

# ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

16. Jahrgang / Nr. 1

www.elektrosmogreport.de

Januar 2010

## Mobilfunkforschung

### 1800-MHz-Strahlung erzeugt Schäden in der mtDNA

**In dieser Arbeit wurden DNA-Schäden in Mitochondrien der Nervenzellen der Hirnrinde von Ratten nachgewiesen, die durch mit 217 Hz gepulster Mobilfunkstrahlung hervorgerufen worden waren. Die 1800-MHz-Strahlung verursachte die Schädigungen durch Bildung von reaktiven oxidativen Substanzen (ROS), die verantwortlich sind für verschiedene Krankheiten im Nervensystem.**

Eine Reihe von Untersuchungen hat ergeben, dass Mobilfunkfrequenzen oxidativen Stress in Nervenzellen hervorrufen. Oxidativer Stress führt in Nervenzellen zu physiologischen Veränderungen, die sich auswirken bei Apoptose, Genexpression, DNA-Schädigung, Zellwachstum, Entzündungsprozessen und Fehlfunktionen der Mitochondrien. Mitochondrien sind die Hauptproduzenten von ROS, die als Abfallprodukte bei der Zellatmung entstehen. Ein Überschuss an ROS bewirkt die Oxidation von ungesättigten Fettsäuren, Proteinen und DNA. Mitochondrien-DNA (mtDNA) ist besonders empfindlich gegenüber oxidativem Stress, da sie keine schützenden Histon-Proteine und schlechte Reparaturfähigkeit besitzen, und sie nahe an der Atmungskette in der inneren Mitochondrienmembran liegt. Schädigung der mtDNA wird sichtbar als verminderte Anzahl der Kopien, Mutationen und reduzierte Zahl von mtDNA-Transkripten. Jede dieser Schädigungen kann den oxidativen Stress in der Zelle vervielfältigen, was zu weiterer oxidativer Schädigung führt. Die Folgen sind Alterung der Zellen, neurodegenerative Erkrankungen und Störungen in der Blutversorgung. Mutationen der mtDNA sind eng verknüpft mit verschiedenen Symptomen im Nervensystem wie Migräne, Demenz und Ataxie. Deshalb sollte in diesen Experimenten untersucht werden, ob durch Funkfrequenzen die Möglichkeit dieser Schädigungen besteht.

Primäre Zellkulturen der Hirnrinde von Ratten wurden Funkfrequenzen von 2,0 W/kg über 24 Stunden ausgesetzt. Als positive Kontrolle diente ein Zusatz von Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) zu den Zellen. Die Experimente wurden in 3- oder 6-facher Ausführung durchgeführt.

Nach der Exposition fand man einen hochsignifikanten Anstieg von oxidativer mtDNA-Schädigung. Zudem konnte die schützende Wirkung von Melatonin, einem Neurohormon, das spezifische antioxidative Wirkung im Gehirn hat, nachgewiesen werden. In der bestrahlten Gruppe stieg die Bildung von ROS signifikant an gegenüber den scheinbehandelten Kontrollzellen. Ähnliche Werte wurden in der positiven Kontrolle mit  $H_2O_2$  erhalten. Wenn zu den Zellkulturen vor der Bestrahlung Melatonin hinzu gegeben wurde, konnte der oxidative Stress stark vermindert werden.

Zur Bestimmung der oxidativen DNA-Schädigung wurde die Konzentration des 8-OHdGuanins gemessen, dem am häufigsten auftretenden Produkt bei DNA-Schädigung in den Mitochondrien. Auch hier ergab sich ein signifikanter Anstieg in den bestrahlten Zellen. Die Konzentration war bei den bestrahlten Zellen fast genauso hoch wie bei der positiven  $H_2O_2$ -Kontrolle, ebenso bei der Bildung der ROS. Die Anzahl der Kopien von mtDNA wurde durch die 1800-MHz-Strahlung um die Hälfte vermindert, ähnlich stark wie bei der  $H_2O_2$ -Kontrolle. Wenn vor der Bestrahlung Melatonin im Medium anwesend war, waren die Werte ähnlich wie bei den scheinbehandelten Zellen. Das heißt: Bei allen 3 gemessenen Parametern glichen die gemessenen Werte denen der positiven Kontrolle, wenn die Zellkulturen mit Funkfrequenzen behandelt worden waren. Die Wirkung der Strahlung konnte durch Melatonin vermindert werden.

Zusätzlich wurden 3 mtDNA-Transkripte untersucht (ND1, COX1 und NDS). Sie waren bei den bestrahlten Zellen gegenüber den Kontrollen um 49 %, 28 % bzw. 64 % vermindert. Alle diese Reduzierungen können durch Vorbehandlung mit Melatonin verhindert werden. Die positive Kontrolle hatte gleiche Werte wie die bestrahlten Zellen. Mobilfunkstrahlung schädigt demnach die mtDNA in Neuronen.

