

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

---

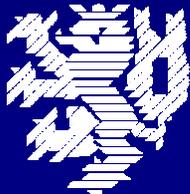
A. El Ouardi, T. Reinhardt, J. Streckert, A. Bitz, V. Hansen

*Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik*

*Universität Wuppertal, Deutschland*

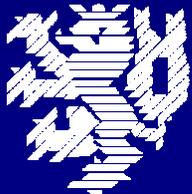
---

11. Oktober 2005



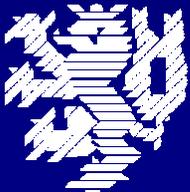
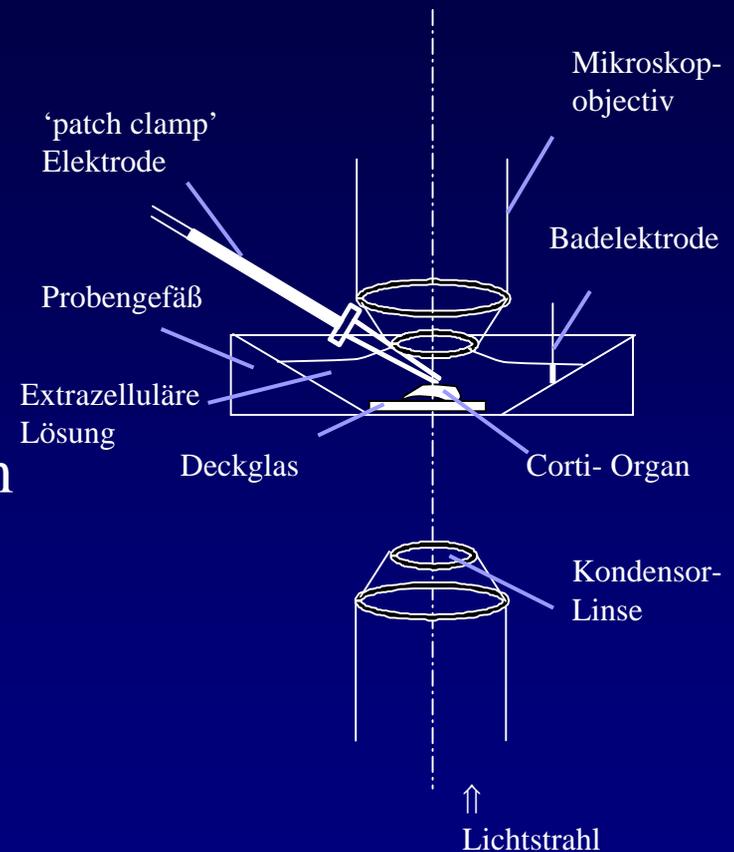
# Inhalt

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



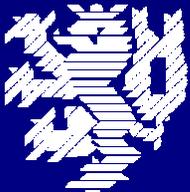
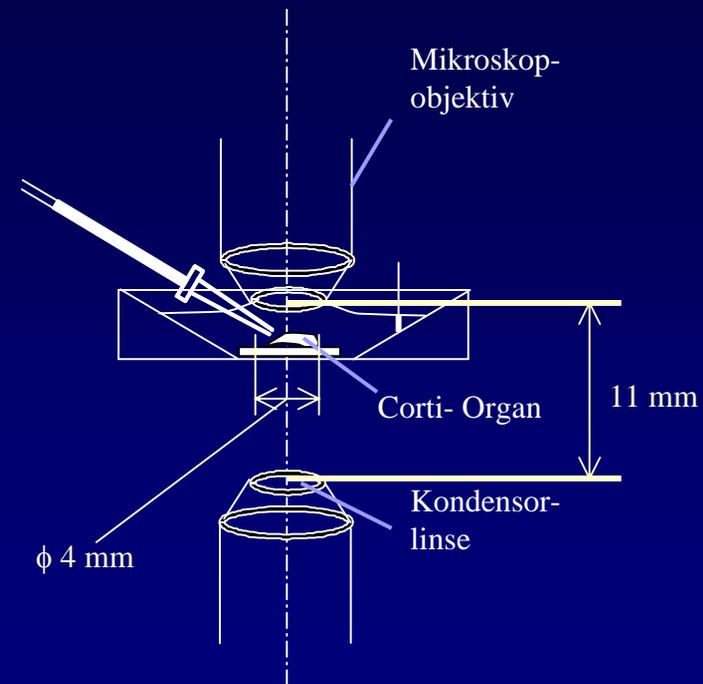
# Physiologischer Messaufbau

