

Einfluss elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf die männliche Fruchtbarkeit

Bewertende Literaturübersicht

**Fachbereich
Strahlenschutz und Gesundheit**

Blanka Pophof



Bundesamt für Strahlenschutz

BfS-SG-21/14

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokuments immer auf folgende URN:

urn:nbn:de:0221-2014031911368

Zur Beachtung:

BfS-Berichte und BfS-Schriften können von den Internetseiten des Bundesamtes für Strahlenschutz unter <http://www.bfs.de> kostenlos als Volltexte heruntergeladen werden.

Salzgitter, Januar 2014

Einfluss elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf die männliche Fruchtbarkeit

Bewertende Literaturübersicht

**Fachbereich
Strahlenschutz und Gesundheit**

Blanka Pophof

INHALT

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	ABSTRACT.....	4
3	EINLEITUNG.....	4
4	STUDIEN AN MENSCHEN	5
5	LABORSTUDIEN.....	5
5.1	Methoden.....	5
5.2	Ergebnisse.....	6
5.3	Bewertung	6
6	STUDIEN AN TIEREN	9
6.1	Methoden.....	9
6.2	Ergebnisse.....	9
6.2.1	Testosterongehalt	9
6.2.2	Gewebeparameter der Hoden	18
6.2.3	Spermienqualität	18
6.2.4	Oxidativer Stress.....	18
6.3	Bewertung	18
7	ÜBERSICHTSARBEITEN UND BEWERTUNGEN.....	20
8	LITERATURVERZEICHNIS	21

EINFLUSS ELEKTROMAGNETISCHER FELDER DES MOBILFUNKS AUF DIE MÄNNLICHE FRUCHTBARKEIT

1 ZUSAMMENFASSUNG

Der Einfluss elektromagnetischer Felder, die von Handys ausgehen, auf die männliche Fruchtbarkeit wurde in mehreren nationalen und internationalen Studien untersucht. Studien an Menschen zeigen einheitlich eine verminderte Fruchtbarkeit bei Menschen, die häufig ein Handy nutzen. Diese ist aber höchstwahrscheinlich durch die Lebensweise dieser Personengruppe und nicht durch elektromagnetische Felder verursacht. Laborstudien zeigen vor allem thermische Effekte oberhalb der Grenzwerte, die durch die hohe Temperaturempfindlichkeit von Spermien erklärt werden können. Derart hohe Belastungen kommen bei der alltäglichen Nutzung von Handys nicht vor. Auch wenn ein Handy in der Hosentasche sendet, liegt die Belastung der Hoden durch elektromagnetische Felder weit unterhalb der Grenzwerte und ein thermischer Effekt kann ausgeschlossen werden. Ergebnisse von Untersuchungen an Tieren zeigen in Abhängigkeit von der Studienqualität teilweise widersprüchliche Ergebnisse. 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.

2 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.

3 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. Für die vorliegende Literaturübersicht wurden Originalpublikationen sowie Übersichtsarbeiten ab 1999 im Literatur-Suchportal PubMed (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed) sowie im EMF-Portal (www.emf-portal.de) des Forschungszentrums für Elektromagnetische Umweltverträglichkeit der Universität Aachen recherchiert. Es wurden Arbeiten berücksichtigt, die in wissenschaftlichen Fachjournals publiziert wurden und ein Begutachtungsverfahren (peer-review) durchlaufen haben. Zusätzlich wurden Übersichtsarbeiten nationaler und internationaler Strahlenschutzbehörden und Gremien hinzugezogen. Es wurden Veröffentlichungen bis Ende Dezember 2013 aufgenommen.

Es wurden nur Arbeiten berücksichtigt, bei denen Auswirkungen elektromagnetischer Felder der Mobilfunk-Endgeräte auf die männliche Fruchtbarkeit an Menschen, Tieren oder in biologischen Proben untersucht wurden. Arbeiten über Felder, die von Mobilfunk-Basisstationen oder WLAN und Wi-Fi Hot Spots ausgehen, wurden ausgeschlossen. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurden Publikationen, die den Einfluss von Feldern im Frequenzbereich von 10 GHz und mehr untersucht haben, da Handys generell im Frequenzbereich zwischen 900 MHz und 2,5 GHz senden. Weiterhin wurden Studien, die an Insekten und Vögeln durchgeführt wurden, ausgeschlossen, da diese Ergebnisse schlechter auf Menschen übertragbar sind als Ergebnisse, die an Säugetieren (meistens Labornagern) erzielt wurden.

Entsprechend den genannten Kriterien wurden insgesamt 55 Studien an Menschen und Tieren sowie Laborstudien an Zellen identifiziert, die von sehr unterschiedlicher Qualität waren, mit verschiedenen Methoden

durchgeführt wurden und zu sehr vielfältigen und oft widersprüchlichen Ergebnissen gekommen sind. Hinzu kommen fünf Übersichtsarbeiten und sechs Bewertungen nationaler und internationaler Gremien. Diese Publikationen werden im Folgenden zusammengefasst und bewertet.

4 STUDIEN AN MENSCHEN

Während des letzten Jahrzehnts wurden fünf Studien an Menschen (Tabelle 1) durchgeführt, die den Zusammenhang zwischen der Handynutzung und der männlichen Fruchtbarkeit erforschten. In den meisten Studien wurden Patienten untersucht, die bereits Fruchtbarkeitsprobleme hatten. Das Ergebnis aller Studien ist, dass eine häufige Handynutzung mit verminderter Fruchtbarkeit einhergeht. Bei Menschen, die sehr häufig das Handy nutzen, ist die Zahl und die Beweglichkeit der Spermien niedriger und der Anteil geschädigter Spermien höher als bei denen, die das Handy seltener oder nie nutzen. Allen Studien gemeinsam war, dass der Zusammenhang zwischen Telefonnutzung und männlicher Fruchtbarkeit, nicht aber der direkte Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern untersucht wurde. Wdowiak et al. (2007) weisen darauf hin, dass Vielnutzer im Vergleich zu Wagnutzern häufiger beruflich sehr aktiv sind, eine sitzende Tätigkeit ausüben und mehr Stress ausgesetzt sind. Alle diese Faktoren beeinträchtigen nachweislich 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 daher sehr wahrscheinlich, dass die genannten Begleitfaktoren (Confounder), bei denen ein negativer Einfluss auf die männliche Fruchtbarkeit nachgewiesen ist, ursächlich für die beobachtete verminderte Fruchtbarkeit waren, und nicht die von Handys ausgehenden elektromagnetischen Felder. Für diese ist unterhalb der Grenzwerte kein Wirkmechanismus bekannt, der zur Schädigung von Zellen oder Geweben führen könnte.

Tabelle 1. Studien an Menschen

Autor	Jahr	Kollektiv	Einflussfaktor	Ergebnis
Davoudi et al.	2002	13 Gesunde	Handy in der Hosentasche	verminderte Spermienbeweglichkeit, Spermienzahl und -Morphologie unverändert
Fejes et al.	2005	371 Patienten	Nutzungsdauer	verminderte Spermienbeweglichkeit und Konzentration
Wdowiak et al.	2007	304 Patienten	häufige Nutzer verglichen mit Nichtnutzern	verminderte Spermienbeweglichkeit, höherer Anteil defekter Spermien
Agarwal et al.	2008	361 Patienten	Nutzungsdauer	Beeinträchtigung von Überlebensrate, Beweglichkeit und Morphologie der Spermien
Gutschi et al.	2011	2110 Patienten	Nutzer verglichen mit Nichtnutzern	höherer Anteil morphologisch defekter Spermien, erhöhter Testosteronspiegel

5 LABORSTUDIEN

Der direkte Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf entnommene - überwiegend menschliche - Spermien wurde seit 1999 in elf Laborstudien untersucht. Zehn davon fanden unter dem Einfluss elektromagnetischer Felder mindestens bei einem der untersuchten Parameter eine signifikante Veränderung, wobei häufig viele andere Parameter unverändert blieben (Tabelle 2).

