

# Expositionsanlagen für in-vitro Projekte (BHS, Genexpression)

Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik  
Bergische Universität Wuppertal

# Übersicht

Expositionssystem 1: IU Bremen, Prof. Dr. Lerchl

*Untersuchungen zu Wirkungsmechanismen an Zellen unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunktechnologie.*

*B. Pinealdrüse*

- Anforderungen
- Konzeption und Aufbau
- Dosimetrie

Expositionssystem 2: Universitätsklinikum Münster, PD Dr. Young, Dr. Franke

*In vitro Experimente unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunkkommunikation.*

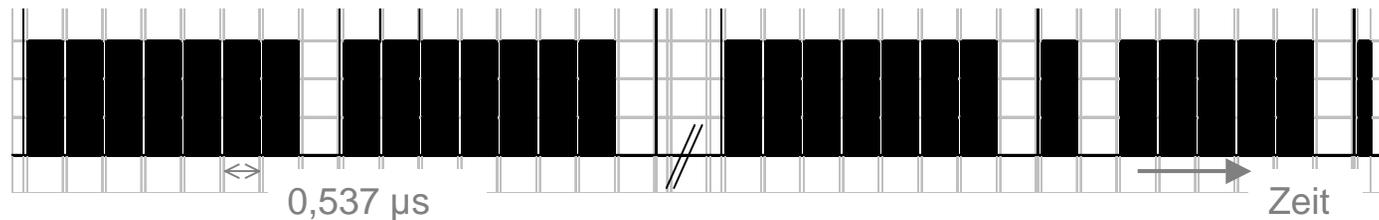
*C. Blut-Hirn-Schranke*

- Anforderungen
- Konzepte
- vorläufige Dosimetrie

# Anforderungen Expositionssystem Pinealdrüse

- Blindversuch: zwei identische Expositionskammern
- Expositionskammer für 23 Pinealdrüsen
- hohe elektromagnetische Entkopplung der Expositionskammern, da im selben Inkubator untergebracht
- Exposition mit CW-Signal und einem generischen GSM-Testsignal mit einer Trägerfrequenz von 1800 MHz
- SAR: 8, 80, 800 mW/kg;  $SAR_{\max} = 2.7 \text{ W/kg}$

# Generisches GSM-Testsignal



8 bursts =  
1 frame

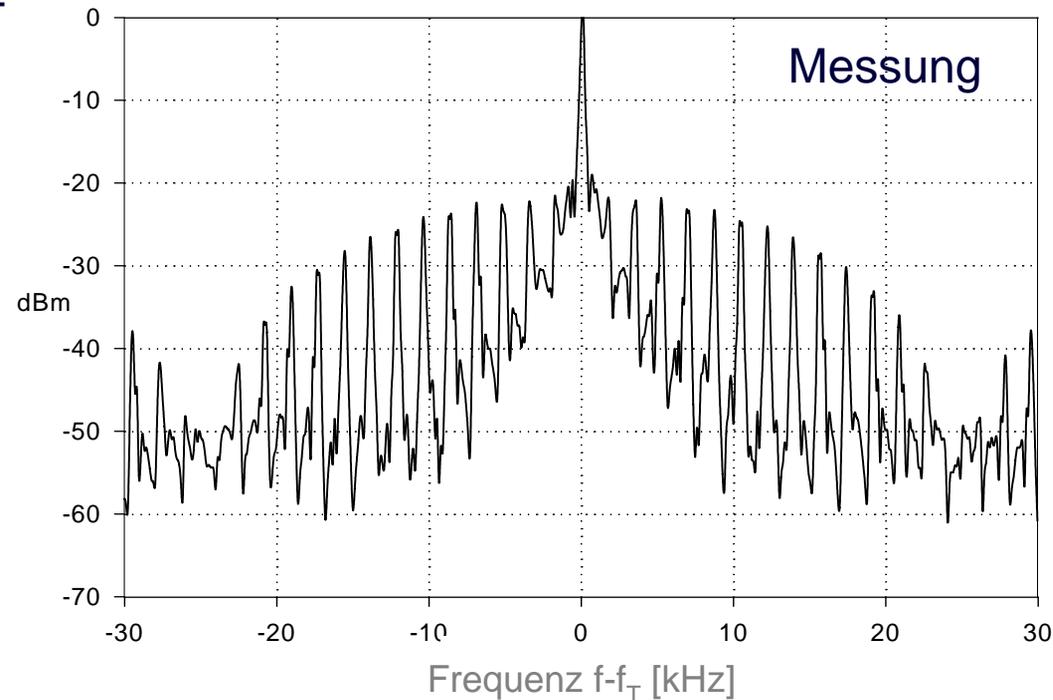
Spektralkomponenten:

$$f_T \pm n \cdot 1733 \text{ Hz}$$

$$f_T \pm n \cdot 217 \text{ Hz}$$

$$f_T \pm n \cdot 8 \text{ Hz}$$

$$f_T \pm n \cdot 2 \text{ Hz}$$



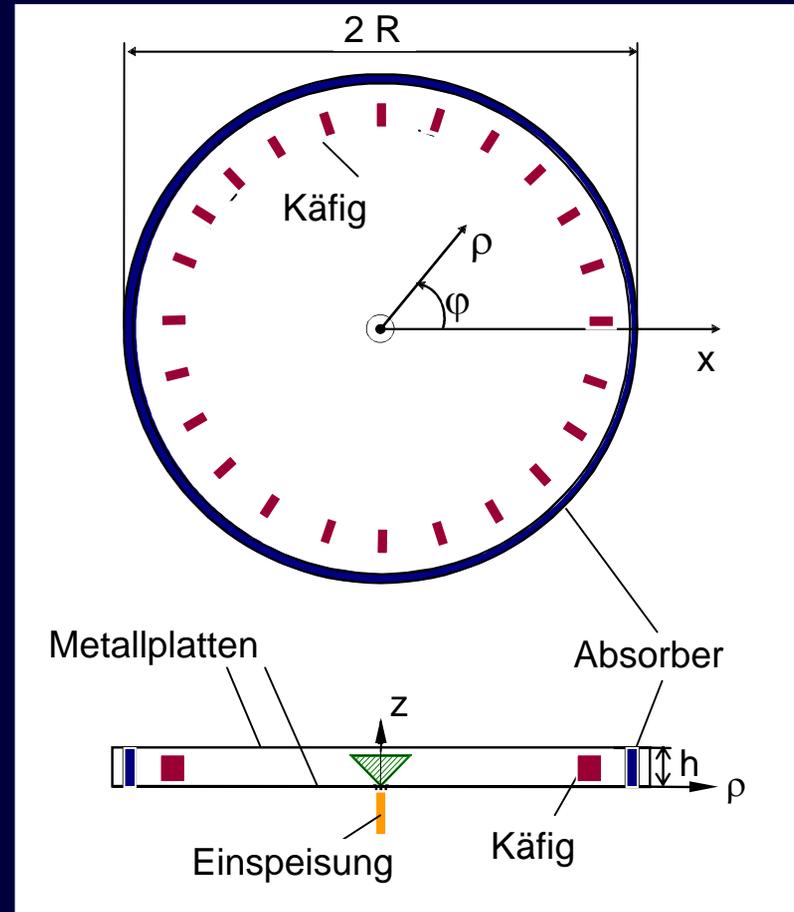
Schüller M, Streckert J, Bitz A, Menzel K, Eicher B: Proposal for generic GSM test signal. *Proc. 22nd BEMS Annual Meeting, Munich, June 2000, 122-123.*

# Radiale Wellenleitung

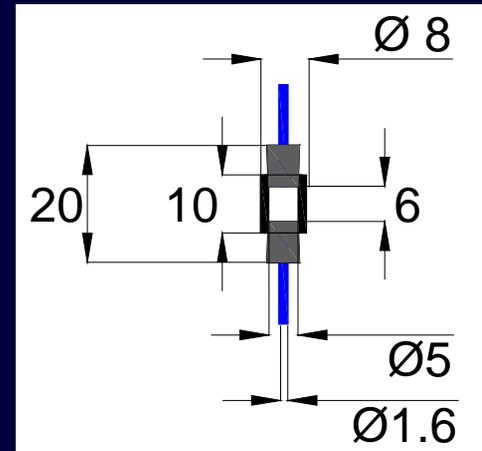
- homogene Exposition vieler Proben
- Feldanregung: Konusantenne im Zentrum
- Biologische Proben auf einem Kreis um Antenne angeordnet
- Grundwellentyp: transversal elektromagnetische Welle (TEM-Welle)

$$E_z(\rho, \varphi, z) = B_{00} H_0^{(2)}(k_0 \rho)$$

$$H_\varphi(\rho, \varphi, z) = -j B_{00} \frac{\omega \epsilon}{k_0} H_0^{(2)'}(k_0 \rho)$$