- 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



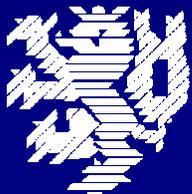
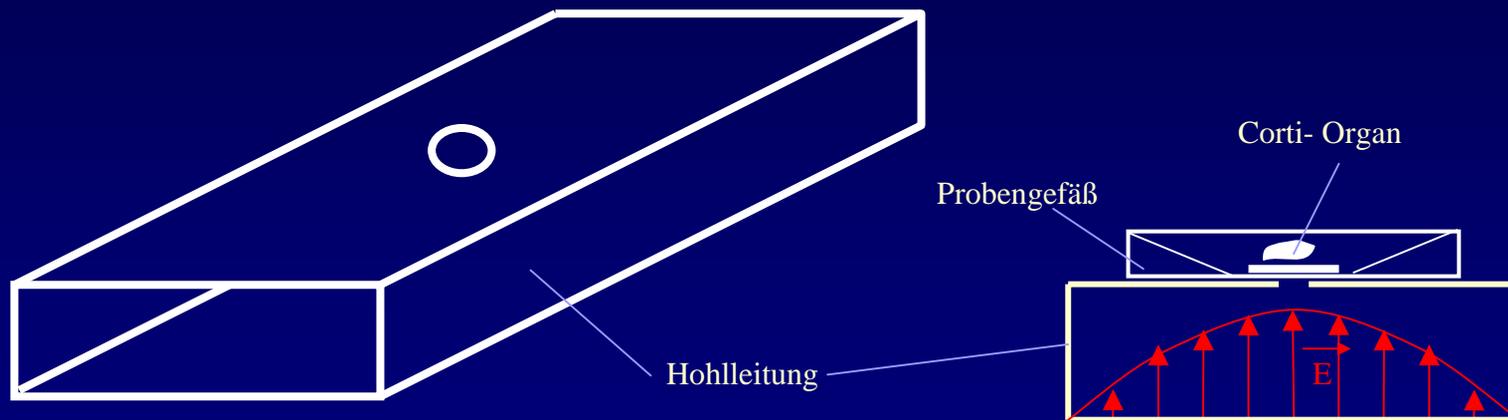
# Anforderungen

