

Beeinträchtigen elektromagnetische Felder von Handys die männliche Fruchtbarkeit?

Is male fertility compromised by electromagnetic fields of mobile phones?

Blanka Pophof

Abstract

The question, if there is any effect of electromagnetic fields from mobile phones on male fertility, has been investigated in several national and international studies. All human studies show a reduced fertility in heavy mobile phone users, but most probably this is due to the life style of this part of the population and not caused by electromagnetic fields. Laboratory studies show predominantly thermal effects above the limits, which can be explained by the high thermal sensitivity of sperm. Such high exposures do not occur in reality. Even if a mobile phone is transmitting in the trouser pocket, the exposure remains far below the limits and thermal effects can be excluded. Animal studies show in dependency of their quality controversial results. Studies corresponding to the quality demands of good laboratory practice do not show any adverse health effects of electromagnetic fields on male fertility. Many of the described observations are still not clarified, therefore WHO recommends in the Research Agenda 2010 further investigations on this topic, but not with a high priority.

Zusammenfassung

Schädigen Handys die männliche Fruchtbarkeit? Diese Sorge wird immer wieder geäußert und in den Medien aufgegriffen. Auch die Wissenschaft hat sich der Thematik angenommen und den Einfluss elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf die männliche Fruchtbarkeit in mehreren nationalen und internationalen Studien untersucht. Tatsächlich zeigen Studien eine verminderte Fruchtbarkeit bei Menschen, die häufig ein Handy nutzen. Dies ist aber höchstwahrscheinlich durch die Lebensweise dieser Personengruppe und nicht durch elektromagnetische Felder verursacht. Laborstudien zeigen vor allem thermische Effekte oberhalb der Grenzwerte, was durch die hohe Temperaturempfindlichkeit von Spermien erklärt werden kann. Derart hohe Belastungen kommen bei der Nutzung eines Mobiltelefons nicht vor. Auch wenn ein Handy in der Hosentasche sendet, liegt die Belastung der Hoden durch elektromagnetische Felder weit unterhalb der Grenzwerte. Ein thermischer Effekt kann ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse von Untersuchungen an Tieren sind widersprüchlich. Studien, die den qualitativen Ansprüchen einer guten wissenschaftlichen Praxis entsprechen, zeigen keinen gesundheitlich relevanten Einfluss elektromagnetischer Felder auf die Fruchtbarkeit. Da viele der beschriebenen Beobachtungen nicht abschließend geklärt sind, empfiehlt die WHO in der Research Agenda 2010 weitere Forschung auf diesem Gebiet, allerdings nicht mit einer hohen Priorität.

Einleitung

Die Frage, ob hochfrequente elektromagnetische Felder, die von Handys ausgehen, einen Einfluss auf die männliche Fruchtbarkeit haben, wird bereits seit über zehn Jahren intensiv untersucht. Es wurden Studien an Menschen und Tieren sowie Laborstudien an Zellkulturen mit sehr unterschiedlichen und oft widersprüchlichen Ergebnissen durchgeführt. Internationale Gremien sehen deswegen weiteren Forschungsbedarf. Die Ergebnisse ausgewählter Studien und Übersichtsarbeiten werden im Folgenden zusammengefasst.

Studien an Menschen

Während des letzten Jahrzehnts wurden fünf Studien an Menschen (Davoudi et al. 2002; Fejes et al. 2005; Wdowiak et al. 2007; Agarwal et al. 2008; Gutschi et al. 2011) durchgeführt, die den Zusammenhang zwischen der Handynutzung und der männlichen Fruchtbarkeit erforschten. Das Ergebnis aller Studien ist, dass eine häufige Handynutzung mit verminderter Fruchtbarkeit einhergeht. Allen Studien gemeinsam ist, dass der Zusammenhang zwischen Telefonnutzung und männlicher Fruchtbarkeit, nicht aber der direkte Zusammen-

hang mit elektromagnetischen Feldern untersucht wurde. Wdowiak (2007) weist darauf hin, dass Vielnutzer häufiger beruflich sehr aktiv sind, eine sitzende Tätigkeit ausüben und mehr Stress ausgesetzt sind. Alle diese Faktoren beeinträchtigen die Spermienqualität. Mögliche weitere Einflussfaktoren, wie Alter, sozialer Status, Stress, Alkohol- und Tabakkonsum, die alle die Spermienproduktion beeinträchtigen, wurden nur teilweise oder gar nicht berücksichtigt. Es ist deswegen sehr wahrscheinlich, dass die genannten Begleitfaktoren, für die ein negativer Einfluss auf Fruchtbarkeit nachgewiesen ist, für die beobachtete verminderte Fruchtbarkeit verantwortlich waren und nicht die von Handys ausgehenden elektromagnetischen Felder. Unterhalb der Grenzwerte ist die Temperaturerhöhung sehr gering und auch kein weiterer Wirkmechanismus bekannt, der eine Schädigung von Zellen oder Geweben begründen könnte.

