Berechnung und gesundheitliche Bewertung von Stromdichten und Erwärmungen im Körper in magnetischen Wechselfeldern

Magneitc Particle Imaging (MPI) ist ein neues bildgebendes Verfahren der Medizin, welches 2005 von Philips-Mitarbeitern erfunden wurde. Es verspricht die quantitative Abbildung von kleinsten Konzentrationen magnetischer Nanopartikel im menschlichen Körper. Damit wird die Abbildung molekularbiologischer Prozesse im Körper möglich mit weitreichenden Anwendungen in der Diagnostik und Früherkennung von Krankheiten.

MPI arbeitet mit magnetischen Wechselfeldern im Frequenzbereich 10 kHz bis 100 kHz. Dieser Frequenzbereich elektromagnetischer Felder ist weitgehend unerforscht, was die biologische Wirkung auf den menschlichen Körper betrifft. Bekannt ist, dass zeitlich variable magnetische Felder elektrische Felder induzieren und diese elektrischen Felder wiederum im Körper Ströme hervorrufen. Dadurch können Muskeln und Nerven, im Extremfall sogar der Herzmuskel, stimuliert werden. Im niederfrequenten Bereich, wie z. B. dem Wechselstrom aus der Steckdose, sind dazu nur geringe Stromstärken notwendig. Bei steigender Frequenz wird der Körper aber mehr und mehr unempfindlich gegenüber elektrischen Reizen, d. h. die Schwellwerte für Stromreize steigen mit steigender Frequenz an. Man kann mit Sicherheit sagen, dass ab einer Frequenz von 1 MHz Nerven und Muskeln nicht mehr elektrisch stimulierbar sind. Von da an wird die Energie der einstrahlenden Felder in Wärme umgewandelt. Der Frequenzbereich 10 kHz bis 1 MHz ist eine Grauzone, in der beide Effekte – elektrische Stimulation und lokale Erwärmung – auftreten können. Diesen Bereich gilt es in diesem Forschungsprojekt zu untersuchen und die Wirkungen auf den menschlichen Körper abzuschätzen und zu bewerten.

Dazu werden Simulationen mit numerischen Methoden der Feldrechnung durchgeführt. Mit Hilfe von hochaufgelösten Computer-Modellen des menschlichen Körpers lassen sich elektrische Felder und die daraus resultierenden Ströme und Erwärmungen an jedem Ort im Körper berechnen. Daneben finden Messungen an vitalen Herzmuskelpräparaten der Ratte statt zur Bestimmung der Reizschwelle bei steigender Frequenz der Stimulationsströme.

Im Verlauf der bisherigen Arbeit, deren Ergebnisse bereits in zwei Veröffentlichungen publiziert worden sind, entstanden neue interessante Fragestellungen, die in den nächsten zwei Jahren weiterverfolgt werden sollen. Dazu zählen:

- Messungen mit faseroptischen Temperatursensoren in einem Plexiglas-Phantom,
- der Aufbau eines Spulensystems, mit dem die Möglichkeit der induktiven Muskel-Stimulation am Menschen experimentell untersucht werden soll,
- die Optimierung der MPI-Magnetspulen-Anordnung zur Reduzierung der entstehenden Stromdichten und Erwärmungen

Die Ergebnisse sind nicht nur für das MPI Verfahren interessant. Beispielsweise werden auch bei der Tumortherapie mit magnetischen Nanopartikeln Magnetfelder eingesetzt. Dort ist die lokale Erhitzung von krankhaftem Gewebe der erwünschte Effekt, wobei gesundes Gewebe möglichst nicht belastet werden soll.