- 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

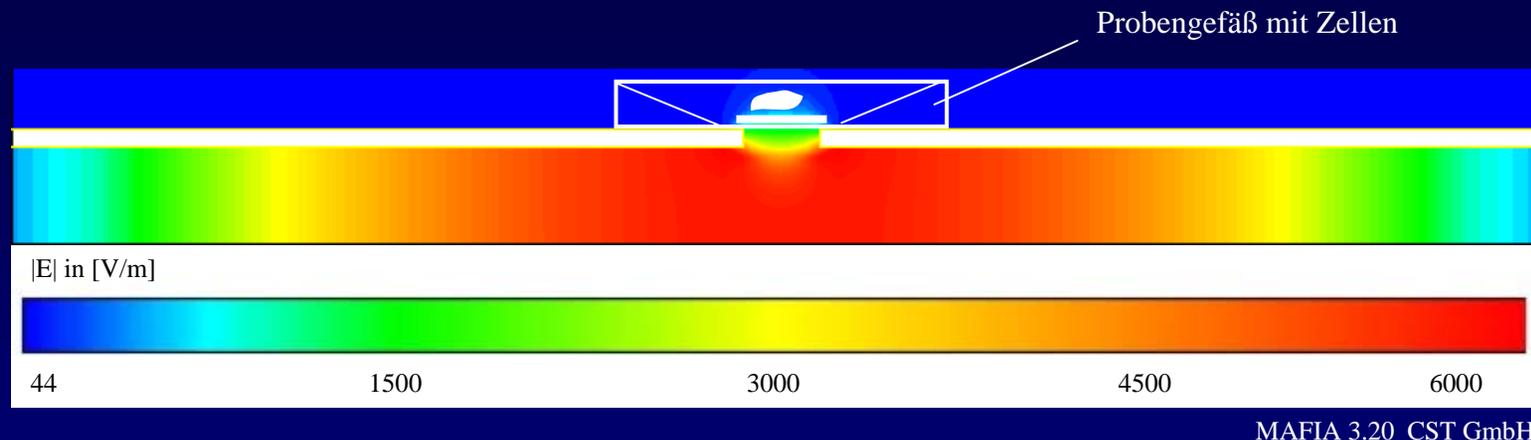


# Rechteckförmige Hohlleitung

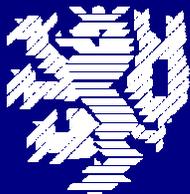
Erster Versuch: flache rechteckförmige Hohlleitung mit Öffnung



# Rechteckförmige Hohlleitung

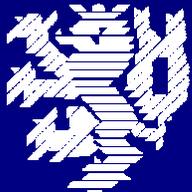
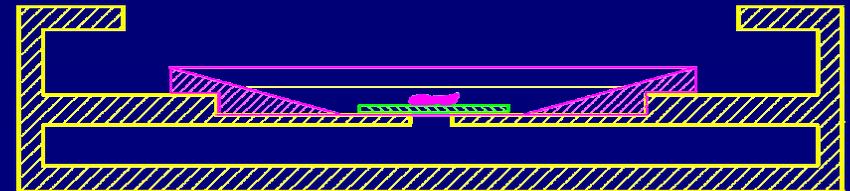
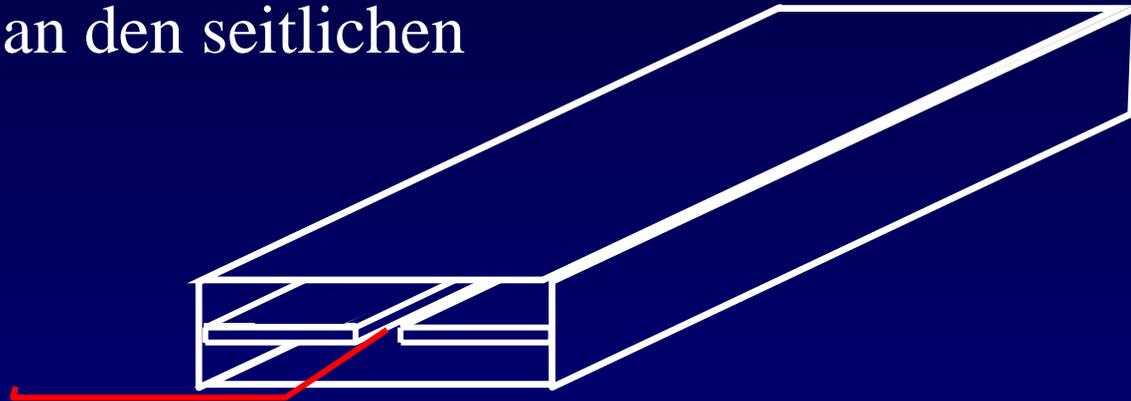


- Nach außen ausgekoppeltes Feld ist sehr klein
- Sehr hohe Leistung erforderlich, um die gewünschten Feldstärke an den Zellen zu erreichen



