

# ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

20. Jahrgang / Nr. 11

www.elektrosmogreport.de

November 2014

## Mobilfunkwirkung

### Wieder Oxidativer Stress durch 900 MHz nachgewiesen

**Junge Ratten wurden mit 900-MHz-Strahlung behandelt und anschließend deren Amygdala, Hippocampus, Hirnrinde des Vorderlappens und Kleinhirn untersucht. Die 1-monatige 900-MHz-Bestrahlung rief übermäßige Lipidperoxidation hervor. Das ist oxidativer Stress im Gehirn, wenn auch unterschiedlich stark in den verschiedenen Hirnregionen.**

Fast 5 Mrd. Handys werden weltweit benutzt, die meisten arbeiten mit 900 oder 1800 MHz. In manchen Ländern haben über 50 % der Einwohner ein Mobiltelefon, in manchen Ländern gibt es gar keine andere Telefonart. Man geht davon aus, dass schädliche Wirkungen auf einige Organe wie Haut, Hoden und Schilddrüsen ausüben und dass das Verhalten durch Einwirkung auf den Hippocampus, in dem Lernen und Erinnerungsvermögen verarbeitet werden, und der Glukosestoffwechsel im Gehirn verändert werden. Bisher gibt es keine zufrieden stellenden Mechanismen, die die biologische Wirkung erklären können, aber oxidativer Stress durch Entstehung reaktive Sauerstoff-Substanzen (ROS, z. B. freie Radikale) scheint eine Rolle zu spielen. ROS sind an vielen normalen zellulären Prozessen beteiligt, sie können aber auch giftig für die Homöostase der Zellen sein, wenn sie in höheren Konzentrationen auftreten und dann Peroxidation der Membran-Phospholipide verursachen. Dadurch wird die Permeabilität der Membran verändert und die normalen Funktionen gehen verloren. Viele wissenschaftliche Arbeiten ergaben, dass der Stoffwechsel der freien Radikale im Gewebe zu oxidativem Stress führt, aber viele Fragen sind noch offen. Mit anderen Worten: Verursacht RF-Strahlung oxidativen Stress im Rattenhirn? Wenn ja, was passiert in verschiedenen Hirnregionen? Sind diese gleichermaßen betroffen oder nicht? Welcher Bereich ist am meisten betroffen? Steht das im Zusammenhang mit Verhaltensänderungen?

Dafür wurden in Experimenten je 12 Ratten, 6–8 Wochen alt, in 3 Gruppen eingeteilt und 4 Wochen lang wie folgt behandelt: Eine Gruppe wurde im Käfig belassen, eine Gruppe bekam ein ausgeschaltetes Mobiltelefon in den Käfig (Scheinbehandlung) und die bestrahlte Gruppe bekam ein eingeschaltetes Gerät ohne Klingeltöne oder Vibration in den Käfig/Käfig, jeweils 1 Stunde/Tag für 4 Wochen. Es saßen immer 3 Ratten/Käfig, die 50 Anrufe in der Stunde bei 2 W Leistung (SAR 1,58 W/kg) für 45 sec erhielten. Bei Anruf betrug die Leistungsflussdichte 146,6  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , ohne Anruf 2,109  $\text{nW}/\text{cm}^2$ . Zwischen den Anrufen war eine Pause von 15 sec. Am 29. Tag wurden 6 Tiere getötet, die verschiedenen Hirnregionen Amygdala, Hippocampus, Hirnrinde des Frontallappens und Kleinhirn (Cerebellum) entnommen und die biochemischen Parameter bestimmt: Konzentration

des Gesamt-Proteins als Bezugsgröße, Lipidperoxidation, Gesamt-Antioxidantien und die Aktivität der Glutathion-S-Transferase (GST), einem Entgiftungsenzym, das beim Auftreten von oxidierten Stoffen aktiv wird. Die Experimente und die Auswertung wurden im Blindverfahren durchgeführt.

Die **Lipidperoxidation** war in Amygdala, Hippocampus, Hirnrinde und Kleinhirn in der bestrahlten Gruppe signifikant erhöht gegenüber den beiden Kontrollen. In der Hirnrinde war der Wert mit dem 4-Fachen am stärksten erhöht. In der Amygdala ermittelte man bei scheinbestrahlter bzw. Käfigkontrolle ca. 20 pmol/mg Protein im Gewebe, bei der bestrahlten Gruppe mehr als das Doppelte, durchschnittlich 50 pmol/mg Gewebeprotein.

In Amygdala und Kleinhirn waren die **Gesamt-Antioxidantien** signifikant vermindert, in den anderen Hirnregionen gab es kaum Unterschiede zwischen den 3 Gruppen. Die **GST-Aktivität** war nur im Hippocampus bei der bestrahlten Gruppe signifikant verringert. In den anderen Regionen waren keine signifikanten Unterschiede zu sehen.

