

heraus, dass Magnetfelder diesen chemisch induzierten Reifungsprozess (Differenzierung) der Zellen hemmen.

60-Hz-Magnetfelder mit einer magnetischen Flussdichte von 1 bis 4 Mikrottesla hemmten bei den Experimenten die Zelldifferenzierung. Dieser Effekt war dosisabhängig mit 0% bei 1 Mikrottesla, 20% bei 2,5 Mikrottesla und 40% bei 4 Mikrottesla. Hohe Flussdichten von 100 bis 1.000 Mikrottesla hatten eine unmittelbar erhöhte Zellteilungsrate von 50% zur Folge.

Insgesamt zeigte sich, dass Magnetfelder ab einer bestimmten Stärke die Zelldifferenzierung (Reifungsprozess) hemmen, wodurch größere Zahlen von Zellen in einem undifferenzierten, teilungsfreudigen Zustand verharren. Dies führt dazu, dass sich unter Magnetfeldeinfluss erheblich mehr Zellen unvermindert weiter teilen („wuchern“).

Tumorzellen sind generell weitgehend undifferenzierte Zellen, die sich schnell teilen. Den Ergebnissen nach scheinen Magnetfelder sowohl die Differenzierung/Reifung von Zellen zu hemmen als auch - über direkte und indirekte Effekte - die Zellteilungsrate zu fördern. Ähnliche Beobachtungen sind von chemischen Krebspromotoren her bekannt.

Die Ergebnisse weisen auf keinen krebsauslösenden, sondern nur auf einen Krebs begünstigenden (promovierenden) Faktor hin. Die Magnetfelder scheinen nicht in der Lage zu sein, Gene zu verändern und damit Krebs zu initiieren. Bestimmte Gene scheinen aber durch die Felder aktiviert oder deaktiviert zu werden. Hierin sehen die Forscher einen möglichen Grund für die anhaltende Zellteilung.

Quellen:

1. Chen G, Upham BL, Sun W, Chang CC, Rothwell EJ, Chen KM, Yamasaki H, Trosko JE: Effect of electromagnetic field exposure on chemically induced differentiation of friend erythroleukemia cells. *Environ Health Perspect* 2000;108:967-972.
2. Schüring, J. in „News Ticker Bild der Wissenschaft online“ vom 19.10.2000 (www.wissenschaft.de).

Biologie

EMF-Wahrnehmung bei Tieren

Während beim Menschen weiterhin umstritten ist, ob elektrische und magnetische Felder (EMF) wahrgenommen werden können, ist bei einer Reihe von Tieren nachgewiesen, dass sie EMF wahrnehmen und insbesondere für ihre Orientierung nutzen.

Allgemein wird davon ausgegangen, dass Menschen über keinen Sinn verfügen, um elektrische oder magnetische Felder wahrzunehmen. Diskutiert wird allerdings, ob besonders sensitive Menschen („Elektrosensible“) eventuell doch EMF wahrnehmen können. So heißt es in einer 1994 vorgestellten Definition (KARUS et al. 1994): „Der Begriff ‚Elektrosensibilität‘ beschreibt das Phänomen, dass bestimmte Menschen ungewöhnlich starke Reaktionen auf schwache elektrische und magnetische Felder zeigen. Die Reaktionen erfolgen in der Regel kurzfristig nach der Exposition und äußern sich in zum Teil starken Beeinträchtigungen von Wohlbefinden und Gesundheit. Aufgrund der kurzfristigen Reaktion scheint es so, als könnten elektrosensible Menschen elektromagnetische Felder spüren bzw. wahrnehmen.“ Neue Erkenntnisse zur EMF-Wahrnehmung von Menschen liefert eine Studie aus der Schweiz, siehe Text in dieser Ausgabe: „Schweizer NEMESIS-Projekt zur Erforschung von Elektrosensibilität & EMF-Wahrnehmung“.