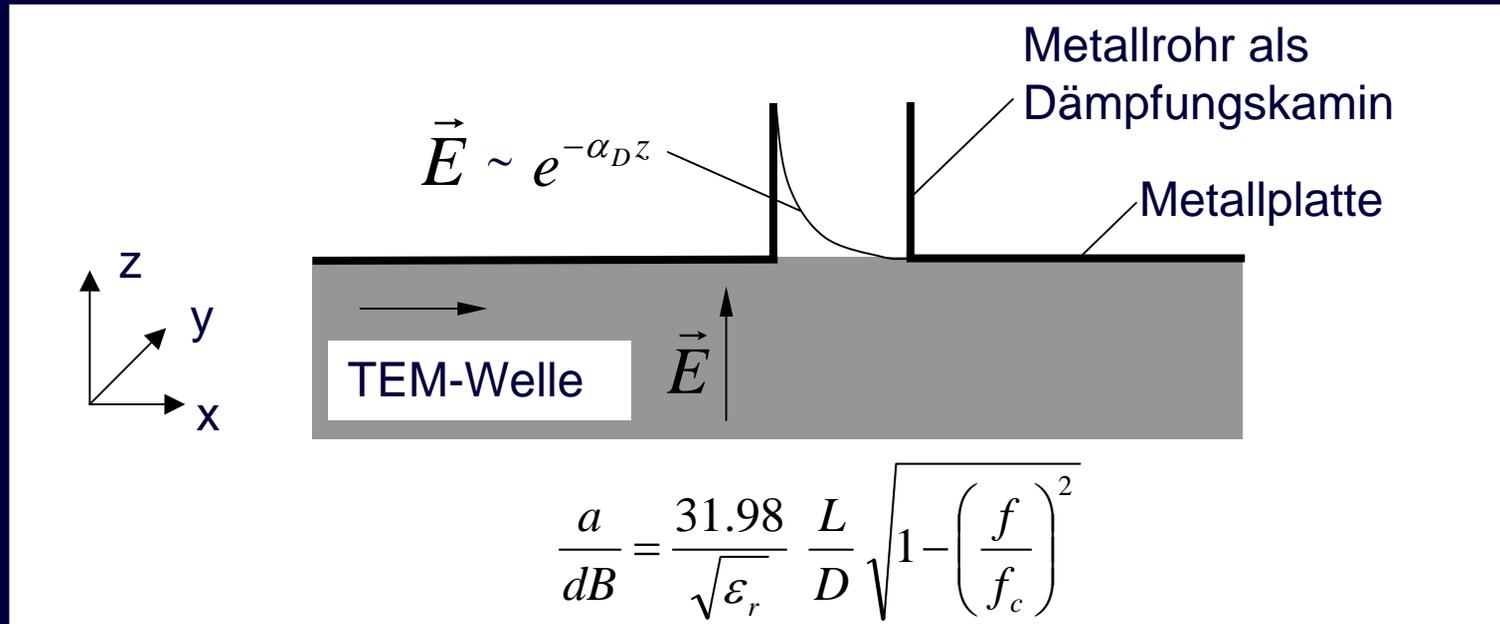


# Probengefäß für Pinealdrüse



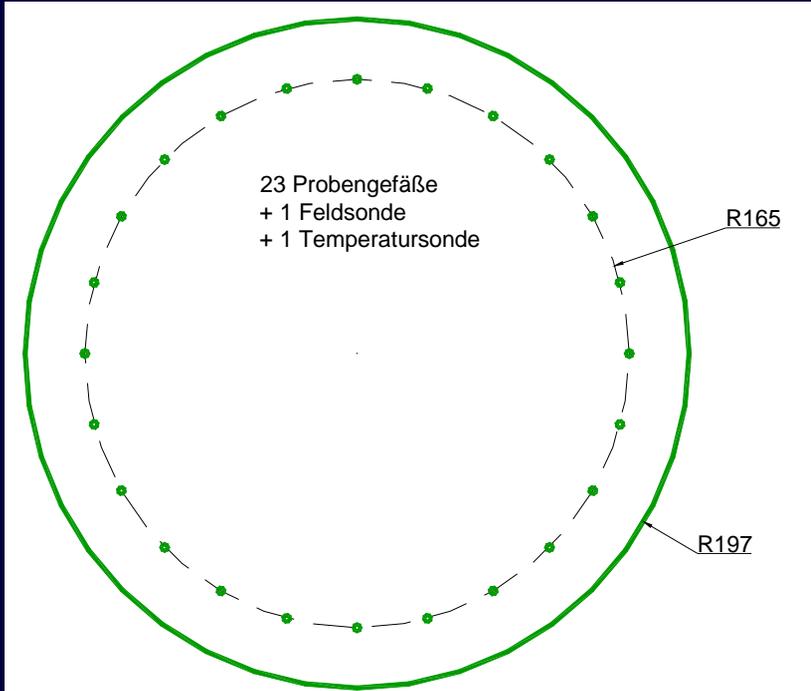
- isolierte Pinealdrüsen auf Schädelknochen
- Glaszylinder (ca. 1 cm Länge,  $\text{Ø}_{\text{innen}}$  0,5 cm)
- Pinealdrüsen werden während der Exposition kontinuierlich von Nährflüssigkeit umspült

# Dämpfungskamin

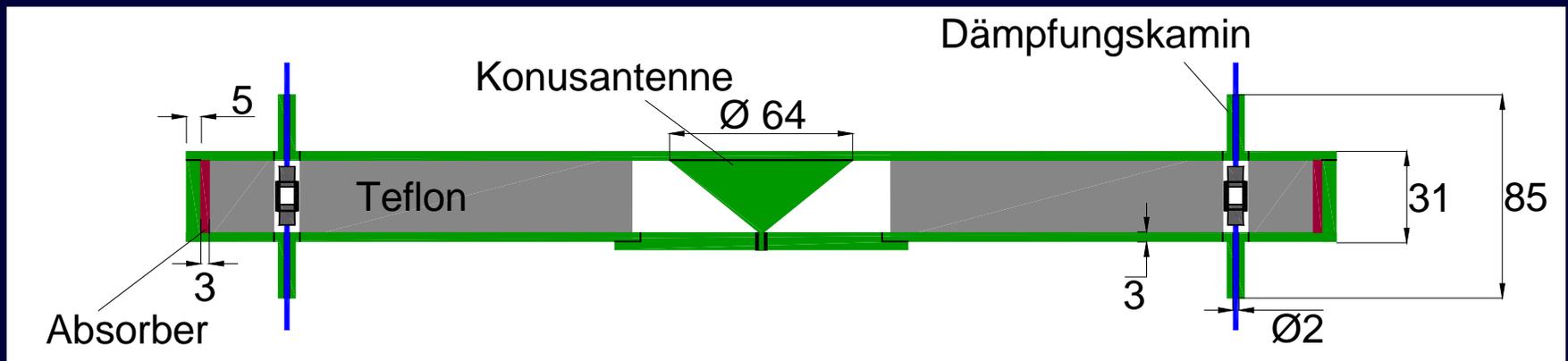


- Öffnungen für Schläuche dürfen die TEM-Welle nicht stören und keine elektromagnetischen Felder abstrahlen
- Metallrohre auf oberer und unterer Metallplatte werden als Rundhohlleitungen weit unterhalb der cut-off Frequenz ihrer Grundmode betrieben
- mechanisch offene, aber gleichzeitig elektromagnetisch geschlossene und damit abgeschirmte Expositions-kammer

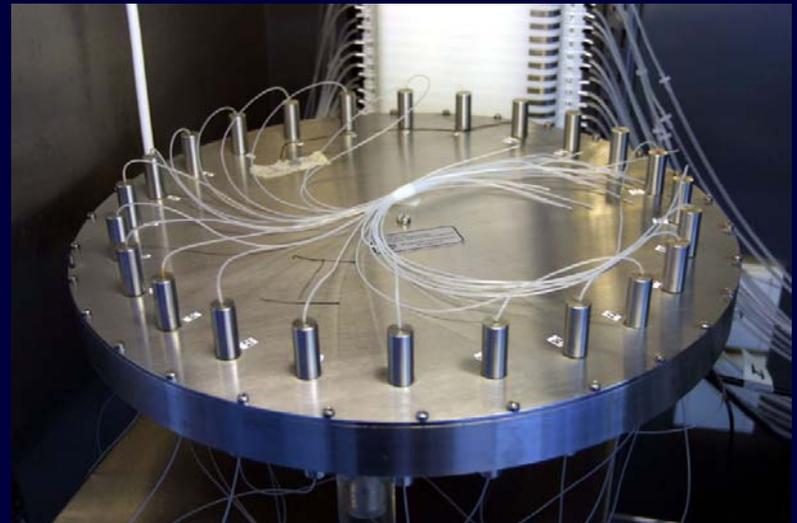
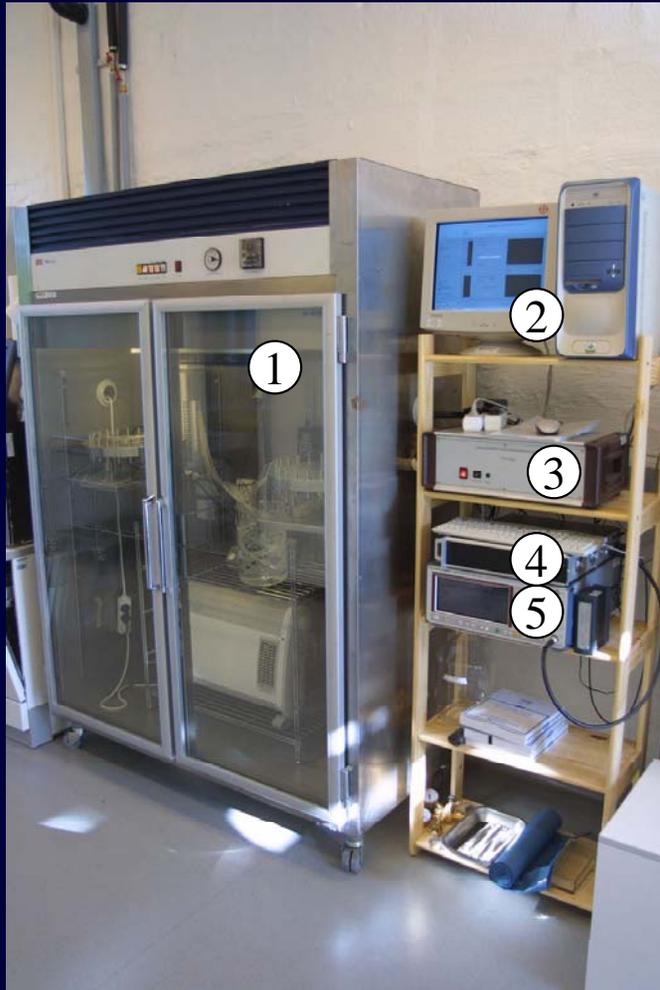
# Aufbau der Expositionskammer (1)



