



Forschungsprojekt:

Entwicklung eines Kopplungsmodells zwischen Herzschrittmacherelektroden und dicht benachbarten Sendeantennen im Frequenzbereich 50 MHz bis 500 MHz

Prof. Landstorfer, Universität Stuttgart, Institut f. Hochfrequenztechnik

Laufzeit: Februar 1997 – November 1998

Ziel

Computersimulationen von Störspannungen in Herzschrittmacherelektroden durch eingekoppelte EMF zwischen 50 MHz und 500 MHz an einem Körpermodell. Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:

- Computermodellierung der Störspannungsverteilung für Nah- und Fernfeldverhältnisse.
- Messung an einem vereinfachten und an einem realistischen Körpermodell, die mit physiologischer Salzlösung gefüllt waren.

Ergebnis

- Unter **Fernfeld**-Exposition wurden Störspannungswerte von bis zu 0,4 V (Spitze-Spitze, d.h. bei einer elektrischen Welle die Differenz zwischen Wellenberg und Wellental) erreicht. Die Größe der Störspannung nahm mit zunehmender Frequenz tendenziell ab.
- Bei der komplizierteren Situation der **Nahfeld**-Exposition kam man auf maximale Werte der Störspannung von bis zu 30 V (Spitze-Spitze). Auch hierbei verringerte sich die Größe der Störspannung mit zunehmender Frequenz, so daß z.B. bei 400 MHz nur noch eine maximale Störspannung von 6 V auftrat.

Exposition

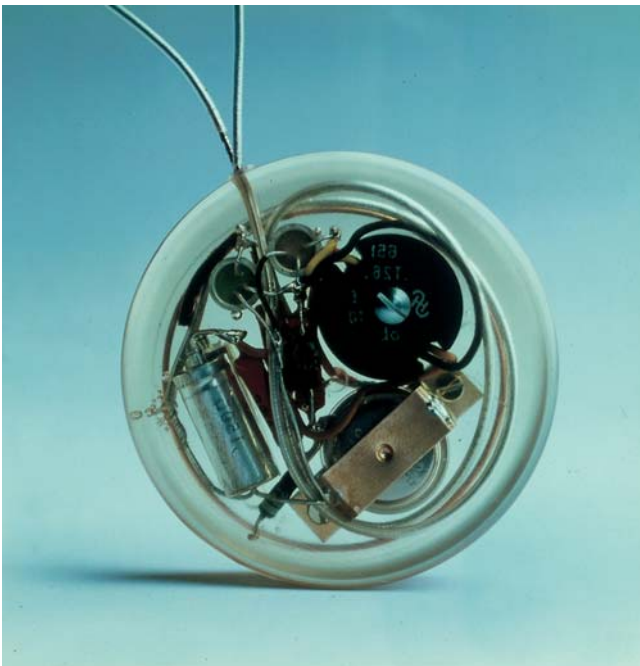
Expositionsparameter	Fernfeld	Nahfeld
Frequenz	50 MHz, 100 MHz, 200 MHz, 300 MHz, 400 MHz, 500 MHz	50 MHz, 100 MHz, 200 MHz, 300 MHz, 400 MHz, 500 MHz
elektrische Feldstärke bzw. abgestrahlte Leistung	1 V/m	1 W



Untersuchungsparameter

- eingekoppelte Störspannung in Abhängigkeit von:
 - Nahfeld- bzw. Fernfeldverhältnissen; abstrahlende Antenne entweder direkt am Körper (Funkgerät) oder weit davon entfernt (Sendeanlage; ebene Welle)
 - Frequenz (50 MHz, 100 MHz, 200 MHz, 300 MHz, 400 MHz und 500 MHz)
 - Einfallsrichtung
 - Polarisation des elektromagnetischen Feldes
 - ellipsoides Modell oder Kopf-Schulter-Modell
 - Implantationsort
 - bei Nahfeld: Einfallsrichtung der elektromagnetischen Wellen, Abstand zur Sendeanenne und Antenneneigenschaften
- „worst case“-Abschätzung (Annahme, mit der alle Parameter so gewählt werden, dass die größtmögliche Störspannung erreicht wird)
- homogenes Körpermodell (die elektrischen Parameter wie Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante wurden über alle Gewebe gemittelt.)

