

# ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

13. Jahrgang / Nr. 7

www.elektrosmogreport.de

Juli 2007

## Hochfrequenz und Hirnforschung

### 900-MHz-Strahlung beeinflusst das EEG und andere Hirnfunktionen

An freiwilligen Personen wurde untersucht, welche Auswirkungen die gepulste Strahlung von Mobiltelefonen auf die Lern- und Reaktionsfähigkeit und das EEG haben. Bereits bei einem SAR-Wert von 1 W/kg werden die Gehirnfunktionen beeinflusst. Die Reaktionszeit und die Genauigkeit wurden teilweise gesteigert gegenüber der Kontrolle, das EEG wurde im Bereich der Alpha-Wellen verändert. Bei ungepulster Strahlung gab es keine starken Veränderungen. Diese Ergebnisse sind als nichtthermische Wirkungen zu betrachten, schlussfolgern die Wissenschaftler.

Weil die bisherigen Ergebnisse verschiedener Forschergruppen widersprüchlich sind, wurde hier erneut untersucht, wie sich gepulste Hochfrequenzstrahlung von 900 MHz auf Hirnfunktionen und EEG auswirken. Man erwartete aufgrund von früheren Studien, die von derselben Arbeitsgruppe durchgeführt wurden, verkürzte Reaktionszeiten bei der Lösung der Aufgaben und ein Ansteigen der Alpha-Aktivität (8–12 Hz) im EEG, bei Einwirkung von gepulster Strahlung, nicht aber bei ungepulster.

Mit 24 männlichen gesunden Studenten zwischen 19 und 25 Jahren, die an der ETH Zürich studieren und Geld für die Teilnahme bekamen, wurden die Tests nach einer gründlichen Vorbereitung im Doppelblindverfahren durchgeführt. Bei den beiden Tests wurden die Teilnehmer 30 Minuten lang einer Handystrahlung ausgesetzt, nachdem ein erstes Basis-EEG aufgezeichnet worden war. Während der Einwirkzeit der Strahlung sollten die Teilnehmer verschiedene Aufgaben unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades lösen. Auf einem Bildschirm erschienen Informationen, und der Proband musste durch Drücken einer entsprechenden Taste seine Antwort geben. Jeder Proband musste zwei Durchgänge absolvieren. Gemessen und statistisch berechnet wurden dann die Reaktionszeit und die Genauigkeit, mit der die Antworten gegeben wurden. Zusätzlich wurde das EEG unmittelbar nach Beendigung der Bestrahlung sowie jeweils 30 und 60 Minuten danach aufgezeichnet. Es ergaben sich signifikante Veränderungen gegenüber den unbestrahlten Kontrollen:

- Im Verlauf der ersten einfachen Reaktionstestreihen brauchten die Probanden immer mehr Zeit.
- Bei der zweiten Testreihe, bei der zwischen „Ja“ und „Nein“ entschieden werden musste, ergaben sich keine Unterschiede.
- Bei der dritten, komplexeren Testserie, in der es um Schnelligkeit und Genauigkeit ging, konnte unter Einwir-

kung der HF-Felder ein Anstieg der Genauigkeit im schwierigsten Teil beobachtet werden.

- Im EEG zeigte sich bei den Frequenzen von 10–11 Hz ein signifikanter starker Anstieg der Alpha-Aktivität unter Einfluss der gepulsten Strahlung, und zwar 30 Minuten nach Beendigung der Bestrahlung. Nach 60 Minuten wurde bei 12 Hz ein besonders niedriger Wert gemessen.
- bei ungepulster Strahlung war eine signifikante geringere Aktivität bei Frequenzen zwischen 13 und 14 Hz zu sehen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit deuten an, dass pulsmodierte HF-Strahlung, ähnlich der von Mobiltelefonen, die Denkvorgänge und das EEG bei SAR-Werten von 1 W/kg beeinflussen. Erwartet wurden Verminderungen in den Reaktionszeiten bei gepulster und ungepulster Strahlung, und dass das EEG im Alpha-Bereich (8–12 Hz) erhöhte Werte zeigen würde bei gepulster, nicht aber bei ungepulster Strahlung. Dass die signifikanten Veränderungen bei den schwierigsten Aufgaben auftraten, könnte daran liegen, dass diese Aufgaben zuletzt gelöst werden mussten, also nach längerer Bestrahlung. Es kann aber auch bedeuten, dass ein Effekt erst sichtbar wird, wenn das Gehirn bestimmte höhere Anforderungen erfüllen muss. Das EEG zeigt, dass diese Wirkung der Bestrahlung noch etwa 30 Minuten andauert. Anders als erwartet, waren bei den Wahrnehmungstests die Effekte nur bei gepulster Strahlung zu sehen, und auch nur nach dem zweiten Durchgang, also nach langer Bestrahlung.