- 23 Pinealdrüsen
- Durchmesser ca. 40 cm, Höhe 8,5 cm
- Dämpfungskamin:  
Ø 2mm, Länge 30 mm
- Temperatursonde im Glaszylinder
- Feldsonde

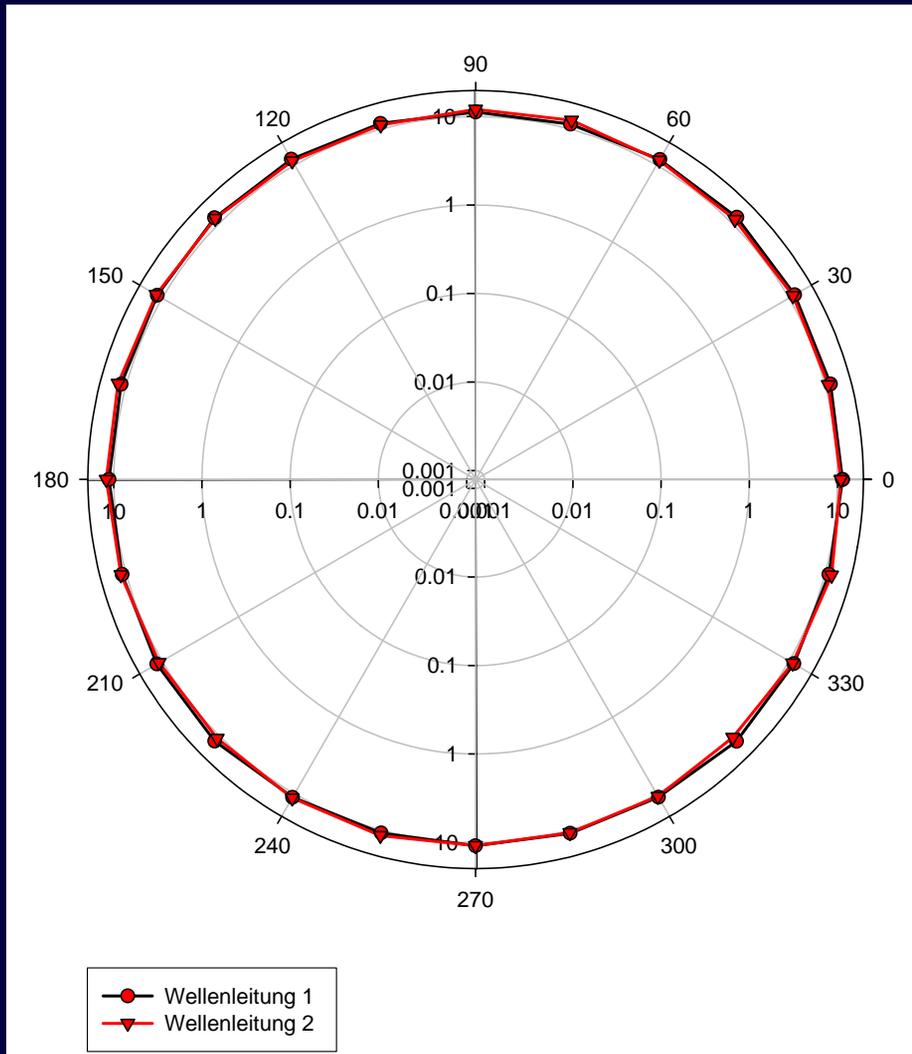


# Aufbau der Expositionskammer (2)



(Quelle: A. Lerchl, IU Bremen)

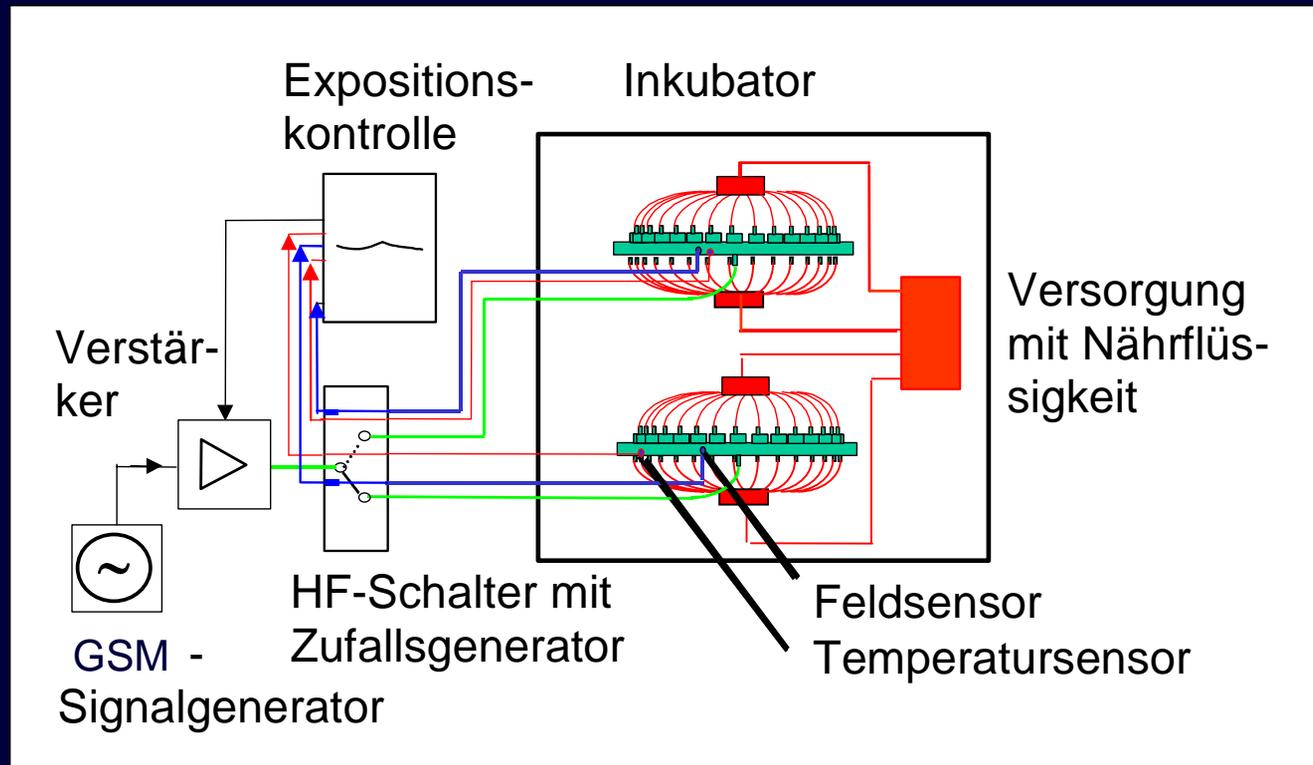
# Symmetrie der Feldverteilung



Gemessene Feldverteilung am Ort der Proben in beiden Wellenleitungen (logarithmische Darstellung)

- Standardabweichung des E-Feldes am Ort der Proben von  $\pm 3,5\%$  bzw.  $\pm 4,8\%$
- Reflexionsfaktor am Eingang der Wellenleitungen  $-10$  dB

