

# Strahlentelex mit **ElektrosmogReport**

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

12. Jahrgang / Nr. 12

www.elektrosmogreport.de

Dezember 2006

## Mobilfunk und Melatonin

### Melatonin vermindert die Schadwirkung von 900-MHz-Strahlung

Mehrere Studien haben gezeigt, dass Mikrowellen von Mobiltelefonen in Hirnzellen freie Radikale erzeugen können. Die Gabe von antioxidativen Substanzen kann die durch Mikrowellen verursachte Schädigung der Hirnzellen positiv beeinflussen. Hier wurde an Rattenhirnen untersucht, wie die Mikrowellen einwirken und ob Melatonin als sehr wirksames Antioxidans eine schützende Wirkung hat.

Mikrowellen erzeugen freie Radikale in den Zellen, das konnte in vielen Untersuchungen gezeigt werden. Es werden Reaktive Sauerstoff-Substanzen (ROS) gebildet und diese reagieren miteinander und bilden Reaktionsketten von freien Radikalen. Die ROS (einzelne Sauerstoffteilchen wie O<sub>3</sub>-Anion-, Perhydroxyl- und Hydroxyl-Radikale) führen zu Gewebeschäden. ROS reagieren mit Biomolekülen wie Fetten (Lipid-Peroxidation, s. auch ElektrosmogReport 6/2006), Eiweißen und Nukleinsäuren (DNA, RNA). Sie beeinträchtigen Enzyme in ihrer Wirksamkeit und verbrauchen Antioxidantien. Seit etwa 10 Jahren ist bekannt, dass ROS und freie Radikale an der Wirkung von Mikrowellen auf biologische Systeme beteiligt sind, denn die Gabe von Antioxidantien zeigt eine positive, d. h. verminderte Wirkung bei Mensch und Tier, wenn Mikrowellen einwirken. Gedächtnis und Lernfähigkeit sind bei älteren Menschen mit degenerativen Nervenerkrankungen verschlechtert. Man geht davon aus, dass dies zumindest zum Teil auf überschüssige Bildung von ROS zurückzuführen ist. Das Gehirn braucht den größten Anteil des verfügbaren Sauerstoffs im Körper und reagiert am empfindlichsten auf einen Mangel. In Gehirn und Muskel wird der Sauerstoff überwiegend zur Bildung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasser (H<sub>2</sub>O) verbraucht, ein kleiner Teil wird aber bei bestimmten Stoffwechselfvorgängen zu ROS. Angriffspunkte für ROS sind u. a. mehrfach ungesättigte Fettsäuren, von denen es viele in den Nervenzellen gibt, und das macht das Gehirn anfällig für oxidative Schädigung. Es gibt im Gehirn verschiedene antioxidativ wirksame Mechanismen, die die ROS neutralisieren. Durch Mikrowellenstrahlung werden die Systeme geschwächt, und Veränderungen der Elektronentransportkette in den Mitochondrien führt zu erhöhter Bildung von freien Radikalen. Melatonin ist bekannt als sehr wirksame antioxidative Substanz, die viele ROS entgiftet in vielen pathophysiologischen Stadien, besonders im Hirngewebe. Es wird in der Zirbeldrüse gebildet und während der Nacht in hohen und tagsüber in geringen Konzentrationen ausgeschüttet. Melatonin ist ein stärkerer Radikalfänger als Vitamin E. Forscher fanden in Experimen-

ten heraus, dass Vitamin E als natürliches Antioxidans eine schützende Wirkung im Gehirn gegen oxidativen Stress hat, und so müsste Melatonin, wenn es ein starker Radikalfänger ist, das Hirngewebe vor Schäden durch Mikrowellenstrahlung schützen. Melatonin kann leicht die Blut-Hirn-Schranke durchdringen und wäre daher es sehr interessant als therapeutisches Mittel bei oxidativer Hirngewebeschädigung.

In dem Experiment wurden 28 männliche Ratten in drei Gruppen eingeteilt:

1. unbestrahlte Kontrolltiere
2. Tiere, die mit 900 MHz bestrahlt wurden
3. bestrahlte Tiere mit zusätzlicher Melatoningabe

Die Bestrahlung erfolgte 2 Wochen lang (zweimal 5 Tage) für 30 Minuten pro Tag zwischen 17.00 und 19.00 Uhr. Die Melatoningabe von 100 µg/kg subkutan begann vor der Bestrahlung. Die Kontrolltiere und die Tiere, die nur mit Mikrowellen bestrahlt wurden, bekamen physiologische Kochsalzlösung verabreicht. Die Leistungsflussdichte der 900-MHz-Felder betrug 1,04 mW/cm<sup>2</sup> (SAR 0,016 W/kg Ganzkörper- und 4 W/kg lokal im Kopf). Jede Ratte wurde während der Bestrahlung einzeln in einer speziellen Kunststoffröhre mit Antenne gehalten, um die gleichmäßige Bestrahlung zu gewährleisten. Die Lichtphase reichte von 8.00–20.00 Uhr. Nach den 2 Wochen Bestrahlung wurden die Hirne entnommen und die Lipid-Peroxidation in Hippocampus und Hirnrinde bestimmt.