Der Herzschrittmacher

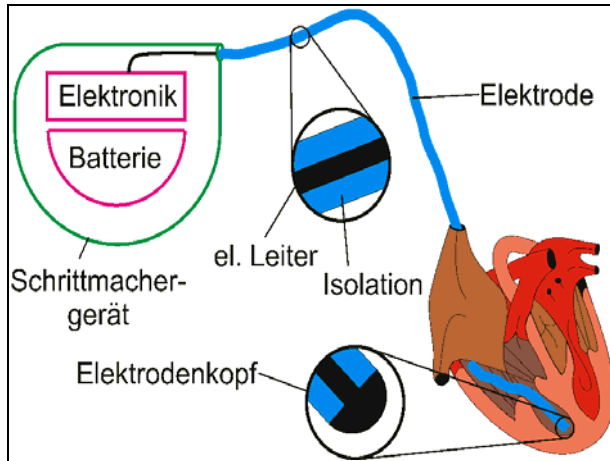


Heutige Herzschrittmacher sind im Vergleich zum hier abgebildeten ersten implantierbaren Gerät von 1958 erheblich weiterentwickelt worden. Trotzdem treten bei entsprechend starken äußeren elektromagnetischen Feldern an den Herzschrittmacherelektroden Störspannungen auf. Diese zu untersuchen (zu „modellieren“) war Aufgabe des Projektes.

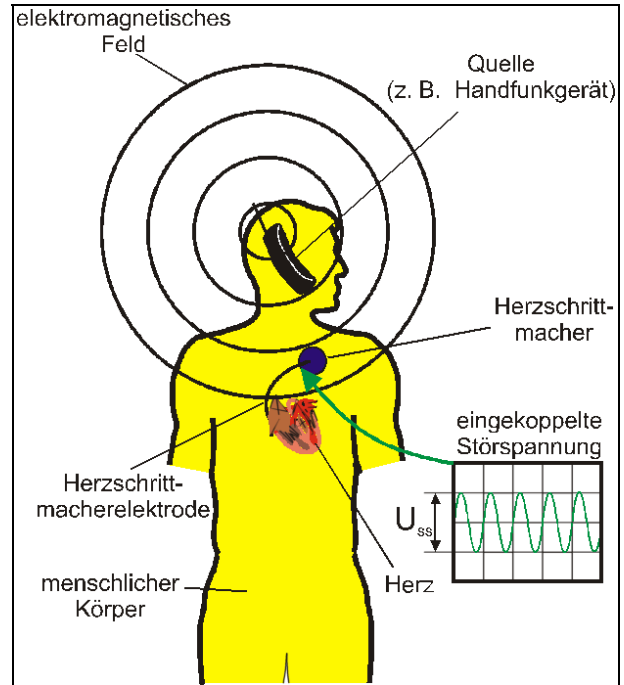


Problemstellung

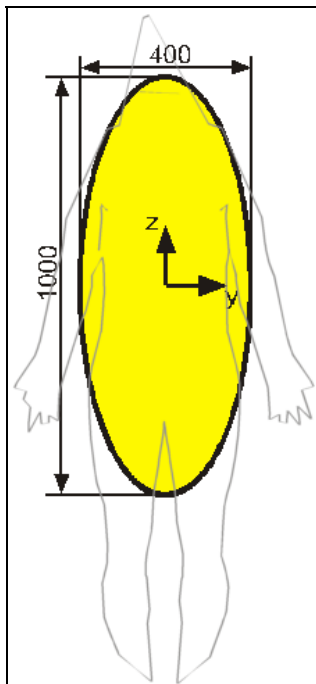
Position der Herzschrittmacherelektrode im Herzen



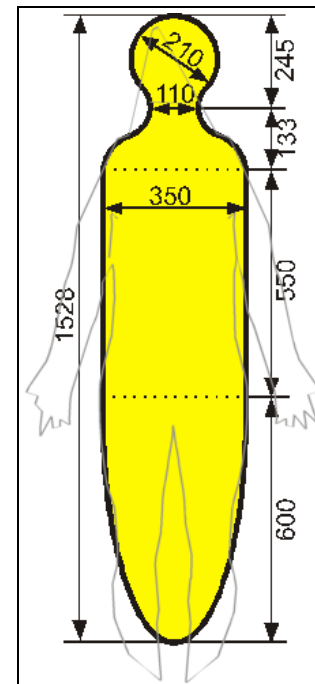
Mögliche Einkopplung einer induzierten Störspannung in der Herzschrittmacherelektrode durch ein elektromagnetisches Feld