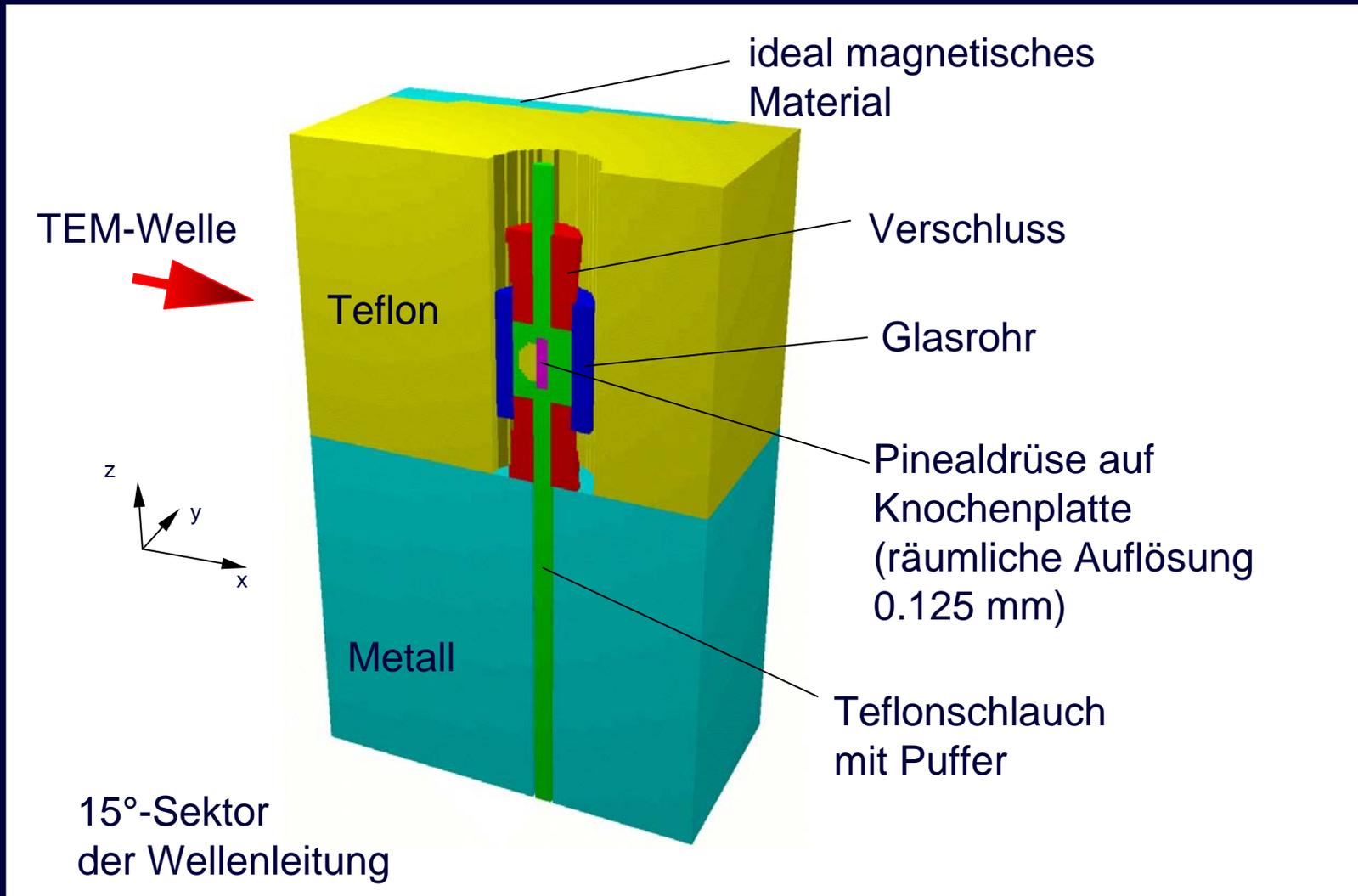
# Schema des Expositionssystems



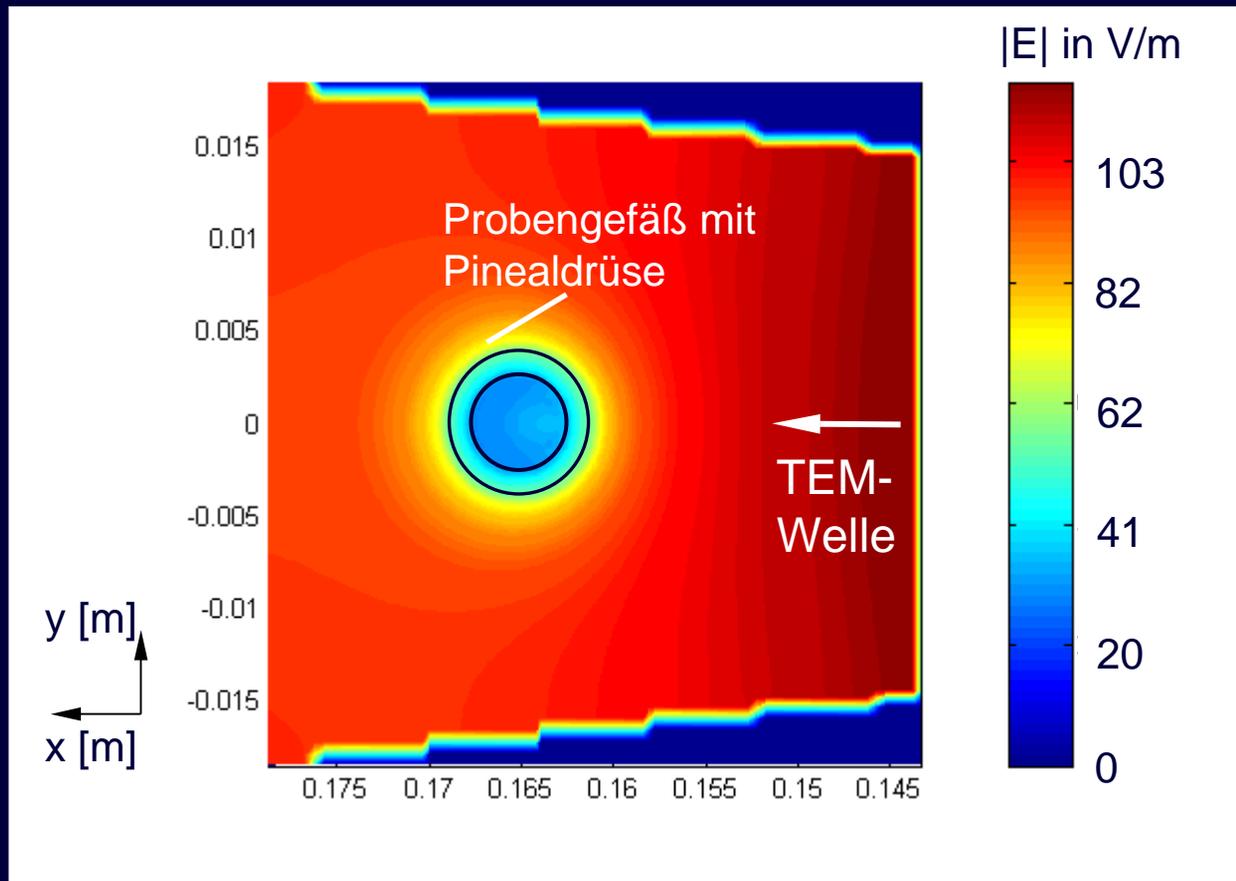
Expositions-kontrolle: u.a.

- Zufallsgenerator für Expositionssignal
- Erfassung von Feldstärke und Temperatur

