

auch vorher Beratung durch Fachleute von der norwegischen Strahlenschutzbehörde stattgefunden hatte. Die Berechnungen basieren auf einer Ausgangsleistung von 125 W, der Hälfte der möglichen Leistung. Während des Einsatzes ist die Leistung oft geringer. Außerdem sind die Felder sehr inhomogen, da die Messungen im Nahfeld vorgenommen worden waren.

In der vorliegenden Studie zeigte sich, dass die HF-Felder gering sind und keinen Einfluss auf die Thermoregulation haben und keine signifikanten Veränderungen in der Körpertemperatur hervorrufen. Mögliche nicht-thermische Wirkungen sind nicht auszuschließen. Unklar ist, ob die Höhe oder die Dauer der Feldeinwirkung die wichtigere Rolle spielt. Es ist auch nicht klar, ob es zu einer Akkumulation der HF-Einwirkungen in biologischen Systemen kommt.

Auch wenn diese Studie Grenzen hat, z. B. wie man die Messungen vornimmt und wie man sie bewertet, ist diese Arbeit ein erster Versuch, die Expositionen zu beschreiben und zu berechnen und die Dosisverhältnisse auf Schiffen durch die Belastung mit Hochfrequenz epidemiologisch zu erfassen. Dieser Ansatz kann ein Anfang für die weitere Entwicklung auf dem Gebiet der Epidemiologie sein.

Quelle: Baste V, Mild KH, Moen BE (2010): Radiofrequency Exposure on Fast Patrol Boats in the Royal Norwegian Navy – An Approach to a Dose Assessment. *Bioelectromagnetics* 31, 350–360

Medizinische Technik und Feldbelastung

Elektrochirurgie erzeugt hohe Feldstärken

Das medizinische Personal ist teilweise sehr hohen Feldern ausgesetzt, wenn mit dem Elektroskalpell gearbeitet wird. Die Felder können die von der „International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection“ (ICNIRP) empfohlenen Richtwerte um fast das 10-fache übersteigen. Das haben schwedische Forscher herausgefunden.

Elektrochirurgische Einrichtungen werden heutzutage überall in medizinischen Einrichtungen als Skalpell oder zur Koagulation von Gewebe (z. B. zum Verschließen von Gefäßen) eingesetzt. Es ist nicht ganz klar, wie man die pulsmodulierten mittleren Frequenzen im Sinne der ICNIRP-Richtlinie bewerten soll, besonders bei Pulsen, die nur eine oder wenige Perioden enthalten. Die Diskussion darum ist erneut entbrannt, seit die EU die Verordnung für berufliche Exposition (2004/40/EU) erlassen hat. Die als Sinus- oder gepulste Signale angewendeten Frequenzen liegen zwischen 0,3 und 5 MHz. Für das Schneiden des Gewebes wird schnelle Erhitzung auf über 100 °C benötigt, damit die Zellen zerstört werden. Bei der Koagulation wird für einen langsamen Erhitzungsprozess gepulste Spannung angewendet. Durch die hohen Spannungs- und Stromstärkewerte entstehen hohe Felder an der Spitze der Elektrode (es können dort bis zu 200 V anliegen), denen Schwestern und besonders Ärzte ausgesetzt sind, und die hier genauer untersucht werden sollten. Je nach Bedarf können die Pulse und die Spannung variiert werden und die Voreinstellung des Gerätes regelt während der Arbeit am Patienten den Strom automatisch zum Schutz vor unbeabsichtigter Hitzeschädigung. Deshalb verändert sich die Stromstärke ständig und die tatsächlichen Werte sind kaum bestimmbar.