Laborstudien

Der direkte Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf überwiegend Menschen entnommenen Spermien wurde seit 1999 in mehreren Laborstudien untersucht. Alle weisen in unterschiedlichem Ausmaß methodische Mängel auf. Einige Studien verwendeten kommerzielle Mobiltelefone anstelle von Expositionsanlagen als Quelle elektromagnetischer Felder. Aufgrund ungenügender Expositionsbestimmung entspricht dies nicht mehr dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik. Mehrfach wurde die Spezifische Absorptionsrate (SAR) nicht angegeben, welche die vom Gewebe aufgenommene Energie in Watt pro Kilogramm Körpergewebe (W/kg) beschreibt. Ohne diese Angabe ist eine Bewertung der beobachteten Veränderungen nicht möglich.

Die meisten Studien verwendeten unzureichende Kontrollen. Zum Beispiel befanden sich die Kontrollzellen außerhalb der Expositionsanlage oder in einem anderen Raum. Um Qualitätskriterien zu entsprechen, müsste aber eine Scheinexposition in der Expositionsanlage mit ausgeschalteten elektromagnetischen Feldern erfolgen. Sonst besteht die Möglichkeit, dass noch andere Umgebungseinflüsse zwischen befeldeten Proben und Kontrollen unterschiedlich waren und die beobachteten Effekte verursachten.

Nur einige wenige Studien wurden verblindet durchgeführt, das heißt, die Wissenschaftler, die die Proben auswerten, wussten nicht, welche befeldet waren und welche nicht. Dies ist eine wichtige Maßnahme, um zum Beispiel bei visuellen Auswertungen subjektive Einflüsse zu minimieren. Mehrere Studien arbeiteten bei SAR-Werten oberhalb der Grenzwerte. Hier ist davon auszugehen, dass die beobachteten Effekte durch eine Temperaturerhöhung bedingt waren. Spermien sind besonders temperaturempfindlich.

Im Folgenden wird auf neuere Studien, die eine Expositionsanlage verwendeten und den SAR-Wert angaben, näher eingegangen.

Die südafrikanische Arbeitsgruppe Falzone et al. (2008; 2010; 2011) fand oberhalb der Grenzwerte (ab 2 W/kg) eine Beeinträchtigung der Spermienbeweglichkeit. Ein vorzeitiger Zelltod der Spermien ist nicht aufgetreten. Die Spermien hatten bereits bei 2 W/kg eine veränderte Form, ihre Vitalität blieb aber unverändert. Dies ist nicht nachvollziehbar, da veränderte Spermien meistens weniger lebensfähig sind (Lerchl 2012). De Iuliis et al. (2009) beschrieben bei einer Befeldungsdauer von 16 Stunden ab einem SAR-Wert von etwa 1 W/kg ein Absinken der Beweglichkeit und Lebensfähigkeit von Spermien sowie oxidativen Stress. Liu et al. (2013) hingegen beobachteten an einer Zelllinie von Spermatozyten der Maus erst ab 4 W/kg oxidativen Stress gefolgt von einer DNA-Schädigung.

Die Autoren aller genannten Studien behaupten, dass es sich nicht um wärmebedingte Effekte handeln könne, da die Proben gekühlt worden seien. Es ist anzunehmen, dass bei einer Erwärmung durch elektromagnetische Felder und gleichzeitiger Kühlung die Wärmegradienten anders sind, als wenn keine Erwärmung und Kühlung stattfindet.

