

Selbsteinschätzung bezüglich Elektrosensibilität war gering, 14,3 % bezeichneten sich als stark oder sehr stark elektrosensibel. Bei den Elektrosensiblen und den Personen, die Gesundheitsgefahren durch Mobilfunk sehen, gab es keine Unterschiede zu den anderen Teilnehmern. Es gab auch keine Unterschiede bei Alter oder Geschlecht.

Die Ergebnisse sind als konsistent zu bewerten, da die Untersuchungsbedingungen realistischen Strahlungs-Verhältnissen entsprachen in normalen Räumen in einem Kindergarten. Deshalb kann man davon ausgehen, dass die Ängstlichkeit geringer ist als in einem Labor, also die gefundenen Effekte nicht verfälscht sind. Außerdem wurden viele Adjektive zur Beschreibung des Befindens abgefragt, die eine suggestive Beeinflussung weitgehend ausschlossen. Darüber hinaus führten psychologische Faktoren nicht zu physiologischen Reaktionen.

Dass die Probanden bei hohen Feldstärken ruhiger waren als bei niedrigen deckt sich mit Ergebnissen von anderen Arbeitsgruppen, die gefunden haben, dass bei höheren Expositionen eine Art hypnotische Wirkung auftritt und das Alpha-Band des EEGs stärkere Aktivität zeigt.

#### Quelle:

Augner C, Florian M, Pauser G, Oberfeld G, Hacker GW (2009): GSM Base Stations: Short-Term Effects on Well-Being. *Bioelectromagnetics* 30, 73–80

#### Hirnforschung

## EEG-Veränderungen durch gepulste Magnetfelder

**Die Studie untersuchte die Wirkung von schwachen gepulsten Magnetfeldern auf das menschliche EEG. Schon 5 Minuten nach der Feldeinwirkung ist die Alpha-Aktivität in den hinteren Regionen des Gehirns verändert. Diese Ergebnisse sind eine Bestätigung früherer Befunde und sie ähneln denen der Mobilfunkwirkung auf das Gehirn.**

Frühere Experimente hatten gezeigt, dass kurze Einwirkung von schwachen gepulsten Magnetfeldern (30 Minuten < 500  $\mu$ T) Verhaltensänderungen bei Mensch und Tier hervorrufen, und das vor allem bei den Alpha-Wellen (8–13 Hz). Es war also klar, dass das EEG verändert wird, aber nicht, wann das passiert. Das sollte hier untersucht werden. Die Tests wurden mit 32 Personen durchgeführt, 16 männlichen und 16 weiblichen im Alter 20–39 Jahren (Mitarbeiter und Studenten des Lawson Health Research Instituts von Ontario). Je 11 hatten schon an früheren Studien teilgenommen, 10 neue Teilnehmer wurden zufällig verteilt auf Sequenz 1 (1200 ms Pause zwischen den Pulsen) und Sequenz 2 (5000 ms Pause). Jede Person war ihre eigene Kontrolle. Zwischen den beiden Experimenten lag jeweils eine Woche. Jede Sitzung dauerte 15 Minuten, in denen gepulste Magnetfelder von 200  $\mu$ T oder Scheinexposition (Einfach-Blind-Studie) angewandt wurden. Für die Scheinexposition wurde das Gerät zwar eingeschaltet, aber es gab kein Feld. Die Hintergrundbelastung wurde genau kontrolliert, sie betrug 14,7  $\mu$ T vertikal und 43,3  $\mu$ T horizontal; davon 60 Hz weniger als 0,2  $\mu$ T. Während des Experiments wurden bei den Teilnehmern zuerst 2,5 Minuten mit offenen und 2,5 Minuten mit geschlossenen Augen die Basislinien bestimmt, dann erfolgte mit Beginn der 15-minütigen Behandlung in den Zeiträumen 0–5, 5–10 und 10–15 Minuten 98-mal Datenaufzeichnung, um herauszufinden, wann die Veränderung im EEG eintritt. Es stellte sich heraus, dass die gepulsten Magnetfelder in den beiden Varianten Sequenz 1 und 2 einen Einfluss

auf das EEG in hinteren und seitlichen Bereichen des Gehirns haben. Eine Antwort auf die gepulsten Magnetfelder erfolgt innerhalb der ersten fünf Minuten nach Beginn der Feldeinwirkung.

