

# ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

21. Jahrgang / Nr. 2

www.elektrosmogreport.de

Februar 2015

## Mobilfunkforschung

### Wirkung von 3G-Mobilfunkstrahlung auf Spermien

**Mobilfunkstrahlung kann die männliche Fruchtbarkeit beeinträchtigen, das hat diese Studie bestätigt. Spermienzellen weisen verminderte Zellzahlen, Lipidperoxidation, Verkleinerung der Samenkanälchen, geringeres Hodengewicht und DNA-Strangbrüche auf, wenn Mobilfunkstrahlung von 1910,5 MHz auf Ratten eingewirkt hatte. Wirkungen und mögliche Mechanismen werden dargestellt.**

Berichte über abnehmende Fruchtbarkeit bei Männern haben das Interesse der Forschung geweckt, die Rolle der elektromagnetischen Felder zu untersuchen. Die Hodenfunktion ist besonders empfindlich gegenüber Strahlung; signifikante Abnahme der Spermienzahl, erhöhte Schäden durch Lipidperoxidation, Verminderung des Durchmessers und der Epitheldicke von Samenkanälchen und des Hodengewichtes sowie DNA-Schädigung in Spermienzellen von Ratten sind nachgewiesen. Oxidativer Stress und Erwärmung des Gewebes sind häufig Ursache für Unfruchtbarkeit. Die Zellmembranen der Spermien sind reich an vielfach ungesättigten Fettsäuren, diese können durch Einwirkung von EMFs oxidiert werden (Lipidperoxidation) und es entstehen vermehrt reaktive oxidative Substanzen (ROS) in den Zellen. Unfruchtbare Männer mit hohem ROS-Gehalt in den Spermien haben einen geringeren Prozentsatz an beweglichen Spermien. Überproduktion an ROS und Mangel an Antioxidantien in den Zellen verursachen ein Ungleichgewicht, das zu oxidativem Stress, DNA-Schäden, Lipidperoxidation der Zellmembranen und zu Veränderungen der Aminosäuren führt. Das Ziel dieser Studie war, die bekannten Ergebnisse mit einem 3G-Mobiltelefon (1900–2170 MHz) zu untermauern. Die biochemischen Veränderungen, die durch den unspezifischen Stress der EMF-Einwirkung zu Unfruchtbarkeit führen, sollten untersucht werden, einige neue Parameter ergänzt.

Zwei Gruppen von je 6 Ratten (70 Tage alt) wurden einem Mobiltelefon im Sprechmodus bei 1910,5 MHz ausgesetzt (60 Tage lang 2 Stunden täglich 6 Tage/Woche) bzw. scheinbestrahlt (Kontrolle). Der Hersteller gab einen SAR-Wert von durchschnittlich 1,34 W/kg an, Maximum und Minimum der Leistung betragen 1,41 und 0,113 mW; die entsprechenden SAR-Werte betragen 0,28 bzw. 0,0226 W/kg. Sofort nach Beendigung der Bestrahlung wurde das Hodengewebe untersucht. Alle 12 Proben wurden verblindet untersucht, die Experimente wurden zweimal im Blindversuch wiederholt. Bestimmt wurden Hodengewicht, Anzahl der Spermienzellen, Durchmesser der Samenkanälchen, Lipidperoxidation (Malondialdehyd, MDA) in den Samenzellen, DNA-Einzelstrangbrüche (Komet-Test) und die mikroskopische Untersuchung des Gewebes erfolgte auf krankhafte Veränderungen.

Die Spermienzählung ergab signifikante Verminderung in der bestrahlten Gruppe ( $159,16 \pm 10,68 \times 10^6$  Zellen/ml) gegenüber der Kontrollgruppe ( $210,83 \pm 8,61 \times 10^6$  Zellen/ml), die Beweglichkeit war nicht-signifikant geringer, das Hodengewicht mit 9 % signifikant geringer ( $1,55 \pm 0,022$  g) als in der Kontrollgruppe ( $1,72 \pm 0,04$  g). Die Lipidperoxidation (MDA-Anstieg) zeigte einen signifikanten Anstieg in der EMF-Gruppe ( $0,67 \pm 0,01$  bzw.  $0,42 \pm 0,03$ ), die Durchmesser der Samenkanälchen waren signifikant verringert mit  $157,62 \pm 8,03$  µm gegenüber  $181,49 \pm 6,24$  µm in der Kontrollgruppe. Die DNA-Strangbrüche waren nach Bestrahlung signifikant erhöht. Man kann schließen, dass chronische Einwirkung von Mobilfunkstrahlung Einzelstrangbrüche in der DNA erzeugt. Die mikroskopischen Untersuchungen des Hodengewebes ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Die Spermienentwicklung ist ein komplexer Prozess, der in den Samenkanälchen beginnt, wobei Sertoli-Zellen die Keimzellen in den verschiedenen Stadien der Entwicklung unterstützen. Nach mehreren Zellteilungen und Differenzierungen entsteht die reife Spermienzelle. In dieser Studie wurde Verminderung der Spermienzahl nach Mobilfunkbestrahlung beobachtet. Obwohl genügend Spermien produziert werden, kommt keine Befruchtung zustande, weil die Spermienfunktion beeinträchtigt ist, vielleicht durch Zellstress oder DNA-Brüche. Mehrere Studien haben beides nachgewiesen und auch, dass die Wirkung von Mobilfunkstrahlung verbunden ist mit abnormer Entwicklung von Hoden, atypischen Spermien, Chromosomenaberrationen und Fehlentwicklungen bei den Nachkommen. Die Spermatogenese verläuft fehlerhaft, in Mäusen hat man signifikant geschädigte DNA im Zellkern und in den Mitochondrien gefunden. Es gilt als gesichert, dass die Keimbahn durch Mobilfunkstrahlung geschädigt werden kann.

