

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

24. Jahrgang / Nr. 12

www.elektrosmogreport.de

Dezember 2018

Mikrowellen schädigen Fruchtbarkeit

Wirkung von HF-EMF auf die männliche Fruchtbarkeit

Die Autoren der hier vorgestellten Arbeit analysierten und fassten eine Reihe von unabhängigen Studien zusammen, welche sich mit dem Thema Mikrowellen und männliche Geschlechtsorgane beschäftigten. Die Studienergebnisse zeigen, wie HF-EMF zu Unfruchtbarkeit bzw. Verschlechterung der Fruchtbarkeit von Männern führen kann.

In den vergangenen Jahren wurde ein zunehmender Prozentsatz männlicher Unfruchtbarkeit innerhalb der Bevölkerung festgestellt. Zu dieser tragen wahrscheinliche verschiedene Faktoren, wie intensive Hitze, Belastung mit Pestiziden, Strahlung, Radioaktivität und anderen gefährlichen Substanzen bei. Wir sind umgeben von ionisierender und nichtionisierender Strahlung, welche beide eine ursächliche Wirkung auf die Spermatogenese haben. Als ionisierende Strahlung werden Teilchen oder elektromagnetische Strahlung bezeichnet, die in der Lage sind Elektronen aus Molekülen zu entfernen und dadurch positiv geladene Molekülreste zurücklassen. Beispiele hierfür sind Röntgenstrahlung, γ -Strahlung und α -Partikel. Diese sind wesentlich gefährlicher als nichtionisierende Strahlung, da sie genug Energie mit sich führen, um das Erbgut direkt zu schädigen und so z. B. Krebs verursachen. Die Autoren der hier vorgestellten Revision richten ihr Augenmerk jedoch auf nichtionisierende Strahlung und deren Auswirkung auf die männliche Fruchtbarkeit. Die Strahlung wird in zwei Formen unterteilt: 1) Niederfrequente (0,1 Hz–1 KHz) und Hochfrequente elektromagnetische Felder (HF-EMF, 10 MHz–300 GHz). Letztere werden z. B. durch Mobiltelefone, Laptops und drahtlose Netzwerke sowie Mikrowellenöfen erzeugt. Da HF-EMF inzwischen überall in der Umwelt verbreitet sind, wurden sie in die Liste der anderen Umweltschadstoffe (Luft-, Wasser, Boden- und Lärmbelastung) aufgenommen und unter den Begriffen „Elektroschadstoff“ oder „Elektrosmog“ aufgeführt.

Neben dem Gehirn stellt der Hoden das strahlungsempfindlichste Organ dar. Viele Tierversuche zur Nutzung von Mobiltelefonen zeigen eine Verringerung der Spermienzahl und -beweglichkeit, was auf eine Beeinträchtigung der männlichen Fruchtbarkeit hinweist. Vergleichbare Ergebnisse fand eine Studie auch beim Menschen. Die kontinuierliche Nutzung von Mobiltelefonen geht mit geringer Spermienkonzentration, -beweglichkeit, -morphologie und -lebensfähigkeit einher. Zu dem jetzigen Zeitpunkt ist jedoch kein möglicher Mechanismus, wie genau HF-EMF auf die männlichen Geschlechtsorgane einwirkt und dadurch die Fruchtbarkeit beeinträchtigt. Einige der Bedenken werden durch die Auto-

ren ausführlich diskutiert: 1) Biophysikalische Parameter von HF-EMF, 2) Wirkung von HF-EMF auf Spermienparameter, 3) Rolle von Kinasen auf den zellulären Stoffwechsel, 4) genom-schädigende Wirkung von HF-EMF, 5) HF-EMF-induzierter oxidativer Stress, 6) Wirkung von HF-EMF auf das endokrine System der männlichen Geschlechtsorgane und 7) Schutzmaßnahmen gegenüber dieser Strahlung und Empfehlungen für die Zukunft.