Oxidativer Stress liefert einen beträchtlichen Beitrag zu krankhaften Prozessen im Nervensystem. Das Nervensystem ist empfindlich, weil es hohe Stoffwechselraten, schlechte zelluläre Oxidans-Verteidigungsmechanismen und geringen zellulären Umsatz hat. Diese Ergebnisse zeigen erstmals signifikante mtDNA-Schädigung und steigende ROS-Produktion in primären Zellkulturen der Hirnrindenzellen von Ratten durch 1800-MHz-Strahlung. Oxidativer Stress deutet auf ein Ungleichgewicht zwischen intrazellulärer Produktion von freien Radikalen und den zellulären Abwehrmechanismen hin. Die Funkstrahlung hemmt die Atmungskette, verlängert die Lebensdauer der freien Radikale und verschlechtert die Fähigkeit zur antioxidativen Abwehr. Das stimmt überein mit Ergebnissen aus anderen Experimenten mit anderen Zelltypen.

## Weitere Themen

### Fall-Kontroll-Studie zu Leukämie in Thailand, S. 2

Hochspannungsleitungen erhöhen das Leukämierisiko, bei Mobilfunk ist der Zeitraum zu kurz, um Aussagen zu treffen.

### Krebs bei der Feuerwehr, S. 3

Feuerwehrleute bekommen nicht vermehrt Krebs durch einatmen von Chemikalien, sondern durch EMF.

### Magnetfeld-Schäden bei Drosophila, S. 3

Wenn 50-Hz-Magnetfelder auf die Eier der Fliegen einwirken, wirkt sich das auf mehrere Generationen aus.

Die mtDNA codiert für 13 verschiedene Untereinheiten von Proteinen der Atmungskette und ist höchst anfällig für oxidative Schädigung. Die Ergebnisse hier sprechen für Mutationen in der Ursprungsregion der DNA-Replikation (die Region auf der DNA, in der die Replikation begonnen wird) und der Transkription. Die Abnahme der mtDNA-Kopien führt zu Verminderung der Genregulation der mtDNA, folglich entstehen weniger Transkripte, was zu Fehlfunktionen der Mitochondrien führt. Es ist daher vorstellbar, dass der durch die Mobilfunkstrahlung ausgelöste oxidative Stress zum Abbau der mtDNA und der mtRNA führen kann. Durch die Schädigung der mtDNA wird der oxidative Stress verstärkt, weil die benötigten Proteine der Atmungskette nicht richtig funktionieren und es kommt zu Fehlfunktionen der Mitochondrien. Das verstärkt den Anstieg der ROS-Produktion und es entstehen weitere Schäden an der DNA – ein Teufelskreis, der bis zur Apoptose führt, was ebenfalls in vielen Experimenten nachgewiesen wurde.

Melatonin ist ein Neurohormon, das in der Zirbeldrüse im Dunkeln gebildet wird. Es kann schnell die Blut-Hirn-Schranke durchdringen und in Zellen der Hirnrinde und dem Hippocampus angereichert werden. Melatonin ist ein starkes Antioxidans für ROS, das zudem Enzyme stimuliert, die besonders im Gehirn bei physiologischen Schädigungen aktiviert werden. Mit Hilfe des Melatonins beweisen auch diese Experimente die neurotoxische Wirkung der Mobilfunkstrahlung durch ROS-Bildung in Mitochondrien, wie bereits andere Wissenschaftler nachgewiesen haben. Die mtDNA-Schäden sind Schlüsselfaktoren in verschiedenen Verhaltensmustern und Krankheiten des Nervensystems.

Diese Forschungsarbeit wurde vom chinesischen Staat finanziert.

**Quelle:** Xu S, Zhou Z, Zhang L, Yu Z, Zhang W, Wang Y, Wang X, Li M, Chen Y, Chen C, He M, Zhang G, Zhong M (2009): Exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation induces oxidative damage to mitochondrial DNA in primary cultured neurons. Brain Research doi:10.1016/j.brainres.2009.10.062

## Mobilfunkforschung

# Untersuchung der Elektrosensibilität in Korea

**Diese Provokationsstudie an der Universität Seoul fand laut Kurzttext keine physiologischen Veränderungen und keine Unterschiede im Befinden zwischen zwei Gruppen von mit Mobilfunkstrahlung behandelten Personen. Die eine Gruppe bestand aus Personen, die sich selbst als elektrosensibel bezeichnen, die andere aus nicht-sensiblen Personen. Aber einige Unterschiede gab es doch.**