Der MDA-Anstieg bestätigt die Wirkung der Mobilfunkstrahlung auf die Spermien: Lipidperoxidation kann die Samenzellen schädigen; es entsteht erhöhte Membrandurchlässigkeit. Die Lipidperoxidation entsteht durch die erhöhten ROS-Konzentrationen (Superoxid-Anion, Hydroxylradikale und Wasserstoffperoxid), die durch die Strahlung erzeugt werden.

## Weitere Themen

### SAR abhängig von der Kopfform, S. 2

Die absorbierte Mobilfunkstrahlung im Kopf variiert sehr stark je nach Kopfform, gemessen bei 835 und 1900 MHz.

### Sojabohnen und Mobilfunkstrahlung, S. 3

Das Wachstum von Sojabohnenkeimlingen wird durch Einwirkung von 900 MHz verändert.

### Allgemeinmediziner und EMF, S. 3

Alternativmediziner haben eine andere Einstellung zu Gesundheitsrisiken durch EMF als „normale“ Allgemeinmediziner.

Viele Forscher haben herausgefunden, dass MDA- und ROS-Konzentrationen durch Mobilfunkstrahlung ansteigen und die Antioxidans-Konzentrationen verändert werden. MDA ist das Hauptprodukt beim oxidativen Abbau von Membranen und es wurde auch nachgewiesen, dass es für Leber- und Genschäden verantwortlich ist.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen keine strukturellen Gewebeschäden, sondern funktionelle Schäden in den Hoden. Die Hoden sind sehr empfindlich gegenüber äußeren Einflüssen, sie können schrumpfen durch Gabe von Hormonen oder Medikamenten. In diesen Fällen geht der Verlust an Volumen mit der Beeinträchtigung der Spermatogenese einher. Normalerweise ist geringere Hodengröße mit vorgerücktem Alter, Fehlernährung, Alkoholismus, bösartigen Tumoren und chronischen Krankheiten verbunden.

Die schädigende Wirkung von Mobilfunkstrahlung auf das DNA-Molekül ist oft untersucht worden. Die DNA ist eines der wichtigsten Moleküle für Zellfunktionen, Wachstum, Lebensfähigkeit und die genetische Ausstattung der nächsten Generation. Die Fähigkeit jeder Zelle zur Reparatur von DNA-Schäden ist ein wichtiger Abwehrmechanismus und essentiell für Überleben und Erhaltung ihrer Funktionen. Verschiedene Zellen haben verschiedene Reparaturmechanismen, und man nimmt an, dass elektromagnetische Felder die DNA-Reparaturwege unterschiedlich angreifen. Die Zellen haben ihre eigenen Antioxidans-Mechanismen zur Abwehr von freien Radikalen, um Schäden abzuwenden. Superoxid-Dismutase (SOD), Katalase (CAT) und Glutathion-Peroxidase (GPx) sind entsprechende Enzyme der Zellen gegen Sauerstoffradikale. Überschüssige Produktion von freien Radikalen, besonders ROS, steht im Zusammenhang mit einigen Krankheiten durch Umweltstress (UV-Strahlung, Hitze und EMF). Elektromagnetische Felder können in den Zellkern eindringen und DNA-Strangbrüche hervorrufen; sie haben auch genug Energie, um Überproduktion von ROS zu bewirken. Zudem könnte Mobilfunkstrahlung Gefäßerweiterung induzieren und die Produktion von NO steigern. Darüber hinaus kann Stress die in dieser Studie gefundenen funktionellen und strukturellen Schäden verursachen. Die Hauptschäden der erhöhten ROS-Produktion können Veränderungen in Makromolekülen wie mehrfach ungesättigten Fettsäuren in den Zellmembranen, Proteinen und DNA erzeugen. Dies wurde auch für Spermienzellen nachgewiesen.

Diese Studie zeigt, dass Einwirkung von Mobilfunkstrahlung die Spermienfunktion beeinflusst über Mechanismen, die mit oxidativem Stress zusammenhängen. Und oxidativer Stress ist die Hauptursache für männliche Unfruchtbarkeit.