Da Spermien besonders wärmeempfindlich sind, ist vor allem oberhalb der Grenzwerte ein thermischer Effekt zu erwarten. Generell gilt, dass sich eine Erwärmung der Hoden und Spermien um mehr als 2 °C oder über 39 °C schädigend auswirkt, wobei die Schädigung vorübergehend ist. Untersuchungen aus dem Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) in realistischen Szenarien – zum Beispiel ein Handy in der Hosentasche – haben gezeigt, dass die SAR-Werte deutlich unter 1 W/kg liegen und die durch elektromagnetische Felder verursachte Erwärmung der Hoden im Bereich von etwa 0,01 °C liegt. Diese Erwärmung wird als gesundheitlich un-

bedenklich bewertet. Auch angesichts der genannten Ergebnisse aus Laborstudien ist davon auszugehen, dass eine realistische Belastung mit elektromagnetischen Feldern eines Handys nicht zu einer Schädigung von Spermien und einer Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit führt.

Studien an Tieren

Seit 1999 wurde der Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder im von Handys genutzten Frequenzbereich (800 MHz–2,5 GHz) auf Hoden und Spermia in über 30 Tierstudien an Nagetieren, wie Ratten, Mäusen und Kaninchen, untersucht. Die Mehrzahl der Tierstudien weist methodische Mängel auf: Mehr als die Hälfte der Studien verwendete ein kommerzielles Mobiltelefon anstelle einer definierten Expositionsanlage. In einigen Fällen wurde ein Mobiltelefon im Standby zur Befeldung der Tiere verwendet. In diesem Modus sendet ein Handy in Abständen von etwa einer halben bis zu mehreren Stunden ein kurzes Signal an die Basisstation, die abgestrahlten elektromagnetischen Felder sind vernachlässigbar (Mild et al. 2012). Häufig wurde die

spezifische Absorptionsrate (SAR) nicht angegeben, es wurden Käfigkontrollen anstelle einer Scheinexposition verwendet, und die meisten Studien wurden nicht verblindet ausgewertet. Ein Beispiel für eine gut definierte Anlage zur verblindeten Exposition von Labornagern mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ist in **Abbildung 1** dargestellt.

Viele Studien arbeiteten mit sehr kleinen Tierzahlen (unter zehn). Die Gruppengröße ist jedoch für die statistische Auswertung der Ergebnisse wichtig. In kleinen Gruppen können individuelle Unterschiede dazu führen, dass sich Gruppen signifikant unterscheiden, ohne dass dies ursächlich etwas mit dem untersuchten Einflussfaktor zu tun hat. Andererseits haben Studien mit kleinen Gruppen eine geringe statistische Power, was bedeutet, dass ein vorhandener Effekt leicht übersehen werden kann. In der Toxikologie gilt als goldener Standard die Gruppengröße von 32 Tieren. Diese Anforderung erfüllt nur eine Studie (Sommer et al. 2009).

Die Ergebnisse der einzelnen Studien sind nicht einheitlich – unterschiedliche Studien finden Einflüsse auf unterschiedliche Parameter und diese verändern

Abbildung 1: Beispiel einer gut definierten Anlage zur Exposition von Mäusen mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks, die in der Studie von Sommer et al. (2009) verwendet wurde. Die Anlage besteht aus vier Einheiten. Jede Einheit enthält 16 Käfige. Quelle: Jacobs University Bremen.



sich oft in entgegengesetzte Richtungen (siehe dazu die Ausführungen auf der Internetseite des BfS: http://www.bfs.de/de/bfs/forschung/stellungnahmen/Handynutzung_maennliche_Fruchtbarkeit/tiere.html; Abrufdatum: 15.10.2013). Der Gehalt des männlichen Hormons Testosteron im Blut konnte zum Beispiel unverändert, erhöht oder auch verringert sein. Die Spermienzahl war manchmal verringert, unverändert oder sogar erhöht. Wenn die Spermienzahl unverändert blieb, konnte ihre Beweglichkeit und/oder Lebensfähigkeit geringer, unbeeinflusst oder sogar erhöht sein. Insgesamt lässt sich aus den sehr variablen Daten kein Nachweis für eine gesundheitsrelevante schädliche Wirkung elektromagnetischer Felder auf Spermien herleiten.