Bei einigen Tieren liegen die Verhältnisse deutlich klarer, sie können EMF wahrnehmen und insbesondere für ihre Orientierung - Position, Richtung und Zeit - nutzen. Einige Beispiele aktueller Forschung sollen dies belegen. Ob aus der evolutionären Ent-

wicklung EMF-empfindlicher Sinnesorgane bei einigen Tieren Rückschlüsse auf eventuell vorhandene und beim Menschen verkümmerte EMF-Sinnesorgane möglich sind, ist offen.

Vögel

Ein magnetischer Kompass wurde bisher bei mindestens 18 Vogelarten nachgewiesen. Während der magnetische Kompass in der Regel nur als Ergänzung zum Sonnen- und Sternenstand angesehen wurde, zeigten aktuelle Studien, dass bei widersprüchlichen Richtungsinformationen oftmals das magnetische System dominierte. Vögel - vor allem Zugvögel - können anscheinend sowohl Informationen nutzen, die sich aus der Deklination wie aus der Inklination des Erdmagnetfeldes ergeben. Ob sie sich eine regelrechte „magnetische Landkarte“ merken können, ist noch ungeklärt.

Ebenso ist bisher noch nicht bekannt, wie der biologische Kompass genau funktioniert. Der favorisierten Theorie nach sind kleine magnetische Moleküle (z.B. Magnetitkristalle), die sich in einigen Geweben finden, für das Orientierungsvermögen verantwortlich. Sie sollen als Miniatur-Kompassnadeln fungieren. So soll z.B. der Magnetsinn der Brieftauben im oberen Teil des Schnabels liegen. Das Organ besteht aus freien Nervenenden und Sinneszellen, die auf mechanische Reize reagieren. Die eingelagerten Magnetitkörnchen lösen, je nach Ausrichtung des Vogels zum Nordpol, unterschiedliche mechanische Reize aus (vgl. *Elektrosmog-Report*, Juni 1997).

Eine neue Theorie besagt, dass Magnetfeldschwankungen veränderte Umsatzraten biochemischer Reaktionen verursachen, die von den Tieren wahrgenommen werden. James Weaver, Physiker am Center for Biomedical Engineering des Massachusetts Institute of Technology, prüfte auf mathematischem Wege, ob ein solcher biochemischer Kompass überhaupt funktionieren kann, da die Geschwindigkeit biochemischer Reaktionen auch durch Temperaturveränderungen und andere Einflüsse bestimmt wird. Weaver konnte nun selbst mit einem relativ einfachen Modell zeigen, dass ein solcher biochemischer Kompass tatsächlich funktionieren könnte und zu „fantastischen“ Leistungen fähig wäre, wie wir sie im Tierreich finden.

Reptilien

Auch Reptilien können Magnetfelder zur räumlichen Orientierung nutzen. Nachgewiesen wurde dies z.B. bei Mississippi-Alligatoren, die über Entfernungen von einigen 10 km zurück in ihr Heimat-areal fanden und sich dabei vornehmlich an der Stärke der horizontalen Komponente des Erdmagnetfeldes orientierten. Auch Meeresschildkröten nutzen das Erdmagnetfeld auf ihren langen Wanderungen im Meer. Sie können Schwankungen des Magnetfeldes registrieren, die unter 0,2 Prozent liegen, und orientieren sich sowohl an der Inklination des Erdmagnetfeldes als auch an lokalen Intensitäten entlang der Wanderroute.

Fische

Haie und Rochen gelten als Tiere mit den empfindlichsten Organen zum Nachweis elektrischer Felder. Einige Haiarten können elektrische Felder von nur 0,1 bis 0,2 Mikrovolt pro Meter nutzen, um Beutetiere aufzuspüren. Dieselben Sinnesorgane nutzen Haie, um sich bei eigener Bewegung im Erdmagnetfeld eine zusätzliche Orientierungshilfe zu verschaffen.