Die etwas verwirrenden Ergebnisse lassen sich so zusammenfassen: Je nach der Reihenfolge, ob zuerst die Schein- oder die tatsächliche Exposition stattfand, war die Alpha-Aktivität signifikant niedriger oder höher gegenüber den Kontrollsituationen. Signifikante Unterschiede im EEG ergaben sich auch bei Sequenz 1 (niedrigere Aktivität nach 5 Minuten) und Sequenz 2 (höher nach 5 Minuten). Die Autoren mutmaßen, dass die verwirrenden Ergebnisse damit zusammenhängen, dass der größere Teil der Probanden schon an solchen Experimenten teilgenommen hatte und es dadurch zu einer Art Erinnerungseffekt gekommen sein könnte, der „dazwischenfunk“. Die Wiederholung dieses Experimentes soll deshalb mit neuen Teilnehmern ohne „Vorbereitung“ erfolgen.

#### Quelle:

Cook CM, Saucier DM, Thomas AW, Prato FS (2009): Changes in Human EEG Alpha Activity Following Exposure to Two Different Pulsed Magnetic Field Sequence. *Bioelectromagnetics* 30, 9–20

#### Zellforschung

## Wie elektrische Felder Lungenkrebszellen polarisieren

**Elektrische Potenziale kommen an Zellmembranen von Epithel- und Nervenzellen vor, dort sind statische elektrische Felder vorhanden. Einige Zellen reagieren auf diese Felder und setzen sich in Bewegung, was man als Galvanotaxis bezeichnet. Die Mechanismen sind nicht klar, vor allem nicht bei Krebszellen. Hier wird gezeigt, dass Zellkulturen von menschlichen Lungenkrebszellen (Adenokarzinom A549-Zellen) in Richtung der Kathode wandern, wenn ein elektrisches Feld von 3 V/m anliegt. Mit diagnostischen Methoden kann man nachweisen, dass Strukturbestandteile der Zellen in Richtung Kathode polarisiert werden.**

Gesteigerte Zellbeweglichkeit ist ein wichtiger Schritt bei der Metastasierung. Die Metastasezellen lösen sich vom Primärtumor ab, durchwandern die Blutgefäße und besiedeln andere Stellen im Körper. Die Chemotaxis bei Krebszellen ist gut untersucht, aber über die Galvanotaxis ist wenig bekannt, deshalb sollten hier die Wirkungen der elektrischen Felder untersucht werden, die die Metastasierung antreiben.

Wenn Lungenkrebszellen in das Epithel der Bronchien eindringen, wird das elektrische Feld verändert, weil dabei Ladungen verschoben werden. In früheren Untersuchungen hatten die Forscher gefunden, dass A 549-Zellen (Adenokarzinomzellen sind entartete Zellen des Epithels von Drüsengewebe) bei 0,5–10 V/m in Richtung Kathode wandern. Nun sollten die Mechanismen dahinter herausgefunden werden. Um zu sehen, ob die Rezeptoren des Epidermalen Wachstumsfaktors (EGFR = Epidermal Growth Factor Receptor) in die Vorgänge der Galvanotaxis involviert sind, wurden die Substanzen Cetuximab und AG1478 (Antikörper gegen EGFR) verwendet, die die Funktionsfähigkeit der Rezeptoren hemmen. Die Experimente wurden alle mit einem elektrischen Feld von 3 V/m durchgeführt. Über 2 Stunden wurden alle 5 Minuten Bilder von der Wanderung der Zellen im elektrischen Feld aufgenommen. Mit Chemolumineszenz wurde die Polarisation der Zellen dargestellt.