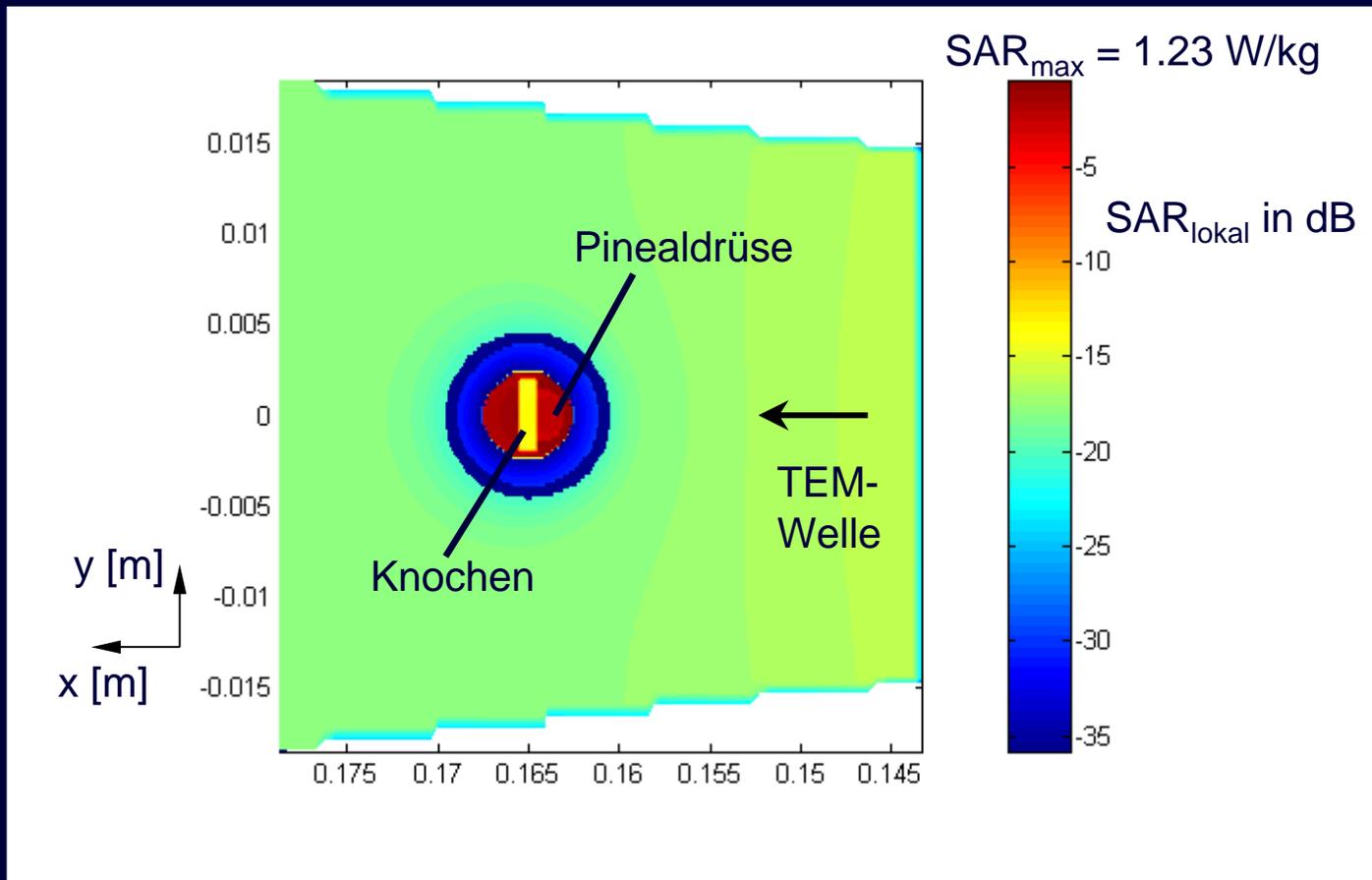
# Modell für numerische Feldberechnung



# Feldverteilung (horizontal)

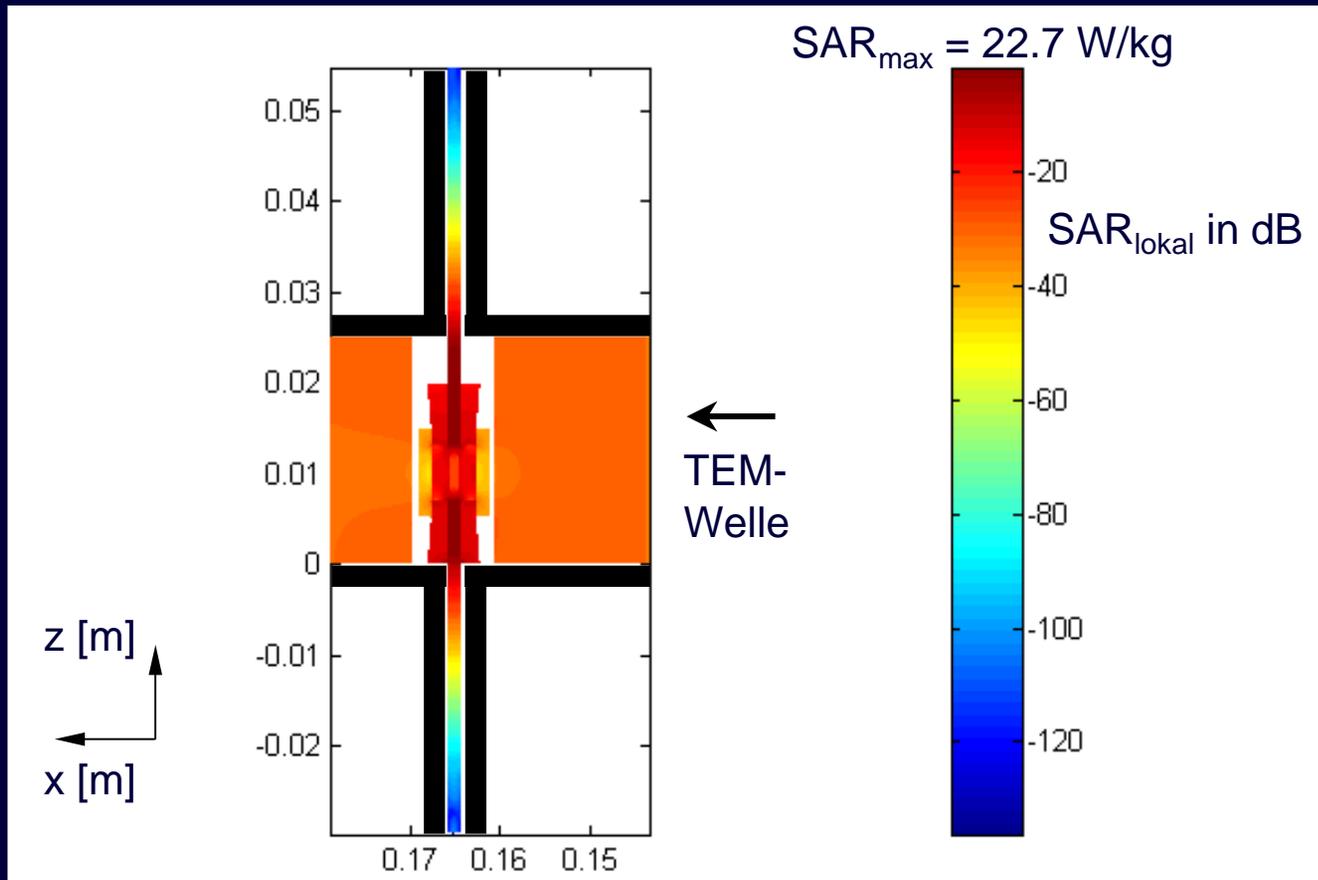


# SAR-Verteilung (horizontal)



- Masse der Pinealdrüse: ca.  $7,4 \times 10^{-6}$  kg
- 800 mW/kg bei Leerfeldstärke von ca. 110 V/m ( $P_{in} = c. 500$  mW)

# SAR-Verteilung (vertikal)



- Dämpfung von  $> 90 \text{ dB}$  in den Dämpfungskaminen
- Variation der SAR im Pinealorgan durch dessen mögliche unterschiedliche Orientierung bzw. Lage im Probengefäß beträgt max.  $\pm 15\%$

# Zusammenfassung

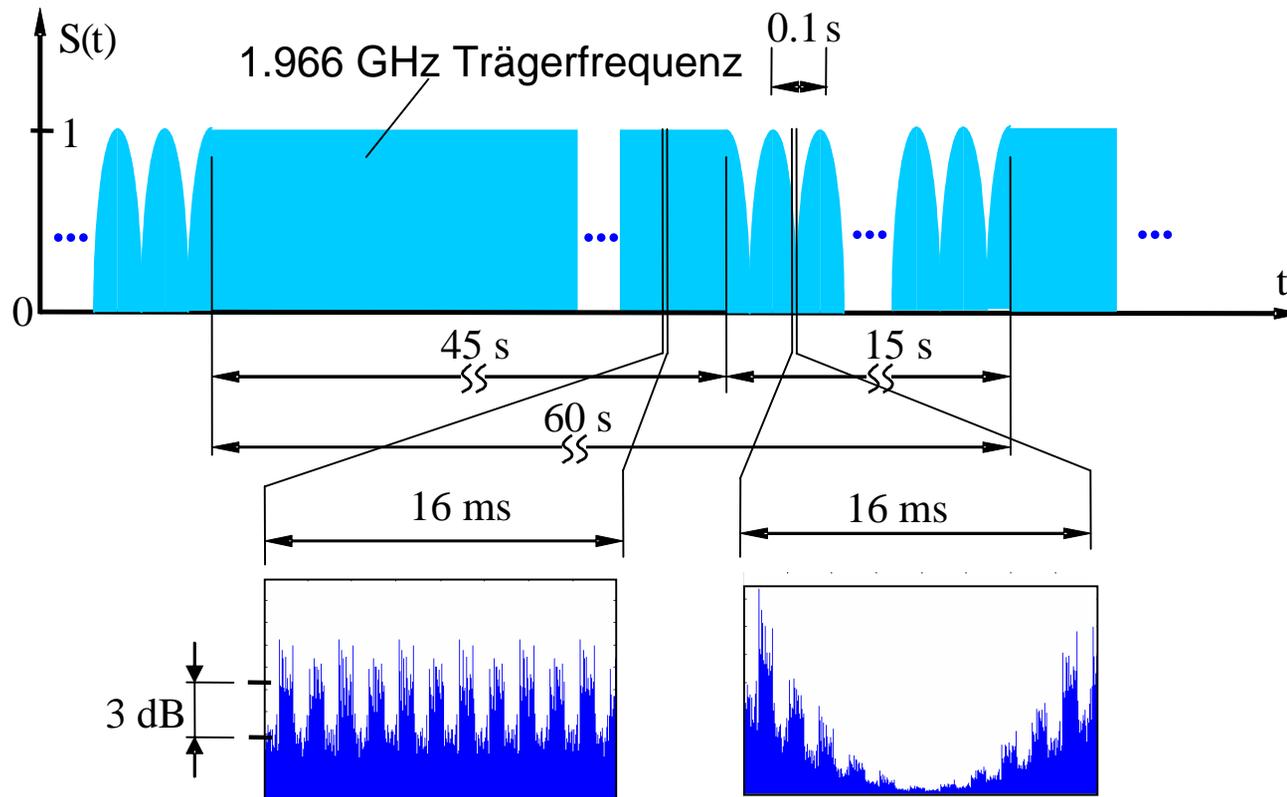
## Expositionssystem Pinealdrüse

- Zwei identische radiale Wellenleiter für jeweils 23 Pinealdrüsen
- mechanisch offenes, aber gleichzeitig elektromagnetisch geschlossenes und damit abgeschirmtes Expositionssystem
- Feld- und Temperaturerfassung
- Feldvariation am Ort der Proben  $< \pm 5\%$
- SAR von 8, 80, 800 mW/kg,  $SAR_{\max} = 2,7 \text{ W/kg}$
- SAR-Variation max.  $\pm 15\%$