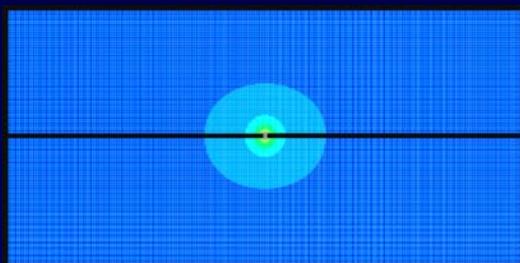
# Finnleitung

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

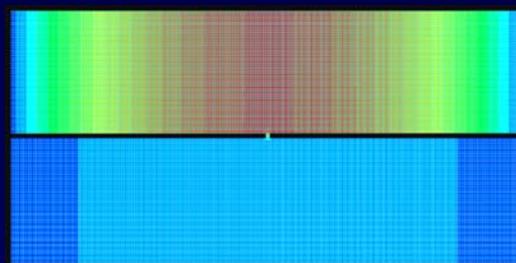


# Dimensionierung der Finnleitung

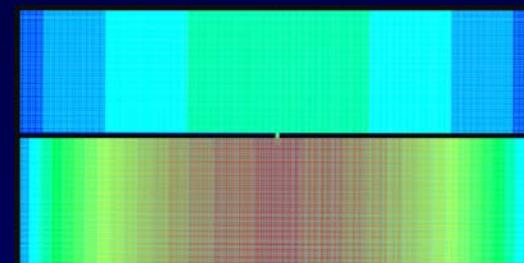
- Existenz weiteren Wellentypen



Finnwelle

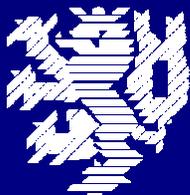
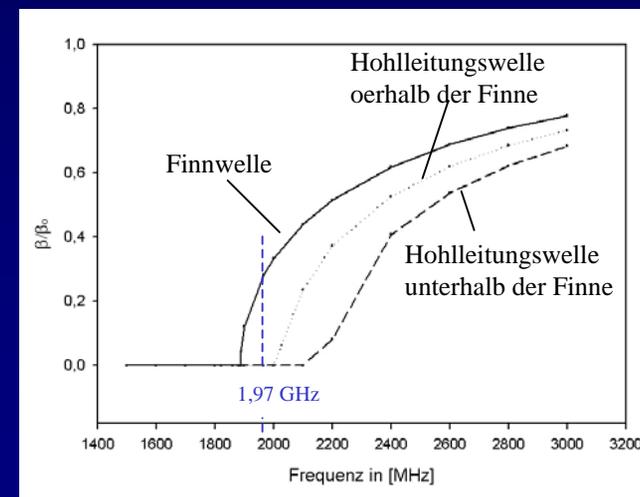