Die Beeinflussung der Alpha-Aktivität des EEGs ist schon häufiger beobachtet worden – während und auch unmittelbar nach der Bestrahlung. Die jetzigen Ergebnisse bestätigen Hypothese der Wissenschaftler, dass nur gepulste Strahlung Veränderungen hervorruft. Hohe Alpha-Aktivität wird im EEG sichtbar bei entspanntem Wachzustand mit geschlossenen Augen, wenn das Gehirn untätig ist. Wenn die Augen geöffnet werden oder Denkvorgänge einsetzen, ändert sich das sofort. Man nimmt an, dass Strukturen des Thalamus und Bereiche in der Hirnrinde empfindlich für elektromagnetische Felder sind oder bestimmte Neuronen betroffen sind, die auch beim Schlaf eine Rolle spielen.

## Weitere Themen

### Zellkulturen im Hochfrequenzfeld ..., S. 2

... von 872 MHz verhalten sich unterschiedlich: Primäre Zellkulturen scheinen empfindlicher zu sein als sekundäre Zelllinien. Die Aktivität des Enzyms ODC wird verändert.

### Warten auf Reaktionen, S. 3

„Der Spiegel“ wird weiterhin wegen der einseitigen Berichterstattung von der „Kompetenzinitiative“ unter Beschuss genommen. Man darf gespannt sein, ob es eine Antwort gibt.

Die HF-Strahlung der Mobilfunkfrequenzen wird vermutlich die elektrophysiologischen Vorgänge im Gehirn stören.

Die Ergebnisse untermauern die Vorstellung der Forscher, dass gepulste HF-Strahlung der Mobilfunkfrequenzen problematisch für die Hirnphysiologie sein kann. Die Forschergruppe interpretiert und diskutiert die Ergebnisse in dem Sinne, dass gepulste Strahlung dieser Frequenzen mit SAR-Werten von 1 W/kg signifikante Veränderungen im EEG hervorruft und Hirnfunktionen beeinflusst, die mit Wahrnehmung, Lernen und Aufmerksamkeit zu tun haben. Es gibt nach Aussage der Forscher zunehmend Hinweise für nicht-thermische biologische Wirkungen durch gepulste HF-Felder. Zuletzt wird darauf hingewiesen, dass die Wirkungen schwach, Mechanismen nicht bekannt sind und eine gesundheitlichen Relevanz damit nicht erwiesen ist.

#### Quelle:

Regel SJ, Gottselig JM, Schuderer J, Tinguely G, Rétey JV, Kuster N, Landolt H-P, Achermann P (2007): Pulsed radio frequency radiation affects cognitive performance and the waking electroencephalogram. *Neuroreport* 18 (8), 803–807

### Hochfrequenz und Zellforschung

## Primäre Zellkulturen reagieren auf HF-Felder, sekundäre nicht oder nur gering

**Bei dieser experimentellen Arbeit wurde an verschiedenen Zellkulturen untersucht, wie diese durch hochfrequente elektromagnetische Strahlung beeinflusst werden. Im Unterschied zu den hier verwendeten sekundären Zelllinien wurden die primären Zellkulturen deutlich durch Hochfrequenzstrahlung von 872 MHz verändert. Die Enzymaktivität der Ornithindecaboxylase (ODC) war gegenüber den Kontrollkulturen signifikant vermindert.**

Zum Verständnis vorab:

Das Enzym ODC ist an Zellwachstum und -differenzierung und an verschiedenen Stoffwechselfvorgängen in der Zelle beteiligt. Wenn dessen Aktivität verändert wird, kann das gravierende Folgen haben. In Krebszellen beispielsweise ist die ODC-Aktivität erhöht. Allerdings reicht eine erhöhte Aktivität nicht, aus einer normalen eine Krebszelle zu machen, aber das Wachstum wird beschleunigt, wenn die Zelle bereits das Vorstadium zur Tumorzelle (Transformation, s. S. 4) erreicht hat. Einige Forschergruppen haben herausgefunden, dass HF-Strahlen in Zellkulturen die ODC-Aktivität erhöhen, somit eine Beteiligung beim Krebsgeschehen möglich ist. Es stellt sich also die Frage, ob bei ständig steigender Mobilfunknutzung eine Gesundheitsgefährdung für die Bevölkerung besteht. Wie so oft sind die Ergebnisse der Forschung widersprüchlich: Einige Studien fanden keine Effekte und andere fanden eine Steigerung der Aktivität nur bei gepulster Strahlung. Im Vergleich zu Krebs erzeugenden Chemikalien ist die Steigerung der ODC-Aktivität durch HF-Strahlung gering, zwischen 20 und 90 %. In früheren Experimenten hatte die Arbeitsgruppe herausgefunden, dass in Mäusefibroblasten (sekundäre Zelllinie, s. S. 4) die ODC-Aktivität nicht gesteigert wird, wenn gepulste oder ungeladene Hochfrequenzfelder mit geringer Leistung (0,2 oder 0,4 W/kg) auf die Zellkulturen einwirkten. Deshalb sollten jetzt höhere SAR-Werte an denselben Zellarten getestet werden. Neben den Mäusefibroblasten wurden als weitere sekundäre Kulturen verschiedene Zellarten des Zentralen Nervensystems verwendet: Glioblastomzellen von Ratten und Neuroblastomzellen vom Menschen. Als primäre Zellkulturen dienen Astrozyten (Gliazellen) von Rattenhirnen. Die Zellen des Ner-

