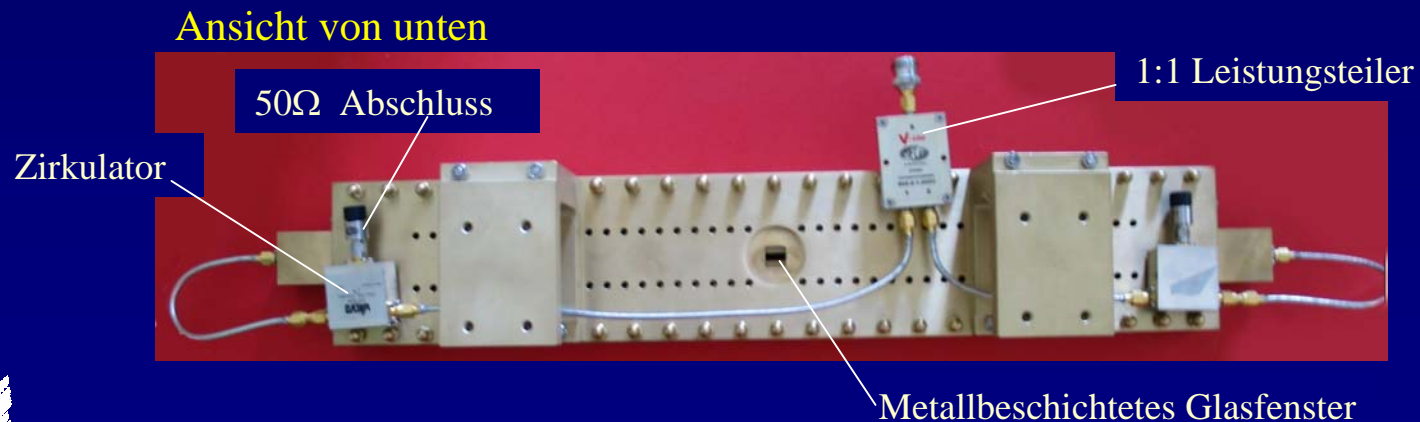
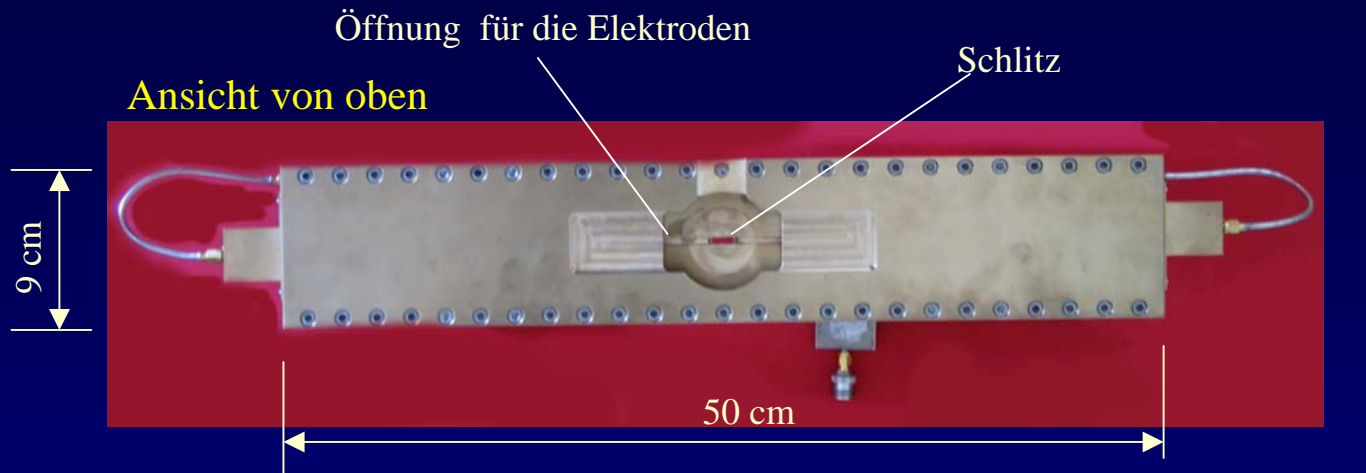


- Homogene Feldverteilung
- Erhöhung der Feldstärke am Zellenort im Vergleich zur einseitigen Speisung