**Ergebnisse:** In der Hirnrinde wurde erhöhte Lipidperoxidation bei den bestrahlten Tieren gefunden, die Melatoningabe hatte dort keine Wirkung, während Melatonin im Hippocampus eine signifikante Verminderung der Lipid-Peroxidation bewirkte.

Die Lipid-Peroxid-Konzentrationen in nmol/g Gewebe:

	Hippocampus	Hirnrinde
Kontrolle	32,4	43,1
900 MHz	51,7	130,1
900 MHz +Melatonin	33,6	127,9

#### Weitere Themen

##### Zusammenwirken von Östrogenen und EMF, S. 2

Niederfrequenzfelder verändern den Hormonstatus bei weiblichen Ratten, wodurch das Verhalten gegenüber jungen Artgenossen beeinflusst wird.

##### Elektrosensitivität wird stark ansteigen, S. 3

Das prognostizieren Örjan Hallberg und Gerd Oberfeld in einem Brief an den Herausgeber der Zeitschrift „Electromagnetic Biology and Medicine“.

##### EMF-Patienten bei schweizer Ärzten, S. 3

Fast 70 % der Praktischen Ärzte hat mindestens eine Fall von Patienten mit EMF-Problemen, das ergab eine Umfrage.

Melatonin verhindert also die peroxidativen Veränderungen im Hippocampus durch Stärkung des antioxidativen Abwehrsystems, was zur Reduktion der oxidativen Stressprodukte führt. In der Hirnrinde ist dieser Effekt nicht zu beobachten gewesen. Das bedeutet: Mikrowellen erzeugen erhöhte Konzentrationen von Lipid-Peroxiden. In bestimmten Gewebearten des Gehirns wirkt Melatonin schützend, in anderen nicht.

**Diskussion:** Benutzer von Mobiltelefonen sind elektromagnetischen Feldern ausgesetzt, und die Exposition kann biologische Effekte hervorrufen. Das Gehirn ist ein Hauptangriffspunkt für schädliche Umwelteinflüsse, und so auch für die Felder, deren Quelle direkt am Kopf liegt. Es wird angenommen, dass EMF Kopfschmerzen und Schlafveränderungen hervorrufen. Durch Lipid-Peroxidation entstehen freie Radikale und die wiederum führen zu Zell- und DNA-Schäden. In dieser Studie wurde festgestellt, dass Frequenzen von 900 MHz den oxidativen Stress im Gewebe von Hirnrinde und Hippocampus erhöhen, wahrscheinlich durch erhöhte Aktivität von ROS. Melatoningabe verminderte die Lipid-Peroxidation im Hippocampus, was auf geringere Freisetzung von freien Radikalen nach Bestrahlung mit Frequenzen von 900 MHz hindeutet. Diese Ergebnisse decken sich mit Ergebnissen anderer Forschergruppen an Tieren und Menschen. Erhöhte Konzentrationen von Lipid-Peroxiden wurden auch beschrieben bei Bestrahlung von Ratten-Leberzellen mit 1800 MHz.

Die vorliegende Studie sollte auch aufklären, wie der gut bekannte Radikalfänger Melatonin bei auftretender oxidativer Hirnschädigung schützen kann. Vorbehandlung mit Melatonin verhindert hohe Lipid-Peroxid-Konzentrationen im Hippocampus bei Ratten, das bestätigt die antioxidative Wirkung gegen Mikrowellen-induzierte Schädigung. Kürzlich wurde von anderen Forschern gezeigt, dass Mikrowelleneinwirkung hohe Konzentrationen von ROS über die Atmungskette in den Mitochondrien erzeugt und das Antioxidationsystem beeinträchtigt. Aus früheren Experimenten wurde gefolgert, dass Melatonin als lipophile Substanz direkt oder indirekt gegen die ROS-Erzeugung arbeitet. Man weiß, dass Melatonin einerseits direkt als Radikalfänger fungiert und andererseits antioxidative Enzyme über einen spezifischen Rezeptor aktiviert. Auch in anderen experimentellen Modellen zeigt Melatonin eine antioxidative Wirkung, z. B. bei künstlich erzeugten Entzündungen am Auge und Lebergewebe. In anderen Experimenten wurde gefunden, dass Mikrowellen Veränderungen der Elektronentransportkette in den Mitochondrien und anschließendem Anstieg der ROS-Konzentration.

Es ist bekannt, dass Melatonin ROS in vivo entfernt, wobei Reaktionsprodukte gebildet werden, die die ROS aus dem Körper ausscheiden, z. B. über den Darm. Melatonin kann schnell die Blut-Hirn-Schranke durchdringen und es zeigte sich in einem kürzlich durchgeführten Experiment, dass 30 Minuten nach subkutaner Melatoningabe die Anreicherung in den Zellen von Hippocampus und Kleinhirn fünfmal so hoch war wie in den Kontrollen. Das spricht ebenfalls für eine schützende Wirkung von Melatonin im Hippocampus.

