

# ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

20. Jahrgang / Nr. 3

www.elektrosmogreport.de

März 2014

## Mobilfunkwirkung auf Rattenhirne

### 900 MHz verändern Nervenzellen und deren Funktionen

**Eine Forschergruppe berichtet in drei Arbeiten, dass bei jungen weiblichen Ratten Veränderungen in der motorischen Aktivität und dem Lernverhalten, krankhafte Gewebsveränderungen im Hippocampus und im Myelin sowie eine verringerte Anzahl der Pyramidenzellen im Ammonshorn des Hippocampus auftreten, nachdem ihre Mütter während der Trächtigkeit 1 Stunde täglich 9 Tage lang mit 900 MHz bestrahlt worden waren.**

Das Rückenmark ist die Hauptleitung, über die das Gehirn mit den peripheren Nerven kommuniziert. Während der Entwicklung aus dem Neuralrohr verdicken sich die Seitenwände und der Durchmesser wird verringert. Während dieser Entwicklung ist das Nervensystem extrem empfindlich und durch viele Einflussfaktoren, auch EMFs, gefährdet und es kann zu Funktionsstörungen und/oder -ausfällen kommen. Auch Verhaltensstörungen können auftreten, da die Kommunikation zwischen Gehirn und Peripherie gestört ist. Deshalb sollte in Experimenten untersucht werden, ob durch 900-MHz-Bestrahlung der trächtigen Mütter Veränderungen in der Entwicklung des Rückenmarks und des Verhaltens bei den Nachkommen auftreten. In den 3 Arbeiten wurden verschiedene Parameter untersucht: Die Entwicklung des Rückenmarks, des Bewegungs-, Erinnerungs- und Lernverhaltens, morphologische und histologische Veränderungen im Hippocampus und Verluste an Pyramidenzellen im Ammonshorn. Der Hippocampus mit seinen verschiedenen Schichten hat wichtige Funktionen beim Bilden des Gedächtnisses. Weiblichen Rattenbabys wurden gewählt, weil Mädchen das Handy stärker nutzen, und 900 MHz, weil Geräte mit dieser Frequenz in Europa weit verbreitet sind.

In allen Experimenten wurden trächtige Tiere in 2 Gruppen zu je 3 Tieren (Kontrolle und EMF-Gruppe) eingeteilt. Die EMF-Gruppe wurde zwischen Tag 13 und Tag 21 der Trächtigkeit 1 Stunde/Tag mit einem 900-MHz-Handy bestrahlt mit 10 V/m ( $0,265 \text{ W/m}^2$ ). Das entspricht etwa dem realen Sprechmodus eines GSM-900-Handys. Nach 21 Tagen kamen die Neugeborenen weiblichen Tiere in separate Käfige. In der ersten Arbeit absolvierten die 26 Tage alten Neugeborenen Tests zur Überprüfung der motorischen Funktionen (Rotarodtest für Muskelkontroll- und Gleichgewichtsfunktionen) und der Bewegungsaktivität bzw. Ängstlichkeit (Open Field Test). Am Tag 32 wurde den Tieren das Rückenmark aus dem oberen Brustbereich entnommen.

Im Rotarod-Test gab es einen signifikanten Anstieg der motorischen Funktionen bei den EMF-Tieren. Im Open Field Test gab es keine Unterschiede zwischen der EMF- und der Kontroll-Gruppe, während die Rückenmarkproben

pathologische Veränderungen zeigten, die für die gesteigerten motorischen Aktivitäten verantwortlich sein könnten. Im Rückenmark fand man bei den bestrahlten Tieren Schrumpfung des Gewebes, Vakuolen in der grauen Substanz und teilweise Myelinverdickung mit Eindringen in die Nervenfasern, d. h. Unregelmäßigkeit zwischen grauer und weißer Substanz und Eindringen von grauer in weiße. Außerdem war die Struktur des Motoneuron-Zellkörpers geschädigt. Die prinatale Bestrahlung beeinflusst demnach die Entwicklung des Rückenmarks. Man kann die Entwicklung bei Ratten mit der beim Menschen vergleichen, deshalb kann man annehmen, dass auch menschliche Babys gefährdet sind.

In der 2. Arbeit ging es um Veränderungen im Hippocampus-Gewebe und um das Lernverhalten nach der 900-MHz-Bestrahlung. Auch das Gehirn reagiert während der Entwicklung im Mutterleib äußerst empfindlich auf viele Agenzien, auch auf EMFs. Mit den 26 Tage alten Tieren wurden Tests zur Untersuchung der Hippocampus-Morphologie, des Erinnerungsvermögens und des Lernverhaltens der jungen Ratten durchgeführt (Labyrinth und passiver Vermeidungstest). In einem 8-armigen Labyrinth wurde aufgezeichnet, wie schnell die Tiere den Arm mit dem Futter fanden bzw. wie gut sie sich erinnern konnten, wo das Futter am Tag zuvor gewesen war. Die Zeit zum Auffinden des richtigen Arms war signifikant länger in der EMF-Gruppe. Die Kontrollen brauchten  $18 \pm 4$  und die EMF-Gruppe  $63 \pm 27$  sec. Die durchschnittliche Anzahl falscher Wahl betrug  $2,2 \pm 0,5$  bzw.  $4,6 \pm 1,3$ .

