

# ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

15. Jahrgang / Nr. 5

www.elektrosmogreport.de

Mai 2010

## Epidemiologie Niederfrequenz

### Berufliche Belastung an Hochspannungsleitungen

**In Finnland wurde untersucht, welchen Feldbelastungen Elektriker ausgesetzt sind, wenn sie an 110-kV-Hochspannungsleitungen arbeiten. Unter vier verschiedenen Bedingungen gemessen, wurden die Grenzwerte der EU für die elektrischen Felder dreimal überschritten. Bei den Magnetfeldern gab es keine Grenzwert-Überschreitungen.**

Das Ziel war festzustellen, ob die Werte nach der EU-Richtlinie 2004/40/EC überschritten werden. An 7 verschiedenen 110-kV-Leitungen in der Gegend von Tampere hat man die Höhe der elektrischen und magnetischen Felder während verschiedener beruflicher Arbeiten gemessen: 1. Gehen oder bedienen von Geräten am Boden, 2. Arbeiten auf einer Arbeitsplattform, 3. arbeiten in der Nähe einer Transformatorstation oder Benutzung einer Leiter, 4. Wechseln einer Glühbirne von einem Personenaufzug aus. In früheren Studien, durchgeführt von der Technischen Universität Tampere, wurden die Grenzwerte bei 400-kV-Leitungen bei 75 % der Messwerte überschritten.

Am 30. April 2004 veröffentlichte die EU die „Richtlinie zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder)“. In der Richtlinie ist von „Expositionsgrenzwerten“ und „Auslösewerten“ die Rede. Der Expositionsgrenzwert liegt für 50 Hz bei  $10 \text{ mA/m}^2$ , das ist die Stromdichte für Kopf und Körper. Die „Auslösewerte“ liegen bei 10 kV/m für das elektrische Feld und  $500 \mu\text{T}$  für die magnetische Flussdichte. Unter Expositionsgrenzwert ist zu verstehen, dass nach biologischen Erwägungen bei diesen Werten keine direkten Auswirkungen auf die Gesundheit nachgewiesen wurden. In der Richtlinie heißt es: „Durch die Einhaltung dieser Grenzwerte wird gewährleistet, dass Arbeitnehmer, die elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sind, gegen alle bekannten gesundheitsschädlichen Auswirkungen geschützt sind.“ Als Auslösewert ist definiert, dass „die Größen direkt messbarer Parameter, die als elektrische Feldstärke (E), magnetische Feldstärke (H), magnetische Flussdichte (B) und Leistungsdichte (S) angegeben wird und bei deren Erreichen eine oder mehrere der in dieser Richtlinie festgelegten Maßnahmen ergriffen werden müssen. Die Einhaltung dieser Werte gewährleistet die Einhaltung der maßgeblichen Expositionsgrenzwerte.“

Während des Sommers 2008 wurden an allen sieben Hochspannungsleitungen an denselben Positionen, in denen normalerweise gearbeitet wird, Messwerte aufgenommen. Zusammen waren es 89 Messungen der elektrischen Felder und 99 bei den Magnetfeldern. Im Fall 2, während der Arbeit von einer Platt-

form aus, wurden die Grenzwerte der elektrischen Felder dreimal überschritten. Der Maximalwert der elektrischen Felder betrug  $16,6 \text{ kV/m}$  (im Fall 2 – Arbeiten von der Arbeitsplattform aus). Die elektrischen Felder waren sehr inhomogen. Die Grenzwerte der Magnetfelder wurden in keinem Fall überschritten. Der höchste Wert der Magnetischen Flussdichte betrug  $260 \mu\text{T}$  beim Arbeiten im Transformatorbereich.

Die Messungen besagen, dass unter normalen Arbeitsbedingungen die Grenzwerte nur selten überschritten werden, und das nur an bestimmten Stellen. Diese Überschreitungen können vermieden werden, indem Maßnahmen zur Verminderung der elektrischen Felder ergriffen werden.

#### Quelle:

Korpinen LH, Pääkkönen RJ (2010): Occupational Exposure to Electric and Magnetic Fields During Work Tasks at 110 kV Substations in the Tampere Region. *Bioelectromagnetics* 31, 252–254

## Magnetfeldwirkung Niederfrequenz

### Magnetosomen werden durch Magnetfelder beeinflusst

**An dem Stamm AMB-1 von Magnetospirillum, einer auf das Erdmagnetfeld reagierenden Bakterienart, wurde untersucht, wie ein 50-Hz-Magnetfeld mit der Feldstärke 2 mT auf die Bildung der Magnetosomen einwirkt. Die Ergebnisse zeigen, dass das Zellwachstum nahezu unverändert bleibt, jedoch der zelluläre Magnetismus signifikant zunimmt.**

