

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