

## Endogene elektrische Felder dirigieren das Neocortex-Netz

**Interne elektrische Felder bilden einen Regelkreis mit positivem und negativem Feedback zwischen Nervenzellaktivität und schwachen endogenen elektrischen Feldern, das zeigen diese Experimente an Nervenzellen von Frettchen.**

Bisher dachte man, dass die auftretenden elektrischen Felder im Nervensystem Nebenprodukte der Nervenaktivität sind. Man fand aber in Experimenten, dass von außen einwirkende elektrische Felder die Aktivität der Neuronen beeinflussen, d. h. elektrische Felder können Neuronen depolarisieren. Das wurde an Hippocampus-Zellen von männlichen Frettchen, die mit einer chemischen Substanz aktiviert worden waren, gezeigt. Man weiß aber wenig über die Rolle der internen elektrischen Felder während der physiologischen Aktivität des Neocortex. Deshalb sollte in diesen Experimenten gezeigt werden, dass von außen einwirkende elektrische Felder, die nur geringe Änderungen des Membranpotenzials hervorrufen, die Neocortex-Aktivität steigern. Die Schwelle dafür liegt im Bereich der physiologischen Feldstärken. Von außen einwirkende Felder können einkoppeln. Die geringe Veränderung des Membranpotenzials spricht dafür, dass interne elektrische Felder die Netzwerke des Neocortex steuern. Es sind Feedback-Regulationen zwischen internen elektrischen Feldern und neuronaler Aktivität. Der Neocortex ist als jüngste Entwicklungsstufe ein komplexer Bereich in der Hirnrinde. Er ist die äußerste Schicht des Großhirns, die nur bei Säugetieren vorkommt und aus sechs Schichten besteht, in denen Sinneseindrücke und Motorik verarbeitet werden. Außerdem ist dort das Assoziationszentrum angesiedelt. Die hier untersuchten niederfrequenten Felder gehören zu den ausgedehntesten und am stärksten synchronisierten elektrischen Feldern, die natürlicherweise im Neocortex vorkommen. Die Frequenzen von 6–9 Hz liegen im Bereich der Aktivitätsmuster während des Schlafs. Das ist wichtig für das Gedächtnis bzw. die Speicherung von Erinnerungen. Die Schwelle für die Aktivierung liegt bei 0,5 mV/mm (peak 2–4 mV/mm). Die Felder werden durch den Ionenfluss erzeugt, der der synchronisierten neuronalen Aktivität zugrunde liegt. Diese schwachen Felder haben das Potential zur Bildung einer Rückkopplungsschleife, die auf dieselbe Aktivität einwirkt, die sie selbst erzeugt hat. Man konnte sehen, dass die aktivitätsabhängigen elektrischen Felder durch positive Rückkopplung steigend auf die niedrigen Frequenzen im Neocortex wirken. Dazu passt, dass das elektrische Feld der negativen Rückkopplung eine Verminderung der Rhythmusstruktur zur Folge hatte, so dass man schließen kann: Die endogenen elektrischen Felder haben eine führende Rückkopplungsfunktion in Wechselwirkung mit der physiologischen Netzwerkaktivität. Die Experimente hier zeigten, dass das aktive Neocortex-Netzwerk empfänglich ist für schwache konstante Sinuswellen von gleicher Feldstärke wie die der endogenen elektrischen Felder. Es kommt zu positiven und negativen Rückkopplungsreaktionen, durch die die Netzwerkdynamik bzw. die nicht-synaptischen Kommunikationsmechanismen im Gehirn von Säugetieren organisiert und strukturiert werden.