Die biophysikalischen Parameter beschreiben physikalische und biologische Faktoren, die die zelluläre Empfindlichkeit gegenüber Exposition von HF-EMF durch Messung der Absorptionsrate der Strahlung bestimmen. Um eine biologische Antwort zu erzielen, muss das elektromagnetische Feld zunächst die Oberfläche des biologischen Systems durchdringen und dadurch interne Felder hervorrufen. Die Eindringtiefe ist von einer Reihe von Faktoren abhängig, darunter die Parameter des EMF (z.B. Intensität, Feldstärke), Distanz der Strahlungsquelle vom biologischen System sowie Form und Geometrie des biologischen Systems. Einige Studien weisen darauf hin, dass HF-EMF stark genug sind, um den menschlichen Schädel zu durchdringen, so dass ca. 40 % der Strahlung tiefer in das Gehirn vordringen können. Es wird von einer Eindringtiefe von 4–5 cm ausgegangen. Eine vergleichbare Eindringtiefe wird beim Hoden vermutet. Die Frage ist, auf welche Weise EMF zelluläre Bestandteile schädigen und dadurch zu erhöhter Unfruchtbarkeit beitragen. DNA-Schäden sind eines der größten Probleme in Bezug auf Unfruchtbarkeit oder Hodenkrebs. Da es sich bei EMF um nicht-ionisierende Strahlung handelt, besitzen die Photonen nicht genug Energie um chemische Bindungen zu brechen oder biologische Moleküle zu ionisieren. Es wird also davon ausgegangen, dass EMF nicht direkt DNA-Schäden hervorrufen können. Es wurden also indirekte Mechanismen wie die Freie-Radikal-Hypothese gebildet, um die DNA-Schädigungen zu erklären. Zum Thema freie Radikale und reaktive Sauerstoffspezies später mehr.

Eine Vielzahl von Spermienparametern, wie z.B. Spermienqualität, Spermienanzahl, Beweglichkeit und Morphologie werden durch Alterung sowie Lebensstilfaktoren (z.B. Alkohol- und Tabakkonsum) beeinträchtigt. Zudem trägt häufige

Weitere Themen

Kommentar zu den NTP-Studien I, S. 3

Die Professoren Hardell und Carlberg begutachten die NTP-Studien, geben eine Übersicht über weitere Forschung und vergleichen diese mit epidemiologischen Ergebnissen.

Kommentar zu den NTP-Studien II, S. 4

Dr. Melnick, pensionierter Wissenschaftler am amerikanischen Institut für Gesundheit (NIH), widerspricht der unhaltbaren Kritik an den NTP-Studien und weist auf die bescheidene Aussagekraft und biologische Signifikanz zur Gesundheitsschädlichkeit der Mobilfunkstrahlung hin.

Nutzung von Mobiltelefonen oder anderen EMF-Geräten zur Verschlechterung verschiedener Spermienparameter bei. So wurde in verschiedenen Studien Verminderung der Anzahl beweglicher Spermien, Abnahme der generellen Spermienbeweglichkeit, Überlebensfähigkeit, Zunahme an reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) und abnormale Spermienmorphologie mit der Nutzung von Mobiltelefonen in Verbindung gebracht. Ein Tierversuch zeigte signifikant verringerte Spermienanzahl und einen erhöhten Anteil apoptotischer Zellen (Apoptose = programmierter Zelltod) nach der Belastung mit Mobilfunkstrahlung (Mobiltelefon als Strahlungsquelle) für 2 Std/Tag über 35 Tage. Eine andere Studie zeigte reduzierte Spermienanzahl und -beweglichkeit nach der Belastung von Ratten mit einem WLAN-verbundenen Laptop (7 Std/Tag über eine Woche). Zwei Publikationen beschreiben, dass das Tragen von Mobiltelefonen in einer Hosentasche oder am Gürtel die Beweglichkeit von Spermien vermindert. Eine Reihe von Studien war im Stande zu belegen, dass die generelle Nutzung von Mobiltelefonen in einer verringerten Spermienkonzentration und -beweglichkeit, veränderter Morphologie und verminderter Überlebensfähigkeit resultiert. Auch morphologische Veränderungen der Hoden auf Grund von HF-EMF konnte demonstriert werden.