Die Hemmstoffe dieser Rezeptoren verminderten die Wanderungsrate der Zellen und die gerichtete Bewegung im elektrischen Feld, was Galvanotaxis und Polarisation zur Kathode hin durch F-Aktin und EGFR bedeutet. Die elektrischen Felder förderten signifikant die Phosphorylierung von ERK (Extrazellulär signalregulierte Proteinkinase, s. S. 4), was durch EGFR-Inhibitoren verhindert wurde. Die Membranen der Zellen streckten sich in Richtung der Kathode. Nach 15 Minuten waren 30 % der Zellen auf dem Weg zur Kathode, nach 25 Minuten 50 % und nach einer Stunde 90 %. Bei den Kontrollzellen wanderten die Zellen nur geringfügig und ungerichtet um den Ursprung herum, gleichermaßen mit und ohne Inhibitoren. Während der 2 Stunden Feldeinwirkung betrug der Weg 26 µm und unter Einfluss der Inhibitoren 16 (Cetuximab) bzw. 11 µm (AG 1478). Die Polarisation der Rezeptoren und von F-Aktin in Richtung Kathode war nach 2 Stunden unter Feldeinwirkung deutlich sichtbar, bei den Kontrollen war keine Polarisation zu sehen. Zur Aufklärung der Mechanismen, die die Wanderung antreiben, wurden die Signalketten von ERK und AKT (s. S. 4) untersucht. Nach 5 Minuten war schon eine starke Phosphorylierung (Aktivierung) der beiden Proteine zu sehen, sie war am höchsten nach 30 Minuten und blieb so hoch bis zum Ende des Experiments nach 2 Stunden. Die Expression von ERK und AKT war nicht hochreguliert innerhalb der 2 Stunden. Beide Antikörper hemmten die Steigerung der Phosphorylierung signifikant, es kam aber zu keiner kompletten Hemmung. Das zeigt, dass noch andere Mechanismen beteiligt sein müssen, beispielsweise  $\text{Ca}^{2+}$ -,  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ -Tauscher (NHE1),  $\text{Na}^+$ -Kanäle, Wachstumsfaktoren, Mitglieder der Integrin-Familie u. a.

ERK und AKT sind wichtige Schlüsselproteine, die Signale der EGFRs weiterleiten. Diese regulieren zahlreiche zelluläre Funktionen wie Zellteilung, -differenzierung und -wanderung. Die Ergebnisse zeigen, dass EGFRs eine wichtige Rolle bei der Galvanotaxis von Lungenkrebszelllinien spielen. Das könnte dafür sprechen, dass endogene elektrische Felder die treibenden Kräfte für die Wanderung der Metastasezellen weg vom Primärtumor sind. Das heißt, die Zellen werden aggressiver, wenn sie einem elektrischen Feld ausgesetzt sind. Langfristig können diese Erkenntnisse dazu beitragen, wie man in die Metastasenbildung eingreifen und sie verhindern kann.

#### Quelle:

Yan X, Han J, Zhang Z, Wang J, Cheng X, Gao K, Ni Y, Wang Y (2009): Lung Cancer A549 Cells Migrate Directionally in DC Electric Field With Polarizes and Activated EGFRs. *Bioelectromagnetics* 30, 29–35

#### Rezension

## Grenzwerte für Hochfrequenz und ihre Geschichte

Seit Februar 2009 gibt es im Internet eine neue Veröffentlichung der Kompetenzinitiative: „Der Wert der Grenzwerte für Handystrahlung“. Das ist ein weiterer Beitrag zur Schriftenreihe kompetenter wissenschaftlicher Beiträge zu elektromagnetischen Feldern. Es geht um die Darstellung der willkürlich festgelegten Grenzwerte, die schon Ende der 1950-er Jahre von dem Entwickler in Frage gestellt wurden.

Die 72-seitige Abhandlung des emeritierten Neurophysiologen Prof. Dr. Karl Hecht von der Charité (Humboldt-Universität) Berlin erklärt zunächst die Grundlagen der Elektrobiologie, wie die elektrischen und elektromagnetischen Eigenschaften im Menschen wirken, z. B. beim EEG, welche Frequenzen und

Feldstärken im Organismus vorkommen und welchen Einfluss Elektrolyte wie  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  oder  $\text{HCO}_3^-$  auf die Körperströme haben. „Die Elektrolyte stellen faktisch die elektrische Batterie oder den Akku der Elektrobiologie des Menschen dar, der das Gleichgewicht aufrechterhält. ... Wenn der Akku leer ist, ist man tot.“ Es leuchtet jedem Laien ein, dass künstliche Feldstärken die recht schwachen physiologischen (75–150 mV) „übertönen“ können. Magnetfelder wirken auf die elektrophysiologischen Gehirnpotenziale ein, deshalb können künstliche Felder die bioelektrischen Felder des Menschen stören.