Die vielen Untersuchungen lassen sich so zusammenfassen: Schwache elektrische Felder, die während der normalen Aktivität des Neocortex-Netzwerkes erzeugt werden, haben das Potenzial zur Bildung von positiven und negativen Rückkopplungsschleifen, die die Aktivität des Netzwerkes regeln und die Kommunikation steuern. Zusammen liefern die Experimente

zur positiven und negativen Rückkopplung direkte Beweise für eine funktionelle Rolle der endogenen elektrischen Felder, die ein biophysikalisches Signal geben zu Organisation und Strukturierung der Netzwerkaktivität. Endogene schwache elektrische Felder synchronisieren die Nervenzellaktivitäten im Neocortex des Säugetiergehirns. So muss man die neuronalen Neocortex-Netzwerke nicht nur als anatomische Verbindungen betrachten, die über Synapsen, sondern auch durch räumliche und zeitliche komplexe elektrische Felder verbunden sind.

**Quelle:**

Fröhlich F, McCormick DA (2010): Endogenous Electric Fields May Guide Neocortical Network Activity. *Neuron* 67, 129–143; DOI 10.1016/j.neuron.2010.06.005

### Zellforschung mit Niederfrequenz

## Magnetfelder verändern Eigenschaften von Bakterien

**50-Hz-Magnetfelder greifen während der Bildung des Biofilms in den Stoffwechsel der Bakterien ein. Die Form der Bakterien wird verändert, die Zellmasse des Biofilms und die Schutzfunktion waren nach der Feldbehandlung signifikant vermindert, während das DNA-Muster bei Proben und Kontrollen kaum Unterschiede zeigten. Der bestehende Biofilm wurde nicht beeinflusst.**

*Helicobacter pylori* lebt im Magen und scheint beim Menschen an Entzündungen, Geschwüren und Tumoren beteiligt zu sein. Das Bakterium kommt in zwei Formen vor, der Spiral- und Kugelform. Die Umwandlung von einer Form in die andere kommt durch Peptidoglykane in der Zellwand zustande, gesteuert durch das *amiA*-Gen. Während sich die spiralförmigen Bakterien in die kugelige Form umwandeln, bilden sie einen Biofilm zum Schutz vor Angriffen, und entziehen sich so der Erkennung durch das Immunsystem. Deshalb kann es zu lebenslanger Besiedelung im Magen kommen. Ziel dieser Arbeit war, festzustellen, ob sich die Haftfähigkeit der Bakterienzellen am Untergrund verändern, wenn sie Magnetfeldern ausgesetzt werden. Die Haftfähigkeit der Zellen ist Voraussetzung für die Bildung des Biofilms auf der Unterlage. Für das Experiment wurden erstens frische Bakterienzellkulturen und zweitens ein 2 Tage alter Biofilm von *Helicobacter pylori* einem 2 Tage einwirkenden 50-Hz-Magnetfeld von 1 mT ausgesetzt, um zu testen, ob bzw. wie sich die Eigenschaften (Anheften und Ablösen) des Biofilms verändern. Die 50-Hz-Magnetfeldbehandlung führte zu vielen u-förmigen (abnormen) Bakterienzellen, weniger Zellen insgesamt, weniger lebenden und weniger kugeligen Zellen.

50-Hz-Magnetfelder von 1 mT greifen in die Entwicklung bei der Bildung des Biofilms ein, weshalb ein großer Teil der Bakterienzellen die spiralförmige Form beibehalten, während die Zellen der unbefeldeten Kontrollen zum Schutz in die kugelige Form übergehen (58,4 % befeldete gegenüber 33,1 % der Kontrollen behielten die Spiralform bei). Das zeigt sich auch im *amiA*-Gen, das am Übergang von der Spiral- in die Kugelform beteiligt ist. Die Expression des *amiA*-Gens war bei den mit Magnetfeld behandelten Bakterien vermindert gegenüber der scheinbehandelten Kontrolle. Als Folge könnten die Membranen geschädigt werden. Die spiralförmigen gebliebenen Bakterienzellen waren wenig lebensfähig im Vergleich zu den Bakterien der Kontrollen, weshalb man davon ausgeht, dass die Magnetfelder die Anpassungsmaschinerie der festsitzenden Bakterien aus dem Gleichgewicht bringen. Im Unterschied zu den Ergebnissen des neu gebildeten Biofilms gab es bei den fertigen

Biofilmen keine Unterschiede zwischen befeldeten und scheinbehandelten Bakterien in der Zellform und der DNA, aber es gab eine signifikante Reduktion der Haftfähigkeit der Zellen.