5.1 METHODEN

Alle Laborstudien weisen in unterschiedlichem Ausmaß methodische Mängel auf. In drei Studien wurden kommerzielle Mobiltelefone als Quelle elektromagnetischer Felder verwendet. Dies entspricht nicht mehr dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik. Alle anderen Arbeitsgruppen verwendeten Expositionsanlagen, die aber nicht immer präzise beschrieben waren. In drei Studien wurde die spezifische Absorptionsrate (SAR), welche die vom Gewebe aufgenommene Leistung (Energie pro Zeiteinheit) in Watt pro Kilogramm (W/kg) beschreibt, nicht angegeben. Ohne diese Angabe ist eine Bewertung der beobachteten Veränderungen nicht möglich. Neun Studien verwendeten unzureichende Kontrollen. Zum Beispiel befanden sich die Kontrollzellen außerhalb der

Expositionsanlage oder in einem anderen Raum. Um den genannten Qualitätskriterien zu entsprechen, müsste aber eine Scheinexposition in der Expositionsanlage mit ausgeschalteten elektromagnetischen Feldern erfolgen. Sonst besteht die Möglichkeit, dass noch andere Umgebungseinflüsse bei befeldeten Proben und Kontrollen unterschiedlich waren und diese die beobachteten Effekten verursachten. Nur zwei aktuelle Studien aus 2013 verwendeten eine Scheinexposition. Auch wurden nur drei Studien verblindet durchgeführt, das heißt, die Wissenschaftler, die die Proben auswerteten, wussten nicht, welche befeldet wurden und welche nicht. Dies ist eine wichtige Maßnahme, um zum Beispiel bei visuellen Auswertungen subjektive Einflüsse zu minimieren. Drei der Studien untersuchten SAR-Werte oberhalb der Grenzwerte, bis zu 5,7 W/kg und 27 W/kg. Hier ist davon auszugehen, dass die beobachteten Effekte thermisch waren, da Spermien besonders temperaturempfindlich sind.

5.2 ERGEBNISSE

Im Folgenden werden nur die Ergebnisse neuerer Studien, die eine Expositionsanlage verwendeten und den SAR-Wert angaben, genauer dargestellt.

Falzone et al. (2008) benutzten eine gut definierte Expositionsanlage und fanden bei 2 W/kg (entspricht dem Teilkörpergrenzwert) keinen Einfluss auf die Parameter der Spermienbeweglichkeit. Bei 5,7 W/kg, das heißt oberhalb des Grenzwertes, war die Zahl beweglicher Spermien unverändert, deren Geschwindigkeit aber geringer. Weder bei zwei noch bei 5,7 W/kg wurden oxidativer Stress, veränderte enzymatische Aktivität oder ein vorzeitiger programmierter Zelltod bei den Spermien beobachtet (Falzone et al. 2010). In einer weiteren Folgestudie (Falzone et al. 2011) waren die Spermien bereits bei 2 W/kg morphologisch verändert und ihre Bindungsfähigkeit zum Ei war beeinträchtigt, ihre Vitalität blieb aber unverändert. Dies ist nicht nachvollziehbar, da morphologisch veränderte Spermien meistens weniger lebensfähig sind. Das Ergebnis wurde von anderen Wissenschaftlern angezweifelt (Lerchl 2012).

De Iulio et al. (2009) beobachteten bei steigenden SAR-Werten im Bereich von 0,4 bis 27,5 W/kg ein Absinken der Beweglichkeit und Lebensfähigkeit von Spermien, aber keinen oxidativen Stress. Der Einfluss war dosisabhängig und begann bei einer Befeldungsdauer von 16 Stunden ab etwa 1 W/kg.

Liu et al. (2013a) beobachteten an einer Zelllinie von Spermatozyten der Maus bei 1 und 2 W/kg keinen Effekt, bei 4 W/kg kam es zu oxidativem Stress gefolgt von einer DNA Schädigung. Es traten aber keine DNA-Strangbrüche auf.

5.3 BEWERTUNG

Falzone et al. (2008, 2010, 2011) sowie De Iulio et al. (2009) stellen fest, dass es sich nicht um einen thermischen Effekt handeln könne, da die Proben gekühlt worden seien. Die Expositionsbestimmung in Zellkulturen ist aber schwierig, De Iulio hat daher nur indirekt den SAR-Wert in einer Salzlösung gemessen, in der Zellkultur kann es zu erheblichen Abweichungen gekommen sein (Lerchl 2013). Zudem treten bei einer Erwärmung durch elektromagnetische Felder und gleichzeitiger Kühlung Wärmegradienten auf. Da Spermien besonders wärmeempfindlich sind, ist vor allem oberhalb der Grenzwerte ein thermischer Effekt zu erwarten. Generell gilt, dass eine Erwärmung der Hoden und Spermien um mehr als 2°C oder über 39°C schädlich ist, wobei die Schädigung vorübergehend ist. Untersuchungen im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/dosimetrie/dosimetrie_abges/dosi_055.html) haben gezeigt, dass bei realistischen Szenarien – zum Beispiel einem Handy in der Hosentasche – 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 unbedenklich 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.

Tabelle 2 Laborstudien an Zellen

Autor	Jahr	Exposition	Material	SAR	Expositionsdauer	Scheinexposition	Verblindung	Ergebnisse
Akdag et al.	1999	Expositionsanlage (Reflexionskammer) 9,45 GHz	Sperma und Hodengewebe von Ratten	1,8 W/kg	1 Stunde pro Tag für 13, 26, 39 oder 52 Tage	nein (Kontrolle)	nein	weniger Spermien, Zahl defekter Spermien und Hodenmorphologie variierten mit Expositionsdauer, Rektaltemperatur erhöht (= thermischer Effekt)
Erogul et al.	2006	kommerzielles Mobiltelefon, 900 MHz	Sperma von 27 Männern	keine Angabe (Leistungsflussdichte 0,02 mW/cm ²)	5 min	nein (Kontrolle)	ja	Spermienzahl unverändert, verminderte Spermienbeweglichkeit
Agarwal et al.	2009	kommerzielles Mobiltelefon, 850 MHz	Sperma von 23 Männern	1,46 W/kg	1 Stunde	nein (Kontrolle)	nein	Spermienzahl unverändert, verminderte Lebensfähigkeit und Beweglichkeit
Falzone et al.	2008	Expositionsanlage (Hohlleiter), 900 MHz	Sperma von 12 Männern	2 und 5,7 W/kg	1 Stunde	nein (Kontrolle)	nein	bei 2 W/kg kein Einfluss, bei 5,7 W/kg langsamere Bewegung bei gleich bleibender Zahl beweglicher Spermien
De Iulius et al.	2009	Expositionsanlage (Hohlleiter), 1800 MHz	Sperma von 22 Männern	0,4 - 27,5 W/kg	16 Stunden	nein (Kontrolle)	nein	dosisabhängig oberhalb von 1 W/kg: sinkende Lebensfähigkeit und Beweglichkeit von Spermien, oxidativer Stress

Falzone et al.	2010	Expositionsanlage (Hohlleiter), 900 MHz	Sperma von 12 Männern	2 und 5,7 W/kg	1 Stunde	nein (Kontrolle)	nein	kein Einfluss auf oxidativen Stress, Enzymaktivität und Zelltod
Falzone et al.	2011	Expositionsanlage (Hohlleiter), 900 MHz	Sperma von 12 Männern	2 W/kg	1 Stunde	nein (Kontrolle)	ja	morphologische Veränderung, verminderte Bindungsfähigkeit zum Ei, Lebensfähigkeit unverändert
Lukac et al.	2011	Expositionsanlage, 1800 MHz	Sperma von 10 Rindern	keine Angabe	30, 120 und 420 min	nein (Kontrolle)	nein	verminderte Spermienbeweglichkeit
Wu et al.	2011	Expositionsanlage, 2 – 4 GHz	Sertoli Zellen von Ratten (Zellen in den Hoden, die die Spermien schützen)	keine Angabe (Leistungsflussdichte 100 mW/cm ²)	4 min	nein (Kontrolle)	nein	Modulation von Signalwegen, oxidativer Stress, möglicher negativer Einfluss auf Spermatogenese
Liu et al.	2013	Expositionsanlage (Hohlleiter), 1800 MHz	Von Spermatozyten der Maus abgeleitete Zelllinie	1, 2, 4 W/kg	24 Stunden intermittierend, 5 min an, 10 min aus	ja	ja	oxidativer Stress mit resultierender DNA-Schädigung nur bei 4 W/kg; keine DNA-Strangbrüche
Liu et al.	2013	kommerzielles Mobiltelefon, 900 MHz	von Spermatozyten der Maus abgeleitete Zelllinie	0,686 W/kg (Angabe des Herstellers)	24 Stunden	ja	nein	oxidativer Stress mit resultierender DNA-Schädigung, reversibel durch Zugabe von Melatonin

6 STUDIEN AN TIEREN

Für den Zeitraum von 1999 bis 2013 wurden 39 Studien an Nagetieren wie Ratten, Mäusen und Kaninchen identifiziert, die den Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder im von Handys genutzten Frequenzbereich (800 MHz – 2,5 GHz) auf Hoden und Sperma untersuchten und die peer-reviewed publiziert wurden (Tabelle 3). Eine Mehrzahl der Publikationen, nämlich 28, zeigt für mindestens einen der untersuchten Parameter einen signifikanten, meistens negativen Einfluss der elektromagnetischen Felder auf die Fruchtbarkeit. Studien bei 10 GHz und mehr wurden nicht berücksichtigt, da sich diese auf andere Anwendungen als Handys beziehen.

