

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

20. Jahrgang / Nr. 7

www.elektrosmogreport.de

Juli 2014

Mobilfunkwirkung auf Spermien

Review: Negative Mobilfunkwirkung auf Spermien

Eine Meta-Analyse zur Spermienqualität, die 10 Studien mit 1492 Proben umfasst, ergab verminderte Beweglichkeit und Lebensfähigkeit der Spermien nach Bestrahlung mit Mobilfunkfrequenzen zwischen 800 und 2200 MHz. Die Ergebnisse waren stimmig sowohl bei den in vitro- als auch bei den in-vivo-Experimenten. Daraus ergibt sich eine schädliche Wirkung von Mobilfunkstrahlung auf die Spermienqualität.

Der Rückgang der Spermienqualität in den vergangenen Jahren verlangt nach Klärung der Ursachen, die im Bereich von Umweltfaktoren zu suchen sind. 2 W/kg ist der Grenzwert für die Absorption der Mobilfunkstrahlung (SAR) zwischen 800 und 2200 MHz. Die meisten Mobilfunkgeräte haben heute eine SAR von etwa 1,4 W/kg. Bei diesen niedrigen Frequenzen ist keine Ionisierung von Molekülen zu erwarten, aber es gibt deutliche Hinweise auf Symptome wie Kopfschmerzen, Steigerung des Blutdrucks und Veränderung des EEGs im Schlaf. Außerdem wird davon ausgegangen, dass die Strahlung die menschliche Fruchtbarkeit beeinträchtigt. Etwa 14 % der Ehepaare in den Industrieländern haben Probleme, Nachwuchs zu bekommen, dafür ist zu 40 % männliche Unfruchtbarkeit verantwortlich, viele Fälle sind ungeklärt. Die Mobilfunkstrahlung kann zu schneller Erwärmung des Gewebes führen (thermische Wirkung), die die Spermien beeinflussen kann, aber auch nicht-thermische Wirkungen sind festgestellt worden. Da sind Konformationsänderungen und Bindungseigenschaften von Proteinen zu nennen, Anstieg der reaktiven Sauerstoffverbindungen (ROS) mit der Folge von DNA-Schäden, Veränderungen im Zellzyklus, Gewebsveränderungen und Steigerung des Zelltods von Spermienzellen. In Tierexperimenten wurden Beeinträchtigungen der Beweglichkeit und der Spermienanzahl festgestellt, beim Menschen bei langer Nutzung des Mobilfunks Verminderung von Beweglichkeit, Konzentration, Morphologie und Lebensfähigkeit der Spermien. Das sind Anzeichen für eine Beeinträchtigung der männlichen Fruchtbarkeit, weshalb die vorhandenen Daten zusammengetragen und bewertet werden sollten.

Von 60 aus Datenbanken identifizierten Arbeiten aus den Jahren 2000–2012 wurden 23 aufgrund der Zusammenfassung gesichtet und schließlich 10 mit 1492 Proben ausgesucht, die alle Kriterien für die Meta-Analyse erfüllten (Beweglichkeit, Lebensfähigkeit und Konzentration). Unterteilt wurde in Studiendesign (in vitro oder in vivo), Methode der Datensammlung (Spermien-Analyse nach WHO-Richtlinien) und Anzahl der Proben. Die Dauer der Exposition betrug zwischen 5 Minuten und 16 Stunden, davon 4 mit 1 Stunde. Bei den epide-

miologischen Studien wurden die Expositionsraten nicht angegeben.

In 9 Studien mit 1448 Proben von 1353 Männern wurde die **Beweglichkeit** der Spermien analysiert. 6 Studien ergaben signifikant negative Wirkungen der Mobilfunkstrahlung auf die Beweglichkeit der menschlichen Spermien. Der Mittelwert der Beweglichkeit betrug zwischen 36,6 und 86,8 %. Die Dauer der Mobilfunkbestrahlung der Proben bzw. der Menschen wurde unterteilt in Kurz- und Langzeitgruppen (≤ 60 bzw. > 60 Minuten). In der Langzeitexpositionsgruppe war die Beweglichkeit stärker reduziert als in den Kurzzeitgruppen. Alle bis auf eine in vitro-Studie und keine der in vivo-Studie waren in der Kurzzeitgruppe. Die **Lebensfähigkeit** der Spermien wurde in 5 Studien mit 816 Proben untersucht. 4 der 5 Studien zeigen signifikant negative Einflüsse der Mobilfunkstrahlung auf die Lebensfähigkeit der Spermien. Die durchschnittlichen Prozentzahlen betragen 52,3–89,0. Um das Ausmaß zu klären, sind weitere Studien nötig. Für die **Konzentration** der Spermien wurden 6 Studien mit 1376 Proben zusammen ausgewertet. Die Ergebnisse sind widersprüchlich.