#### Quelle:

Di Campli E, Di Bartolomeo S, Grande R, Di Giulio M, Cellini L (2010): Effects of Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields on *Helicobacter pylori* Biofilm. *Current Microbiology* 60, 412–418; DOI 10.1007/s00284-009-9558-9

#### Informationen staatlicher Institute

## „Öffentliche“ Bewertung elektromagnetischer Felder

Zwei Veröffentlichungen staatlicher Institutionen, der Jahresbericht 2009 des BfS und die Bewertung von Leuchtstofflampen, wurden kürzlich herausgegeben. Hier eine kurze Vorstellung der Inhalte.

### 1. Bewertung von Leuchtstofflampen

Unter der Überschrift „Stellt die elektromagnetische Strahlung von Kompaktleuchtstofflampen ein Gesundheitsrisiko dar?“ hat das Bundesamt für Strahlenschutz eine Bewertung der elektromagnetischen Strahlung der Leuchtstofflampen (auch Energiesparlampen genannt) vorgenommen. Insgesamt war die Streuung der Emissionen sehr groß. Die vom BfS durchgeführten Messungen an Kompaktleuchtstofflampen ergaben Werte von 0,4–89 % des Grenzwerts. Ähnlich starke Streuungen gab es bei der UV-A-Strahlung. Bei 100-W-Lampen kann bei klaren Glühlampen und Halogenlampen „der Grenzwert bereits nach wenigen Minuten überschritten werden.“ Weiter unten heißt es: „Gesundheitlich relevante akute Wirkungen der niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder können somit ausgeschlossen werden. Über Langzeitwirkungen liegen in diesem Frequenzbereich allerdings nur wenige Daten vor.“ Und am Ende steht: „Gesundheitliche Beeinträchtigungen sind nicht zu erwarten, es bestehen aber nach wie vor Unsicherheiten bei der Bewertung lang anhaltender bzw. wiederholter Expositionen.“ Und weiter: „Die gesundheitlichen Risiken elektromagnetischer Felder mit Frequenzen im Kilohertzbereich sind weniger gut untersucht, so dass die gesundheitliche Bewertung in diesem Frequenzbereich zusätzlichen Unsicherheiten unterliegt.“ Veröffentlicht wurde die Bewertung im UMID 3, dem gemeinsamen Informationsdienst von Bundesamt für Risikobewertung (BfR), Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Umweltbundesamt (UBA) und Robert-Koch-Institut (RKI).

**Kommentar:** Man fragt sich, was dieses Herumeiern zwischen „keine akute (!) Gesundheitsgefährdung“ und „im Grunde weiß man bei Frequenzen im Kilohertzbereich und Langzeiteinwirkung nichts“ eigentlich soll. Wer sitzt schon kurzzeitig unter oder neben einer Lampe, die im Dunkeln Licht geben soll? Was ist also „lang anhaltende Exposition“? Vier Bundesinstitute beteiligten sich an Untersuchungen, mit denen viel Geld und Zeit für nichts verplempert wurde.

### 2. Der Jahresbericht 2009 des BfS

Der Jahresbericht 2009 des Bundesamtes für Strahlenschutz hat für den Bereich der nicht-ionisierenden Strahlung zu einigen Themengruppen Aussagen gemacht. Die **Magnetfeldbelastung im Auto**, das sind Frequenzen von wenigen Hz bis 80 kHz, wurde in Pkws mit Hybridantrieb (Maximalwerte 29–35 % des Referenzwertes für die allgemeine Bevölkerung), reinen Elektrofahrzeugen (3–25 % des Referenzwertes) und in einem

Nahverkehrsbus (am höchst exponierten Fahrgastplatz 19 % des Referenzwertes) untersucht. Der Fahrer des Busses ist maximalen Werten am Kopf von ca. 2,6 % des Referenzwertes für beruflich exponierte Personen ausgesetzt, das entspricht 13 % des Referenzwertes für die allgemeine Bevölkerung. Bei den untersuchten **Stromtrassen** ergaben die Messungen über einem 380-kV-Erdkabel einen Maximalwert von 86  $\mu\text{T}$ .

