

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

15. Jahrgang / Nr. 11

www.elektrosmogreport.de

November 2009

Nieder- und Hochfrequenz

Feldstärken in niederösterreichischen Haushalten

Eine in Niederösterreich durchgeführte Untersuchung hat in Schlafräumen die dort vorhandenen statischen, niederfrequenten und hochfrequenten Felder gemessen, um einen Überblick über die Gesamtheit der Felder in Wohnstätten zu bekommen. Dies ist die erste Untersuchung, die alle Feldarten gleichzeitig bestimmt hat.

Zweck dieser Untersuchung war, die gesamte Expositionssituation in den Haushalten zu erfassen, anders als es in allen anderen Untersuchungen bisher geschehen war. Die erhaltenen Werte sollen als Referenzwerte für künftige Messungen dienen, um einen Trend für die Entwicklung der Expositionen feststellen zu können. Die Untersuchung wurde in 226 Haushalten vorgenommen. 154 beteiligte Haushalte lagen in ländlichen Gebieten, 56 in kleineren und 16 in größeren Städten. 87 % der Haushalte waren freistehende Häuser; in 49 % der Haushalte standen die Betten im Obergeschoss, bei 44 % im Erdgeschoss. 81 % der Häuser waren aus Backsteinen gebaut und sie waren weniger als 10 bis über 50 Jahre alt. Das entspricht prozentual der gesamten Wohnstruktur in Niederösterreich. Für die statistischen Berechnungen wurde zwischen Einfamilienhäusern und Wohnungen in Mehrfamilienhäusern einerseits und städtischen und ländlichen Gebieten andererseits unterschieden. Die Daten der Langzeitmessungen wurden während der Nachtstunden erhoben (von 22 bis 6 Uhr), weil das die Zeit ist, in der die Menschen an einem festen Ort verweilen. Einige Messungen erfolgten am Tag. Nach der ersten Messung wurden Maßnahmen zur Reduzierung der Felder in der Nähe des Bettes vorgenommen und eine zweite Messung angeschlossen. Die Magnetfelder wurden getrennt bei 16,7 Hz, 5–2000 Hz und 2–100 kHz gemessen.

Die elektrostatischen Felder waren gering (Median 200 V/m, Min/Max 0/1500 V/m). Betten und Teppiche waren nicht geladen; bei den Vorhängen wurden in 40 % der Fälle 500 V/m überschritten. Die Entladungszeit betrug bei 41 % der Vorhänge < 10 s und bei 51 % > 30 s. Bei allen Vorhängen mit mehr als 2000 V/m dauerte die Entladung > 30 s. Das arithmetische Mittel bei den elektrischen Feldern betrug 37,4 V/m, das geometrische 22,7 (Median 26,2). 5 % hatten < 2,6 V/m, 5 % > 117 V/m.

Kurzzeitmessungen der niederfrequenten Magnetfelder ergaben in 18,2 % der Haushalte am Bett Magnetfelder von 100 nT, davon 10,2 % durch Trafos elektrischer Geräte und 8 % durch Hochspannungsleitungen. Feldstärken über 100 nT wurden in 2,3 % der Haushalte, 300 nT und mehr bei 3,1 % ermittelt, wovon 2,2 % von Transformatoren stammten. Bei 2–100 kHz waren nur 0,5 nT zu finden. Die Langzeitmessungen ergaben in 50 % der Haushalte sehr geringe Felder (arithmetisches Mittel bei 16,7 Hz 2,3 nT und bei 50–2000 Hz 25,4 nT).

Bei den Hochfrequenzmessungen gab es generell die höchsten Werte bei 2400 MHz durch Geräte, die im Haus betrieben wurden. 16 Haushalte hatten HF-Werte über 1000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, davon in 7 Fällen verursacht durch Basisstationen von DECT-Telefonen, 4 durch Mobilfunk-Basisstationen, 2 durch UKW-Sender und 3 durch verschiedene Frequenzen. Die Feldstärken von GSM- und UMTS-Basisstationen zusammen betragen 90,3 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (arithmetisches Mittel) und 8,2 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (Median); bei 44,7 % der Haushalte fand man 5–100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ und mehr als 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ bei 12,4 %. UMTS hatte weniger als 0,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ bei 82,7 %. Von den gesamten HF-Feldern waren 40 % vom Mobilfunk verursacht. 58 % der Haushalte hatten DECT-Telefone. In diesen 131 Haushalten betrug das arithmetische Mittel 488 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (Median 21 $\mu\text{W}/\text{m}^2$). Für die gesamten Feldstärken wurde ein arithmetisches Mittel von 407 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (Median 40 $\mu\text{W}/\text{m}^2$) errechnet (15 % in Gebäuden und 85 % im Außenbereich).