Nach neuen Untersuchungen von Stephen Kajiura (Zoologisches Institut der Universität von Hawaii) weist der T-förmig ausladende Kopf des Hammerhais mehr als 3.000 Sensoren zur Wahrnehmung elektrischer Ströme auf. Die besondere räumliche Anordnung der

Sensoren könnte ein größeres elektrisches Gesichtsfeld bedingen, das bei der Beuteortung von Nutzen sein könnte.

Einige elektrische Fische in den Gewässern Südamerikas und Südafrikas haben im Laufe der Evolution auch Rezeptoren für höherfrequente Felder entwickelt, die sie nutzen, um elektrische Felder zu empfangen, die sie selber oder andere Fische erzeugen.

Säugetiere

Auch bei Säugetieren wurde ein magnetisches Orientierungsvermögen nachgewiesen, so etwa bei Waldmäusen und Pferden, die ihr Heimatareal bzw. ihren Stall wiederfinden sollten. In einem Experiment waren Pferde, an deren Kopf kleine Stabmagnete befestigt waren, stark desorientiert, während die Pferde, die lediglich Attrappen trugen, zielstrebig nach Hause liefen.

Auch Wale scheinen bei ihren langen Wanderungen Magnetfelder zu ihrer Orientierung zu verwenden. Auswertungen von Walstrandungen zeigten, dass diese besonders an Stellen mit Magnetfeldanomalien auftraten bzw. ein bis zwei Tage nach starken magnetischen Stürmen durch Sonnenaktivität.

Dipl.-Phys. Michael Karus
Redaktion Elektromog-Report

Quellen:

1. Der sichere Weg nach Hause: Wie Tiere das Erdmagnetfeld nutzen. In: Bild-der-Wissenschaft-Ticker vom 13.06.2000 (www.wissenschaft.de).
2. Ein chemischer Kompass für den richtigen Weg? In: Spektrum Ticker vom 14.06.2000 (www.spektrum.de/ticker/)
3. Karus, M. et al. / KATALYSE-Institut (1994): Elektromog - Gesundheitsrisiken, Grenzwerte, Verbraucherschutz. C.F.Müller Verlag, Heidelberg 1994, S. 97.
4. Neitzke, H.-P. (2000): Elektromagnetische Felder und natürliche Umwelt 1. In: EMF-Monitor 6(4), Dezember 2000, S. 10-11. Hier finden sich auch zwei aktuelle Primärliteratur-Quellen.
5. Warum der Hammerhai den Hammer hat. In: Bild-der-Wissenschaft-Ticker vom 26.06.2000 (www.wissenschaft.de)

Elektrosensibilität

Schweizer NEMESIS-Projekt zur Erforschung von Elektrosensibilität und EMF-Wahrnehmung

In einem vierjährigen Forschungsprojekt namens NEMESIS - Niederfrequente elektrische und magnetische Felder und Elektrosensibilität in der Schweiz - haben Wissenschaftler am Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH Zürich in Doppelblind-Provokations-Experimenten untersucht, welche Auswirkungen schwache NF-Felder auf objektive Schlafparameter und die subjektive Schlafqualität haben, und ob eine Wahrnehmung der Felder möglich ist.

In zwei doppelblind ausgelegten Studien wurde nach Wirkungen und Reaktionen auf zufällig ein- und ausgeschaltete elektrische und magnetische Felder (50 Hz, 100 V/m bzw. 2 Mikrottesla) gesucht. Unter den Testpersonen waren über 50 Personen zwischen 17 und 76 Jahren, die sich selber als elektrosensibel bezeichnen. Die Provokationstests wurden über einen Zeitraum von 25 Tagen während der Nacht in den Wohnungen der Versuchspersonen durchgeführt, um keine Reaktionen durch eine ungewohnte Umgebung hervorzurufen.

Während des Experiments wurden Veränderungen der Schlafqualität, der Schlaftiefe, des Befindens am Morgen und am folgenden Tag sowie physiologische Größen wie Bewegung, Atmung, Herzschlag und Ausweichverhalten erfasst. Die Messungen wurden mit einem sogenannten Dormograph® vorgenommen, mit dem alle wesentlichen Parameter erfasst werden können, ohne die Schlafenden berühren und damit stören zu müssen. In der zweiten Studie wurde die Fähigkeit der direkten Wahrnehmung von elektrischen und magnetischen Feldern (EMF) in einem Labor des Instituts untersucht.

