

bei Fischen, Bienen und Zugvögeln zur räumlichen Orientierung). Andere höhere Lebewesen besitzen ebenfalls biogene Magnetitpartikel aus Magnetit oder Greigit (Fe_3O_4 bzw. Fe_3S_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 μT , in Nord-Süd-Richtung 21 μT und in Ost-West-Richtung 9 μT . 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-