



Abstract zum Forschungsprojekt:

Biologische Wirkungen im cm/mm-Wellenbereich
Phase II: Bestimmung der relevanten Gewebeparameter
Phase III: Analyse von Feldstärken im Gewebe

Dr. Gustrau, Dr. Bahr, Dr. Rittweger, Dr. Kullnick
IMST Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik, Kamp-Lintfort

Laufzeit: 4´97 – 10´97

Ziel

Im Rahmen der Vorbereitung nachfolgender biologischer Experimente (siehe FGF-Projekt „Biologische Wirkungen im cm/mm-Wellenbereich: Phase IV: Statistische Versuchsplanung und Anpassung des Meßsystems, Phase V: Neurologische Voruntersuchung und Analyse der vegetativen Parameter) war es Ziel dieser Studie, dielektrische Eigenschaften verschiedener Gewebearten im Frequenzbereich von 200 MHz bis 20 GHz und von 75 GHz bis 100 GHz zu bestimmen und spezifische Absorptionsraten (SAR) der menschlichen Haut und des Auges sowie thermische Effekte im Bereich von cm/mm-Wellen zu ermitteln.

Die Kenntnis des Zusammenhangs zwischen der auf den menschlichen Körper auftreffenden Leistungsflussdichte und der Verteilung der SAR ermöglicht es, eine Aussage zur Dosis-Wirkungsbeziehung in biologischen Experimenten zu treffen, falls in diesen Experimenten Effekte gefunden werden. Die Kenntnis des Zusammenhangs zwischen der auf den menschlichen Körper auftreffenden Leistungsflussdichte und der Wärmewirkung dieser Felder ermöglicht es, sicher zwischen Expositionsszenarien *mit* signifikanter Temperaturerhöhung im Gewebe und Expositionsszenarien *ohne* thermische Effekte unterscheiden zu können.

Methode

Anhand einer Literaturrecherche wurde zunächst der derzeitige Kenntnisstand hinsichtlich dielektrischer Parameter von biologischen Geweben ermittelt. Da für einige Gewebearten des menschlichen Auges keine Informationen vorlagen, wurden in dieser Studie u.a. entsprechende Messungen für die Hornhaut, Netzhaut, Linse, Lederhaut, Glaskörper und die Flüssigkeit der vorderen Augenkammer im o.g. Frequenzbereich durchgeführt.

Zur Berechnung der spezifischen Absorptionsrate der menschlichen Haut wurde ein eindimensionales Schichtenmodell mit Epidermis (Oberhaut), Dermis (Lederhaut: der nach der Oberhaut folgende, bindegewebige Anteil der Haut mit Blutgefäßen und Sinneszellen), Fettgewebe und Muskelgewebe generiert. Als Feldquelle wurde eine senkrecht auf die Haut einfallende homogene, ebene elektromagnetische Welle mit einer Leistungsflussdichte von 10 W/m^2 gewählt. Die dielektrischen Eigenschaften der Gewebe wurden der Literatur entnommen. Die elektromagnetische Feldverteilung in dem eindimensionalen Modell wurde mit einem einfachen analytischen Verfahren berechnet.

Zur Berechnung der elektromagnetischen Feldverteilung im menschlichen Auge wurde ein dreidimensionales rotationssymmetrisches Modell generiert bei dem insgesamt 9 verschiedene Gewebearten berücksichtigt wurden. Als Feldquelle wurde eine homogene, ebene elektromagnetische Welle mit einer Leistungsflussdichte von 10 W/m^2 verwendet.



Die Berechnung der elektromagnetischen Felder im Augenmodell erfolgte mit Hilfe der Methode der Finiten Differenzen im Zeitbereich (FDTD).

Zur Untersuchung thermischer Effekte (in vitro Temperaturmessungen) am Auge wurden frische Schweineaugen verwendet. In vivo Untersuchungen der Oberflächentemperatur der menschlichen Haut wurden an Probanden mit Hilfe der Infrarot-Thermographie durchgeführt. Um die Temperaturmessergebnisse zu überprüfen, wurden darüber hinaus Simulationsrechnungen durchgeführt, bei der Wärmetransportvorgänge in der menschlichen Haut durch die sog. Bio-Wärme-Transfer-Gleichung beschrieben wurden.

Ergebnis

Mit steigender Frequenz ergab sich in den ersten Hautschichten ein Anstieg der maximalen lokalen spezifischen Absorptionsrate (SAR). In den darunter liegenden Fett- und Muskelschichten stieg die SAR nur bis zu einer Frequenz von 5 GHz an, oberhalb dieser Frequenz fiel sie stetig ab. Oberhalb einer Frequenz von 10-20 GHz wird somit praktisch die gesamte Hochfrequenzleistung in den ersten beiden Hautschichten (Epidermis und Dermis) absorbiert.

Beim Auge ergab sich ebenso wie bei der Haut ein rascher Abfall der SAR mit zunehmender Gewebetiefe. Hohe SAR-Werte tauchten im Wesentlichen in der Hornhaut, in der Lederhaut und in der Haut, die das Auge umschließt, auf. Für alle anderen Gewebetypen ergaben sich deutlich reduzierte Werte der SAR.

Die thermischen Messungen bei einer Frequenz von 77 GHz zeigten, dass für Leistungsflussdichten unterhalb des europäischen Grenzwertes die Temperaturerhöhungen kleiner als 0.1°C waren. Laut WHO stellen feldbedingte thermische Wirkungen um 1°C für den Menschen kein Gesundheitsrisiko dar.

Die Ergebnisse der numerischen Analyse bestätigten die gemessenen Temperaturwerte der Haut.