Hohlleitungswelle 1



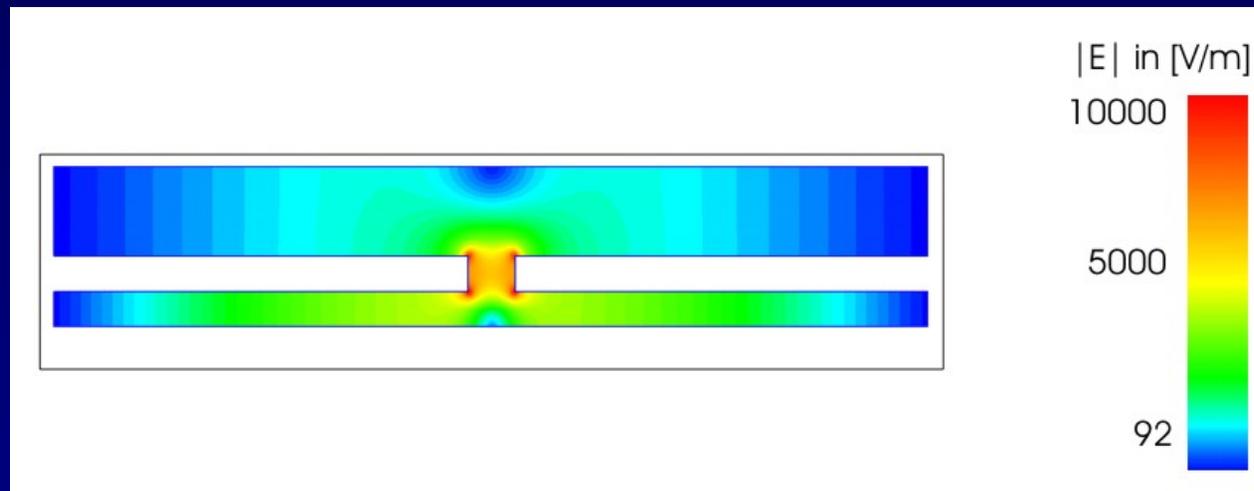
Hohlleitungswelle 2

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

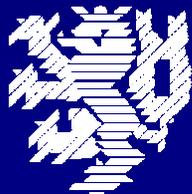


# Feldverteilung in der Fynnleitung

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