6.1 METHODEN

Die Mehrzahl der Tierstudien weist zum Teil erhebliche methodische Mängel auf. Bei siebzehn Studien wurde ein kommerzielles Mobiltelefon anstatt einer definierten Expositionsanlage verwendet. In einigen Fällen (Salama et al. 2009a, b, 2010; Kesari et al. 2011) wurden Tiere mit einem Mobiltelefon im Stand-by befördert. In diesem Modus sendet ein Handy nur in Abständen von etwa einer halben bis zu mehreren Stunden ein kurzes Signal an die Basisstation. Die abgestrahlten elektromagnetischen Felder sind in dieser Betriebsart vernachlässigbar (Mild et al. 2012) und können keinen Einfluss haben. Trotzdem wurden in den genannten Arbeiten signifikante Veränderungen beschrieben. Drei Studien der Arbeitsgruppe Salama (2009a, b; 2010) wurden auch wegen weiterer Mängel in der Expositionsbestimmung und der statistischen Auswertung kritisiert (Lerchl & Bornkessel 2012). Diese Studien wurden inzwischen zurückgezogen (Krawetz & Heinink 2012, Salama et al. 2012a, b).

Acht Studien gaben die spezifische Absorptionsrate (SAR), die der vom Tierkörper aufgenommenen Leistung in W/kg entspricht, nicht an. In einigen Publikationen wird zwar ein SAR Wert angegeben, es ist aber unklar ob er korrekt bestimmt wurde. Acht Studien verwendeten Käfigkontrollen anstatt einer Scheinexposition mit identischen Bedingungen außer dem Vorhandensein elektromagnetischer Felder. Auch in Arbeiten, die angeben, eine Scheinexposition verwendet zu haben, bleibt oft unklar, wie genau dabei die Expositionssituation nachgestellt wurde. Zweiundzwanzig Studien waren nicht verblindet und damit möglicherweise durch subjektive Faktoren beeinflusst. In verblindeten Studien wurde häufig nicht dargestellt, welche Maßnahmen ergriffen wurden, um die Verblindung zu gewährleisten. Manchmal wurden die Experimente zwar verblindet ausgewertet (z.B. Gewebeproben), die Durchführung der Versuche selbst aber war unverblindet.

Vierundzwanzig Studien untersuchten jeweils fünf bis neun Tiere pro Gruppe (zum Beispiel sechs befordete verglichen mit sechs Kontrollen), nur in fünfzehn Studien waren es mindestens zehn Tiere pro Gruppe. Die Gruppengröße ist 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. Zudem 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 eine Gruppengröße von 32 Tieren. Diese Anforderung erfüllt nur eine Studie (Sommer et al. 2009).

6.2 ERGEBNISSE

Die in Tabelle 4 zusammengefassten Ergebnisse aller Studien zeigen, dass zwar die meisten mindestens einen Effekt finden, andererseits sind viele andere Parameter in derselben Studie unverändert. Weiterhin sind die Ergebnisse nicht einheitlich - unterschiedliche Studien finden Einflüsse auf unterschiedliche Parameter und diese verändern sich oft in entgegengesetzte Richtungen. Auf einige Endpunkte wird im Folgenden näher eingegangen. Die zurückgezogenen Arbeiten der Gruppe Salama sind dabei nicht berücksichtigt.

6.2.1 Testosterongehalt

Der Gehalt des männlichen Hormons Testosteron im Blut wurde in zwölf Studien untersucht. Eine Studie fand keinen Effekt (Ribeiro et al. 2007), in drei Fällen war der Testosteronspiegel erhöht (Forgacs et al 2005, Aghdam Shahryar et al. 2008, Ozlem Nisbet et al. 2011), in acht anderen verringert (Tabelle 3). Nur eine Abnahme von Testosteron kann als Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit interpretiert werden, und zwar nur dann, wenn sie mit einer verminderten Spermienqualität einhergeht.

Tabelle 3. Studien an Tieren

Autor	Jahr	Exposition	Tiere ^a	SAR^b	Dauer^c	Scheinexposition	Verblindung	Ergebnis
Dasgad et al.	1999	kommerzielles Mobiltelefon, 900 MHz	Ratten, 6 pro Gruppe	0,14 W/kg	2 Stunden täglich, 1 Monat (Käfig)	ja	nein	kein Einfluss auf Spermienzahl und Anteil normaler Spermien, geringfügige histologische Veränderungen der Hoden, erhöhte Rektaltemperatur (= thermischer Effekt)
Dasdag et al.	2003	kommerzielles Mobiltelefon, 900 MHz	Ratten, 8 pro Gruppe	0,52 W/kg Ganzkörper; 3,13 W/kg maximal lokal	20 min täglich, 1 Monat (Käfig)	ja	nein	kein oxidativer Stress, kein Einfluss auf Sperma und Hoden (Morphologie, Histologie), Rektaltemperatur unverändert
Aitken et al.	2005	Expositionsanlage (Hohlleiter), 900 MHz	Mäuse, 4-5 pro Gruppe	0,09 W/kg	12 Stunden täglich, 7 Tage (Käfig)	ja	nein	Spermienzahl, Beweglichkeit, Morphologie und Vitalität unverändert
Ozguner et al.	2005	Expositionsanlage (Dipolantenne), 900 MHz	Ratten, 10 pro Gruppe	keine Angabe (Leistungsflussdichte 1 mW/cm ²)	30 min täglich, 5 Tage die Woche, 4 Wochen (fixiert)	nein (Käfigkontrolle)	nein	kein Einfluss auf Spermatogenese, geringfügige Gewebeveränderungen in den Hoden, weniger Testosteron

Forgacs et al.	2006	Expositionsanlage (TEM Zelle), 1800 MHz	Mäuse, 11-12 pro Gruppe, 9-10 Wochen alt	0,010- 0,023 W/kg	2 Stunden täglich, 5 Tage die Woche, 2 Wochen (Käfig)	ja	nein	keine Zell- und Gewebeveränderungen in den Hoden, Testosteronspiegel erhöht
Ribeiro et al.	2007	kommerzielles Mobiltelefon, 1800 MHz	Ratten, 8 pro Gruppe, 30 Tage alt	keine Angabe (max. Leistungsflussdichte 1,4 mW/cm ²)	1 Stunde täglich, 11 Wochen (Käfig)	ja	ja	kein Einfluss auf Hoden, Sperma und Testosteronspiegel
Yan et al.	2007	kommerzielles Mobiltelefon, 1900 MHz	Ratten, 8 pro Gruppe, 3 Monate alt	0,9 - 1,8 W/kg	6 Stunden täglich, 18 Wochen (fixiert)	ja	ja	Spermienzahl und Morphologie unverändert, geringere Spermienbeweglichkeit und Vitalität
Dasdag et al.	2008	Expositionsanlage, 900 MHz	Ratten, 7 - 14 pro Gruppe	0,07 - 0,57 W/kg	2 Stunden täglich, 10 Monate (fixiert)	Scheinexposition und Käfigkontrolle	ja	kein verstärkter Zelltod in den Hoden
Aghdam Shahryar H et al.	2008	Mobiltelefon, 950 MHz	Hamster, 24 pro Gruppe	keine Angabe	1 Stunde täglich, 10 und 50 Tage	nein (Käfigkontrolle)	nein	nach 10 Tagen kein Effekt, nach 50 Tagen erhöhter Kortison- und Testosteronspiegel
Sommer et al.	2009	Expositionsanlage (Hohlleiter), 1966 MHz	Mäuse, 32 pro Gruppe	0,08, 0,4 und 1,3 W/kg Ganzkörper	lebenslang kontinuierlich, 4 Generationen (Käfig)	ja	ja	kein Einfluss auf Hoden und Sperma
Mailankot et al.	2009	kommerzielles Mobiltelefon, 900 und 1800 MHz	Ratten, 6 pro Gruppe, 10-12 Wochen alt	keine Angabe	1 Stunde täglich, 28 Tage (Käfig)	ja	nein	Spermienzahl unverändert, verringerte Spermienbeweglichkeit, oxidativer Stress