vensystems wurden gewählt, weil das Mobiltelefon die stärkste Einwirkung am Kopf entwickelt, und weil Nervenzellen noch nicht auf ODC-Aktivität bei Bestrahlung untersucht wurden. Auch sind Primärzellen kaum untersucht worden, obwohl diese viel eher der normalen Zellfunktion entsprechen als transformierte Zelllinien, die teilweise ganz andere Eigenschaften haben.

Die Expositionsbedingungen waren etwas unterschiedlich: Bei den sekundären Kulturen wurden SAR-Werte von 1,5, 2,5 und 6,0 W/kg eingesetzt, bei den Primärkulturen (Astrozyten) nur 1,5 und 6,0 W/kg. Die Bestrahlungszeit betrug entweder 2, 8 oder 24 Stunden. Alle Zellarten wurden sowohl gepulst als auch ungeladene Strahlung ausgesetzt. Die Auswertung erfolgte unter Doppelblind-Bedingungen.

Zu Beginn des Experiments hatte es eine leichte Erwärmung (0,8 °C) der meisten Zellkulturen gegeben, weil ein Thermostat ausgefallen war. Frühere Ergebnisse (2006) hatten ergeben, dass eine geringe Temperaturerhöhung die Aktivität der ODC vermindert. Da aber unbestrahlte und bestrahlte Zellen keine Unterschiede zeigten, scheint das keine Rolle gespielt zu haben.

Die Ergebnisse zeigten generell keine Erhöhung der Aktivität des Enzyms ODC, wie in früheren Experimenten herausgefunden worden war, sondern im Gegenteil eine Verminderung der Aktivität. Die ODC-Aktivität nahm bei fast allen Proben bei allen Zellarten kontinuierlich mit der Dauer der Bestrahlung ab, bei den unbestrahlten Kontrollen wie bei den bestrahlten Zellkulturen. Die sekundären Zellkulturen zeigten kaum Unterschiede zwischen den unbestrahlten Kontrollen und den bestrahlten Zellen. Anders als in vielen anderen Untersuchungen gab es auch kaum Unterschiede zwischen gepulst und ungeladene Strahlung. Signifikante Unterschiede gab es bei ungeladene Strahlung und dem SAR-Wert von 6,0 W/kg, was als Zufall gewertet wird. Einen deutlichen Unterschied dagegen gab es zwischen unbestrahlten und bestrahlten Zellkulturen der Primärkulturen von den Astrozyten, und zwar bei gepulst und kontinuierlicher Strahlung. Die Verminderung der Enzymaktivität betrug bis zu 59%. Die Forscher gehen davon aus, dass es sich um eine zellspezifische Eigenschaft handelt. Da die Primärkulturen nicht transformiert sind, können die Ergebnisse eher auf die Reaktionen normaler Zellen hindeuten. Eine Abnahme der ODC-Aktivität führt zu verminderter Produktion von Polyaminen, woraus geringeres Zellwachstum und Beeinflussung der Apoptose resultieren. Neben der Funktion bei Zellteilung und Zellwachstum wirken die Polyamine auch als Radikalfänger und schützen so die Zelle gegen oxidativen Stress. Wird dieser Schutz verringert, kann das zu vermehrten Strangbrüchen in der DNA führen.

Diese Arbeit wurde von öffentlichen und privaten Finnischen Institutionen und der finnischen Mobilfunkindustrie finanziert.

#### Quelle:

Höytö A, Juutilainen J, Naarala J (2007): Ornithine decarboxylase activity is affected in primary astrocytes but not in secondary cell lines exposed to 872 MHz RF radiation. *International Journal of Radiation Biology* 83 (6), 367–374

**Kommentar:** Zellkulturen verhalten sich anders als intaktes Gewebe, es fehlen die Funktionen des Zellverbandes, die Einflüsse der gesamten Organ- und Zellfunktionen wie z. B. die Reparaturmechanismen. Das Handy am Ohr erwärmt bei längeren Gesprächen das Gewebe am und im Kopf. Könnten im lebenden Organismus dieselben Vorgänge stattfinden? Auszuschließen ist das nicht. Und weiter: Wenn sich diese Ergebnisse in Folgeexperimenten bestätigen sollten, hätte das weitreichende Bedeutung für die Zellforschung. Alle bisherigen Experimente, die mit sekundären Zelllinien durchgeführt wurden, mit positiven und negativen Ergebnissen, wären neu zu bewerten.