Insgesamt ist damit eine sehr unterschiedliche Wirkung auf die einzelnen Hirnregionen zu verzeichnen – die Lipidperoxidation am stärksten in der Hirnrinde des Frontallappens, die Gesamtantioxidantien auch, diese aber signifikant vermindert im Kleinhirn. Die GST-Aktivität ist kaum verändert in Großhirnrinde und Kleinhirn, aber signifikant vermindert im Hippocampus. Die untersuchten 4 Gehirnbereiche reagieren unterschiedlich empfindlich auf oxidativen Stress durch die 900-MHz-Strahlung.

Das Ungleichgewicht zwischen ROS-Produktion und Abwehrmechanismen führt zu Störungen in den Zellfunktionen und zu Zerstörungen, die das Gewebe schädigen. Die Lipidperoxidation war am höchsten in der Hirnrinde des Frontallappens und in der Amygdala, das deutet auf eine indirekte Wirkung von 900 MHz hin, die entweder in erhöhter Produktion oder verminderter Abbau von ROS besteht. Die Bestimmung der Gesamt-Antioxidantien dient dazu, den oxidativen Zustand im Gewebe festzustellen, z. B. die Anwesenheit von ROS und antioxidativer Ausstattung, das heißt, man kann damit den Redox-Status im Organismus messen. Die hier erzeugten Ergebnisse der Verminderung der Antioxidantien in Amygdala und Kleinhirn sprechen für schädliche Auswirkungen durch freie Radikale auf das

## Weitere Themen

### Mobilfunk und Gehirnentwicklung, S. 2

50-Hz-Felder verändern bei ungeborenen Mäusen Proteine im Hirngewebe, die für die Gehirnentwicklung wichtig sind.

### Magnetfelder und oxidative Reaktionen, S. 2

Auch unter dem Grenzwert von 100  $\mu\text{T}$  kommen schädliche oxidative Wirkungen von 50/60-Hz-Magnetfeldern vor.

### Öffentlichkeitsarbeit zu Mobilfunk, S. 3

Ein Offener Brief an Minister in Baden-Württemberg und andere Initiativen behandeln die Mobilfunkproblematik.

Gehirn. Verminderte Konzentration an Antioxidantien ergibt erhöhte Lipidperoxidation. Eine Erklärung für die geringere Konzentration der Gesamt-Antioxidantien bei den exponierten Ratten kann der erhöhte Verbrauch von Antioxidantien für das Abfangen der freien Radikale sein.

Die Glutathion-S-Transferase (GST) ist ein Entgiftungsenzym, das hauptsächlich in der Zellflüssigkeit (Zytosol) aktiv ist. Die Ergebnisse hier – niedrig in Hippocampus und Amygdala – können auf die Verminderung der Antioxidans-Verteidigung hindeuten. So kann die RF-Strahlung dort durch das Ungleichgewicht zwischen ROS-Produktion und Abwehr zu erhöhter Anfälligkeit für andere Gifte in den Zellen der verschiedenen Hirnregionen führen. Neuronen sind stark abhängig von oxidativer Phosphorylierung zur Energiegewinnung und das macht sie verletzlich gegenüber oxidativem Stress als andere Zellen. Der Stoffwechsel im Gehirn ist extrem hoch und es gibt einen hohen Bedarf an Sauerstoff, wobei etwa 2 % des Sauerstoffs in Superoxid-Anion-Radikale ( $O_2^{\cdot-}$ ) und Wasserstoffperoxid umgewandelt werden. Die in dieser Studie angewandte Bestrahlung kann das Oxidans-Antioxidans-Gleichgewicht verschoben und den oxidativen Stress verursacht haben.

Diese Studie unterscheidet sich von anderen, weil hier das Ausmaß des oxidativen Stresses durch die RF-Strahlung in den verschiedenen Hirnregionen gemessen wurde. Das signifikant veränderte Oxidans-Antioxidans-Ungleichgewicht in der Hirnrinde des Frontallappens und in der Amygdala bedeutet, dass die Hirnregionen betroffen sind, die die gesamte Gefühlsebene regulieren, von Freude bis Trauer, Mitleid bis Ablehnung. Der oxidative Stress kann somit Auswirkungen auf das Verhalten und auf Lern- und Erinnerungsprozesse haben, er könnte neurodegenerative Erkrankungen beschleunigen und es könnten DNA, Fette, Zucker und Proteine oxidiert und geschädigt werden, was zu Störungen in den Zellfunktionen führt bis hin zum Zelltod. Auch Tumorwachstum könnte beschleunigt werden. Die Wirkungsmechanismen sind noch nicht bekannt, sie können thermischer, nicht-thermischer oder spezifischer anderer Art sein, oder es sind kumulative Wirkungen der Strahlung, die die Hirnfunktionen beeinflussen. Es gibt viele Veröffentlichungen mit veränderten Enzymaktivitäten und anderen Parametern, deshalb sollte es Vorsorgemaßnahmen zur Reduktion der ständigen chronischen Exposition durch Mobiltelefone und andere RF-Geräte geben.

Das Verhalten der Tier in der bestrahlten Gruppe wurde auch untersucht und es wurden Veränderungen festgestellt, die aber in einer anderen Veröffentlichung beschrieben werden (Narayanan SN, Kumar RS, Paval J, Kedage V, Bhat MS, Nayak S, Bhat PG (2013): Analysis of emotionality and locomotion in radio-frequency electromagnetic radiation exposed rats. *Neurological Sciences* 34, 1117–1124).