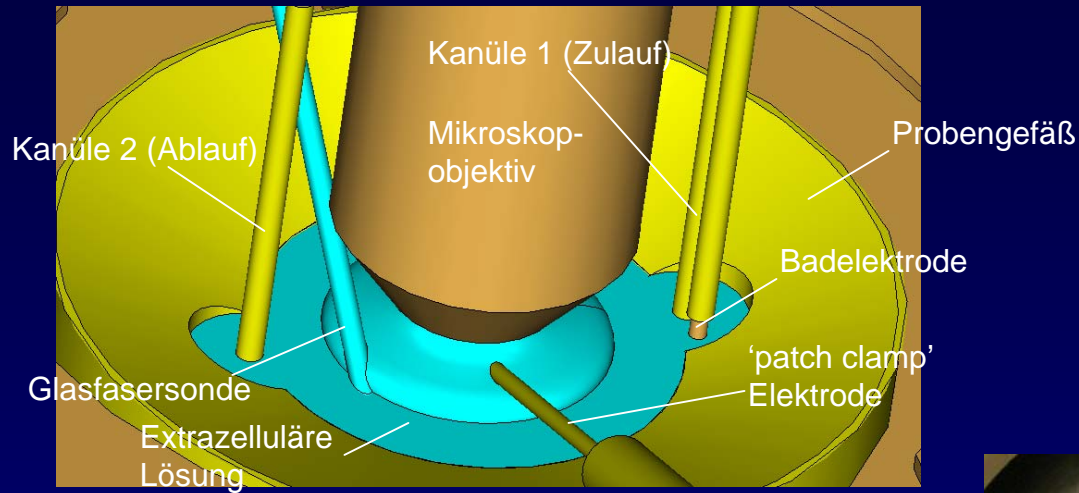


Aufgebaute Finnleitung

- Finnleitung für UMTS Frequenz



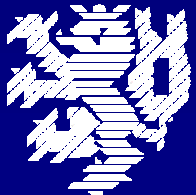
Feldberechnung



Computer- Modell



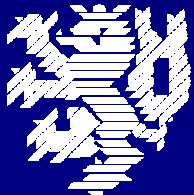
realer Aufbau



Feldverteilung

- UMTS-signal $f = 1.97\text{GHz}$
- Eingangsleistung

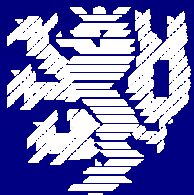
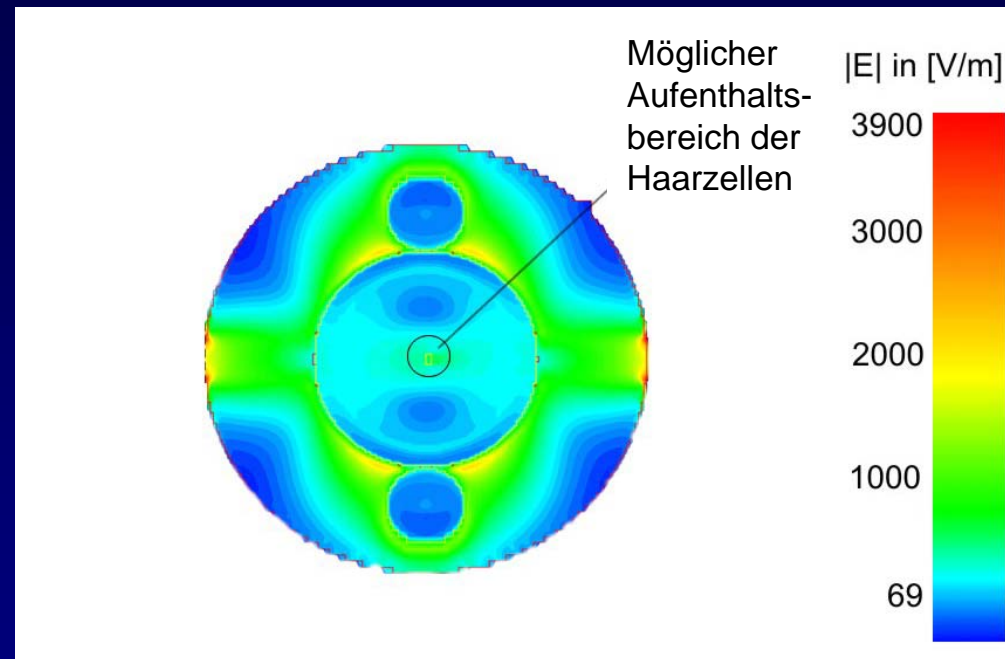
$$P_{in} = P_{in,1} + P_{in,2} = 2 \cdot P_{in,1} = 1\text{W}$$



Feldverteilung

→ Feldverteilung im Aufenthaltbereich der Haarzellen ist homogen

→ Variation des Expositionsfeldes bei Verschiebung der 'Patch-Clamp'-Elektrode beträgt nur 5%



Spezifische Absorptionsrate

$$SAR = \frac{\Delta P_V}{\Delta m}$$

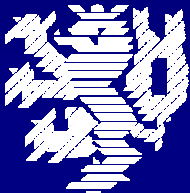
ΔP_V : Absorbierte Leistung im Volumen
 Δm : Masse des Gewebes

$$SAR = \frac{1}{2\Delta V} \iiint_{\Delta V} \frac{\kappa \left(\begin{smallmatrix} \rightarrow \\ r \end{smallmatrix} \right)}{\rho \left(\begin{smallmatrix} \rightarrow \\ r \end{smallmatrix} \right)} \left| \vec{E} \left(\begin{smallmatrix} \rightarrow \\ r \end{smallmatrix} \right) \right|^2 dV$$

κ : Leitfähigkeit
 ρ : Dichte

Frequenz	: 1,97 GHz	} → SAR = 138 W/kg
Eingangsleistung	: 1W	
Volumen der Lösung	: 0,75 ml	

$$SAR = 20 \text{ W/kg} \rightarrow P_{in} \approx 120 \text{ mW}$$



Zusammenfassung

- Expositioneinrichtung basierend auf einer Finnleitung
- Das Expositionsfeld ist im Schlitz zwischen den beiden Finnen konzentriert
- Beidseitige Einspeisung über Koplanarleitung
 - Homogene Feldverteilung
 - Erhöhung der Feldstärke am Ort der Zelle
- Die Finnleitung liefert eine gute SAR Effizienz von 138 W/kg pro 1 W Eingangsleistung
- Zuverlässige Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Feldstärke und SAR- Werten