Eine Arbeitsgruppe zeigte eine Verminderung von Durchmesser und Gewicht der Hodenkanälchen (Ort der Spermienbildung im Hoden) sowie geringere durchschnittliche Höhe des Epithelgewebes der Hodenkanälchen nach Belastung mit HF-EMF. Auch die Spermatogenese wird auf molekularer Ebene durch HF-EMF beeinträchtigt. Bei der Spermatogenese handelt es sich um einen aktiven Teilungsprozess, welcher in zwei Phasen untergliedert ist: der mitotischen und meiotischen Phase. In der mitotischen Phase findet eine Vermehrung der Spermienvorläufer statt, während in der meiotischen Phase der Chromosomensatz reduziert wird (diploid zu haploid) und schließlich reife Spermien entstehen. An diesem komplizierten Prozess sind verschiedene Schlüsselmoleküle beteiligt, welche den Zellzyklus regulieren. Der Zellzyklus wird durch die Belastung mit Mobilfunkstrahlung gestört. Dies resultiert in geringerer Anzahl reifer Spermien sowie einer erhöhten Anzahl von apoptotischen Spermien. Die Arbeitsgruppe um den Autor der Arbeit konnte zeigen, dass die Aktivität eines dieser Schlüsselmoleküle, der Spermienproteinkinase C, nach Belastung mit Mobilfunkstrahlung verringert ist. Des Weiteren konnten die Wissenschaftler eine verminderte Aktivität eines weiteren Schlüsselenzyms, der Histonkinase H1, demonstrieren. Die Konzentrationen einer dritten Kinase, der Spermienkreatinkinase, war nach der Bestrahlung mit Mikrowellen erhöht. Die Kreatinkinase spielt eine wichtige Rolle bei der Fortbewegung des Spermiums. Die Autoren der Arbeit weisen darauf hin, dass die drei Kinasen eine wichtige Rolle im Zellstoffwechsel und der Spermatogenese spielen und eine Veränderung der Spermienkinasen auf Grund von HF-EMF zu Unfruchtbarkeit führen könnten.

Neben der Beeinflussung der Enzyme hat die Bestrahlung mit HF-EMF auch Auswirkungen auf den Hormonhaushalt der Hoden. Mikrowellenstrahlung reduziert die Zellpopulation der so genannten Leydig-Zellen in Ratten. Bei den Leydig-Zellen handelt es sich um die Testosteronproduzenten. Die Reduktion dieses Zelltyps durch Mikrowellen hat bei den Ratten eine Verringerung der Testosteronkonzentration im Blutserum zur Folge. Mehrere Studien zeigten auf, dass Testosteron unerlässlich ist für die Spermatogenese sowie die Morphologie und Physiologie der Hodenkanälchen. Aus diesem Grund haben Veränderungen des Testosteronspiegels nachteilige Auswirkungen auf die männliche Fruchtbarkeit. Neben dieser unmittelbaren Wirkung auf die Testosteron-

produzierenden Zellen kann die Belastung mit HF-EMF die Hormonsekretion in der Hirnanhangdrüse verändern. Hierbei ist eine ganze Reihe von Hormonen betroffen, die unter anderem auch Auswirkungen auf die Spermatogenese und Testosteronproduktion haben können. Unter anderem ist die Bildung des luteinisierenden Hormons (LH) und des follikelstimulierenden Hormons (FSH) betroffen. Diese sind beide an der Reifung der Spermien beteiligt. Auch die Zirbeldrüse wird in ihrer Hormonsekretion durch HF-EMF negativ beeinflusst. So zeigten Wissenschaftler eine Verminderung der Melatoninkonzentration in der Zirbeldrüse. Melatonin besitzt eine so genannte antigonadotrope Wirkung, d.h. es verkleinert die Geschlechtsdrüsen. Außerdem stellt es ein wichtiges Antioxidans dar.