Als Schlussfolgerung bleibt festzuhalten: 900-MHz-Felder erhöhen den oxidativen Stress und man kann davon ausgehen, dass dieser Stress physiologische Schäden hervorruft. Diese Studie hat die schützende Wirkung von Melatonin im Hippocampus gezeigt. Die genauen Mechanismen müssen durch weitere Forschung aufgeklärt werden.

#### Quelle:

Köylü H, Mollaoglu H, Ozguner F, Nazýrođlu M, Delibap N (2006): Melatonin modulates 900 MHz microwave-induced lipid peroxidation changes in rat brain. *Toxicology and Industrial Health* 22, 211–216

## Hormone und Niederfrequenzfelder

# EMF verändern die Hormonwirkung von Östrogenen

**Bei weiblichen Ratten wird durch Niederfrequenzfelder das Erinnerungsvermögen beeinflusst. Diese Vorgänge sind östrogenabhängig.**

Neuroanatomische, elektrophysiologische und verhaltensbezogene Experimente unterstützen die Vorstellung, dass Magnetfelder eine Rolle bei Lern- und Erinnerungsprozessen spielen. Die meisten Erkenntnisse über die Wirkung von Magnetfeldern auf das Zentralnervensystem basieren auf Untersuchungen der Neurotransmitter-Ausschüttung, Nervenstörungen und Verhaltenstests. Die Ergebnisse bei Lern- und Erinnerungsprozessen unter Einwirkung von Magnetfeldern sind oft entgegengesetzt: die Prozesse werden beschleunigt oder verlangsamt. In früheren Experimenten wurde herausgefunden, dass niederfrequente Magnetfelder bei erwachsenen männlichen Ratten die Dauer des sozialen Erinnerns (Wiedererkennung von Artgenossen) bis 300 Minuten verlängert. Östrogene haben einen gewichtigen Einfluss auf Lernen und Erinnern. Experimente haben gezeigt, dass dabei verschiedene Hirnregionen betroffen sind. Es ist bekannt, dass der Hippocampus am räumlichen Lernen beteiligt ist. Aber es gibt Hinweise darauf, dass außerdem Östrogen einen Einfluss auf das Gedächtnis hat, wobei andere Hirnregionen beteiligt sind. Bei erwachsenen weiblichen Ratten beeinträchtigt ein hoher Östrogenspiegel das räumliche Lernen, während es durch eine geringe Konzentration verbessert wird.

Diese Arbeit der Forschergruppe sollte nun im Vergleich zu den Experimenten mit männlichen Tieren bei weiblichen Tieren untersuchen, ob Niederfrequenzfelder von 1 mT das Kurzzeitgedächtnis beeinflussen und ob diese Vorgänge östrogenabhängig sind. Dafür wurden zwei Altersgruppen (erwachsenen und junge, 20–22 Tage alt) von weiblichen Ratten kurzzeitig zusammengesetzt, wieder getrennt und nach einiger Zeit wieder in Kontakt gebracht; einmal nach 30 Minuten (Gruppe 1) und einmal nach 300 Minuten (Gruppe 2).

Gruppe 1 (30-Minuten-Test) wurde in 4 Untergruppen unterteilt: Intakte Tiere mit und ohne Magnetfeldbehandlung und Tiere, bei denen die Eierstöcke entfernt worden waren, ebenfalls mit und ohne Magnetfeldbehandlung.

In der Gruppe 2 (300-Minuten-Test) gab es 6 Untergruppen: 4 Gruppen wie oben, dazu je eine Gruppe ohne Eierstock, denen 10 µg Östrogen 3 Tage lang subkutan unmittelbar vor den Tests gespritzt wurde. Jede Untergruppe bestand aus 8 Tieren.

Alle Experimente wurden zwischen 9.00 und 15.00 Uhr durchgeführt. Das Niederfrequenzfeld wirkte 9 Tage lang 2 Stunden/Tag (9.00–11.00 Uhr) auf die erwachsenen Tiere ein. Ab dem 7. Tag der Feldbehandlung wurden die Ratten trainiert. Jede Ratte wurde dafür einzeln in den Testkäfig gesetzt und eingewöhnt, anschließend wurden je eine junge Ratte zu einer erwachsenen gesetzt.

Das Verhalten der Tiere wurde mit einer Video-Kamera beobachtet. Während der Untersuchungs- und Wiedererkennungszeit beschnuppern sich die Tiere, verfolgen und berühren einander. Gemessen wurde die Zeit, die die Tiere brauchten, um sich beim ersten Kontakt aneinander zu gewöhnen und beim 2. Kontakt wieder zu erkennen.

**Ergebnisse:** Bei der Gruppe 1 (30 Minuten) zeigten sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede zwischen den 4 Untergruppen. Bei allen war die Untersuchungszeit beim 1. Kontakt etwa doppelt so lang wie beim zweiten. Bei den intakten