Salama et al. ^a	2009a	kommerzielles Mobiltelefon, 800 MHz (Stand-by)	Kaninchen, 6 pro Gruppe	max. 0,43 W/kg	6 Stunden täglich, 12 Wochen (Käfig)	Scheinexposition und Käfigkontrolle	nein	Testosteron-, Dopamin- und Cortisolspiegel unverändert, Paarungsverhalten beeinträchtigt, weniger Ejakulation
Salama et al. ^a	2009b	kommerzielles Mobiltelefon, 800 MHz (Stand-by)	Kaninchen, 8 - 11 pro Gruppe	max. 0,43 W/kg	6 Stunden täglich, 12 Wochen (Käfig)	Scheinexposition und Käfigkontrolle	nein	Spermiovitalität, Citratgehalt und Testosteronspiegel unverändert, Spermienbeweglichkeit und Fructosegehalt gesenkt
Salama et al. ^a	2010	kommerzielles Mobiltelefon, 800 MHz (Stand-by)	Kaninchen, 8 pro Gruppe	max. 0,43 W/kg	6 Stunden täglich, 12 Wochen (Käfig)	Scheinexposition und Käfigkontrolle	nein	Spermienmorphologie und Vitalität und Testosteronspiegel unverändert, Geringere Spermienkonzentration und Beweglichkeit
Lee et al.	2010	Expositionsanlage (Verwirbelungskammer), 848,5 MHz	Ratten, 20 pro Gruppe, 30 Tage alt	2 W/kg	1,5 Stunden täglich, 5 Tage die Woche, 12 Wochen (Käfig)	ja	nein	Histologie der Hoden und Spermienzahl unverändert, kein oxidativer Stress, kein verstärkter Zelltod in den Hoden, kein Einfluss auf Spermatogenese
Kesari et al.	2010	kommerzielles Mobiltelefon	Ratten, 6 pro Gruppe, 70 Tage alt	0,9 W/kg	2 Stunden täglich, 35 Tage (Käfig)	ja	ja	geringere Spermienzahl, erhöhter Zelltod, geringere Enzymaktivität

Meo et al.	2010	kommerzielles Mobiltelefon	Ratten, 6 - 14 pro Gruppe, 2 Monate alt	keine Angabe	30 oder 60 min täglich, 3 Monate (Käfig)	nein (Käfigkontrolle)	nein	Testosteron Gehalt verringert
Imai et al.	2011	Expositionsanlage, 1,95 GHz (Dipolantennen)	Ratten, 24 pro Gruppe, 5 Wochen alt	0,08 und 0,4 W/kg	5 Stunden täglich, 5 Wochen (Käfig)	ja	nein	kein Einfluss auf Hoden (Gewicht und Histologie) und Spermienbeweglichkeit, bei 0,4 W/kg Spermienzahl angestiegen
Kesari et al.	2011	kommerzielles Mobiltelefon, 900 MHz (Stand-by)	Ratten, 6 pro Gruppe, 70 Tage alt	0,9 W/kg	2 Stunden täglich, 35 Tage (Käfig)	ja	ja	oxidativer Stress, Veränderungen des Zellzyklus
Kumar et al.	2011	Expositionsanlage (Hornantenne) 2,45 GHz	Ratten, 9 pro Gruppe, 70 Tage alt	0,014 W/kg	2 Stunden täglich, 60 Tage (Käfig)	ja	nein	Testosteron- und Melatoningehalt verringert, enzymatische Aktivität erhöht, gepulste Felder (100 Hz) sollen gegen den negativen Einfluss des Mobilfunks wirken
Saygin et al.	2011	Expositionsanlage (Dipolantenne), 2,450 GHz	Ratten, 6 pro Gruppe, 12 Wochen alt	3,21 W/kg	60 min täglich, 28 Tage (fixiert)	Scheinexposition und Käfigkontrolle	ja	histologische Veränderungen der Hoden, beeinträchtigte Spermatogenese
Ozlem Nisbet et al.	2011	Expositionsanlage (Monopolantennen), 900 und 1800 MHz	junge Ratten, 11 pro Gruppe, 2 Tage alt	0,011 - 3 mW/kg Ganzkörper	2 Stunden täglich, 90 Tage (fixiert)	ja	ja	Testosteronspiegel erhöht, Spermienzahl unverändert, Spermien beweglicher, Anteil normaler Spermien höher und geschädigter geringer.

Oguzturk et al.	2011	kommerzielles Mobiltelefon, 900, 1800 und 1900 MHz	Ratten, 9 pro Gruppe	keine Angabe	40 min täglich, 20 Tage (Käfig)	ja	nein	kein oxidativer Stress, kein Einfluss auf Histologie und Gewicht der Hoden, Spermienzahl unverändert, verringerte Spermienbeweglichkeit
Esmekaya et al.	2011	Expositionsanlage (Hornantenne), 900 MHz	Ratten, 10 pro Gruppe, 2 Monate alt	1,2 W/kg Ganzkörper	20 min täglich, 3 Wochen Käfig	Scheinexposition und Käfigkontrolle	nein	oxidativer Stress
Lee et al.	2012	Expositionsanlage (Verwirbelungskammer), 848,5 MHz und 1950 MHz	Ratten, 5 - 20 pro Gruppe, 4 Wochen alt	4 W/kg	45 min täglich, 5 Tage die Woche, 12 Wochen (Käfig)	Scheinexposition, Käfigkontrolle, Positivkontrolle	ja	Hoden, Spermienzahl und Spermatogenese unverändert, kein oxidativer Stress, kein Zelltod
Celik et al.	2012	kommerzielles Mobiltelefon	Ratten, 15 - 30 pro Gruppe	1, 58 W/kg	Dauerexposition, 3 Monate (Käfig)	nein (Käfigkontrolle)	nein	keine makroskopischen Gewebeänderungen in den Hoden, mikroskopische Änderungen auf Zellebene.
Sarookhani et al.	2012	Expositionsanlage (Monopolantenne), 950 MHz	Kaninchen, 6 pro Gruppe	keine Angabe (Sendeleistung 3 W, 6 W)	2 Stunden täglich, 2 Wochen (Käfig)	nein (Käfigkontrolle)	nein	Cortisolgehalt unverändert, Testosteronspiegel gesenkt
Al-Damegh	2012	kommerzielles Mobiltelefon, 900, 1800 und 1900 MHz	Ratten, 10 - 30 pro Gruppe	0,9 W/kg	15, 30 oder 60 min täglich, 14 Tage (Käfig)	nein (Käfigkontrolle)	nein	histologische Veränderungen in den Hoden, oxidativer Stress, aufgehoben durch Zugabe von Vitamin C und E

Oksay et al.	2012	Expositionsanlage (Dipolantenne) 2,45 GHz	Ratten, 8 pro Gruppe, 4 Monate alt	0,008 - 4,2 W/kg Ganzkörper (Mittelwert 0,143 W/kg)	60 min täglich, 30 Tage (fixiert)	Scheinexposition und Käfigkontrolle	ja	oxidativer Stress, Schutz durch Melatonin, Vitamin A und E
Kesari & Behari.	2012	kommerzielles Mobiltelefon, 900 MHz	Ratten, 6 pro Gruppe, 70 Tage alt	0,9 W/kg	2 Stunden täglich, 45 Tage (Käfig)	ja	ja	morphologische Veränderungen an Spermien, oxidativer Stress, weniger Testosteron, weniger Nachwuchs
Pouletier de Gannes et al.	2012	Expositionsanlage, 2,45 GHz (Verwirbelungskammer)	Ratten, 12 pro Gruppe, 7 Wochen alt	0,08 und 4 W/kg	1 Stunde täglich, 6 Tage die Woche, 3 Wochen (Käfig)	ja	ja	kein Einfluss auf Hodengewebe und Gewicht, Paarungserfolg und Nachwuchs
Meena et al.	2013	Expositionsanlage 2,45 GHz (Verwirbelungskammer)	Ratten, 6 pro Gruppe, 70 Tage alt	0,14 W/kg Ganzkörper	2 Stunden täglich, 45 Tage (Käfig)	ja	ja	Verringertes Hodengewicht, oxidativer Stress, Testosteronspiegel gesenkt, DNA Schädigung, Gegenwirkung durch Melatonin
Tas et al.	2013	Expositionsanlage GSM Signalgenerator, 900MHz, Absorberkammer	Ratten, 7 pro Gruppe, 5 - 6 Monate alt	0,0373 W/kg über 10 g Testes	3 Stunden täglich, 1 Jahr (fixiert)	ja	ja	Kein Einfluss auf Spermienbeweglichkeit und Konzentration, mehr morphologisch normale Spermien unter Exposition, histologische Veränderungen der Hoden, geringere Spermatogenese

Hanci et al.	2013	Expositionsanlage (Dipolantenne), 900 MHz	Ratten, 10 pro Gruppe, 21 Tage alt	keine Angabe (elektrische Feldstärke 10 V/m)	1 Stunde täglich vom 13. bis 21. Tag der Trächtigkeit der Muttertiere, Käfig	nein (Käfigkontrolle)	nein	Einige Gewebeparameter der Hoden verändert, verstärkter Zelltod und oxidativer Stress
Tumkaya et al	2013	kommerzielles Mobiltelefon, 900 MHz	Ratten, 6 pro Gruppe, 45 Tage alt	0,48 W/kg	1 Stunde täglich, 45 Tage (Käfig)	ja	ja	Kein Einfluss auf Hodengewicht, keine krankhaften Veränderungen des Hodengewebes, kein Einfluss auf Spermatogenese
Özorak et al.	2013	Expositionsanlage (Dipolantenne), 900 MHz, 1800 MHz und 2,45 GHz	Ratten, 8 pro Gruppe	0,18 W/kg	1 Stunde täglich, 5 Tage die Woche, während der Trächtigkeit der Muttertiere und 4, 5 und 6 Wochen danach, (fixiert)	Scheinxposition oder Käfigkontrolle, unklare Angabe	ja	Oxidativer Stress im Alter von 4 Wochen, der im Alter von 5 und 6 Wochen teilweise abklingt
Qin et al	2014	Expositionsanlage (TEM Zelle), 1800 MHz	Ratten, 6 pro Gruppe	0,0405 W/kg	2 Stunden täglich, 5 Tage die Woche, 32 Tage (fixiert)	ja	nein	Testosterongehalt, Spermienproduktion und Beweglichkeit beeinträchtigt, Tagesrhythmus gestört
Sepehrimanesh et al.	2013	Expositionsanlage (Dipolantenne), 900 MHz	Ratten, 5 pro Gruppe	0,19 – 1,22 W/kg (nach Angabe der Autoren grobe Schätzung)	1, 2 oder 4 Stunden täglich, 30 Tage (Käfig)	nein (Käfigkontrolle)	nein	oxidativer Stress, Testosteron gesenkt