Einige Studien fanden heraus, dass unfruchtbare Männer Schädigungen der Spermien-DNA aufweisen. Abgesehen von anderen Lebensstilfaktoren konnte nachgewiesen werden, dass der kontinuierliche Nutzen von Mobiltelefonen die Spermien-DNA schädigt. In einem Tierversuch, bei dem die Antenne eines 3G-Mobiltelefons in der Nähe der Hoden von Ratten positioniert war (2 Std/Tag über 60 Tage), wurden Strangbrüche der DNA der Spermienzellen gefunden. Zwei weitere Publikationen beschreiben DNA-Schädigungen der Spermien- bzw. Hodenzellen, hervorgerufen durch die Bestrahlung mit 2,45 GHz Mikrowellen. Die Belastung von ejakuliertem, menschlichem Samen mit 2,45-GHz-Strahlung *in vitro* führte zu Veränderung der Beweglichkeit der Spermien sowie DNA-Fragmentierung. Allerdings ist die HF-Strahlung nicht stark genug, um bei kurzfristiger Belastung genomische Schäden hervorzurufen. Es wird davon ausgegangen, dass die berichteten Schäden durch langfristige und kumulative Wirkung hervorgerufen werden. Auch hier wird vorgeschlagen, dass oxidativer Stress eine Schlüsselrolle bei dem zugrunde liegenden Mechanismus der Spermien-DNA-Fragmentierung spielt.

Auch Zellorganellen des Spermiums sind von den Auswirkungen der nicht-ionisierenden Strahlung betroffen. Mikrotubuli (röhrenartige Proteinkomplexe) besitzen vielfältige Funktionen innerhalb des Spermiums. Sie spielen eine wichtige Rolle bei der Zellteilung und dem intrazellulären Transport. Außerdem besteht der Schwanz des Spermiums (Flagellum) hauptsächlich aus Mikrotubuli. Jegliche Änderungen in der Konformation der Mikrotubuli kann zu abnormalen Morphologie des Flagellums führen und dadurch die Beweglichkeit der Spermien schwerwiegend verschlechtern. Das kann zu Unfruchtbarkeit führen. Eine Publikation beschreibt Veränderungen der Anordnung der Mikrotubuli nach Bestrahlung mit Mobilfunk. Neben einem funktionstüchtigen Antrieb braucht das Spermium Energie, um sich fortbewegen zu können. Diese Energie wird in Form von ATP (Adenosintriphosphat) durch die Mitochondrien des Spermiums zu Verfügung gestellt. Wissenschaftler fanden heraus, dass HF-EMF die Mitochondrien der Spermien beschädigt, wodurch die Beweglichkeit der Spermien auf einer anderen Ebene beeinträchtigt wird. Außerdem führt die Beschädigung der Mitochondrien zu einer erhöhten Produktion reaktiver Sauerstoffspezies (ROS).

Die Verbindung zwischen HF-EMF und möglichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen stellt die Produktion reaktiver Sauerstoffspezies und dadurch hervorgerufener oxidativer Stress dar. Als oxidativer Stress wird ein Zustand bezeichnet, bei dem die natürliche Balance zwischen Oxidantien und Antioxidantien stark auf die Seite der Oxidantien verschoben ist. Die freien Radikale können Lipide, Proteine und DNA oxidieren, was zu einer Beschädigung von Zellen, Geweben und Organen führen kann. Eine Arbeitsgruppe berichtete,