# Anforderungen Expositionssystem BHS

- Expositions-kammern für jeweils 6 Gewebekulturschalen
- hohe elektromagnetische Entkopplung der Expositions-kammern, da im selben Inkubator untergebracht
- Exposition mit
  - generischem GSM-Testsignal mit einer Trägerfrequenz von 1.8 GHz
  - generischem UMTS-Testsignal mit einer Trägerfrequenz von 2 GHz
- SAR: 0.4, 1, 3 W/kg und 8 W/kg

# Generisches UMTS-Testsignal

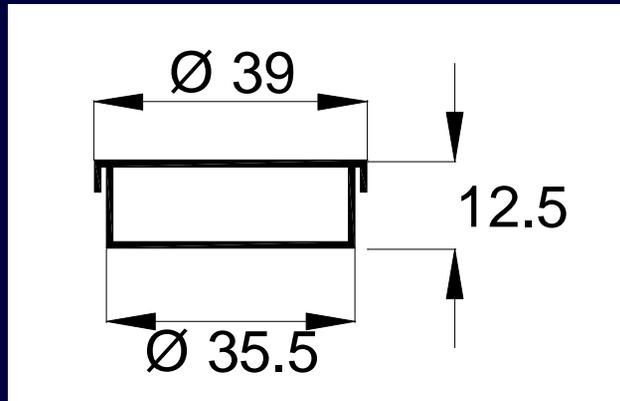


Zeitverlauf des mit 1 Minute periodischen generischen UMTS-Testsignals  
(Quelle: G. Schmid, ARCS Seibersdorf)

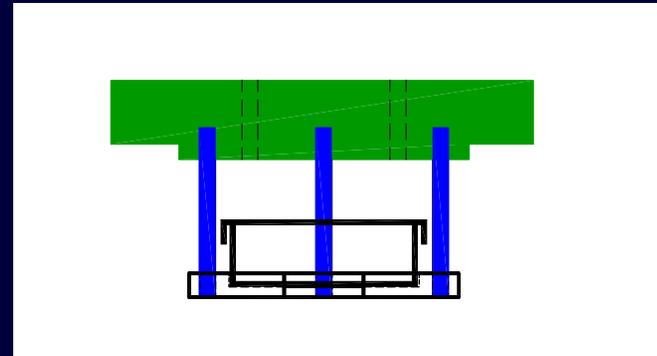
Ndombè Mbonjo Mbonjo, H., Streckert, J., Bitz, A., Hansen, V., Glasmachers, A., Gencol, S., Rozic, D.: A generic UMTS test signal for RF bioelectromagnetic studies. *Bioelectromagnetics*, Vol. 21, No. 6, 2004, pp. 415-425.

# Probengefäß und Halterung

Gewebekulturschale:

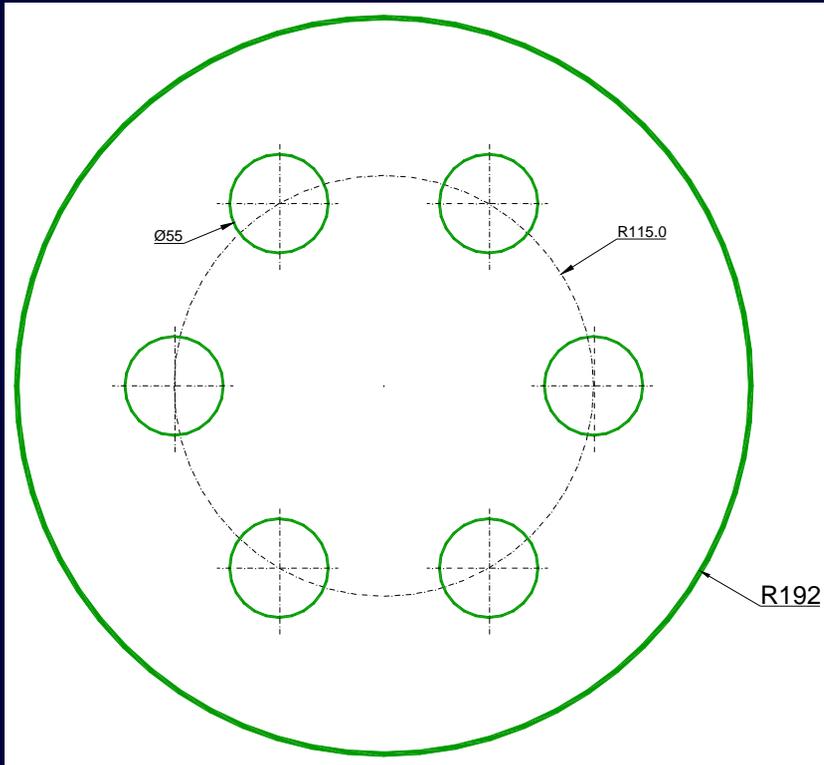


Probenhalter:

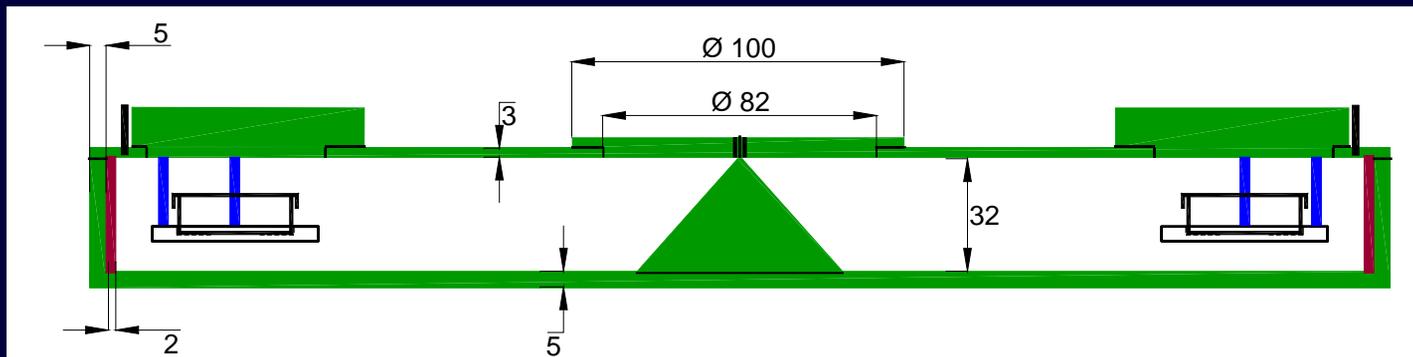


- Kulturschale gefüllt mit 2 ml Medium
- Schalen am Probenhalter mit Edelstahldeckel aus Expositions-kammer zu entnehmen

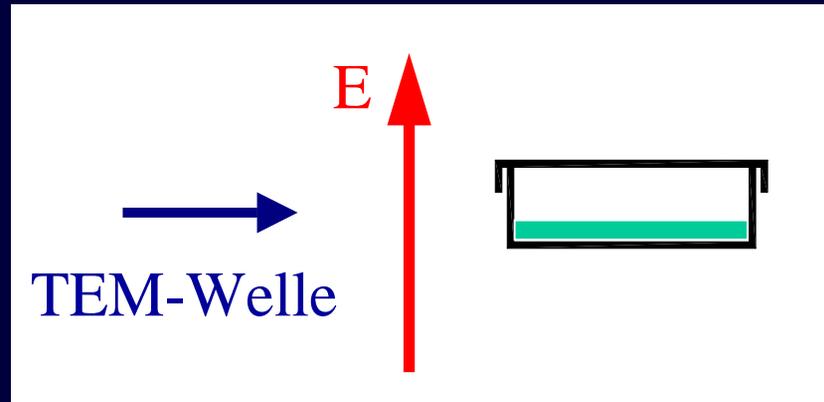
# Aufbau der Expositionskammer



- 6 Kulturschalen
- Durchmesser ca. 40 cm, Höhe 9 cm
- Probenhalter platziert Schale mittig
- Temperatursonde im Medium
- Feldsonde