Trosic et al.	2013	Expositionsanlage (TEM Zelle), 915 MHz	Ratten, 9 pro Gruppe	0,6 W/kg	1 Stunde täglich, 2 Wochen (fixiert)	ja	nein	Kein Einfluss auf Hodengewicht, Hodengewebe, Spermatogenese, Spermienzahl, Beweglichkeit und Form
---------------	------	--	----------------------	----------	--------------------------------------	----	------	---

^a zurückgezogen (Krawetz & Heinink 2012, Salama et al. 2012a, b)

Käfig: Tiere während der Exposition frei beweglich

Fixiert: Tiere während der Exposition in Plastikröhrchen fixiert

Wenn kein Alter der Versuchstiere angegeben ist, handelt es sich um erwachsene Tiere, bei Ratten meistens mit einem Gewicht um 200 – 300 g

Fettdruck: Studien, die Qualitätsansprüchen entsprechen

6.2.2 Gewebeparameter der Hoden

Die Hoden und deren Gewebeparameter wurden in zwanzig Studien untersucht, zwölf davon fanden keinen Einfluss, acht Studien beschreiben Veränderungen des Gewebes, die in einem unterschiedlichen Ausmaß auftraten und in einigen Fällen nur geringfügig waren (Dasdag 1999, Ozguner et al. 2005), oder nur mikroskopisch festgestellt werden konnten (Celik et al. 2012). Die gesundheitliche Relevanz dieser minimalen Veränderungen ist unklar. Insgesamt sprechen die Ergebnisse gegen einen negativen Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Hoden.

6.2.3 Spermienqualität

Unterschiedliche Aspekte der Spermienqualität wurden in zwanzig Studien untersucht. Bei zehn Studien ergab sich kein Einfluss elektromagnetischer Felder auf verschiedene Spermienparameter. Sieben weitere fanden Anzeichen einer Verschlechterung der Spermienqualität, wie zum Beispiel eine gesunkene Spermienzahl (Kesari et al. 2010). Demgegenüber konnten aber zehn andere Studien (Tabelle 3) keinen Einfluss auf die Spermienzahl nachweisen und in einer Studie wurde sogar eine erhöhte Spermienzahl beobachtet (Imai et al. 2011). In anderen Fällen blieb die Spermienzahl unverändert, ihre Beweglichkeit und/oder Lebensfähigkeit war aber geringer (Yan et al. 2007, Malainkot et al. 2009, Oguzturk et al. 2011, Qin et al. 2014). Aitken et al. (2005), Imai et al. (2011), Tas et al. (2013) und Trosic et al. (2013) fanden dagegen keinen Einfluss auf die Spermienbeweglichkeit und Ozlem Nisbet et al. (2011) sogar eine erhöhte Spermienbeweglichkeit, einen höheren Anteil normaler und einen geringeren Anteil geschädigter Spermien, was für eine Verbesserung der Fruchtbarkeit spricht. Ein geringerer Anteil geschädigter Spermien unter Exposition wurde auch von Tas et al. 2013 angegeben. Drei Arbeiten beschrieben eine Beeinträchtigung der Spermatogenese (Bildung von Spermien) (Saygin et al. 2011, Tas et al. 2013, Qin et al. 2014), in fünf anderen wurde dies aber nicht bestätigt (Ozguner et al. 2005, Lee et al. 2010, 2012, Tumkaya et al. 2013, Trosic et al. 2013). Insgesamt lässt sich aus den sehr variablen Daten kein Nachweis für eine gesundheitsrelevante schädliche Wirkung elektromagnetischer Felder auf Spermien herleiten.

6.2.4 Oxidativer Stress

Anhand des Gehaltes verschiedener an oxidativen Prozessen beteiligter Enzyme wurde in vierzehn Studien untersucht, ob hochfrequente elektromagnetische Felder oxidativen Stress hervorrufen können. Dieser könnte einen negativen Einfluss auf die Fruchtbarkeit haben. Neun Studien fanden Anzeichen für oxidativen Stress, fünf andere konnten kein Einfluss zeigen (Tabelle 3). Auch aus diesen Daten lässt sich keine belastbare Schlussfolgerung ziehen.

Einige aktuelle Arbeiten beschreiben, dass durch die Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks oxidativer Stress in den Zellen ausgelöst wird und postulieren als Folge eine Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit. Führend ist hier die Gruppe um Kavindra Kesari aus Indien, die in einer ganzen Serie von Studien (Kesari et al. 2010, 2011, 2012, Kesari & Behari 2012, Kumar et al. 2011, Meena et al. 2013) Schwankungen von verschiedenen an oxidativen Prozessen beteiligten Enzymen in unterschiedliche Richtungen beschrieben hat. Eine detaillierte Kritik der indischen Studien hat der schwedische Wissenschaftliche Rat zu elektromagnetischen Feldern (SSM 2013) veröffentlicht. Ergebnis war, dass sich die Arbeiten durch einen äußerst mangelhaften methodischen Ansatz und eine unzureichende Expositionsbestimmung auszeichnen und die Ergebnisse in sich nicht konsistent und nicht nachvollziehbar sind. Weitere Arbeiten (z.B. aus Saudi Arabien, der Türkei und Indien), ebenfalls von fragwürdiger Qualität, nehmen oxidativen Stress infolge von Exposition durch Handys als gegeben an und versuchen zu zeigen, dass z.B. Melatonin (Meena et al. 2013, Liu et al. 2013b), die Vitamine A, C und E (Al-Damegh et al. 2012, Oksay et al. 2012) und sogar gepulste elektromagnetische Felder (Kumar et al. 2011) als „Gegenmittel“ wirken könnten. Andererseits ist die Vermutung, dass umweltbedingter oxidativer Stress ursächlich an der Entstehung vieler Erkrankungen beteiligt ist, nicht abschließend wissenschaftlich geklärt und wird in der medizinischen Forschung weiterhin intensiv untersucht. Die Wirksamkeit von Therapien mit Antioxidantien ist umstritten und nicht nachgewiesen. (RKI 2008).

6.3 BEWERTUNG

Die 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. Daher wurden im Folgenden anhand von bestimmten **Qualitätskriterien** Studien ausgewählt, deren Ergebnisse belastbar sind:

- 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, die in Tabelle 3 fett markiert sind. Sie haben auch den Vorteil, dass in zwei Fällen eine Ganzkörperexposition bis zu 4 W/kg angewandt wurde. Bei 4 W/kg treten bei Nagetieren bereits Verhaltensänderungen und thermoregulatorische Reaktionen auf (D'Andrea et al. 2003). Es wäre also zu erwarten, dass es sich bei einer so hohen Belastung zeigen würde, wenn elektromagnetische Felder einen Einfluss auf die Fruchtbarkeit hätten. Trotzdem fanden vier der genannten Studien keinen Einfluss und eine Studie sogar eine erhöhte Fruchtbarkeit. Im Folgenden wird auf die Ergebnisse im Einzelnen eingegangen:

Dasdag et al. (2008) befeldeten erwachsene Ratten zehn Monate lang zwei Stunden täglich. Die Tiere waren während der Befeldung in Plastikröhrchen fixiert, der SAR-Wert im Bereich der Hoden schwankte zwischen 0,07 und 0,57 W/kg. Scheinexponierte Tiere wurden ebenfalls zehn Monate lang für zwei Stunden täglich fixiert, es wurde aber kein elektromagnetisches Feld angewandt. Es zeigte sich kein verstärkter Zelltod in den Hoden unter dem Einfluss der elektromagnetischen Felder. Andere Parameter wurden nicht untersucht.