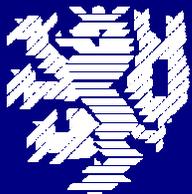
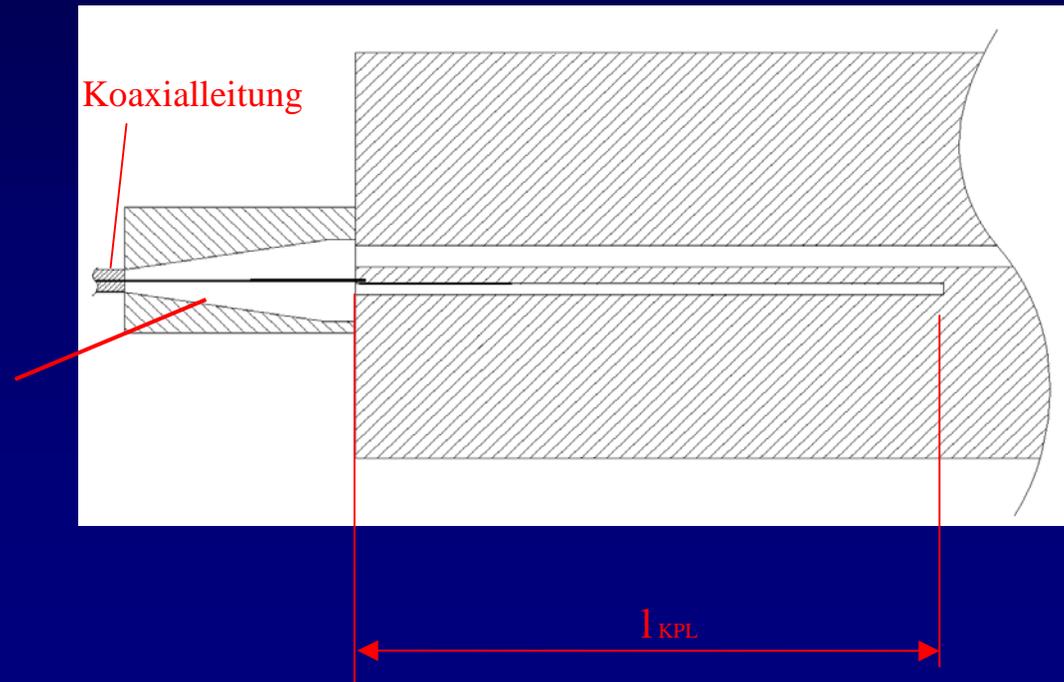


MAFIA 3.20 CST GmbH



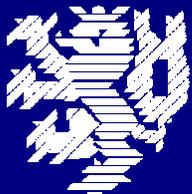
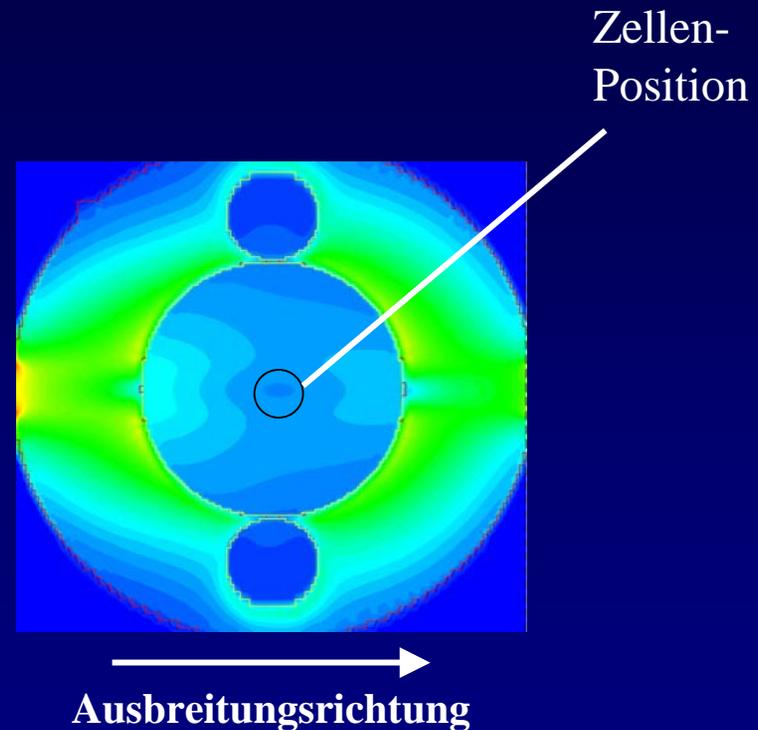
# Speisung der Finnleitung