In der letzten Zeit wurden mehrere Arbeiten publiziert, die als Folge einer Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks oxidativen Stress in den Zellen finden und daraus eine Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit ableiten. Führend ist hier die Gruppe um Kavindra Kesari aus Indien. Eine detaillierte Kritik der indischen Studien hat der schwedische Wissenschaftliche Rat zu elektromagnetischen Feldern (SSM 2013) veröffentlicht, mit dem Ergebnis, dass sich die Arbeiten durch äußerst mangelhaften methodischen Ansatz und unzureichende Expositionsbestimmung auszeichnen und die Ergebnisse in sich nicht konsistent und nicht nachvollziehbar sind. Weitere Arbeiten (z. B. aus Indien, Saudi-Arabien und der Türkei), ebenfalls von fragwürdiger Qualität, nehmen oxidativen Stress infolge von Exposition durch Handys als gegeben und versuchen zu zeigen, dass zum Beispiel Melatonin und die Vitamine A, C und E als „Gegenmittel“ wirken könnten.

Die beschriebene hohe Variabilität der Ergebnisse ist höchstwahrscheinlich eine Folge der bereits erwähnten schlechten Qualität vieler Studien. Hätten elektromagnetische Felder einen Einfluss auf die Fruchtbarkeit, wäre zu erwarten, dass sich ein bestimmter Parameter in einer Mehrzahl der Studien immer auf eine ähnliche Weise verändert. Auch eine Dosisabhängigkeit wäre zu erwarten. In vielen der vorliegenden Studien wurde anscheinend nur die normale physiologische Variabilität und nicht der tatsächliche Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Fruchtbarkeit untersucht.

Für eine gründlichere Auseinandersetzung wurden daher anhand bestimmter Qualitätskriterien Studien

ausgewählt, deren Ergebnisse belastbar sind. Diese Qualitätskriterien waren:

- Verwendung einer Expositionsanlage,
- Angabe des SAR-Wertes,
- Scheinexposition,
- Verblindung,
- mindestens zehn Tiere in den Gruppen der exponierten und scheinexponierten Tiere.

Diesen Kriterien entsprechen insgesamt fünf Studien. Sie haben zudem den Vorteil, dass in zwei Fällen eine Ganzkörperexposition bis zu 4 W/kg angewandt wurde. Bei 4 W/kg treten bei Nagetieren bereits Verhaltensänderungen auf, ein möglicherweise vorhandener negativer Einfluss elektromagnetischer Felder auf die Fruchtbarkeit müsste bei einer so hohen Belastung nachweisbar sein. Trotzdem fanden vier der genannten Studien keinen Einfluss und eine Studie sogar eine verbesserte Fruchtbarkeit.

Dasdag et al. (2008) fanden bei Ratten unter dem Einfluss von elektromagnetischen Feldern keinen verstärkten Zelltod in den Hoden. Andere Parameter wurden nicht untersucht. In einem Vorhaben des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (Sommer 2009) wurden Langzeiteffekte, unter anderem auf reproduktive Eigenschaften von männlichen und weiblichen Mäusen, über vier Generationen hinweg unter dem Einfluss eines UMTS-Signals untersucht. Es wurden keine Unterschiede im Gewicht der Hoden, Nebenhoden und der Anhangsdrüse sowie Spermienzahl und Anteil geschädigter Spermien gefunden. Der Paarungserfolg, gemessen an der Zahl der Nachkommen, war ebenfalls unverändert. Ozlem Nisbet et al. (2011) beobachteten bei exponierten Ratten einen erhöhten Testosteronspiegel. Die Spermienzahl war unverändert, deren Beweglichkeit war aber bei befeldeten Tieren erhöht. Zusätzlich war der Anteil normaler Spermien erhöht und der Anteil geschädigter Spermien niedriger, was für eine Verbesserung der Fruchtbarkeit spricht. Lee et al. (2012) fanden bei befeldeten Ratten keine Veränderung im Gewicht von Hoden und Nebenhoden, Spermienzahl, Stadien der Spermatogenese, oxidativem Stress und Zelltod in den Hoden. Bei jungen befeldeten Ratten wurde kein Einfluss auf das Gewicht von Hoden, Nebenhoden, Samenblase und Prostata gefunden (Poullietier de Gannes et al. 2012). Auch gab es weder makroskopische noch mikroskopische Unterschiede im Hodengewebe. Der Paarungser-

folg war bei exponierten und scheinexponierten Tieren gleich gut (Studienbewertung unter http://www.bfs.de/de/bfs/forschung/stellungnahmen/Handynutzung_maennliche_Fruchtbarkeit/tiere.html; Abrufdatum: 15.10.2013).