In einem Vorhaben des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (Sommer et al. 2009) wurden Langzeiteffekte, unter anderem auf reproduktive Eigenschaften von männlichen und weiblichen Mäusen, über vier Generationen hinweg unter dem Einfluss eines UMTS-Signals untersucht. Dabei wurden Ganzkörperexpositionen von 0,08, 0,4 und 1,3 W/kg angewandt. Jeweils 32 Männchen und 64 Weibchen lebten dauerhaft in drei kreisrunden Hohlleitern unter einer Exposition mit den genannten SAR Werten. Scheinexponierte Tiere lebten in einem vierten Hohlleiter, der ausgeschaltet war. Die Wissenschaftler wussten nicht, welcher SAR-Wert in welchem Hohlleiter angewandt wurde. Über vier Generationen hinweg wurden zwischen den Gruppen keine Unterschiede im Gewicht der Hoden, Nebenhoden und der Anhangsdrüse sowie bei der Spermienzahl und dem Anteil geschädigter Spermien gefunden. Der Paarungserfolg mit ebenfalls befeldeten Weibchen, gemessen an der Zahl der Nachkommen, war ebenfalls unverändert.

Ozlem Nisbet et al. (2011) befeldeten fixierte Ratten bereits ab dem zweiten Lebenstag 90 Tage lang zwei Stunden täglich bei 900 und 1800 MHz. Dieser Zeitraum deckt die gesamte Entwicklungsphase von Ratten ab. Der SAR-Wert variierte in Abhängigkeit vom Wachstum der Tiere bei 900 MHz zwischen 1,2 und 3 mW/kg, bei 1800 MHz zwischen 0,011 und 0,053 mW/kg. Der Testosteronspiegel war in beiden exponierten Gruppen gegenüber scheinexponierten Tieren erhöht. Die Spermienzahl war in allen drei Gruppen nicht signifikant unterschiedlich, deren Beweglichkeit war aber in beiden befeldeten Gruppen erhöht. Bei den bei 900 MHz befeldeten Tieren war zusätzlich der Anteil normaler Spermien erhöht und der Anteil geschädigter Spermien niedriger. Die Autoren interpretieren diese Ergebnisse als verfrühte Pubertät infolge der Einwirkung elektromagnetischer Felder. Eine Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit bedeuten sie aber nicht.

Lee et al. (2012) befeldeten frei bewegliche Ratten mit einem Signalgemisch mit den Frequenzen 848,5 MHz und 1950 MHz und mit einem SAR-Wert von insgesamt 4 W/kg. Zu Versuchsbeginn waren die Tiere vier Wochen alt. Jeweils 20 Tiere wurden für zwölf Wochen an fünf Wochentagen 45 Minuten lang exponiert oder scheinexponiert. Weitere zwei Gruppen von jeweils fünf Tieren dienten als Käfigkontrollen und Positivkontrollen. Die Positivkontrollen wurden mit ionisierender Strahlung behandelt, so dass eindeutige negative Effekte erwartet und auch gefunden wurden. Zwischen exponierten und scheinexponierten Tieren gab es keine Unterschiede im Gewicht von Hoden und Nebenhoden, bei der Spermienzahl, den Stadien der Spermatogenese, bei oxidativem Stress und Zelltod in den Hoden.

Poullietier de Gannes et al. (2012) befeldeten sieben Wochen alte frei bewegliche Ratten für sechs Wochen an sechs Wochentagen je eine Stunde mit einem Wi-Fi Signal mit der Frequenz von 2450 MHz. Jeweils zwölf Tiere wurden scheinexponiert oder mit 0,08 und 4 W/kg exponiert. Nach drei Wochen wurden die Männchen mit ebenfalls befeldeten Weibchen verpaart. Es gab keinen Unterschied zwischen den Gruppen hinsichtlich des

Gewichts von Hoden, Nebenhoden, Samenblase und Prostata. Ebenfalls gab es weder makroskopische noch mikroskopische Unterschiede im Hodengewebe. Die Spermienqualität wurde nicht untersucht, da aber der Paarungserfolg in allen Gruppen gleich war, ist davon auszugehen, dass die Fruchtbarkeit nicht beeinträchtigt war.

Alle aufgrund von Qualitätskriterien ausgewählten Tierstudien zeigen keinen negativen Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder mit SAR-Werten bis zu 4 W/kg auf unterschiedliche Parameter der Fruchtbarkeit. Diese Studien decken aber nicht alle möglichen Parameter der Fruchtbarkeit ab und sind auch untereinander sehr unterschiedlich was Befeldungsdauer, Frequenz der angewandten elektromagnetischen Felder und die untersuchten Endpunkte betrifft.

7 ÜBERSICHTSARBEITEN UND BEWERTUNGEN

Der Zusammenhang zwischen männlicher Fruchtbarkeit und elektromagnetischen Feldern von Handys wird bereits seit über zehn Jahren intensiv untersucht. Die bisher vorliegenden wissenschaftlich publizierten Arbeiten wurden von einigen Autoren zusammengefasst und von nationalen und internationalen Gremien bewertet.

Einzelne Wissenschaftler, die Übersichtsarbeiten (Tabelle 4) publiziert haben, kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Agarwal et al. (2011) und Kesari et al. (2012a) stützen sich überwiegend auf eigene Forschungsergebnisse und postulieren einen starken negativen Einfluss elektromagnetischer Felder auf die Fruchtbarkeit. Naziroglu et al (2013) gehen ähnlich vor und fokussieren vor allem auf oxidativen Stress. Hier werden aber auch Studien, die keinen Einfluss auf die Fruchtbarkeit zeigen erwähnt und weitere Forschung gefordert. La Vignera et al. (2011) fassen die vorliegenden Ergebnisse zusammen, ohne sie zu kommentieren und zu bewerten. Merhi (2012) kommt in einer kritischen und bewertenden Übersichtsarbeit ähnlich wie internationale Gremien zum Ergebnis, dass die vorliegenden Arbeiten widersprüchlich sind und weitere Forschung notwendig ist.

Tabelle 4 Übersichtsarbeiten

Agarwal et al.	2011	Handynutzung hat negativen Einfluss auf Sperma und kann zu verringerter Fruchtbarkeit führen.
La Vignera et al.	2011	Tierstudien zeigen oxidativen Stress und verringerte Spermienbeweglichkeit, Studien an Menschen eine verringerte Spermienbeweglichkeit, morphologische Veränderungen in den Hoden und eine geringere Spermienkonzentration.
Merhi	2012	Die Studien sind widersprüchlich, einige finden Veränderungen, andere nicht. Es wurden sehr unterschiedliche Endpunkte untersucht. Qualitativ bessere Studien sind notwendig.
Kesari et al.	2012	Die Strahlung von Handys ist sehr gefährlich, führt über Veränderungen in Signalkaskaden und oxidativen Stress zu Mutagenese und Unfruchtbarkeit.
Naziroglu et al.	2013	Elektromagnetische Felder verursachen oxidativen Stress in den reproduktiven Organen, der zu einer Beeinträchtigung der Fertilität führen kann, weitere Forschung ist nötig.

Organisationen wie die Internationale Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (ICNIRP 2009), der Wissenschaftliche Ausschuss „Neu auftretende und neu identifizierte Gesundheitsrisiken“ der EU (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, SCENIHR 2009), die Weltgesundheitsorganisation (WHO 2010), die britische Health Protection Agency (HPA 2012), der schwedische Wissenschaftliche Rat zu elektromagnetischen Feldern (Scientific Council on Electromagnetic Fields, SSM 2013), sowie die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK 2011) kommen einheitlich zu dem Schluss, dass viele Studien negative Einflüsse zeigen. Sie sind aber widersprüchlich, durch erhebliche methodische Mängel belastet und geben keine ausreichenden Informationen zu methodischen und technischen Aspekten und zu den tatsächlich angewandten elektromagnetischen Feldern. Deshalb können aus diesen Studien keine belastbaren Schlussfolgerungen gezogen werden. Auf 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 hieraus die Schlussfolgerung, 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.