Magnetobakterien sind Gruppen von Mikroorganismen, die das Erdmagnetfeld spüren können, weshalb sie als magnetotaktische Bakterien bezeichnet werden. Sie synthetisieren Zellstrukturen, die man Magnetosomen nennt. Sie eignen sich besonders gut zur Untersuchung der Mechanismen, die bei der Wahrnehmung des Magnetfeldes eine Rolle spielen (bekannt

#### Weitere Themen

##### Geringe Magnetfeldwirkung auf das Gehirn, S. 2

Eine Meta-Analyse von 9 epidemiologischen Untersuchungen ergab kaum eine Wirkung von 50-Hz-Feldern.

##### Genexpression und Zellwachstum ..., S. 2

... werden durch gepulste Felder in Knochenzellen erhöht, ebenso wie die Mineralisierung der Knochen.

##### Magnetfelder und Hirnleistung, S. 3

Niederfrequente Magnetfelder (50 Hz) haben geringen Einfluss auf die Hirntätigkeit.

bei Fischen, Bienen und Zugvögeln zur räumlichen Orientierung). Andere höhere Lebewesen besitzen ebenfalls biogene Magnetitpartikel aus Magnetit oder Greigit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$  bzw.  $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ) und die Idee ist, dass diese magnetischen Bestandteile Ionenkanäle in den Membranen öffnen (Magnetschalter) und so durch das Erdmagnetfeld physiologische Prozesse anlaufen (Kirschvink).

Das Ziel dieser Experimente war, den Prozess der Bildung von Magnetosomen während des exponentiellen Wachstums der Bakterienkulturen zu verfolgen. Insgesamt gab es 56 Gläser mit Bakterienkulturen, 28 als Kontrollen (Scheinbehandlung) und 28 mit Magnetfeld behandelte Zellen (PMF-Zellen). Zu jedem Zeitpunkt wurden 4 Proben entnommen. Bei 28 °C angeimpft (Zeitpunkt 0), entnahm man nach Eintritt in die exponentielle Wachstumsphase über einen Zeitraum von 24 Stunden Proben für die Tests (nach 2, 4, 8, 12, 16 und 24 Stunden). Die Bildung der Magnetosomen wurde mikroskopisch untersucht. Nach 16 Stunden erfolgten die Bestimmung des Eisengehalts und Anzahl und Größenverteilung der Magnetpartikel pro Zelle. Alle Experimente wurden dreimal wiederholt. Die Messung des natürlichen Erdmagnetfeldes ergab vertikal 32  $\mu\text{T}$ , in Nord-Süd-Richtung 21  $\mu\text{T}$  und in Ost-West-Richtung 9  $\mu\text{T}$ . Das 50-Hz-Magnetfeld der Umgebung betrug weniger als 200 nT. Die Richtung des künstlichen Magnetfeldes verlief vertikal, thermische Wirkung konnte ausgeschlossen werden.

Nach 8 Stunden war die maximale Zelldichte erreicht. Es gab keine signifikanten Unterschiede im Wachstum der Zellen zwischen scheinexponierten und exponierten Kulturen. Die Anzahl der Magnetteilchen pro Zelle war höher in den exponierten Bakterienkulturen als in den Kontrollzellen. Der Magnetismus nahm in den PMF-Bakterien signifikant zu, die Anzahl der Magnetpartikel war fast 15 % (22,6 zu 26,0) höher und die Größenverteilung unterschied sich auch deutlich: In den PMF-behandelten Zellen fand man erhöhte Anteile von kleinen (< 20 nm, Partikel mit superparamagnetischen Eigenschaften) und großen Magnetosomen (> 50 nm). Zudem gab es dort größere Variationen in Kristallgrößen und -formen als bei den Kontrollen. Partikelgrößen von > 20 bis < 50 nm hatten bei den Kontrollen einen größeren Anteil. Auch die Anzahl der Segmente in der Magnetosomenkette war unterschiedlich. Die Eisenanreicherung war um 4,35 % höher in den PMF-Zellen, ein Ergebnis, das zu der erhöhten Anzahl der Magnetpartikel passt.