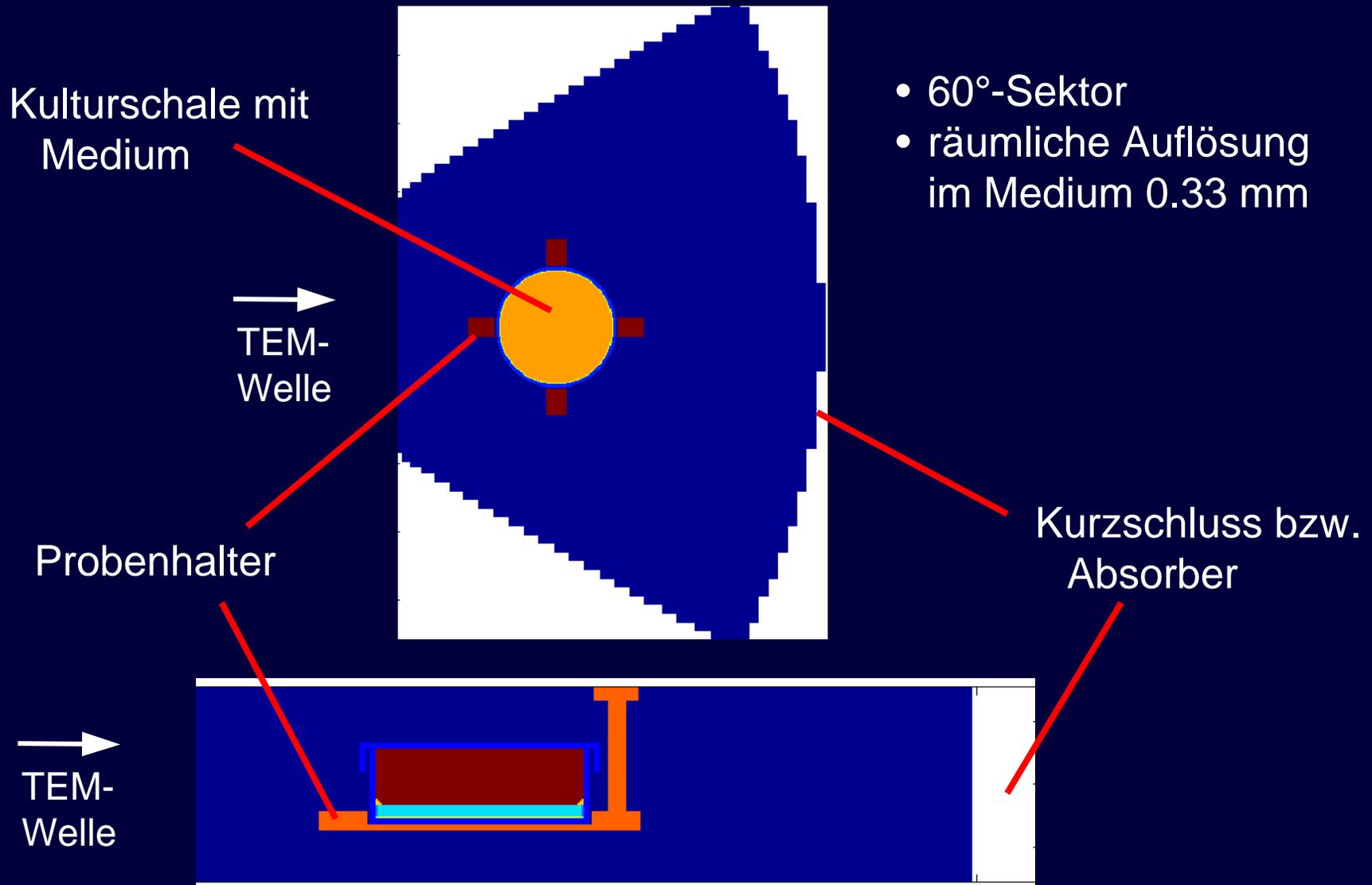


# Feldeinkopplung in das Medium



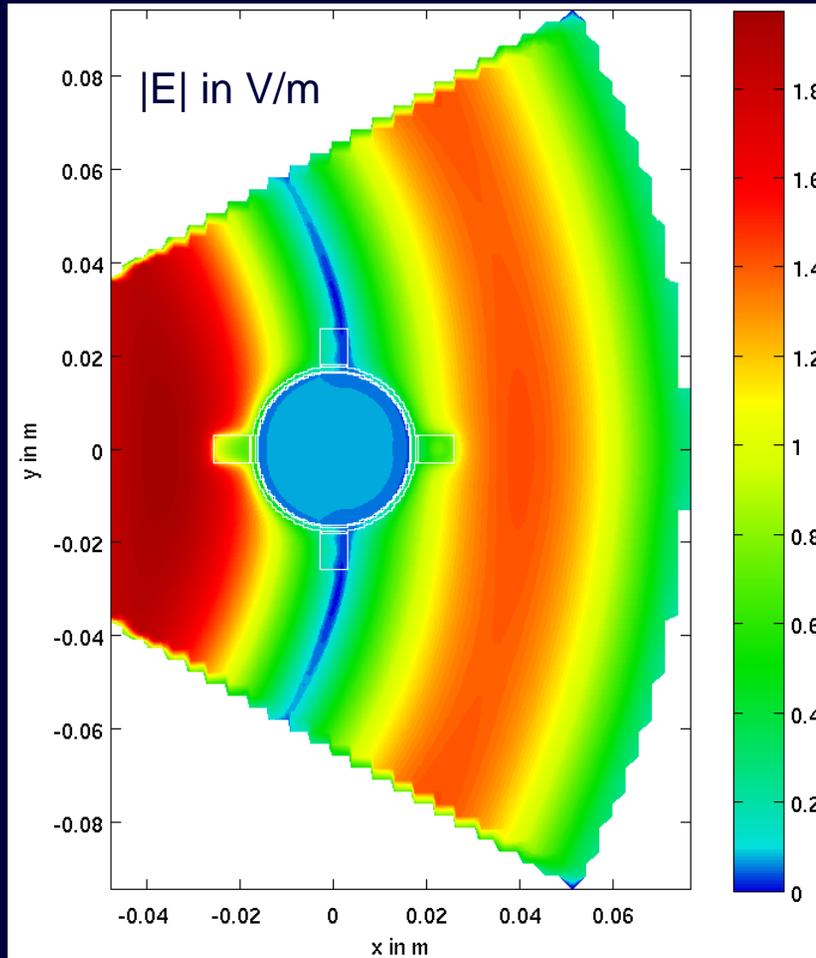
- geringe Feldeinkopplung
- hohe Feldstärken zur Erzeugung der gewünschten SAR notwendig
- Konzepte:
  - Kurzgeschlossene Radiale Wellenleitung
  - Offene (mit Absorber abgeschlossene) Radiale Wellenleitung

