

# ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

16. Jahrgang / Nr. 9

www.elektrosmogreport.de

September 2010

## Epidemiologie Hochfrequenz

### Strahlenbelastung auf norwegischen Marineschiffen

**Auf den Patrouillenbooten der norwegischen königlichen Marine wurden die Feldbelastungen durch Radar- und Funkgeräte untersucht. Diese Schnellboote sind relativ klein, daher ist die Besatzung nah an den Strahlenquellen dran. In dieser Arbeit wurden den Forschern die Messwerte von der Marine zur Verfügung gestellt, damit jährliche Gesamtdosis und Expositionsbedingungen bestimmt werden können. Die Art der Berechnungen, die in dieser Arbeit angestellt werden, kann auch für andere epidemiologische Studien verwendet werden.**

Die Grundlagen zur Bestimmung von Feldbelastung und Dosis sind nicht genau definiert, auch die gleichzeitige Einwirkung mehrerer Feldquellen und Frequenzen ist kaum erforscht. In einer Studie im Jahr 2008 hatten Baste und Mitarbeiter herausgefunden, dass bei Marinesoldaten, die starken Hochfrequenzfeldern ausgesetzt sind, vermehrt Unfruchtbarkeit auftritt und dass bei Geburten das Verhältnis zwischen Mädchen und Jungen verschoben ist (s. ElektrosmogReport 5/2008). Eine andere Arbeit hatte keine Messwerte verwendet, sondern den Aufenthaltsort auf dem Schiff zugrunde gelegt. Seit 1990 werden die elektrischen Felder der Funkanlagen bei der norwegischen Marine gemessen, seit 2004 elektrische und magnetische Felder nach ICNIRP-Richtlinie, um Sicherheitsabstände während der Arbeit festlegen zu können. Zusätzlich gibt es Messungen von den Sendeantennen und des Radars an bestimmten festen Punkten auf dem Schiff, auf Deck und im Inneren der Schiffe. Die drei Messberichte der Marine wurden den Forschern zur Verfügung gestellt (ohne die VHF- und UHF-Messungen).

In der norwegischen Marine werden 5 Klassen von Booten eingesetzt. Sie sind 25–36 m lang und 6–7 m breit. Die Besatzung besteht aus 18–25 Personen. Die Ausstattung mit Funktechnik ist bei allen gleich, sie besteht aus 2 HF-Antennen neben VHF- und UHF-Antennen. Seit 1995 gibt es eine 3. Antenne für die Datenkommunikation. Dazu kommen 2 Radarsysteme, eins für die Navigation (9,4 GHz) und eins für die Waffenkontrolle (9,1 GHz) mit einer Spitzenleistung von 25 kW. Für diese Studie wurde das Schiff in 3 Teile eingeteilt: Obere Brücke, Vordeck und Achterdeck. Im Innenbereich gab es die Aufteilung Offiziersmesse, Kapitänskabine und Brücke.

Die auf den Booten vorhandenen Geräte arbeiten in den Bereichen 2,1–8 MHz bei 10–250 W, 9,4 GHz bei 25 kW peak (Navigationsradar) und 9,1 GHz bei 25 kW peak (Waffenkontrollradar, 10 min/h, wenn das Schiff im Einsatz ist). Das Navigationsradar ist permanent aktiv, die anderen Geräte zwischen 8,5 und 15 Minuten pro Stunde. Von 1950–1979 waren die

Schiffe 9 Monate/Jahr im Einsatz, seit 1980 6 bzw. 3 Monate/Jahr.

Für genauere Informationen zu den Bedingungen an Bord wurden 4 Personen befragt, die während verschiedener Zeiträume, an verschiedenen Arbeitsplätzen und auf verschiedenen Schiffsklassen gearbeitet hatten. Die Bedingungen waren über die Zeit fast gleich geblieben. Die HF-Sender arbeiten seit 1950 98 % der Zeit mit Frequenzen zwischen 2,1 und 8 MHz, die gebräuchlichsten Frequenzen waren 2,1–4 MHz. Die Ausgangsleistung geht von 10 W bis 250 kW. Die 3 zur Verfügung gestellten Messberichte enthielten alle Informationen außer dem Typ der Sendeanlagen und den Werten der VHF- und UHF-Antennen. Die Messungen erfolgten an 15 Punkten auf dem Schiff, gemessen wurden die Frequenzen von 2,1–30 MHz in Schritten von 0,5 MHz.

Die Ergebnisse: Im Bereich 2,1–4 MHz variierten die elektrischen Felder von 1,8–7,2 V/m auf der oberen Brücke und 1,7–49 V/m auf dem Achterdeck. Die durchschnittlichen Werte über alle Frequenzen reichten von 2,2–115 V/m. In der Offiziersmesse betragen die Werte 0,3–1,9 V/m. In der Kapitänskabine war das durchschnittliche elektrische Feld am Kopf 229 V/m; in der Mitte der Koje und auf der Brücke jeweils 25 V/m. Beim Magnetfeld gab es wenige Messwerte, die wurden nur innen und auf der oberen Brücke gemessen. Deshalb ist eine Bewertung schwer vorzunehmen.

In dieser Studie wurde die Exposition in Form von linearen und räumlichen Durchschnittswerten sowie die Gesamtbelastung berechnet und als Prozent und quadrierte Abweichung der ICNIRP-Referenzwerte angegeben. Für die Gesamtbelastung wurden diese Berechnungen aufsummiert. Zur besseren Übersicht sollen hier nur die Prozente der ICNIRP-Referenzwerte angegeben werden. Die Gesamtbelastung betrug auf der Brücke 9,7 %, auf dem Vordeck 2,2 %, auf dem Achterdeck 35 %, der Brücke innen 41 % und in der Kapitänskabine 157 %.

In der Diskussion wird darauf hingewiesen, dass die Messungen von der Marine vorgenommen wurden, insofern sind Unsicherheiten in Durchführung und Kontrolle möglich, wenn

## Weitere Themen

### Hohe Felder in der Elektrochirurgie, S. 2

Beim Schneiden und Verschweißen von Gewebe ist das Personal z. T. stark mit Hochfrequenz belastet.

### Gamma-Strahlung und Magnetfelder, S. 2

Statische Magnetfelder in Kombination mit  $\gamma$ -Strahlung verändern die DNA-Schädigung und -Reparatur.

### Fragliche Forschungsförderung, S. 3

Ein neues Forschungsvorhaben an der Jacobs Universität Bremen sorgt für Kritik.

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  $\pm 2$  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 Spitzenpannung 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  $\mu$ 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  $\mu$ T und der Spitzenwert 20  $\mu$ 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 $\gamma$ -Strahlung

# Wirkung von Magnetfeldern auf DNA und deren Reparatur

**Werden Leukozyten im Blut  $\gamma$ -Strahlung ( $^{60}\text{Co}$  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  $\gamma$ -Strahlung eine Veränderung der