#### Quelle:

Kumar S, Nirala JP, Behari J, Paulraj R (2014): Effect of electromagnetic irradiation produced by 3G mobile phone on male rat reproductive system in a simulated scenario. *Indian Journal of Experimental Biology* 52 (9), 890–897

### Mobilfunkwirkung

## Kopfform bestimmt Absorption von Mobilfunkstrahlung

Die Kopfform hat einen bedeutenden Einfluss auf die spezifische Absorption von Mobilfunkstrahlung. Mit 2 Messmethoden wurden an 20 Schädelmodellen ähnliche Ergebnisse erzielt. Die Abweichung in definierten Hirnregionen kann bis zu 15,8 bzw. 16,4 dB betragen.

Außer verschiedenen Gesundheitsbeeinträchtigungen hat das Krebsrisiko durch Mobilfunkstrahlung das größte Interesse bei

Fachleuten und Laien gefunden. In der Interphone-Studie wurden über 100 Telefonmodelle dosimetrisch untersucht, aber nur 2 Phantomköpfe. Damit kann nichts über die Absorption im Gehirn aufgrund der individuellen Kopfform eines Menschen ausgesagt werden. In dieser Studie wurden genauere Simulationen an 20 verschiedenen Kopfmodellen vorgenommen. Das Hauptaugenmerk lag in der Untersuchung auf der Streuung der SAR in bestimmten Hirnregionen bedingt durch Schädelgröße und -form. Auch altersabhängige dielektrische Eigenschaften, Telefentyp, Positionierung des Telefons und die Ohrform wurden untersucht. Die Experimente wurden mit normalen Mobiltelefonen von 835 und 1900 MHz durchgeführt. Die Modellköpfe kamen von Computertomografien von 20 Patienten, 13 Männern und 7 Frauen zwischen 36 und 76 Jahren.

Zur Bestimmung der lokalen durchschnittlichen SAR-Streuung über vorher festgelegte Hirnregionen wurden 2 Berechnungsmethoden angewandt. Daran schloss sich der Vergleich der SAR jeder spezifischen Region an und schließlich wurde der Einfluss der Kopfform zwischen den 20 Kopfmodellen auf die maximale SAR über 10 g Gewebe (Luft, Knochen, Fett, Muskel, Hirn, Rückenmark, Auge, Knorpel und Lunge) berechnet. Zuletzt wurde die Gesamtunsicherheit der Berechnungen bestimmt, die durch den Einfluss verschiedener Parameter auf die Ergebnisse entsteht.

Die lokale Strahlungsabsorption durch morphologische Unterschiede in den 20 Kopfmodellen zeigte Abweichungen von 15,8 dB in der Medulla-Region (Talairach-Methode) bzw. 16,4 dB (Feldsensor-Methode mit 16 Sensoren über 1 cm<sup>3</sup> Gewebe). Das Hauptaugenmerk dieser Studie waren die Hirnregionen, in denen Hirntumore bevorzugt vorkommen, in Stirn- und Schläfenlappen. Auf 10 g Gewebe bezogen stimmen die Ergebnisse der 2 Methoden überein: Die maximalen SAR-Unterschiede sind 15,8 zu 16,4 dB und durchschnittlich etwa 8 zu 5 dB bei 835 MHz und 11 zu 10 dB bei 1900 MHz. Die individuelle Streuung in bestimmten Hirnregionen liegt durchschnittlich bei 5 dB für 835 MHz und 10 dB für 1900 MHz. Die maximale Abweichung der SAR bezogen auf 10 g Gewebe liegt bei ca. 4 dB im Kopf und bei 7 dB im Gehirn.

Die Streuung der SAR in der Kopfform ist bei hohen Frequenzen größer, weil bei höheren Frequenzen die Eindringtiefe geringer und das Feld weniger gleichförmig ist. Die Ergebnisse sind robust und rechtfertigen die Schlussfolgerungen.

In dieser Studie wird gezeigt, dass die Kopfform eine große Unsicherheit für die Dosimetrie bei Mobilfunkstrahlung birgt. Deshalb müssen dosimetrische Analysen mit Mobilfunkstrahlung für bestimmte Hirnregionen (z. B. für ein Tumorrisiko), d. h. die Bestimmung von kumulativer Strahlungsdosierung an realen Kopfformen erfolgen. Das Ausmaß dieser Variabilität hängt von der Frequenz des Mobiltelefons, dessen Position am Kopf und der Größe des Gehirns sowie der Lage der Hirnregion ab.

**Quelle:** Adibzadeh F, Bakker JF, Paulides MM, Verhaart RF, van Rhoon GC (2015): Impact of Head Morphology on Local Brain Specific Absorption Rate From Exposure to Mobile Phone Radiation. *Bioelectromagnetics* 36 (1), 66–76

### Wirkung von Mobilfunkstrahlung auf Pflanzen

## 900-MHz-Strahlung behindert das Wachstum von Sojabohnen

In diesen Experimenten wurden Sojabohnen-Keimlinge 900-MHz-Strahlung ausgesetzt (gepulste und kontinuierliche Strahlung, Kurz- und Langzeitexposition), die ähnlich