Tabelle 5 Bewertungen internationaler Gremien

Autor	Jahr	Ergebnis
ICNIRP	2009	Belastbare Ergebnisse fehlen aufgrund von Problemen mit der Expositionsbestimmung, negative Effekte sind nicht belegt. Wegen der hohen Temperaturempfindlichkeit der Spermatogenese ist weitere Forschung sinnvoll. (Aussagen beziehen sich auf militärische Expositionen und Radar).
SCENHIR	2009	Studien zur männlichen Fruchtbarkeit sind wegen zu geringer statistischer Aussagekraft und/oder methodischer Mängel unzureichend.
WHO	2010	Die vorhandenen Daten sind inkonsistent und die Angaben zur Exposition schwach. Studien zum Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Geschlechtsorgane sollen durchgeführt werden (unter weitere Forschung, keine hohe Priorität).
SSK	2011	Studien von mangelhafter Qualität lassen keine belastbaren Schlüsse zu. Studien aus dem DMF lassen es sehr unwahrscheinlich erscheinen, dass hochfrequente elektromagnetische Felder von Mobiltelefonen negative Auswirkungen auf die Reproduktion haben. Die SSK sieht keinen aktuellen Forschungsbedarf.
HPA	2012	Eine Mehrzahl von Studien an Ratten zeigt überwiegend starke Effekte, wegen unzureichender Expositionsbestimmung und weiterer Mängel sind sie aber für die Risikobestimmung ungeeignet. Eine gut durchgeführte Studie (Lee et al. 2012) zeigt keinen Effekt. Studien an Menschen erlauben ebenfalls keine belastbaren Aussagen. Die vorliegenden Ergebnisse sind nicht überzeugend, liefern aber eine Rechtfertigung für weitere Forschung.
SSM	2013	Ergebnisse der Studien zur Fruchtbarkeit, die eine ausreichende Qualität aufweisen, geben keine Hinweise auf einen schädlichen Einfluss der HF Exposition.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Agarwal A, Deepinder F, Sharma RK, Ranga G, Li J (2008) Effect of cell phone usage on semen analysis in men attending infertility clinic: an observational study. *Fertil. Steril.* 89(1): 124 - 128
- [2] Agarwal A, Desai NR, Makker K, Varghese A, Mouradi R, Sabanegh E, Sharma R (2009) Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. *Fertil. Steril.* 92(4): 1318 - 1325
- [3] Agarwal A, Singh A, Hamada A, Kesari K (2011) Cell phones and male infertility: a review of recent innovations in technology and consequences. *Int. Braz. J. Urol.* 37(4): 432 – 454
- [4] Aghdam Shahryar H, Lotfi AR, Bahojb M, Karami AR (2008) Effects of Electromagnetic Fields of Cellular Phone on Cortisol and Testosterone Hormones Rate in Syrian Hamsters (*Mesocricetus auratus*). *Int. J. Zool. Res.* 4(4): 230 - 233
- [5] Aitken RJ, Bennetts LE, Sawyer D, Wiklendt AM, King BV (2005) Impact of radio frequency electromagnetic radiation on DNA integrity in the male germline. *Int. J. Androl.* 28(3): 171 – 179
- [6] Akdag Z, Celik MS, Ketani A, Nergiz Y, Deniz M, Dasdag S (1999) Effect of chronic low-intensity microwave radiation on sperm count, sperm morphology, and testicular and epididymal tissues of rats. *Electro. Magnetobiol.* 18 (2): 133 - 145

- [7] Al-Damegh MA (2012) Rat testicular impairment induced by electromagnetic radiation from a conventional cellular telephone and the protective effects of the antioxidants vitamins C and E. *Clinics* 67(7): 785 - 792
- [8] Celik S, Aridogan IA, Izol V, Erdogan S, Polat S, Doran S (2012) An evaluation of the effects of long-term cell phone use on the testes via light and electron microscope analysis. *Urology* 79(2): 346 – 3450
- [9] D'Andrea JA, Adair ER, de Lorge JO (2003) Behavioral and cognitive effects of microwave exposure. *Bioelectromagnetics Suppl* 6: 39 - 62.
- [10] Dasdag S, Ketani MA, Akdag Z, Ersay AR, Sari I, Demirtas OC, Celik MS (1999) Whole-body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. *Urol Res* 27 (3): 219 - 223
- [11] Dasdag S, Akdag MZ, Aksen F, Yilmaz F, Basham M, Dasdag AA, Celik MS (2003) Whole body exposure of rats to microwaves emitted from a cell phone does not affect testes. *Bioelectromagnetics* 24(3): 182 - 188
- [12] Dasdag S, Akdag MZ, Ulukaya E, Uzunlar AK, Yegin D (2008) Mobile phone exposure does not induce apoptosis on spermatogenesis in rats. *Arch Med Res.* 39(1): 40 - 44
- [13] Davoudi M, Brössner C, Kuber W (2002) Der Einfluß elektromagnetischer Wellen auf die Spermienmotilität. *J. Urol. Urogynäkol.* 9(3): 18 - 22
- [14] De Iuliis GN, Newey RJ, King BV, Aitken RJ (2009) Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro. *PLoS One.* 4(7): e6446
- [15] Erogul O, Oztas E, Yildirim I, Kir T, Aydur E, Komesli G, Irkilata HC, Irmak MK, Peker AF (2006) Effects of electromagnetic radiation from a cellular phone on human sperm motility: an in vitro study. *Arch. Med. Res.* 37(7) 840 - 843
- [16] Esmekaya MA, Ozer C, Seyhan N (2011) 900 MHz pulse-modulated radiofrequency radiation induces oxidative stress on heart, lung, testis and liver tissues. *Gen. Physiol. Biophys.* 30(1) 84 - 89
- [17] Falzone N, Huyser C, Becker P, Leszczynski D, Franken DR (2011) The effect of pulsed 900-MHz GSM mobile phone radiation on the acrosome reaction, head morphometry and zona binding of human spermatozoa. *Int. J. Androl.* 34(1): 20 - 26
- [18] Falzone N, Huyser C, Fourie F, Toivo T, Leszczynski D, Franken D (2008) In vitro effect of pulsed 900 MHz GSM radiation on mitochondrial membrane potential and motility of human spermatozoa. *Bioelectromagnetics* 29(4): 268 - 276
- [19] Falzone N, Huyser C, Franken DR, Leszczynski D (2010) Mobile phone radiation does not induce pro-apoptosis effects in human spermatozoa. *Rad. Res.* 174(2): 169 - 176
- [20] Fejes I, Zavaczki Z, Szollosi J, Koloszar S, Daru J, Kovacs L, Pal A (2005) Is there a relationship between cell phone use and semen quality? *Arch. Androl.* 51(5): 385 - 393
- [21] Forgacs Z, Somosy Z, Kubinyi G, Bakos J, Hudak A, Surjan A, Thuroczy G (2006) Effect of whole-body 1800MHz GSM-like microwave exposure on testicular steroidogenesis and histology in mice. *Reprod. Toxicol.* 22(1): 111 – 117
- [22] Gutschi T, Mohamad Al-Ali B, Shamloul R, Pummer K, Trummer H (2011) Impact of cell phone use on men's semen parameters. *Andrologia* 43(5): 312 – 316
- [23] Hancı H, Odacı E, Kaya H, Aliyazıcıoğlu Y, Turan I, Demir S, Colakoğlu S (2013) The effect of prenatal exposure to 900-megahertz electromagnetic field on the, 21-old-day rat testicle. *Reprod Toxicol.* 42: 203 – 209
- [24] HPA (2012) Health effects from radiofrequency electromagnetic fields. Report of the Advisory Group on Non-ionising Radiation. Documents of the Health Protection Agency
- [25] 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

- [26] Imai N, Kawabe M, Hikage T, Nojima T, Takahashi S, Shirai T (2011) Effects on rat testis of 1.95-GHz W-CDMA for IMT-2000 cellular phones. *Syst. Biol. Reprod. Med.* 57(4): 204 – 209
- [27] Kesari KK, Behari J (2012) Evidence for mobile phone radiation exposure effects on reproductive pattern of male rats: role of ROS. *Electromagn. Biol. Med.* 31(3): 213-22.
- [28] Kesari KK, Kumar S, Behari J (2010) Mobile phone usage and male infertility in Wistar rats. *Indian. J. Ex.p Biol.* 48(10): 987 - 992
- [29] Kesari KK, Kumar S, Behari J (2011) Effects of radiofrequency electromagnetic wave exposure from cellular phones on the reproductive pattern in male wistar rats. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 164(4): 546 - 559
- [30] Kesari KK, Kumar S, Nirala J, Siddiqui MH, Behari J (2012) Biophysical evaluation of radiofrequency electromagnetic field effects on male reproductive pattern. *Cell Biochem. Biophys.* 65(2): 85 - 96
- [31] Krawetz SA, Heinink A (2012) Statement of Retraction: Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO, Kagawa S. "The mobile phone decreases fructose but not citrate in rabbit semen: a longitudinal study". *Syst. Biol. Reprod. Med.* 58(3): 175
- [32] Kumar S, Kesari KK, Behari J (2011) The therapeutic effect of a pulsed electromagnetic field on the reproductive patterns of male Wistar rats exposed to a 2.45-GHz microwave field. *Clinics (Sao Paulo)*: 66(7): 1237 – 1245
- [33] La Vignera S, Condorelli RA, Vicari E, D'Agata R, Calogero AE (2011) Effects of the exposure to mobile phones on male reproduction: A review of the literature. *J. Androl.* 33(3): 350 - 356
- [34] Lee HJ, Jin YB, Kim TH, Pack JK, Kim N, Choi HD, Lee JS, Lee YS (2012): The effects of simultaneous combined exposure to CDMA and WCDMA electromagnetic fields on rat testicular function. *Bioelectromagnetics* 33(4): 356 - 364
- [35] Lee HJ, Pack JK, Kim TH, Kim N, Choi SY, Lee JS, Kim SH, Lee YS (2010) The lack of histological changes of CDMA cellular phone-based radio frequency on rat testis. *Bioelectromagnetics* 31(7): 528 – 534
- [36] 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). *Int J Androl.* 35(1): 103
- [37] Lerchl A (2013) Electromagnetic pollution: another risk factor for infertility, or a red herring? *Asian Journal of Andrology* 15: 201 - 203
- [38] Lerchl A, Bornkessel C (2010) Letter to the Editor on 'Effects of exposure to a mobile phone on testicular function and structure in adult rabbit' by Salama et al. *Int. J. Androl.* 33(1): 95
- [39] Liu C, Duan W, Xu S, Chen C, He M, Zhang L, Yu Z, Zhou Z (2013) Exposure to 1800 MHz radiofrequency electromagnetic radiation induces oxidative DNA base damage in a mouse spermatocyte-derived cell line. *Toxicol Lett.* 281(1): 2 – 9
- [40] Liu C, Gao P, Xu SC, Wang Y, Chen CH, He MD, Yu ZP, Zhang L, Zhou Z (2013b) Mobile phone radiation induces mode-dependent DNA damage in a mouse spermatocyte-derived cell line: a protective role of melatonin. *Int J Radiat Biol.* 89(11):993 –.1001
- [41] Lukac N, Massanyi P, Roychoudhury S, Capcarova M, Tvrda E, Knazicka Z, Kolesarova A, Danko J (2011) In vitro effects of radiofrequency electromagnetic waves on bovine spermatozoa motility. *J. Environ. Sci. Health. A Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.* 46(12): 1417 – 1423
- [42] Mailankot M, Kunnath AP, Jayalekshmi H, Koduru B, Valsalan R (2009)Radio frequency electromagnetic radiation (RF-EMR) from GSM (0.9/1.8GHz) mobile phones induces oxidative stress and reduces sperm motility in rats. *Clinics (Sao Paulo)* 64(6): 561 – 565
- [43] Meena R, Kumari K, Kumar J, Rajamani P, Verma HN, Kesari KK (2013) Therapeutic approaches of melatonin in microwave radiations-induced oxidative stress-mediated toxicity on male fertility pattern of Wistar rats. *Electromagn Biol Med.* DOI: 10.3109/15368378.2013.781035