Der passive Vermeidungstest findet in einem Apparat statt, in dem es einen Licht- und einen Dunkelbereich gibt. Im Dunkelbereich erlebten die Tiere einen leichten Elektroschock. Man holte danach die Tiere heraus und setzte sie wieder ins Licht. Tiere, die nicht wieder in den dunklen Bereich liefen, wurden als erfolgreich betrachtet. Die anderen wiederholten den Test und man zeichnete die Zeit auf, die sie zum Eintreten ins Dunkel brauchten. Der Erinnerungstest erfolgte 24 h später. Das Eintreten in den Dunkelbereich vor dem Elektroschock dauerte bei den Kontrollen  $12 \pm 4$  und bei der EMF-Gruppe  $12 \pm 3$  sec. Die Vermeidungszeit war signifikant niedriger in der EMF-Gruppe. Die Wiederholung am nächsten Tag ergab bei den Kontrollen

## Weitere Themen

### Apoptose in Spermien durch 60 Hz, S. 2

Permanente 60-Hz-Einwirkung über 8 Wochen verursacht erhöhte Apoptoseraten in Spermienzellen von Mäusen.

### Bluetooth und Hörnerv, S. 3

Ein Bluetooth-Headset verringert die EMF-Wirkung auf den Hörnerv im Vergleich zur direkten 900-MHz-Strahlung.

### Smartphone und Gesundheit, S. 3

Prof. Manfred Spitzer fasst Forschungsergebnisse zusammen und prognostiziert gravierende Gesundheitsprobleme.

262 ± 26 und EMF 151 ± 48 sec. Das Einwirken von 900 MHz im Mutterleib führte bei den Nachkommen zu verändertem Lernverhalten. Am Tag 23 nach der Geburt ergaben Untersuchungen des Ammonshorns auch krankhafte neuronale und morphologische Gewebsveränderungen in der EMF-Gruppe.

Tierversuche sind nicht direkt auf den Menschen übertragbar, aber ein Vergleich mit den Wachstumsphasen des Hippocampus im 3. Trimester der Schwangerschaft beim Menschen ist zulässig. Kinder und Jugendliche sind empfindlicher, starten heute früher mit Mobilfunkgeräten und sind vielen anderen Quellen ausgesetzt, deshalb ergibt sich auf die Lebenszeit betrachtet viel EMF-Einwirkung. Da das Gehirn noch nicht ausgereift ist und die Schädelknochen noch dünner sind, kann die Strahlung besser auf die Hirnstrukturen einwirken. Und Kinder sind interessierter als Erwachsene, nutzen daher das Gerät viel öfter, haben es sogar unterm Kopfkissen. Deshalb können die Ergebnisse dieser Studie und auch früherer Studien so interpretiert werden, dass Langzeitnutzung (1 h/Tag) des Mobiltelefons während der Schwangerschaft zu Entwicklungsschäden im Hippocampus führen kann.

In der 3. Arbeit wurde das Gewebe des Ammonshorns im Hippocampus der 32 Tage jungen weiblichen Ratten histologisch auf die Gesamtzahl der Pyramidenzellen untersucht. Das Ammonshorn besteht aus 4 Schichten (CA1–4) und gehört zum limbischen System. In einer inneren Schicht liegen die Pyramidenzellen. Mehrere Studien haben verminderte Zellzahlen und Schädigungen der Nervenzellen durch EMFs gezeigt. Die Anzahl der Pyramidenzellen war in der EMF-Gruppe signifikant verringert und man sieht pyknotische Zellen (Vorstufe zur Apoptose).

Obwohl mehrere Studien auf Schädigungen durch 900 MHz hingewiesen haben, gibt es in den meisten Ländern keine ernsthaften Warnungen von Seiten der Gesundheitsbehörden, dass zumindest Kinder Mobiltelefone eingeschränkt nutzen sollten. Die Experimente zeigten Zellverluste im Ammonshorn. Das ist, soweit bekannt, die erste quantitative Untersuchung in der Literatur, die mit 32 Tage alten weiblichen Ratten unter 900-MHz-Bestrahlung im Mutterleib an den Tagen 13–21 durchgeführt wurde. Frühere Experimente ergaben ebenfalls eine Reduktion der Pyramidenzellzahl im Ammonshorn und im Gyrus dentatus von Ratten, andere Experimente mit 16 Wochen alten weiblichen Ratten zeigten ebenfalls Pyramidenzellverluste, andere signifikanten Zellverlust an Purkinjezellen im Kleinhirn. Das alles sind Experimente mit 900 MHz, z. T. aber mit anderem Studiendesign. Allen ist gemeinsam, dass es eine Abnahme der Neuronenzahl gibt, egal ob die Bestrahlung vor oder nach der Geburt erfolgte. Die Abnahme der Pyramidenzellen, das Auftreten von pyknotischen Zellen im Ammonshorn lässt vermuten, dass die 900-MHz-Bestrahlung im Zeitraum Tag 13–21 im Mutterleib verantwortlich ist für den Zelltod der Pyramidenzellen. Die 900-MHz-Bestrahlung schädigt die Neuronenentwicklung im Hippocampus und das könnte zur Verminderung der Zellzahl nach der Geburt führen.