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



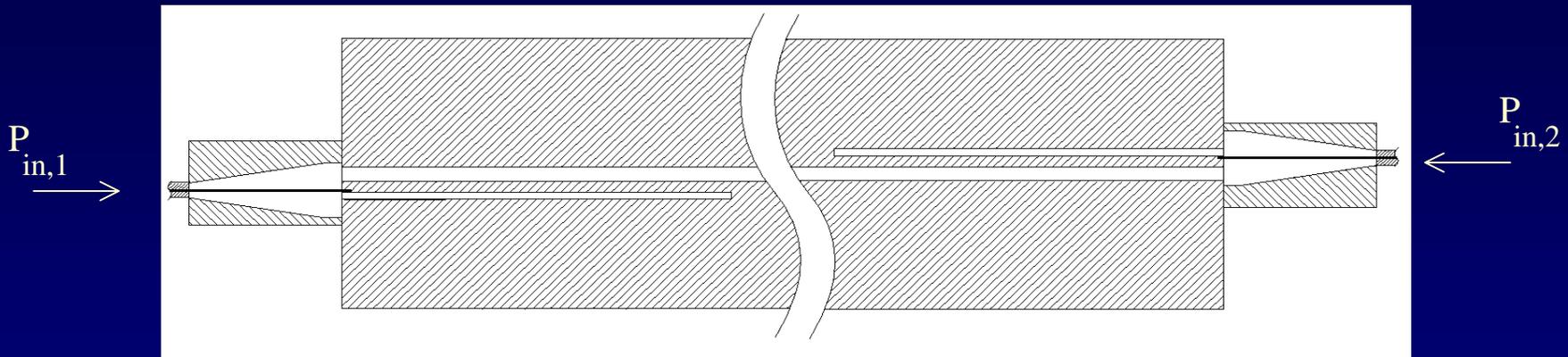
# Beidseitige Speisung über KPL I

- Bei einseitiger Speisung:  
inhomogenes Feld
- Beidseitige Speisung

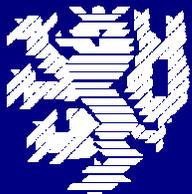


# Beidseitige Speisung über KPL II

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

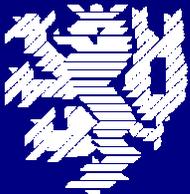
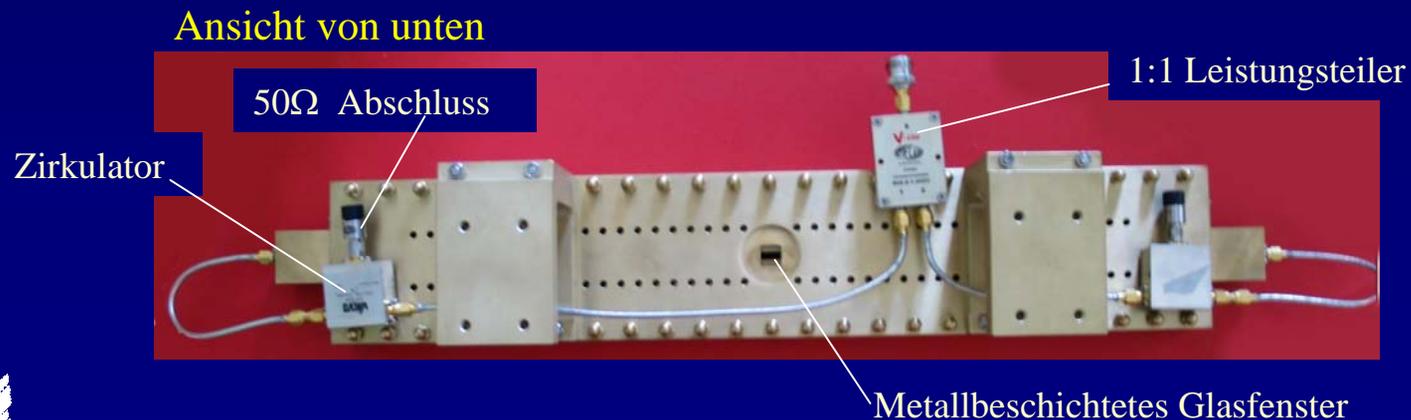
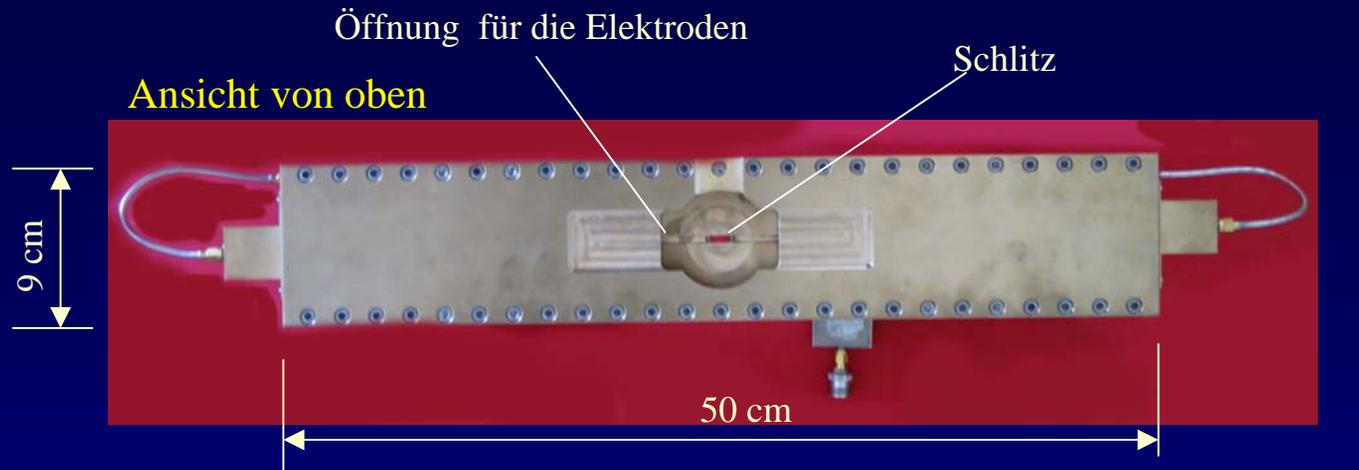


- Homogene Feldverteilung
- Erhöhung der Feldstärke am Zellenort im Vergleich zur einseitigen Speisung