In **Haushalten** wurden Magnetfelder von 0,01–0,08  $\mu\text{T}$  gemessen. Diese Messungen erfolgten in Wohnungen, die fernab von Freileitungen und Erdkabeln der Hoch- und Höchstspannungsebene lagen. Die Messungen wurden in einem Mindestabstand von 1 m zu hausinternen Quellen, mit Netzstrom betriebenen Geräten sowie Leitungen in Wänden und Decken durchgeführt. Zu **Hochspannungsleitungen in Wohnbereichen** heißt es: „Ähnlich niedrige Werte wurden bei den zum Zeitpunkt der Messung herrschenden Lastzuständen von 380-kV-Freileitungen erst bei Abständen von etwa 45 bis 170 m zur Trassenmitte beobachtet. Bei den untersuchten 380-kV-Erdkabeltrassenabschnitten wurden mittlere Immissionswerte in dieser Größenordnung bereits bei Abständen von etwa 20 bis 35 m nicht mehr überschritten.“

Weiter wurde der **Kenntnisstand bei Ärzten** bezüglich elektromagnetischer Felder untersucht. Dazu wurden zwei verschiedene Fragebögen an 2 Gruppen von Ärzten verschickt. Insgesamt wurden Fragebögen zu „Risiken elektromagnetischer Felder aus Sicht deutscher Allgemeinmediziner“ von 2785 praktischen Ärzten und Allgemeinmedizinerinnen ausgewertet; 1867 der Ärzte (zwei Drittel) hatten lange Fragebögen bekommen, 982 hatten eine Kurzversion zu bearbeiten. Die Auswertung der Fragebögen ergab, dass – grob gesagt – zwischen 40 und 75 % der Ärzte, die geantwortet haben (23 % bei den Lang- und 49 % bei den Kurzfragebögen), die Fragen falsch oder mit „weiß nicht“ beantwortet hatten. Fragen waren zum Beispiel, wie sich Frequenz und Eindringtiefe zueinander verhalten oder um wie viel Grad sich das Gewebe erwärmen kann, wenn man mit dem Handy telefoniert.

Hinsichtlich der **Kompaktleuchtstofflampen** werden die Ergebnisse von Messungen (s. o.) dargestellt und es werden Empfehlungen zur Reduktion der Felder gegeben. Die Hersteller werden aufgefordert, strahlungsarme Produkte anzubieten und das Umweltbundesamt wird dabei unterstützt, Kriterien für den „Blauen Engel“ für Lampen zu entwickeln.

#### Quellen:

[www.umweltbundesamt.de/umid/archiv/umid0310.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/umid/archiv/umid0310.pdf)

[www.bfs.de/de/bfs/presse/pr10/pm16.html](http://www.bfs.de/de/bfs/presse/pr10/pm16.html)

## Kurzmeldungen

### Leszczynskis Forschungskritik wird in USA gehört ...

... und in das Nationale Toxikologie-Programm (NTP) aufgenommen, das die Toxizität und Kanzerogenität von Mobilfunkstrahlung zu bewerten haben wird. Leszczynski war vom National Institute of Environmental Health (NIEHS) der USA eingeladen worden, seine Sicht auf den derzeitigen Stand der Forschung darzulegen. Im Rahmen des zweistündigen Seminars machte Leszczynski vor dem Publikum des NIEHS deutlich, dass zwar die Zahl der Arbeiten stark angestiegen ist, aber viele Forscher nicht die richtige Fragestellung hatten und viele Studien sich nicht mit Mobilfunk befassen haben. Er bemängelt, dass viel Forschung sich auf Krebs konzentriert und andere Bereiche vernachlässigt werden, wie etwa allgemeine Schädlichkeit, Stressreaktionen, Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke und Wirkung auf andere Organe als das Gehirn. Leszczynski wies auch auf die Unsicherheiten bei epide-