Nach der Feldreduktion im Bereich des Bettes durch Entfernen, Ausschalten oder Umstellen von elektrischen Geräten (Radiowecker, Lampen, Computer, Kabel usw.) oder Umpolung von Steckern erfolgte die zweite Messung. Nur 8 von 49 Fernsehgeräten, 2 von 10 PCs und 6 von 28 Radios hatten hohe Felder am Bett verursacht, in den meisten Fällen waren die Geräte weit genug vom Bett entfernt platziert. Die elektrischen Felder konnten von 37,4 auf 14,4 V/m reduziert werden, bei den Magnetfeldern von 56,4 auf 33,8 nT (arithm. Mittel). Der höchste Wert bei den Magnetfeldern betrug vorher 1030 nT, nachher 380 nT.

In 25,2 % der Haushalte wurde die Position der DECT-Basisstation verändert. Bei 22,1 % der Haushalte wurde die Basisstation vom Netz genommen, bei 1,3 % in einen anderen Raum gestellt (z. B. vom Obergeschoss, in dem der Schlafraum lag, in das darunter liegende Geschoss) und bei 1,8 % die Tür geschlossen. Das Schließen der Tür brachte kaum eine Verminderung der Felder. Der höchste Wert betrug vor der Reduzierung 28979 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ und nach der Reduktion 6 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Bei den niederfrequenten 16,7-Hz-Magnetfeldern gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen ländlichen und städtischen Gebieten, während bei den 50-Hz-Feldern die Magnetfelder in den Städten höher waren als auf dem Land und höher in Wohnungen als in Einfamilienhäusern. Eine genauere Analyse ergab, dass der Unterschied zwischen Stadt und Land abhängig vom Haustyp war.

Weitere Themen

Biomagnetite als Speicher, S. 2

Zwei Wissenschaftler stellen Überlegungen an, welche Funktionen Magnetite in Lebewesen haben könnten. Sie könnten der Informationsspeicherung dienen.

Grenzwerte in der Kritik, S. 3

Eine neue Broschüre der Kompetenzinitiative klärt ausführlich über die wissenschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Dimensionen der Grenzwertfestsetzung auf.

Auch bei den HF-Feldern gab es signifikant höhere Feldstärken für alle Frequenzbänder (außer DECT) in Städten als auf dem Land und in Wohnungen gegenüber den Einfamilienhäusern. Im Unterschied zu den Niederfrequenzfeldern waren die höheren Werte hier aber von der Lage, nicht vom Haustyp abhängig.

Es gab eine geringe, aber signifikante Korrelation zwischen Niederfrequenz und Hochfrequenz, unabhängig von Typ oder Lage des Hauses. Die Langzeitmessungen ergaben bei den Magnetfeldern nur in etwa 3 % der Fälle Werte von > 100 nT, in weniger als 1 % mehr als 300 nT. Bei den Mobilfunkanlagen wurden in 98 % der Fälle $< 1000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ in den Schlafräumen gemessen, für den gesamten HF-Bereich waren es 93 %. Man muss darauf hinweisen, dass die Feldstärken für durchweg etwas niedriger sind als es am Tag der Fall gewesen wäre. Alle gemessenen Werte lagen unter den ICNIRP-Grenzwerten.

Quelle: Tomitsch J, Dechant E, Frank W (2009): Survey of Electromagnetic Field Exposure in Bedrooms of Residences in Lower Austria. *Bioelectromagnetics* DOI 10.1002/bem.20548

Grundlagenforschung

Sind Biomagnetite „Speicher-Chips“?

Seit der Entdeckung, dass Lebewesen Magnetit-Kristalle enthalten, wird darüber geforscht und spekuliert, welche Funktionen sie haben könnten. Verschiedene Modelle werden bereits seit geraumer Zeit diskutiert, nun ist ein neues hinzugekommen: durch die magnetischen Eigenschaften dieses Minerals könnten Biomagnetite Informationen für Orientierung und Navigation speichern.

Die Rolle der Biomagnetite (siehe S. 4) ist, seit der Geowissenschaftler Joseph L. Kirschvink sie in den 1980er Jahren in Bakterien entdeckt hat, nicht genau geklärt. Die Bakteriengattung *Magnetospirillum* enthält so genannte Magnetosomen, Strukturen aus Magnetit-Kristallen und organischen Molekülen in den Zellen, die sich als Kette aufgereiht am Erdmagnetfeld ausrichten können. Man fand weiter, dass viele Tierarten die Biomagnetite zur räumlichen Orientierung brauchen, und, dass jede menschliche Hirnzelle 50–100 Magnetit-Körnchen von 10–100 nm Durchmesser enthält. Das sind etwa 5 Millionen Kristalle in jedem Gramm Gehirn. Die Bildung von Biomagnetiten in den Zellen scheint universell zu sein, nicht die Ausnahme. Sie sind nicht nur einfache Ladungsträger, sondern sie haben eine biologische Funktion. Biomagnetite entwickeln sich durch die Zusammenarbeit von organischen Molekülen und den intrazellulären elektromagnetischen Feldern. Die Überlegung war, dass magnetische Materialien als Speichermedien in Computern eingesetzt werden, warum soll das nicht auch bei Lebewesen funktionieren? Eine weitere wichtige Frage lautet: Wie kommt es, dass sehr schwache Magnetfelder wie das Erdmagnetfeld wirken, aber hohe Felder von 10 T keine Langzeitwirkung bei Pflanzenwachstum, Entwicklung, Körpertemperatur und Hirnaktivität bei Mäusen haben?