Alle Tierstudien, die den qualitativen Ansprüchen einer guten wissenschaftlichen Praxis entsprechen, zeigen keinen negativen Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder mit SAR-Werten bis zu 4 W/kg auf unterschiedliche Parameter der Fruchtbarkeit.

Übersichtsarbeiten und Bewertungen

Die bisher vorliegenden wissenschaftlich publizierten Arbeiten zum Zusammenhang zwischen männlicher Fruchtbarkeit und elektromagnetischen Feldern von Handys wurden von einigen Autoren zusammengefasst und von nationalen und internationalen Gremien bewertet.

Einzelne Wissenschaftler, die Übersichtsarbeiten publiziert haben, kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Agarwal et al. (2011) und Kesari et al. (2012) stützen sich überwiegend auf eigene Forschungsergebnisse, die erhebliche methodische Mängel aufweisen, und postulieren einen starken negativen Einfluss elektromagnetischer Felder auf die Fruchtbarkeit. La Vignera et al. (2011) fassen publizierte Ergebnisse zusammen, ohne sie zu kommentieren und zu bewerten. Merhi (2012) kommt in einer kritischen und bewertenden Übersichtsarbeit zum Ergebnis, dass die vorliegenden Arbeiten widersprüchlich sind und weitere Forschung notwendig sei.

Organisationen wie die Internationale Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (ICNIRP 2009), der Wissenschaftliche Ausschuss „Neu auftretende und neu identifizierte Gesundheitsrisiken“ der EU (SCENIHR 2009), die Weltgesundheitsorganisation (WHO 2010), die britische Health Protection Agency (HPA 2012), der schwedische Wissenschaftliche Rat zu elektromagnetischen Feldern (SSM 2013) sowie die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK 2011) kommen einheitlich zu dem Schluss, dass zwar viele Studien negative Einflüsse zeigen, dabei aber widersprüchlich und durch erhebliche methodische Mängel belastet sind. Diese Studien geben keine ausreichenden Informa-

tionen zu methodischen und technischen Aspekten und zu den tatsächlich angewandten elektromagnetischen Feldern. Deshalb können aus ihnen keine belastbaren Schlüsse gezogen werden. Auf gar keinen Fall sind sie als Nachweis negativer Effekte elektromagnetischer Felder auf die Fruchtbarkeit zu werten.

Die wenigen Studien, die den qualitativen Ansprüchen einer guten wissenschaftlichen Praxis entsprechen, zeigen überwiegend keine Effekte. ICNIRP, WHO und HPA ziehen aus diesen Tatsachen den Schluss, dass weitere Forschung auf diesem Gebiet gerechtfertigt ist, sie wird aber nicht mit hoher Priorität empfohlen. Die SSK stützt sich demgegenüber auf die Ergebnisse aus dem Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm, die keine negativen Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf die Reproduktion zeigen, und sieht keinen weiteren Forschungsbedarf.

Weitere Informationen

- Beeinflusst die Handynutzung die männliche Fruchtbarkeit?: http://www.bfs.de/de/elektrostrahlenschutz_mobilfunk/weitere_informationen/stellungnahmen/Fruchtbarkeit_Mann.html (Abrufdatum: 15.10.2013).
- Einfluss elektromagnetischer Felder von Handys auf die männliche Fruchtbarkeit: http://www.bfs.de/de/bfs/forschung/stellungnahmen/Handynutzung_maennliche_Fruchtbarkeit (Abrufdatum: 15.10.2013).

Literatur

Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK et al. (2008): Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. In: *Fertil. Steril.* 89(1): 124–128.

Agarwal A, Singh A, Hamada A et al. K (2011): Cell phones and male infertility: a review of recent innovations in technology and consequences. In: *Int. Braz. J. Urol.* 37(4): 432–454.

Dasdag S, Akdag MZ, Ulukaya E et al. (2008): Mobile phone exposure does not induce apoptosis on spermatogenesis in rats. In: *Arch Med Res.* 39(1): 40–44.

Davoudi M, Brössner C, Kuber W (2002): Der Einfluß elektromagnetischer Wellen auf die Spermienmotilität. In: *J. Urol. Urogynäkol.* 9(3): 18–22.