dass oxidativer Stress der Hauptfaktor sein könnte, der eine Erhöhung der Spermien-DNA-Schäden verursacht. Spermien sind besonders anfällig gegenüber durch HF-EMF hervorgerufenem oxidativem Stress. Bereits kleine Änderungen der ROS-Konzentration spielen eine wichtige Rolle bei der Funktion der Kopfkappe des Spermiums und dessen Fähigkeit, in die Eizelle vorzudringen. Eine Publikation zeigte, dass die ROS-Konzentration im Samen von Ratten, die Mobilfunkstrahlung ausgesetzt waren, signifikant erhöht war. Eine Reihe von Wissenschaftlern berichten, dass erhöhte ROS-Konzentrationen ein Zellgift darstellen und das zum Verlust von Beweglichkeit, Anzahl und Überlebensfähigkeit der Spermien führen kann. Mehrere Studien zeigen, dass unfruchtbare Männer erhöhte ROS-Konzentrationen sowie eine geringere antioxidative Kapazität im Samen aufweisen. Es ist also wichtig, die hochreaktiven, freien Radikale durch Antioxidantien abzufangen. Die antioxidativen Schutzmechanismen des Körpers (Superoxiddismutase, Glutathionperoxidase, Melatonin) werden jedoch durch die Belastung mit HF-EMF geschwächt.

Die Auswirkungen von Strahlentherapie auf die Fruchtbarkeit von Männern bietet weitere Einsicht in die Folgen von elektromagnetischer Strahlung. Wissenschaftler konnten nachweisen, dass bei der Behandlung von Hodenkrebs Strahlentherapie schädlichere Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit hat als Chemotherapie. Während der ersten 50–60 Tage nach einer moderaten Bestrahlung (1,5–2 Gy Dosis) ist die Spermienanzahl um bis zu 50% verringert. Die Erholungszeit für ein normales Volumen und normale Anzahl der Spermien beträgt 9–18 Monate bei einer Strahlendosis unter 1 Gy, 30 nach 2–3 Gy und 5 oder mehr Jahre bei 4–6 Gy.

Als Schutzmaßnahmen vor HF-EMF in Bezug auf Fruchtbarkeit schlagen die Autoren der Arbeit die Aufnahme von Antioxidantien vor. Insbesondere die Behandlung mit Melatonin reduziert oxidativen Stress und stellt die physiologischen Testosteronkonzentrationen wieder her. Auch der Konsum von grünem Tee, der eine Reihe von Antioxidantien enthält, verbessert die Qualität der Geschlechtszellen.

Zusammengefasst analysierten die Autoren eine große Anzahl von Studien. Diese zeigten, dass die Belastung mit Strahlung von Mobiltelefonen, Mikrowellenöfen, Laptops oder WLAN nachteilige Auswirkungen auf die männlichen Geschlechtsorgane haben. Dies beinhaltet verringerte Spermienanzahl, -morphologie, -beweglichkeit, erhöhte DNA-Schäden sowie Störungen in Proteinkinasen, Hormonen und antioxidativen Enzymen. Diese Auswirkungen sind verantwortlich für Unfruchtbarkeit auf Grund einer Überproduktion von ROS. Die Studien deuten darauf hin, dass die von HF-EMF hervorgerufenen Wirkungen von physikalischen Parametern, wie z.B. Dauer der Belastung, Entfernung zur Strahlungsquelle, Feldstärke und Tiefe der Durchdringung abhängen. Laut den Autoren gebe es momentan keine Studien, die den wahren Mechanismus, wie genau HF-EMF die männlichen Geschlechtsorgane beeinflussen, darstellen. Außerdem wären die schädigenden Auswirkungen von HF-EMF noch nicht in menschlichen Studien ausreichend nachgewiesen. Deshalb fordern sie weitere Studien, um bessere Erkenntnisse zu erlangen. Außerdem gäbe es nur sehr begrenzte Forschungsergebnisse zu möglichen Schutzmaßnahmen gegenüber Elektrosmog. (RH)

Quelle:

Kesari KK, Agarwal A, Henkel R (2018): Radiations and male fertility. *Reproductive Biology and Endocrinology* 16 (1), 118; <https://doi.org/10.1186/s12958-018-0431-1>

Mobilfunk und Krebs

Kommentar zur NTP-Studie über 900- und 1900 MHz

Die Ergebnisse des NTP-Programms zu Hirntumoren durch 900- und 1900-MHz-Mobilfunkstrahlung wurden zur Begutachtung veröffentlicht. Die Professoren L. Hardell und M. Carlberg arbeiten auf 17 Seiten gründlich auf und setzen die NTP-Ergebnisse mit denen von epidemiologischen Fall-Kontroll-Studien ins Verhältnis. Zusammen mit weiteren Ergebnissen zeigen sich klare Beweise, dass Mobilfunkstrahlung Gliome und Akustikusneurinome sowie weitere Tumorarten erzeugen kann.