Die derzeit erhältlichen Daten signalisieren klar einen negativen Einfluss auf Beweglichkeit und Lebensfähigkeit, während es bei der Anzahl der Spermien pro ml nicht so klar ist. Für die Beeinträchtigungen können thermische und nicht-thermische Wirkungen auf das Gewebe verantwortlich sein. Eine der nicht-thermischen Wirkungen ist der Anstieg der ROS-Produktion mit anschließender DNA-Schädigung, auch wenn ein kleiner Teil der ROS eine wichtige Rolle für die Funktionsfähigkeit der Spermien spielt (Reifung der Samenzellen im weiblichen Körper und Bindung an die Eizelle). In-Vitro-Experimente haben nachgewiesen, dass Mobilfunkstrahlung die ROS-Produktion und DNA-Brüche erhöht und die Beweglichkeit und Überlebensfähigkeit von Spermien vermindert. Der Trend in dieser Meta-Analyse bestätigt diese Ergebnisse. In Experimenten zur Unterbrechung des Elektronenflusses der Elektronentransportkette in den Mitochondrien wurde gezeigt, dass die ROS-Produktion signifikant ansteigt, mit negativen Folgen für die Spermienbeweglichkeit.

Weitere Themen

Wirkung von LTE-Frequenzen, S. 2

Die Magnetresonanz-Untersuchungen ergaben viele Veränderungen in verschiedenen Hirnregionen.

50-Hz und Neuronale Stammzellen, S. 3

50-Hz-Magnetfelder beeinflussen die Regulation von Genen, die mit der Zelldifferenzierung zu tun haben.

Mobilfunk, Wirtschaft, Politik, S. 4

Trotz wissenschaftlicher Beweise werden gesundheitliche Schäden durch Mobilfunk immer noch nicht akzeptiert.

Auch thermische Wirkungen können eine Ursache sein, da viele Männer das Mobiltelefon in der Hosentasche tragen. Wärme behindert Spermienproduktion und -entwicklung. Beispielsweise kann die Hauttemperatur im Gesicht bis zu 2,3 °C erhöht werden bei einem 6-minütigen Gespräch mit dem Mobiltelefon. Diese Erwärmung kann auch vom Akku herrühren, da man annimmt, dass die Frequenzen dieser Strahlung nur geringe Wärmewirkung haben.

Die Ergebnisse zeigen große Heterogenität, die nach den Analysen vor allem auf die sehr unterschiedlichen Expositionszeiten zurückzuführen sind. Aber fast 1500 Proben führen doch zu verlässlichen Aussagen. Andere Einflussfaktoren wie etwa Raucher wurden nicht untersucht, aber durch die Übereinstimmung von In-Vivo- mit den In-Vitro-Studien kann man darauf vertrauen, dass die Mobilfunkstrahlung ursächlich ist. Unsicherheit besteht in Bezug auf die Fruchtbarkeit der Männer, da nur klinische Daten verwendet wurden und deshalb keine Daten in Bezug auf die allgemeine Bevölkerung zur Verfügung stehen. Da aber alle Studien die WHO-Kriterien angewendet haben, ist eine gemeinsame Auswertung der Daten akzeptabel.

Die Forschung zur Spermienqualität befasst sich am häufigsten mit der Beweglichkeit, die bei bestrahlten Zellen ca. 8 % geringer ist als bei den nicht-exponierten. Das könnte einen Teil der Umweltfaktoren ausmachen, die die Fruchtbarkeit von Männern reduzieren. Auch Wi-Fi von Laptops kann die Spermienqualität beeinträchtigen, fand man in Studien heraus. Zukünftige Forschung muss Lebensfähigkeit, Morphologie, den Zustand der DNA und andere Parameter einbeziehen. Die SAR-Ermittlung muss dringend verbessert werden, da die Handys ständig wechselnde SARs erzeugen. Und Langzeitstudien mit standardisierten Feldintensitäten und Einwirkdauern zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung in vivo sind notwendig. Die Bedeutung thermischer und nicht-thermischer Wirkung auf die Spermienqualität muss erforscht werden. Experimente mit intermittierender Strahlung müssen erfolgen, um die Wärmewirkung gering zu halten, im Vergleich zu kontinuierlicher Strahlung mit derselben Strahlungsmenge, wie man bereits in 2005 zur Untersuchung der DNA-Schädigung in menschlichen Fibroblasten durchgeführt hatte (Diem et al.). Da die Analyse negative Auswirkungen der Mobilfunkstrahlung auf die Beweglichkeit und die Lebensfähigkeit der Spermien ergab, aber bei der Anzahl der Spermien das Ergebnis nicht eindeutig war, braucht man weitere Untersuchungen zur genauen Bewertung der klinischen Bedeutung für Männer und die allgemeine Bevölkerung.