Zur Messung der Feldstärken wurde ein Elektroskalpell aus deutscher Produktion verwendet; Produkte anderer Firmen haben das gleiche Prinzip. 350 kHz und kontinuierliche Sinusspannung sowie verschiedene gepulste Spannung wurde angelegt je nach gewünschter Funktion. 7 verschiedene Einstellun-

gen wurden mit einer monopolen Elektrode an einem Stück Fleisch gemessen (Messfehler ± 2 dB): Autocut (cw), Drycut (cw), Highcut (Puls), Softcoag (cw), Forcedcoag (Puls) und Spraycoag (Puls). Die Messungen erfolgten in verschiedenen Höhen bis zu 2 m und in der höchsten Wirkungsstufe bei jedem Modus. Im „Spraycoag“-Modus variierte die Spitzenspannung von 1–4 kV. Hier fand man auch das höchste elektrische Feld mit 20 kV/m an Kopf und Rumpf. Der niedrigste Wert ergab sich bei „Softcoag“ mit 0,2–0,4 kV/m, gemessen in verschiedenen Höhen vom Boden bis 180 cm. Beim Magnetfeld lagen die Werte in 10 cm Abstand bei „Softcoag“ bei 0,5 und bei „Swiftcoag“ mit 13 μ T. Das Magnetfeld korrelierte gut mit den berechneten Werten bei 10 cm Abstand. Zur Orientierung: Der ICNIRP-Wert für das Magnetfeld für berufliche Belastung ist 5,7 μ T und der Spitzenwert 20 μ T; beim elektrischen Feld sind es 2,1 bzw. 0,61 kV/m.

Die gemessenen elektrischen Felder überschreiten nah am Kabel die Referenzwerte um das 2- bis 3-fache im „Autocut“- bzw. „Highcut“-Modus. All diese Werte wurden in einem Stück Fleisch ermittelt und es wurde permanent im „Worst-case“-Fall gemessen. In realen Situationen variieren die Felder stark, man hat verschiedene Gewebearten und der Abstand zum Kabel verändert sich. Da der Chirurg das Kabel meistens über der Schulter hat, sind dauernde Überschreitungen zu erwarten. In den ersten hundert Millisekunden ist der Strom viel höher, weshalb das Magnetfeld anfangs sehr hoch ist. Es kann sein, dass auch andere Personen als die Chirurgen, wie Krankenschwestern und Anästhesisten, von den hohen Feldern betroffen sind. Wie man damit umzugehen hat, ist unklar. Im Bereich der Frequenzen 100 kHz–10 GHz ist sowohl Erwärmung des Gewebes als auch Nervenreizung möglich. Die gemittelten 6-Minuten-Werte der ICNIRP zum Schutz vor thermischer Schädigung wie auch die Referenzwerte zum Schutz vor Nervenreizung für den Bereich 100 kHz–10 GHz müssen somit berücksichtigt werden. Wenn die EU-Kommission die ICNIRP-Werte übernimmt, werden diese Werte im normalen Betrieb überschritten.

Die Autoren meinen abschließend, dass daran gearbeitet werden muss, die Streufelder durch Konstruktionsmaßnahmen zu reduzieren. Abschirmen der Kabel reduziert die elektrischen Felder um den Faktor 10, aber dann könnte der HF-Strom durchsickern und woanders Verbrennungen hervorrufen.

Quelle: De Wilén J (2010): Exposure Assessment of Electromagnetic Fields Near Electrosurgical Units. *Bioelectromagnetics*, DOI: 10.1002/bem.20588

Statische Magnetfelder und γ -Strahlung

Wirkung von Magnetfeldern auf DNA und deren Reparatur

Werden Leukozyten im Blut γ -Strahlung (^{60}Co Strahlenquelle) und zusätzlich homogenen oder inhomogenen statischen Magnetfeldern ausgesetzt, entstehen unterschiedlich ausgeprägte DNA-Schäden in Form von Strangbrüchen. Unter bestimmten Bedingungen erfolgt nach einer gewissen Zeit eine Reparatur der Schäden.

Anlass zu diesen Experimenten war die immer weiter ausge-dehnte Nutzung der Magnetresonanz-Geräte in der Medizin. Viele wissenschaftliche Experimente haben eine Wirkung dieser Magnetfelder auf verschiedene Zellen gezeigt. In diesen Experimenten sollte untersucht werden, ob die Kombination von homogenen und inhomogenen statischen Magnetfeldern (hSMFs und iSMFs) mit γ -Strahlung eine Veränderung der