Zur Geschichte der Grenzwertfestlegung ( $10 \text{ mW/cm}^2$ ) wird dargelegt, dass diese im Prinzip „aus dem hohlen Bauch“ heraus entstanden sind. Theoretische physikalische Überlegungen von 1955 haben heute noch Gültigkeit, obwohl der „Erfinder“ schon einige Jahre später eine Revision forderte aufgrund neuer wissenschaftlicher Untersuchungen. Die Erkenntnisse heute verlangen längst andere Werte, und schon in den 1960-er Jahren lagen Erkenntnisse darüber vor. Im Osten Europas waren andere Überlegungen angestellt worden, deshalb gab es dort immer schon andere Grenzwerte. Die amerikanische Botschaft in Moskau wurde mit starken Sendern permanent abgehört. Man führt die gehäuften Krebs- und Leukämieerkrankungen unter Mitarbeitern und Kindern der amerikanischen Botschaft darauf zurück. Bei einem Teil der Mitarbeiter wurden 40 % höhere Leukozytenzahlen gefunden, obwohl die Grenzwerte in der UDSSR 4 Zehnerpotenzen niedriger liegen als bei uns. Die Grenzwerte werden auch im Zusammenhang mit täglicher und jährlicher Einwirkdauer, Elektrosensibilität und Vorerkrankungen diskutiert. Über verschiedene Phasen kann sich schließlich ein Erschöpfungssyndrom entwickeln.

Am Schluss wird ein Vergleich gezogen zwischen der Behandlung von Lärmbelastung und Elektrosmog. Bei Lärmbelastung werden als Gesundheitsparameter Maximal- und Dauerschall, vegetativ-hormonelle Funktionen, Hörstörungen untersucht unter besonderer Berücksichtigung von Kindern, alten Menschen und Krankenhäusern. Auch chronobiologische Verhältnisse (die Empfindlichkeit schwankt im Tagesverlauf) werden beachtet, weil ein umfassender komplexer Schutz der Bevölkerung gewährleistet sein soll.

Grundlagen der biologischen Wirkungsweise, politische Einflüsse, Absurditäten und Ungereimtheiten – spannend wie ein Krimi geschrieben und zu lesen. Der Text steht als Download zur Verfügung unter [www.broschuerenreihe.net](http://www.broschuerenreihe.net)

## Kurzmeldungen

### Spendenaufruf

Die beiden Institutionen Diagnose Funk und Kompetenzinitiative haben einen gemeinsamen Spendenaufruf gestartet, der Geld zu Gunsten von Dr. Gerd Oberfeld einsammeln will. Wegen der Auseinandersetzung mit der Mobilfunkindustrie müssen etwa 16.000 EUR aufgebracht werden. Es geht aber nicht nur um Geld, sondern um „Anerkennung der großen Leistung von Dr. med. Gerd Oberfeld, um Zusicherung kollegialer und bürgerlicher Solidarität ... und ein Signal, dass sich verantwortungsbewusste Ärzte, Wissenschaftler und Demokraten nicht durch den Druck des Kapitals einschüchtern und mundtot machen lassen ...“. Wer Spenden möchte kann das tun auf das Konto bei der Raiffeisenbank München Süd, BLZ 70169466, Ko-Nr.: 100615994, IBAN: DE 06701694660100-615994, BIC-Code: GENODEF1M03; Stichwort: Oberfeld. Der Empfänger ist der Arbeitskreis Elektro-Biologie e.V.

Quelle: [www.diagnose-funk.org](http://www.diagnose-funk.org), [www.kompetenzinitiative.de](http://www.kompetenzinitiative.de)