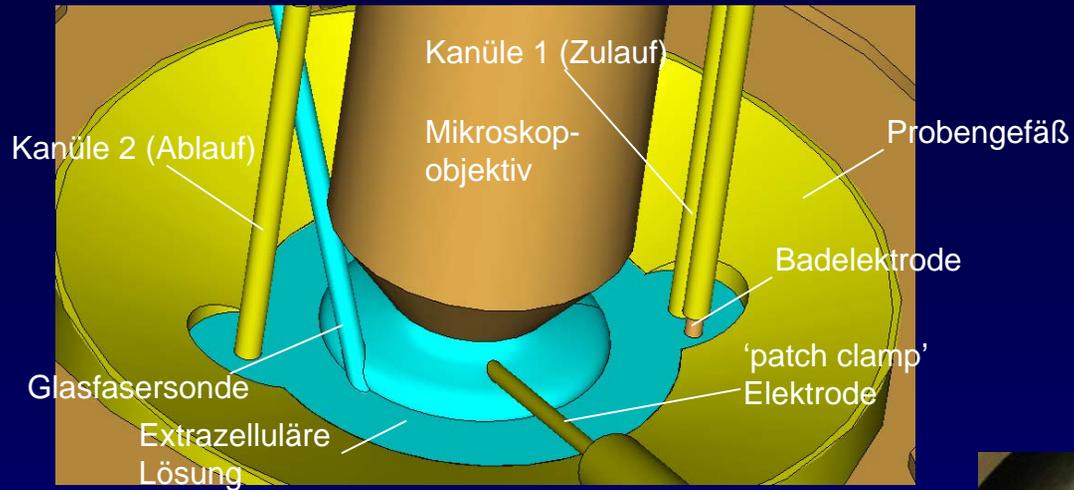


# Aufgebaute Finnleitung

- Finnleitung für UMTS Frequenz



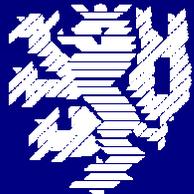
# Feldberechnung



Computer- Modell



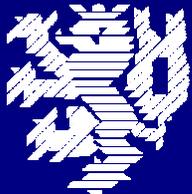
realer Aufbau



# Feldverteilung

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

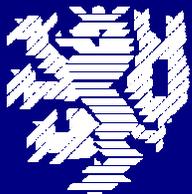
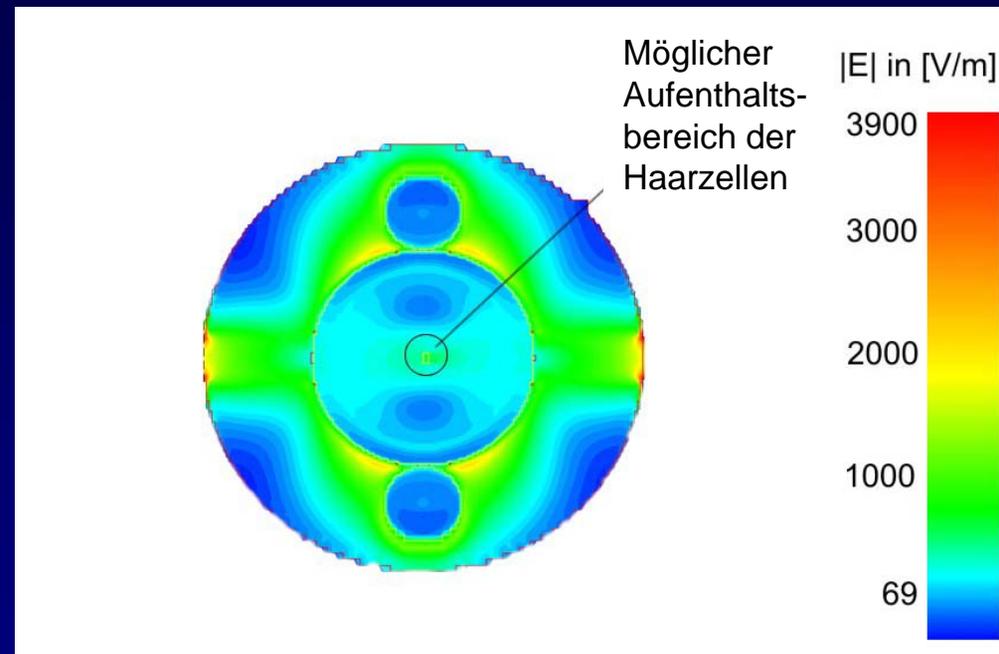
$$P_{in} = P_{in,1} + P_{in,2} = 2 \cdot P_{in,1} = 1\text{W}$$



# Feldverteilung

→ Feldverteilung im Aufenthaltbereich der Haarzellen ist homogen

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



# Spezifische Absorptionsrate

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

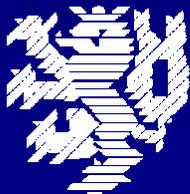
$\Delta P_V$  : Absorbierte Leistung im Volumen  
 $\Delta m$  : Masse des Gewebes

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

$\kappa$  : Leitfähigkeit  
 $\rho$  : 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