#### Quelle:

Narayanan SN, Kumar RS, Kedage V, Nalini K, Nayak S, Bhat PG (2014): Evaluation of oxidant stress and antioxidant defense in discrete brain regions of rats exposed to 900 MHz radiation. *Bratislavské Lekárske Listy (Bratislava Medical Journal)* 115 (5), 260–266; DOI: 10.4149/BLL\_2014\_054

### Niederfrequenzwirkung auf das Gehirn

## Wirkung von 50-Hz-Feldern auf die Entwicklung der Hirnrinde

Wenn ungeborene Mäuse 50-Hz-Magnetfeldern ausgesetzt sind, erhöhen sich die Konzentrationen der beiden Proteine Reelin und Dab1, die an der Wanderung der Nervenzellen

**an ihren Bestimmungsort beteiligt sind. Die Magnetfelder könnten Auswirkungen auf die Wanderung der Neuronen und damit auf die Entwicklung der Hirnrinde haben.**

Die Entwicklung des Gehirns ist gekennzeichnet durch Wachstum (Vermehrung) und Wanderung der neu gebildeten Nervenzellen aus dem Keimepithel. Nervenzellen (Neuronen) und Stützzellen (Gliazellen) wandern entlang bestimmter Faserglia zur Peripherie und bilden die Großhirnrinde. Dort wird neben anderen Proteinen eines namens Reelin abgesondert. Für eine regelrechte Funktion der Hirnrinde ist eine korrekte Wanderung der Neuronen während der Entwicklung und auch im erwachsenen Gehirn nötig. An der Wanderung von Neuronen ist das Protein Reelin zusammen mit dem regulatorischen Protein Dab1 beteiligt. Reelin reguliert die radiale Glia-Wanderung der Neuronen in der sich entwickelnden Hirnrinde und aktiviert dabei das intrazelluläre Adapterproteins Dab1 ein. Ohne die beiden Proteine wandern die Zellen zwar auch, aber ungerichtet. Aus Experimenten weiß man, dass veränderte Konzentrationen von Reelin in Gehirn und Blut neurologische Störungen zur Folge haben. Zur Klärung der Rolle von Reelin und Dab1 wurden 30 trächtige Mäuse in 3 Gruppen eingeteilt: Käfigkontrolle, Scheinbehandlung und EMF-Gruppe. Die EMF-Gruppe bekam 1 mT eines 50-Hz-Magnetfeldes, 5 Stunden/Tag an 3 aufeinander folgenden Tagen mit Beginn am 15. Tag der Schwangerschaft. Die Experimente wurden dreimal unabhängig wiederholt. Am 18. Tag wurden den Tieren sofort nach der letzten Befeldung die 156 Feten entnommen (Kontrolle 42, Scheinbefeldung 48 und EMF-Gruppe 56 Feten) und deren Großhirne untersucht auf den Gehalt an Gesamtprotein, Reelin und Dab1. Bei der Menge des Gesamtproteins gab es fast keine Unterschiede zwischen den 3 Gruppen (0,9–0,93 g/l). Die Produktion von Reelin war in der EMF-Gruppe signifikant erhöht um mehr als das Doppelte, während Kontrolle und Scheinbefeldung sich kaum unterschieden. Bei Dab1 war der Unterschied zwischen Kontrolle und Scheinbefeldung ebenfalls minimal, in der EMF-Gruppe aber fast 5-fach erhöht.

Dab1 ist eine unbedingt benötigte Komponente des Reelin-Stoffwechselweges. Wenn die Reelin-Funktion ausfällt, können die Neuronen nicht richtig an ihren Bestimmungsort wandern. Man nimmt an, dass das Reelin Signale zur ständigen Reorganisation des Zellskeletts gibt. Reelin könnte als Stopp-Signal für die radial wandernden Neuronen fungieren. Die signifikante Erhöhung von Reelin und Dab1 in den EMF-behandelten Großhirnen kann zu Veränderungen in der Wanderung der Nervenzellen führen und dadurch könnte die Entwicklung der Hirnrinde gestört werden.

#### Quelle:

Hemmati M, Mashayekhi F, Firouzi F, Ashori M, Mashayekhi H (2014): Effects of electromagnetic fields on Reelin and Dab1 expression in the developing cerebral cortex. *Neurological Sciences* 35, 1243–1247; DOI 10.1007/s10072-014-1690-z

### Niederfrequente Magnetfelder

## Magnetfelder rufen oxidative Reaktionen in Zellen hervor

Diese Arbeit versucht eine Eingruppierung der In-vitro-Experimente in Zelltyp, Expositionsbedingungen, Zellreaktionen u. a. zur oxidativen Wirkung niederfrequenter Magnetfelder, vor allem, ob es Reaktionen gab, also positive oder negative Ergebnisse. Niederfrequente Magnetfelder haben eine Wirkung auf den oxidativen Status in Zellen von