Die Schlaftiefe und das Befinden nach dem Aufwachen wurden bei allen Versuchspersonen durch die nächtlichen Felder beeinflusst. Zwar veränderten die Felder die Schlafqualität, das Befinden am Tag und die Anzahl der Bewegungen im Bett nicht nachweisbar, dennoch ließ die Auswertung einzelner Herzparameter Veränderungen unter Feldeinfluss erkennen. Einige Versuchspersonen wichen der Stelle mit der größten Magnetfeldbelastung aus. Diese unbewusste Verhaltensanpassung wurde bei mehreren Probanden beobachtet, so dass dies nicht durch zufällige Bewegungen im Bett zu erklären ist. Interessanterweise fühlten sich die Personen am Morgen nach einer Feldexposition oft besser und wacher.

In der Laborstudie wurde die Hypothese bestätigt, dass die untersuchten Felder direkt wahrgenommen werden können. Es zeigte sich dabei kein Unterschied zwischen der Gruppe der subjektiv Elektrosensiblen und einer subjektiv nicht-sensiblen Kontrollgruppe. In beiden Gruppen waren im Verhältnis gleich viele Personen mit überzufällig vielen guten Treffern vertreten. Die Überzeugung, elektrosensibel zu sein, hängt offenbar nicht mit der Fähigkeit einer tatsächlichen Wahrnehmung von EMF zusammen.

Insgesamt zeigen die Untersuchungen, dass es Menschen gibt, die auf schwache elektrische oder magnetische Felder direkt oder indirekt reagieren, indem sich bei ihnen physische oder psychische Veränderungen bemerkbar machen. Die Eigenschaft der EMF-Wahrnehmung scheint je nach der aktuellen „Empfänglichkeit“ der Person unterschiedlich ausgeprägt und von vielen körperlichen, physikalischen, psychischen und sozialen Faktoren abzuhängen.

Subjektive Elektrosensibilität, bei der Betroffene oft gesundheitliche Beeinträchtigungen unklarer Ursache beklagen, und die Wahrnehmung der Felder scheinen dabei zwei voneinander unabhängige Phänomene zu sein.

Die neuen Erkenntnisse geben eine Reihe von Impulsen zum Überdenken und ggf. Neudefinieren des Begriffes „Elektrosensibilität“ (vgl. auch Text in dieser Ausgabe „EMF-Wahrnehmung bei Tieren“).

Quellen:

1. Der Elektrosensibilität auf der Spur. In: Spektrum Ticker vom 23.10.2000 (www.spektrum.de/ticker/).
2. Physical Environment - Electromagnetic fields: Project NEMESIS: Effects of electric and magnetic fields on electrically hypersensitive people. Internet-System der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (www.rereth.ethz.ch).

Impressum – Elektromog-Report im Strahlentelex

Erscheinungsweise: monatlich im Abonnement mit dem Strahlentelex
Verlag und Bezug: Thomas Dersee, Strahlentelex, Rauxeler Weg 6, D-13507 Berlin, ☎ + Fax 030 / 435 28 40. Jahresabo: 56 Euro.

Herausgeber und Redaktion:

nova-Institut für politische und ökologische Innovation, Hürth
Michael Karus (Dipl.-Phys.) (V.i.S.d.P.), Monika Bathow (Dipl.-Geogr.), Dr. med. Franjo Grotenhermen, Dr. rer. nat. Peter Nießen (Dipl.-Phys),

Kontakt: nova-Institut GmbH, Abteilung Elektromog,
Goldenbergst. 2, 50354 Hürth, ☎ 02233 / 94 36 84, Fax: / 94 36 83
E-Mail: EMF@nova-institut.de; <http://www.EMF-Beratung.de>;
<http://www.datadiwan.de/netzwerk/>