De Iuliis GN, Newey RJ, King BV et al. (2009): Mobile phone radiation induces reactive oxygen species produc-

- tion and DNA damage in human spermatozoa in vitro. In: PLoS One. 4(7): e6446.
- Falzone N, Huyser C, Becker P et al. (2011): The effect of pulsed 900-MHz GSM mobile phone radiation on the acrosome reaction, head morphometry and zona binding of human spermatozoa. In: Int. J. Androl. 34(1): 20–26.
- Falzone N, Huyser C, Franken DR et al. (2010): Mobile phone radiation does not induce proapoptosis effects in human spermatozoa. In: Rad. Res. 174(2): 169–176.
- Falzone N, Huyser C, Fourie F et al. (2008): In vitro effect of pulsed 900 MHz GSM radiation on mitochondrial membrane potential and motility of human spermatozoa. In: Bioelectromagnetics 29(4): 268–276.
- Fejes I, Zavaczki Z, Szollosi J et al. (2005): Is there a relationship between cell phone use and semen quality? In: Arch. Androl. 51(5): 385–393.
- Gutsch T, Mohamad Al-Ali B, Shamloul R et al. (2011): Impact of cell phone use on men's semen parameters. In: Andrologia 43(5): 312–316.
- HPA (2012): Health effects from radiofrequency electromagnetic fields. Report of the Advisory Group on Non-ionising Radiation. Documents of the Health Protection Agency.
- ICNIRP (2009): Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz–300 GHz) – Review of the Scientific Evidence and Health Consequences. Munich: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.
- Kesari KK, Kumar S, Nirala J et al. (2013): Biophysical evaluation of radiofrequency electromagnetic field effects on male reproductive pattern. In: Cell Biochem Biophys. 65(2): 85–96.
- La Vignera S, Condorelli RA, Vicari E et al. (2011): Effects of the exposure to mobile phones on male reproduction: A review of the literature. In: J. Androl. 33(3): 350–356.
- Lee HJ, Jin YB, Kim TH et al. (2012): The effects of simultaneous combined exposure to CDMA and WCDMA electromagnetic fields on rat testicular function. In: Bioelectromagnetics 33(4): 356–364.
- Lerchl A (2012): Letter on ‚The effect of pulsed 900-MHz GSM mobile phone radiation on the acrosome reaction, head morphometry and zona binding of human spermatozoa‘ by Falzone et al. (Int J Androl 34: 20-26, 2011). In: Int J Androl. 35(1): 103.
- Liu C, Duan W, Xu S et al. (2013): Exposure to 1800 MHz radiofrequency electromagnetic radiation induces oxidative DNA base damage in a mouse spermatocyte-derived cell line. In: Toxicol Lett. 218(1): 2–9.
- Merhi ZO (2012): Challenging cell phone impact on reproduction: A Review. In: J. Assist. Reprod. Genet. 29(4): 293–297.
- Mild KH, Bach Andersen J, Frølund Pedersen G (2012): Is there any exposure from a mobile phone in stand-by mode? In: Electromagn. Biol. Med. 31(1): 52–56.
- Ozlem Nisbet H, Nisbet C, Akar A, et al. (2011): Effects of exposure to electromagnetic field (1.8/0.9GHz) on testicular function and structure in growing rats. In: Res. Vet. Sci. 93(2): 1001–1005.
- Poullietier de Gannes F, Billaudel B, Haro E et al. (2012): Rat fertility and embryo fetal development: Influence of exposure to the Wi-Fi signal. In: Reprod Toxicol. DOI: 10.1016/j.reprotox.2012.11.003.
- SCENHIR (2009): Health Effects of Exposure to EMF. European Commission.
- Sommer AM, Grote K, Reinhardt T et al. (2009): Effects of radiofrequency electromagnetic fields (UMTS) on reproduction and development of mice: a multigeneration study. In: Radiat Res 171 (1): 89–95.
- SSK (2011): Biologische Auswirkungen des Mobilfunks - Gesamtschau - Stellungnahme der Strahlenschutzkommission.
- SSM (2013): Eighth report from SSM. Scientific Council on Electromagnetic Fields.
- Wdowiak A, Wdowiak L, Wiktor H (2007): Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility. In: Ann. Agric. Environ. Med. 14(1): 169–172.
- WHO (2010): WHO Research Agenda for Radiofrequency Fields.

Kontakt

Dr. Blanka Pophof
 Bundesamt für Strahlenschutz
 Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit
 AG-SG 1.4. Exposition, Wirkungen und Risiken durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder, Anwendungen beim Menschen einschließlich Ultraschall
 85762 Oberschleißheim
 E-Mail: bpophof[at]bfs.de

[BfS]