**Quelle:** Pan W, Chen C, Wang X, Ma Q, Jiang W, Lv J, Wu LF, Song T (2010): Effects of Pulsed Magnetic Field on the Formation of Magnetosomes in the Magnetospirillum sp. Strain AMB-1. *Bioelectromagnetics* 31, 246–251

## Niederfrequente Magnetfelder

# Meta-Analyse zur Magnetfeldwirkung auf Hirnleistungen

Es gibt viele verschiedene Studien zur Wirkung von 50-Hz-Magnetfeldern auf die Hirnleistungen, die aber widersprüchliche Ergebnisse hatten, bedingt durch verschiedene Studienausführungen und methodische Mängel. Hier wurden 17 Studien näher auf ihre Verwertbarkeit untersucht, 9 davon wurden in dieser Meta-Analyse berücksichtigt, weil nur diese die Mindestanforderungen erfüllten. In einigen Studien gab es signifikante Unterschiede zwischen Feldeinwirkung und Scheinbehandlung.

In den letzten 20 Jahren wurden viele Untersuchungen zur Wirkung von niederfrequenten Magnetfeldern auf verschiedene physiologische Funktionen beim Menschen durchgeführt.

Insgesamt sind die Ergebnisse widersprüchlich. Die Originalarbeiten (Veröffentlichungen vor März 2009) wurden über die amerikanische Datenbank PubMed herausgesucht und aus einer eigenen Literaturliste. Von insgesamt 27 Arbeiten kamen 17 in die engere Wahl; davon blieben schließlich 9 für die Auswertung übrig. Die zugrunde gelegten Kriterien umfassten u. a. mindestens einfache Verblindung und Mittelwerte und Standardabweichung der abhängigen Variablen. In allen Studien wurden 50-Hz-Magnetfelder angewendet.

Geringe, aber signifikante Unterschiede konnten bei zwei verschiedenen Arten von Hirnleistungen ausgemacht werden. In der höchsten und mittleren Anforderungsstufe der Unterscheidung von Lichteindrücken schnitten die Personen unter Magnetfeldeinwirkung besser ab als die Kontrollpersonen, in der mittleren Anforderungsstufe waren die Kontrollpersonen besser. Zudem gab es eine signifikante Verbesserung der richtigen Antworten beim Flexibilitätstest bei den mit Magnetfeld behandelten Probanden.

Diese Meta-Analyse liefert wenige Hinweise, dass niederfrequente Magnetfelder einen Einfluss auf die kognitiven Hirnfunktionen haben. Nur in zwei Tests gab es signifikante Ergebnisse. Kein unterschiedliches Verhalten findet man in den meisten Studien bei Reaktionszeit, Zeit der Auswahlreaktion, Unterscheidungsvermögen, Erinnerungsvermögen, z. B. Worterinnerung, Reaktionszeit und Bildererkennung. Allerdings gibt es Schwierigkeiten in der Interpretation der Ergebnisse. Bei einer Studie allerdings, die vollkommen wiederholt worden war, deckten sich die Ergebnisse.

Diese Meta-Analyse ist die erste, die sich mit 50-Hz-Magnetfeldwirkungen auf das Gehirn befasst. Die Aussagefähigkeit ist begrenzt, da vor allem die Anzahl der einbezogenen Studien und deren Qualität gering sind. Insgesamt sind Reaktionszeit, Merkfähigkeit und geistige Flexibilität getestet worden, aber die sehr verschiedenen Durchführungen der Tests sind ein großes Problem. Die Meinung der Autoren ist, es mache keinen Sinn, immer neue Tests auf verschiedene Weise durchzuführen. In Zukunft sollten von den Forschern standardisierte Methoden angewendet werden. Als Schlussfolgerung bleibt, dass die Ergebnisse der Meta-Analyse kaum Hinweise dafür liefert, dass 50-Hz-Magnetfelder die Hirnleistungen beeinflussen. Wenn man überhaupt Wirkungen sieht, dann könnten zwei Bereiche betroffen sein: geistige Flexibilität und die Fähigkeit, Lichteindrücke zu verarbeiten. Aber die wenigen signifikanten Ergebnisse dieser Meta-Analyse sind mit sehr viel Vorsicht zu betrachten. Auch weil die gesehenen Wirkungen sehr schwach sind, und die daher im täglichen Leben kaum auffallen werden. Auch sind die zugrunde liegenden Mechanismen nicht klar, betonen die Autoren.

**Quelle:** Barth A, Ponocny I, Ponocny-Seliger E, Vana N, Winker R (2010): Effects of Extremely Low-Frequency Magnetic Field Exposure on Cognitive Functions: Results of a Meta-Analysis *Bioelectromagnetics* 31, 173–179

## Zellforschung Niederfrequenz

# Gepulste Felder beschleunigen Wachstum und Genexpression

Während der Differenzierung von mesenchymalen Stammzellen zu Knochenzellen, die gepulsten elektromagnetischen 15-Hz-Feldern ausgesetzt waren, wurden verschiedene Parameter untersucht. Zellwachstum, Expression verschiedener Gene und Alkalische Phosphatase (ALP) waren si-