Quelle: Adams JA, Galloway TS, Mondal D, Esteves SC, Mathews F (2014): Review: Effect of mobile telephones on sperm quality: A systematic review and meta-analysis. *Environment International* 70, 106–112

LTE-Wirkungen auf das Gehirn

LTE-Frequenzen beeinflussen mehrere Gehirnregionen

Mithilfe der funktionalen Magnetresonanz (fMRI) zur Darstellung der Hirnaktivität konnte an 18 Personen in Doppelblind-Versuchen nachgewiesen werden, dass durch 30-minütige Einwirkung einer LTE-Frequenz von 2,573 GHz die Gehirnaktivität in vielen Hirnregionen verändert wird.

Die Methode der fMRI basiert auf der Messung der Blutsauerstoff-Konzentration, gemessen wird die Blutdynamik im Gehirn. Neuronale Prozesse werden verändert, wenn ein Si-

gnal von außen kommt oder eine Aufgabe gestellt wird. Außerdem gibt es ständig vorhandene geringe niederfrequente Fluktuationen im Ruhezustand bei ca. 0–0,25 Hz (intrinsische neuronale Aktivität) mit wichtiger physiologischer Bedeutung. LTE arbeitet bei Frequenzen zwischen 800 und 3500 MHz und bis jetzt sind noch keine Daten mit dieser Methode erhoben worden.

18 rechtshändige gesunde Personen wurden getestet, 12 männliche und 6 weibliche, 19–35 Jahre alt ($24,9 \pm 3,9$). Alle benutzten das Mobiltelefon weniger als 1 Stunde täglich, und am Tag vor dem Experiment weniger als 10 Minuten. Insgesamt dauerte die Untersuchung eine Stunde im Doppelblindverfahren. Von jedem Teilnehmer wurde vor und nach den 30 Minuten Befeldung mit 2,573 GHz bzw. der Scheinbefeldung ein Ruhe-fMRI gemacht, dann untersucht, ob sich durch die Exposition Veränderungen in der Amplitude der spontanen Fluktuationen ergaben. Zwischen scheinbarer und wahrer Bestrahlung lag 1 Tag. Die Feldquelle, eine Dipol-Antenne, wurde 1 cm vom rechten Ohr entfernt am Kopf befestigt. Die Teilnehmer saßen in einem abgeschirmten Raum und sollten entspannt „nichts tun“, bei geschlossenen Augen wach bleiben, an nichts denken und diesen Zustand möglichst lange halten.

Die SAR-Verteilung im Kopf über 1 g Gewebe betrug bei 2 Personen 2,18 und 2,36 W/kg bzw. für 10 g Gewebe 0,9 und 1,07 W/kg. Das ist unterhalb der ICNIRP-Grenzwerte von 1998. Signifikante Veränderungen in der Hirnaktivität nach der Bestrahlung zeigten sich in der Brodman-Region, im linken oberen, mittleren und rechten oberen Temporalgyrus, im rechten mittleren Frontalgyrus und im rechten Parazentrallappchen, mittleren Frontallappen, unteren Parietallappchen, in Hinterhauptregionen und anderen Bereichen der Großhirnrinde. Die Ergebnisse zeigen, dass die LTE-Strahlung die Aktivität der Nervenzellen nicht nur in den nahen Regionen (am rechten Ohr) verändern, sondern auch in entfernten und sogar auf der anderen Seite des Kopfes.

Diese Untersuchung beschränkte sich auf die spontanen Fluktuationen im Ruhezustand des Gehirns. Durch die 2,573-GHz-Strahlung wurden diese niederfrequenten Fluktuationen verändert. Die verwendete Dipol-Antenne erzeugt keine Erwärmung im Gewebe und es gab keine Störfaktoren durch Geräusche. Die Experimente ergaben, dass LTE-Strahlung die spontane niederfrequente Fluktuation in normalen menschlichen Gehirnen verändert, d. h. die Strahlung beeinflusst die Gehirnaktivität während der Ruhephase. Ob das für die Hirnfunktion schädlich ist, muss noch erforscht werden. Beim Telefonieren mit dem Handy im realen Zustand ist kein Abstand und die Antenne ist nicht vor dem Ohr sondern zeigt rückwärts in Richtung der temporalen und okzipitalen Hirnrinde.

Quelle: Lv B, Chen Z, Wu T, Shao Q, Yan D, Ma L, Lu K, Xie Y (2014): The alteration of spontaneous low frequency oscillations caused by acute electromagnetic fields exposure. *Clinical Neurophysiology* 125, 277–286

Niederfrequenzwirkung auf Stammzellen

50-Hz-Felder verändern Gene in neuronalen Stammzellen

Primärkulturen von embryonalen neuronalen Stammzellen (eNSCs), die zu Neurosphären herangewachsen sind, wurden intermittierenden 50-Hz-Feldern verschiedener Dauer und Intensitäten ausgesetzt. Es gab keine signifikanten Unterschiede im Zellwachstum, in der DNA-Synthese, dem Durchmesser der Neurosphären und verschiedenen Para-