In dieser Arbeit haben die beiden Autoren Daten zusammengetragen, bestehende Modelle zur Funktion der Biomagnetite überprüft und ein eigenes Modell entwickelt, das verschiedene Überlegungen zusammenbringt, und die Autoren schlussfolgern: die Biomagnetite haben Speicherfunktion. Das Lebewesen baut ein System auf, mit dem es Informationen auf seinem Weg speichern kann, um sie auf dem Rückweg wieder abrufen zu können. Zugvögel z. B. laden auf dem Hinflug einen Speicher voll und auf dem Rückweg bauen sie den Speicherinhalt rückwärts wieder ab. Man vermutet, dass Lebewesen mit Hilfe

der Magnetite nicht nur die Magnetfeld-Polarität wahrnehmen, sondern auch eine ererbte Magnetosomen-Polarität haben, so dass Informationen nicht nur auf DNA-Ebene, sondern auch auf Magnetit-Ebene gespeichert werden. Später können dann die Informationen in der DNA manifestiert werden.

In lebenden Zellen bzw. Organismen werden elektrische, magnetische und elektromagnetische sowie akustische Wellen für verschiedene Prozesse genutzt. In diesen Systemen nehmen Biomagnetite und Zellen an kooperativen Prozessen teil, aber nicht statische Magnetkräfte, sondern magnetische Vektorpotenziale der Biomagnetite wirken dabei mit. Die Entstehung der Biomagnetit-Kristalle muss unter biologischer Kontrolle erfolgen, z. B. durch umgebende Proteinmoleküle und kohärente elektromagnetische Felder (Biophotonen) in den Zellen. Denn die Kristalle sind strukturell sehr geordnete Magnetdomänen und sie sind regelmäßig oktogonal. Unter geologischen Bedingungen haben die Kristalle ungeordnete Formen.

Bei Tauben sind die Magnetit-Kristalle im Schnabel lokalisiert, bei anderen Vögeln und Fischen im Nasenbereich, teilweise an organische Moleküle fixiert. Bei Fledermäusen liegen die Magnetit-Kristalle frei rotierend in den Sensorzellen vor. Fledermäuse finden auch nach Hause, wenn sie magnetisch irritiert werden; es müssen demnach noch andere Mechanismen zur Orientierung vorkommen. Junge Zugvögel müssen erst lernen, in welche Richtung sie zu fliegen haben, es ist ihnen nicht angeboren. Die Autoren hypothesieren, dass ein spin-modulierter elektrischer Widerstand im Biomagnetit durch Beeinflussung des Vektorpotentials wirkt. Die Schichten aus Biomagnetit werden durch langsame Extraktion gebildet, diese wird reguliert durch elektrische und elektromagnetische Prozesse in den Zellen. Bei diesem Konzept müssen die Magnetit-Kristalle nicht in den Hirnzellen gelagert sein, denn die fixierten Informationen in den Kristallen können in elektrische Schwingungen übertragen und die Signale über andere Zellstrukturen weitergegeben werden. Wenn also bei Vögeln der Impuls zum Vogelzug kommt, könnte in den Gehirnzellen ein Programm eingeschaltet werden, mit dem die Bildung der Biomagnetite in Gang gesetzt wird. Während des Fluges erhalten die Kristalle durch das Erdmagnetfeld eine gewisse Prägung, und die Informationen werden gespeichert. Auf dem Rückweg wird das Vektorpotenzial in den Biomagnetit-Schichten fixiert, womit die „Landkarte“ abgespeichert ist, ein Lernvorgang, durch den die Informationen immer wieder abgerufen werden können. Die Schwingungen des elektrischen Widerstandes der Biomagnetite und auch der Transport der spins in Halbleiter-Proteine hinein können Konformationsänderungen von organischen Molekülen, die in direktem Kontakt mit den Magnetit-Kristallen stehen, bewirken. Diese erzeugen dann elektromagnetische Felder, die in einem polaren biologischen System verstärkt werden und in entfernten Bereichen des Körpers Reaktionen hervorrufen. Denn: Jede Zelle enthält ein Zellskelett, das mit der Umgebung der Zelle und mit inneren Komponenten vernetzt ist. Die Netzwerke werden untereinander durch Konformationsänderungen beeinflusst. Navigation und Orientierung mit Hilfe der Magnetit-Kristalle basieren also auf der Fähigkeit, eine Landkarte abzuspeichern. Dabei wirken außer dem Erdmagnetfeld (über die Biomagnetit-Kristalle) die Lichtverhältnisse und andere Faktoren mit, wodurch der Weg gefunden werden kann, auch wenn der Magnetkompass abgelenkt wird und in die Irre führen könnte. Es ist eine Kombination von Wahrnehmungen, die das Zurecht- bzw. Zurückfinden von Tieren ermöglicht, unabhängig von den Strukturen, in die die Magnetit-Kristalle eingebunden sind.

Quelle: Bókkon I, Salari V (2009): Information storing by biomagnetites. *Journal of Biological Physics*, DOI 10.1007/s10867-009-9173