#### Quellen:

Odacı et al (2013): Effects of 900 Megahertz EMF in the prenatal period on spinal cord and motor behavior. *NeuroQuantology* 11 (4), 573–581

Odacı et al (2013): Effects of 900 Megahertz EMF in the prenatal period on hippocampus and learning behavior. *NeuroQuantology* 11 (4), 582–590

Odacı et al (2013): Pyramidal cell loss in cornu ammonis following exposure 900 Megahertz EMF. *NeuroQuantology* 11 (4), 591–599

## Wirkung niederfrequenter Magnetfelder

# Apoptose von Spermienzellen durch 60-Hz-Magnetfelder

**Das ununterbrochene achtwöchige Einwirken von 60-Hz-Magnetfeldern (100 und 200 µT) auf Spermienkeimzellen von Mäusen führte zu erhöhtem Zelltod (Apoptose). Je länger die Einwirkzeit, desto höher war die Apoptoserate. Die Anzahl der Spermienzellen und der Durchmesser der Samenkanäle wurden verringert.**

In diesen Experimenten sollte untersucht werden, welche Feldstärken und Einwirkungszeiten (Dauer-Test) Veränderungen in den männlichen Reproduktionsorganen hervorrufen. Dafür wurden in einem Experiment 100 männliche 6 Wochen alte Mäuse in 4 Gruppen zu je 25 Tieren (5 Käfige zu je 5 Tieren) eingeteilt und mit 0, 2, 20 und 200 µT für 24 Stunden/Tag (außer 3 Stunden/Woche zur Pflege) 8 Wochen lang behandelt. Das Gewicht der Tiere wurde wöchentlich gemessen, nach 8 Wochen wurden die Hoden und Samenleiter entnommen und in Paraffin eingebettet für histochemische Untersuchungen. In einem zweiten Experiment wurden für die Dauer-Tests 80 Tiere (8 Gruppen zu 10 Tieren) 24 Stunden/Tag mit 100 µT befeldet bzw. scheinbehandelt. Nach 2, 4, 6 und 8 Wochen erfolgte die Bestimmung der Anzahl der Apoptosezellen (TUNEL-Methode), des Gewichts der Hoden, des Durchmessers der Samenkanäle und die Anzahl der Spermien in den Nebenhoden.

Die 60-Hz-Magnetfelder hatten keinen Einfluss auf das (wöchentlich gemessene) Gewicht der Tiere und der Hoden, aber die apoptotischen Zellen waren erhöht und die Anzahl der Spermien vermindert. Nach Befeldung mit 100 µT für 2, 4, 6 und 8 Wochen entstanden nach 6 Wochen signifikante Unterschiede zu den Kontrollen, die Anzahl der Apoptosezellen stieg dauerabhängig. Die Zahl der Spermien in den Nebenhoden stieg in allen Gruppen in den 8 Wochen, aber die scheinbehandelte Gruppe hatte höhere Zahlen. Das zeigt, dass 6–8 Wochen Einwirkung von 60 Hz und 100 µT in den Hodenkeimzellen Apoptose induziert und nach 8 Wochen Feldeinwirkung die Gesamtzahl der Spermien in den Nebenhoden reduziert wird. Der Prozentsatz der Apoptosezellen in den Samenkanälen stieg dosisabhängig: Scheinbehandlung 4,5 %, 2 µT 8,8 %, 20 µT 20,5 % und 200 µT 25,0 %. Der Durchmesser der Samenkanäle verringerte sich signifikant in den befeldeten Gruppen, er betrug 182,2 µm für die Kontrollgruppe gegenüber 177,6 µm für 200 µT. Die Mindesteinwirkung, die in den Hoden Apoptose erzeugt, liegt zwischen 2 und 20 µT für 8 Wochen und 100 µT für 6 Wochen. Nicht nur die Anzahl der apoptotischen Zellen stieg dosisabhängig, in den Samenkanälen scheint außerdem der Anstieg der Apoptosezellen mit der Verringerung des Durchmessers zusammenzuhängen. Das wurde auch in anderen Experimenten gefunden, auch durch Mobilfunkstrahlung. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die durch die Magnetfelder erzeugte Apoptose einer strikten Regulation in einer bestimmten Phase der Entwicklung der Spermienzellen unterliegt. Die männlichen Keimzellen scheinen besonders empfindlich auf Magnetfelder zu reagieren.

#### Quelle:

Kim HS, Park BJ, Jang HJ, Ipper NS, Kim SH, Kim YJ, Jeon SH, Lee KS, Lee SK, Kim N, Ju YJ, Gimm YM, Kim YW (2014): Continuous Exposure to 60 Hz Magnetic Fields Induces Duration- and Dose-Dependent Apoptosis of Testicular Germ Cells. *Bioelectromagnetics* 35, 100–107