# Modell Wellenleitung mit Kulturschale

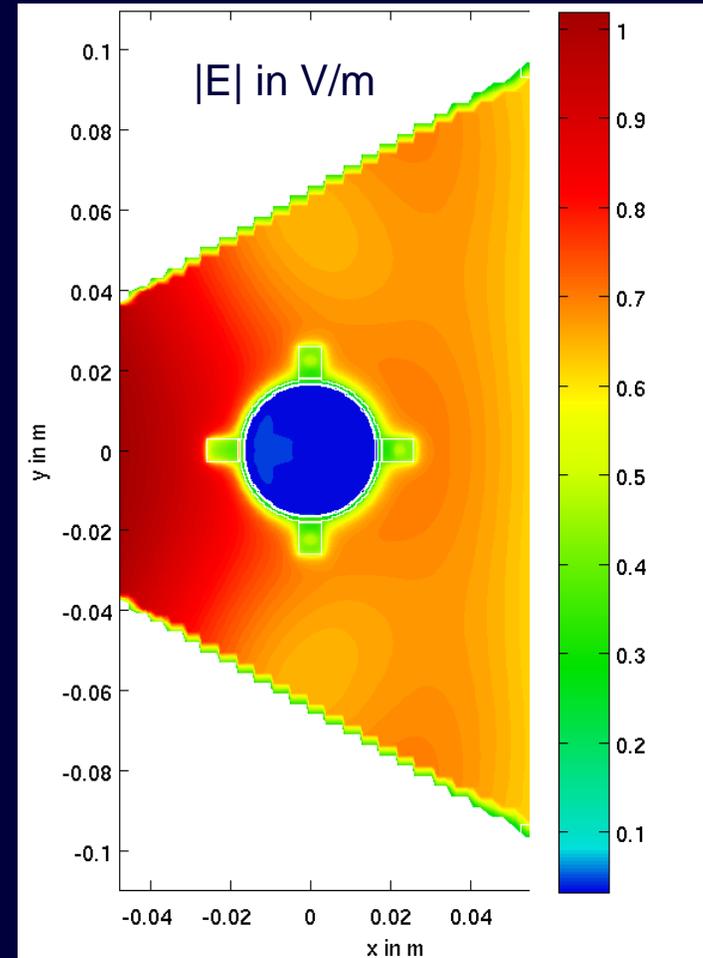


# Feldverteilung ( $f = 2 \text{ GHz}$ )

→  
TEM-  
Welle

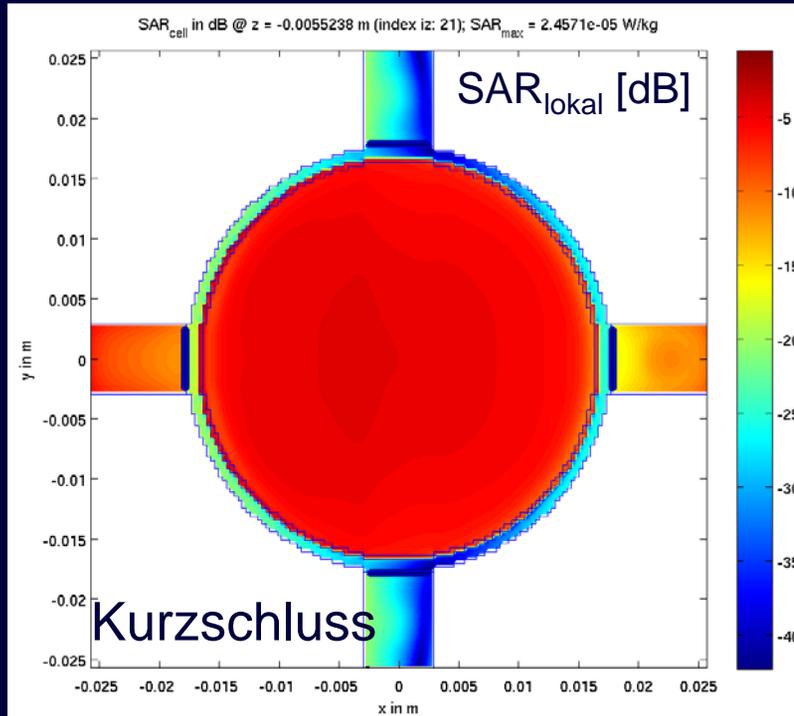


Kurzschluss: Stehwelligkeit,  
Schale  $\lambda/2$  entfernt vom Kurzschluss

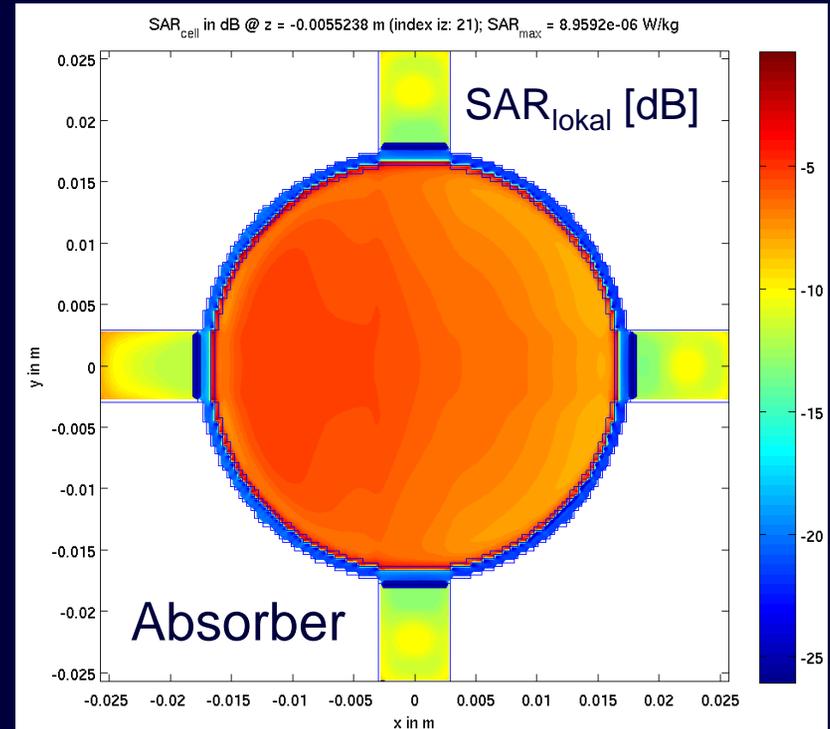


Absorber

# SAR-Verteilung (f = 2 GHz)



$$\sigma_{\text{SAR}} = \pm 22\%$$

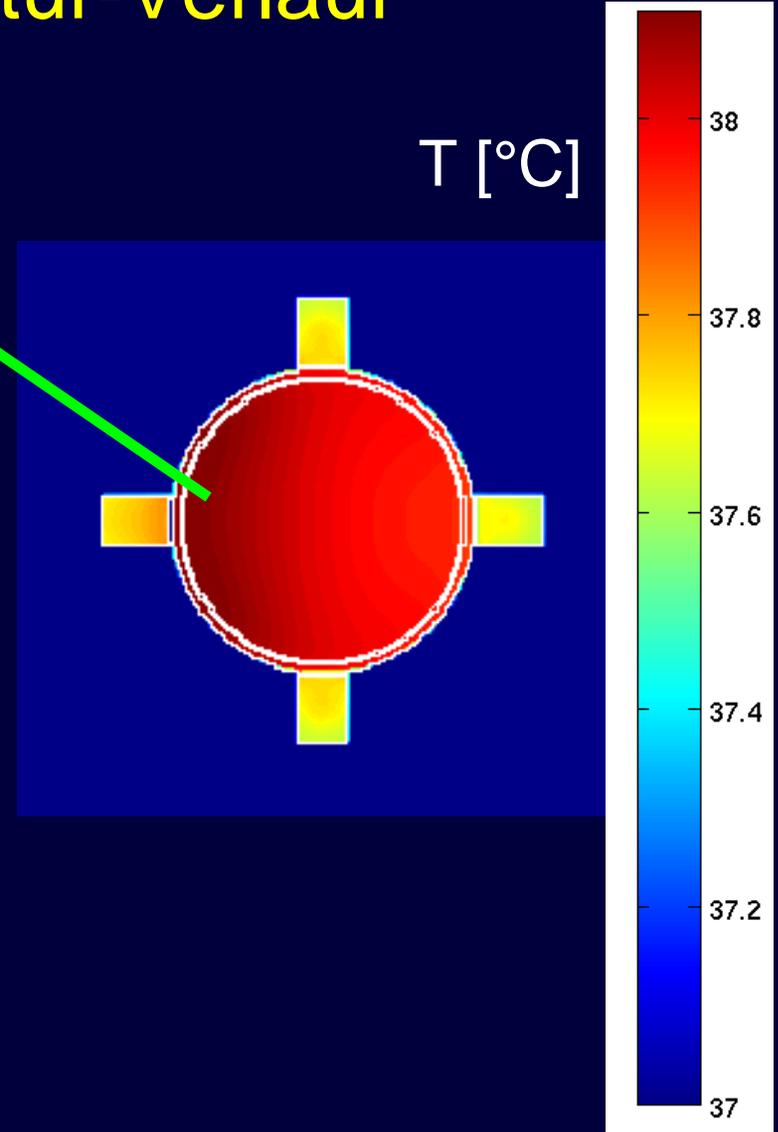
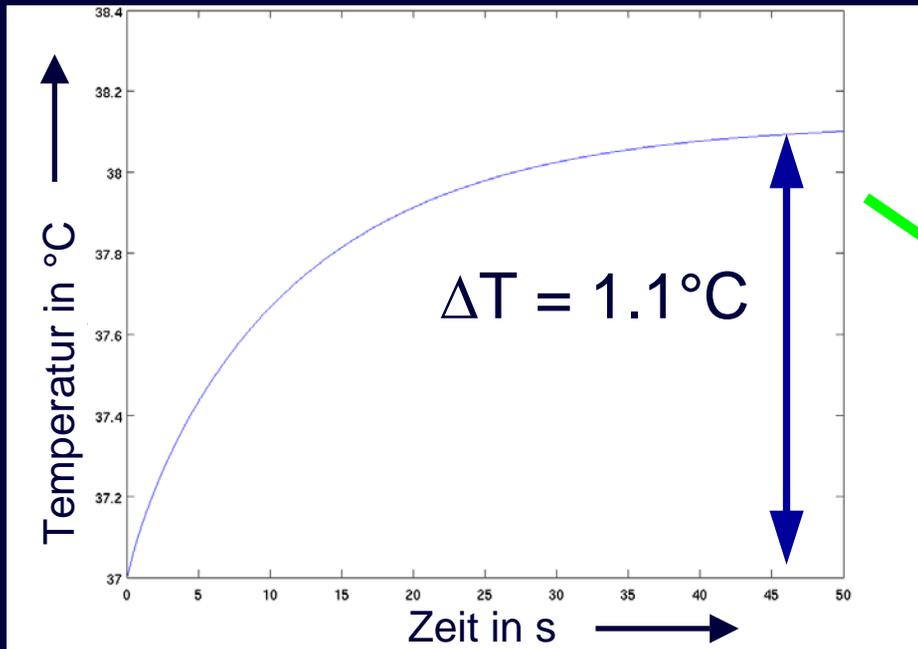


$$\sigma_{\text{SAR}} = \pm 28\%$$

(SAR-Variation aus SAR<sub>lokal</sub> über untere Voxelschicht des Mediums)

$$\text{SAR}_{\text{Kurzschluss}} / \text{SAR}_{\text{offen}} = 3.5$$

# Zeitl. Temperatur-Verlauf



Absorber

$$\text{SAR}_{\text{max}} = 8 \text{ W/kg}$$

$$P_{\text{in}} = \text{c. } 70 \text{ W (CW)}$$

# Zusammenfassung Expositionssystem BHS

- radiale Wellenleiter für jeweils 6 Kulturschalen
- Konzepte: offene oder kurzgeschlossene Wellenleitung
- SAR von 0.4, 1, 3 und 8 W/kg
- $P_{in} = 20 \text{ W (CW)}$  bzw.  $70 \text{ W (CW)}$  für  $SAR_{max} = 8 \text{ W/kg}$
- SAR-Variation  $< \pm 28\%$  (über die die BHS-Zellen einschließende untere Voxelschicht im Medium)
- $SAR_{max} = 8 \text{ W/kg} \rightarrow T > 1^\circ\text{C}$
- Feld- und Temperaturerfassung