In Korea gab es im Jahr 2006 47 Mio. Einwohner und über 40 Mio. Mobiltelefone. Dementsprechend gibt es auch zunehmende Besorgnis bezüglich der Gesundheitsgefährdung und auch vermehrt Elektrosensibilität. Deshalb wurden 18 Personen, (8 männliche und 10 weibliche, durchschnittlich 26,1 Jahre alt), die sich selbst als elektrosensibel bezeichnen, per Anzeige gesucht und 19 nicht elektrosensible Personen (10 männliche und 9 weibliche, durchschnittlich 25,0 Jahre), Studenten und Klinikpersonal als Kontrollen einem (835 MHz Trägerfrequenz) Feld von 300 mW (1,22 W/kg peak) für 30 Minuten ausgesetzt. Währenddessen wurden Puls- und Atemfrequenz, Herzfrequenzvariabilität (HRV), Hauttemperatur und -widerstand gemessen und die Veränderungen zwischen den beiden Gruppen verglichen (Einzelblind-Studie). Zudem soll-

ten die Probanden angeben, wie sie sich fühlen – ob sie Kopfschmerzen, Müdigkeit oder Schwindel empfinden. Es gab keine signifikanten Unterschiede in Puls- und Atemfrequenz zwischen den beiden Gruppen, in keinem Stadium des Experiments. Die elektrosensiblen Personen konnten nicht besser als die nicht-sensiblen Personen angeben, wann das Feld vorhanden war. Aber es gab signifikante Unterschiede in einigen Phasen des Tests bei der Herzfrequenzvariabilität (LFP = 0,1 Hz und HFP = 0,24 Hz). Auch bei der Wahrnehmung der subjektiven Parameter unterschieden sich die beiden Gruppen signifikant. Diese Ergebnisse wurden im Kurzttext (Abstract) nicht angegeben, und in der Schlussfolgerung am Ende steht, es gab überhaupt keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, obwohl man an der eigenen Studie bemängelte, dass die Hälfte der Probanden während der Tests schläfrig war und die Betroffenen durch Geräusche geweckt wurden (was die Herzfrequenzvariabilität verändert), dass deren Zahl zu klein war, da die Standardabweichung sehr groß war (bei den Elektrosensiblen größer als bei den Kontrollpersonen). Die Studie wurde vom koreanischen Staat und der koreanischen Stiftung KOSEF finanziert.

**Quelle:** Nam KC, Lee JH, Noh HW, Cha WJ, Kim NH, Kim DW (2009): Hypersensitivity to RF Fields Emitted From CDMA Cellular Phones: A Provocation Study. Bioelectromagnetics 30, 641–650

## Epidemiologie

# Risikofaktoren für Leukämie in Thailand

**In Bangkok wurde eine Fall-Kontroll-Studie durchgeführt, um die Faktoren zur Entstehung von Leukämie bei Erwachsenen zu ermitteln. Auch der Anteil von Mobilfunkstrahlung wurde in die Untersuchung einbezogen.**

Für die Studie wurden 180 Leukämie-Fälle in Krankenhäusern und 756 Kontrollpersonen aus Krankenhäusern mit anderen Krankheiten wie Infektionen und Verletzungen (Alter und Geschlecht wurden abgeglichen) in Beziehung gesetzt. Genau waren es 87 Fälle von akuter myeloischer, 40 von akuter lymphatischer, 44 von chronisch myeloischer, 8 von chronisch lymphatischer und ein Fall von nicht klassifizierter Leukämie in den Jahren 1997 bis 2003. Die Daten wurden durch Interviews erhalten (Wohnumfeld, beruflicher Werdegang, Nutzung von elektrischen Geräten usw.). Bezüglich der Mobiltelefone war festzuhalten, dass die Nutzung mit den Jahren anstieg. Bei den Kontrollen von 12 % in 1997/1998 auf 24 % in 2001/2002, bei den Leukämiefällen von 15 % auf 23 %.

Die Untersuchung ergab: Faktoren für die Entstehung von Leukämie sind Benzene, Lösungsmittel, beruflicher Kontakt mit Pestiziden und Arbeiten an und in der Nähe von Hochspannungsleitungen. Ein Zusammenhang zwischen dem Telefonieren mit Mobiltelefonen und Leukämie ist nicht ganz klar, da der untersuchte Zeitraum zu kurz war. Aber es gibt Hinweise, dass manche Mobilfunknutzer, wenn sich z. B. Metalle am Kopf befinden wie Ohrhörer oder Brillen, und besonders GSM-Nutzer ein erhöhtes Leukämie-Risiko haben. Zur Klärung sind noch weitere Studien mit größeren Fallzahlen durchzuführen. Es ergab sich keine Beziehung zu Zigarettenrauchen, Haarfärbemitteln und Röntgendiagnostik (ionisierende Strahlung) und keine familiäre Häufung.

### Quelle:

Kaufman DW, Anderson TE, Issaragrisil S (2009): Risk factors for leukemia in Thailand. Annals of Hematology 88, 1079–1088