Das Gehirn bekommt die höchste Einstrahlung von Mobilfunk- und Schnurlostelefonen mit, deshalb ist seit langem die Sorge, dass dort Tumore entstehen können. Hardell und Mitarbeiter haben seit Ende der 1990er Jahre Fall-Kontroll-Studien durchgeführt, in denen statistisch signifikant erhöhte Risiken für Hirntumorentwicklung (bösartige Gliome und gutartige Akustikusneurinome = Schwannome) auf der Seite des Kopfes besteht, an der das Gerät gehalten wird (ipsilateral). 2011 hat die IARC (International Agency for Research on Cancer, unabhängige Abteilung der WHO) Mobilfunkstrahlung als „möglicherweise Krebs erregend bei Menschen“ eingestuft aufgrund epidemiologischer Ergebnisse bei Langzeitnutzung. Dass man nicht „wahrscheinliches“ oder „bekanntes“ Risiko sah, lag an nicht eindeutigen Tierstudien. Die WHO (Weltgesundheitsorganisation) weigert sich bis heute, das Krebsrisiko anzuerkennen, sondern folgt der von der Mobilfunk-Industrie beeinflussten ICNIRP, die klare Interessenskonflikte hat. Die weltweit gültigen ICNIRP-Richtlinien erkennen nur die thermische Wirkung (Erwärmung des Gewebes) an, was sehr große wirtschaftliche und strategische Bedeutung für Militär, Telekommunikation/IT und Elektrizitätsindustrie hat. Die Zusammenhänge wurden kürzlich dargestellt von Belpomme D, Hardell L, Belyaev I, Ernesto Burgio E, Carpenter DO (2018): Thermal and non-thermal health effects of non-ionizing radiation: an international perspective. *Env Poll* 242, 643–658). Die IARC-Einstufung umfasst alle Hochfrequenzquellen wie Basisstationen von Mobil- und DECT-Telefonen, WLAN-Accesspoints, Smartphones, Laptops und Tablets, die Dauerstrahler zu Hause, in der Schule, am Arbeitsplatz und in der Umgebung sind. Für Kinder ist das Risiko erhöht wegen der lebenslangen Einwirkung der Strahlung.

Das Hauptanliegen der Studie, frühere epidemiologische Studien einschließlich einer kurzen Zusammenfassung von Tierstudien mit den NTP-Ergebnissen zu vergleichen, führte zu klaren Beweisen dafür, dass die Strahlung ein menschliches Karzinogen ist und Gliome und Vestibularschwannome (Akustikusneurinome) hervorruft. Hinweise auf Schilddrüsenkrebs bei Tierversuchen und dessen Zunahme beim Menschen in den letzten Jahren heißt, dass weitere Tumorarten entstehen können. Im Unterschied zu den ICNIRP-Werten (2–10 W/m²), die nur thermische Wirkungen anerkennen, kommen die Bioinitiative-Berichte 2009 und 2012 zu dem Schluss, dass nicht-thermische Wirkungen zwischen 30 und 60 µW/m² die Gesundheit schädigen können, deshalb sollte zur Vorsorge ein Sicherheitsfaktor von 10 (3–6 µW/m²) eingehalten werden.

Schon 1982 haben Szmigielski und Mitarbeiter herausgefunden, dass 2,45-GHz-Strahlung zusammen mit der Krebs erregenden Chemikalie Benzpyren bei Mäusen zu schnellerem