Simulationsdesign



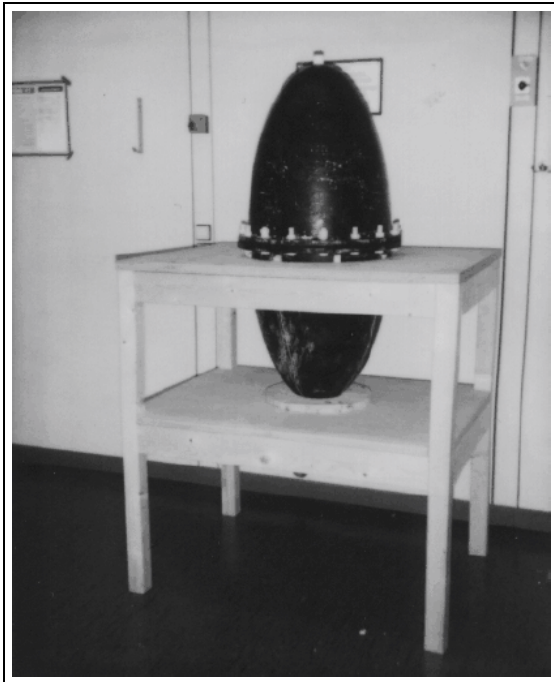
Ellipsoides Körpermodell, das das Äquivalent zum Experimentalmodell darstellt.



Körpermodell mit Kopf und Schulter, rotationssymmetrisch



Versuchsobjekt

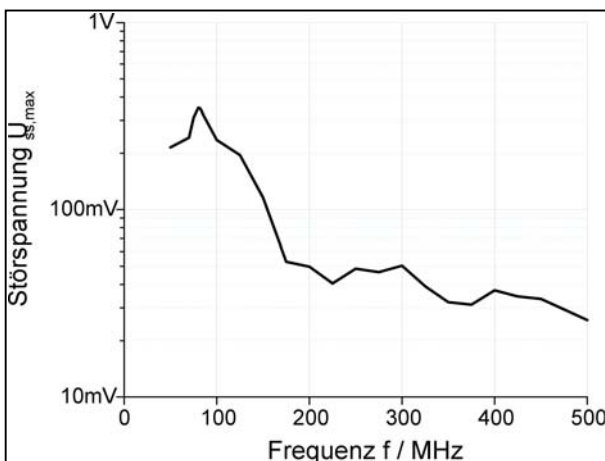


Vereinfachtes Modell, das den menschlichen Körper auf ein rotationssymmetrisches Ellipsoid reduziert. Dadurch vereinfachen sich die zur Simulation nötigen Rechenoperationen, allerdings verringert sich auch die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Menschen.

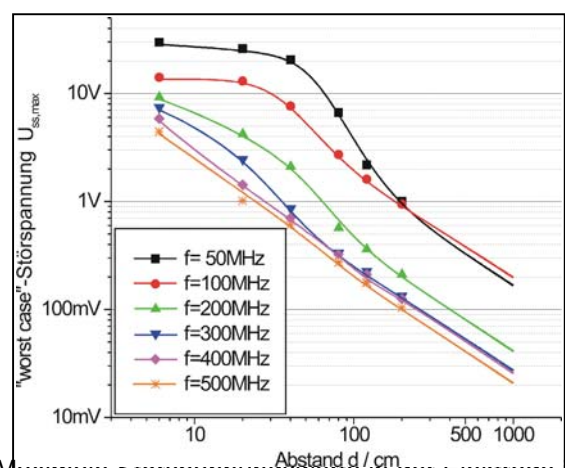


Realistisches Körpermodell, das mit physiologischer Lösung gefüllt werden kann, um Gewebeeigenschaften zu simulieren.

Simulierte Störspannung in der Herzschrittmacherelektrode



Maximale Störspannungswerte in der Elektrode in Abhängigkeit von der Frequenz bei **Fernfeldexposition**.



Maximale Störspannungswerte in der Elektrode in Abhängigkeit vom Abstand des Senders zur Schrittmacherelektrode bei **Nahfeldexposition**. Die Spannungswerte sind für die verschiedenen Frequenzen farblich kodiert.



Veröffentlichungen

“Analysis of electromagnetic scattering problems by an iterative combination of MoM with GMT using MPI for the communication.”

Jakobus, U.; Ruoß, H.O.; Landstorfer, F.M.:

Microwave and Optical Technology Letters, vol.19, No.1, pp.1-4 (1998)

“Efficient MoM-based calculation methods to investigate the interaction between complicated antenna structures and biological bodies.”

Ruoß, H.O.; Jakobus, U.:

Annales des Télécommunications, Vol.54, No.1, pp.43-55 (1999)

„Einkopplung elektromagnetischer Felder in Herzschrittmacherelektroden im Frequenzbereich von 50 MHz bis 500 MHz.“

Geisbusch, L.; Landstorfer, F.M. et al.:

Newsletter der FGF Nr. 1/00, S. 1ff (2000)