- [44] Meo SA, Al-Drees AM, Husain S, Khan MM, Imran MB (2010) Effects of mobile phone radiation on serum testosterone in Wistar albino rats. *Saudi. Med. J.* 30(8): 869 – 873
- [45] Merhi ZO (2012) Challenging cell phone impact on reproduction: A Review. *J. Assist. Reprod. Genet.* 29(4): 293 – 297
- [46] Mild KH, Bach Andersen J, Frølund Pedersen G (2012) Is there any exposure from a mobile phone in stand-by mode? *Electromagn. Biol. Med.* 31(1): 52 – 56
- [47] Nazıroğlu M, Yüksel M, Köse SA, Ozkaya MO (2013) Recent Reports of Wi-Fi and Mobile Phone-Induced Radiation on Oxidative Stress and Reproductive Signaling Pathways in Females and Males. *J Membr Biol.* 164(12): 869 – 875
- [48] Oguzturk H, Beytur A, Ciftci O, Turtay MG, Samdanci E, Dilek OF (2011) Does 3-G mobile phone radiofrequency affect oxidative stress, sperm characteristics and testis histology? *Fresenius Eenvironmental Bulletin* 20(3): 639 – 643
- [49] Oksay T, Nazıroğlu M, Doğan S, Güzel A, Gümrül N, Koşar PA (2012) Protective effects of melatonin against oxidative injury in rat testis induced by wireless (2.45 GHz) devices. *Andrologia.* DOI 10.1111/and.12044
- [50] Ozguner M, Koyu A, Cesur G, Ural M, Ozguner F, Gokcimen A, Delibas N (2005) Biological and morphological effects on the reproductive organ of rats after exposure to electromagnetic field. *Saudi. Med. J.* 26(3): 405 – 410
- [51] Ozlem Nisbet H, Nisbet C, Akar A, Cevik M, Onder Karayigit M (2011) Effects of exposure to electromagnetic field (1.8/0.9GHz) on testicular function and structure in growing rats. *Res. Vet. Sci.* 93(2): 1001 – 1005
- [52] Özorak A, Nazıroğlu M, Celik Ö, Yüksel M, Özçelik D, Özkaya MO, Cetin H, Kahya MC, Kose SA (2013) Wi-Fi (2.45 GHz)- and Mobile Phone (900 and 1800 MHz)-Induced Risks on Oxidative Stress and Elements in Kidney and Testis of Rats During Pregnancy and the Development of Offspring. *Biol Trace Elem Res.* 156(1-3): 221 – 229
- [53] Poullietier de Gannes FP, Billaudel B, Haro E, Taxile M, Le Montagner L, Hurtier A, Aissa SA, Masuda H, Percherancier Y, Ruffié G, Dufour P, Veyret B, Lagroye I (2013) Rat fertility and embryo fetal development: Influence of exposure to the Wi-Fi signal. *Reprod Toxicol.* 36: 1 – 5
- [54] Qin F, Zhang J, Cao H, Guo W, Chen L, Shen O, Sun J, Yi C, Li J, Wang J, Tong J (2014) Circadian alterations of reproductive functional markers in male rats exposed to 1800 MHz radiofrequency field. *Chronobiol Int.* 31(1): 123 – 33
- [55] RKI (2008) Oxidativer Stress und Möglichkeiten seiner Messung aus umweltmedizinischer Sicht. *Bundesgesundheitsblatt* 51: 1464 – 1482
- [56] Ribeiro EP, Rhoden EL, Horn MM, Rhoden C, Lima LP, Toniolo L (2007) Effects of subchronic exposure to radio frequency from a conventional cellular telephone on testicular function in adult rats. *J. Urol.* 177(1): 195 – 399
- [57] Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO (2010) Effects of exposure to a mobile phone on testicular function and structure in adult rabbit. *Int. J. Androl.* 33(1): 89 – 94
- [58] Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO (2012a) Retraction. Effects of exposure to a mobile phone on testicular function and structure in adult rabbit. *Int. J. Androl.* 35(4): 629
- [59] Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO, Kagawa S (2009a) Effects of exposure to a mobile phone on sexual behavior in adult male rabbit: an observational study. *Int. J. Impot. Res.* 22(2): 127 – 133
- [60] Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO, Kagawa S (2012b) Retraction. Effects of exposure to a mobile phone on sexual behavior in adult male rabbit: an observational study. *Int. J. Impot. Res.* 24(4): 170
- [61] Salama N, Kishimoto T, Kanayama HO, Kagawa S (2009b) The mobile phone decreases fructose but not citrate in rabbit semen: a longitudinal study. *Syst. Biol. Reprod. Med.* 55(5-6): 181 – 187

- [62] Sarookhani MR, Rezaei MA, Safari A, Zaroushani V, Ziaeiha M (2012) The influence of 950 MHz magnetic field (mobile phone radiation) on sex organ and adrenal functions of male rabbits. *Afr. J. Biochem. Res.* 5(2): 65 – 68
- [63] Saygin M, Caliskan S, Karahan N, Koyu A, Gumral N, Uguz AC (2011) Testicular apoptosis and histopathological changes induced by a 2.45 GHz electromagnetic field. *Toxicol. Ind. Health* 27(5): 455 – 63
- [64] SCENHIR (2009) Health Effects of Exposure to EMF. European Commission
- [65] Sepehrimanesh M, Saeb M, Nazifi S, Kazemipour N, Jelodar G, Saeb S (2013) Impact of 900 MHz electromagnetic field exposure on main male reproductive hormone levels: a *Rattus norvegicus* model. *Int J Biometeorol.* DOI 10.1007/s00484-013-0771-7
- [66] Sommer AM, Grote K, Reinhardt T, Streckert J, Hansen V, Lerchl A (2009) Effects of radiofrequency electromagnetic fields (UMTS) on reproduction and development of mice: a multi-generation study. *Radiat Res* 171 (1): 89 - 95
- [67] SSK (2011) Biologische Auswirkungen des Mobilfunks - Gesamtschau - Stellungnahme der Strahlenschutzkommission
- [68] SSM (2013) Eighth report from SSM: Scientific Council on Electromagnetic Fields
- [69] Tas M, Dasdag S, Akdag MZ, Cirit U, Yegin K, Seker U, Ozmen MF, Eren LB (2013) Long-term effects of 900 MHz radiofrequency radiation emitted from mobile phone on testicular tissue and epididymal semen quality. *Electromagn. Biol. Med.* DOI: 10.3109/15368378.2013.801850
- [70] Trosic I, Matausic-Pisl M, Pavicic I, Marjanovic AM (2013) Histological and cytological examination of rat reproductive tissue after short-time intermittent radiofrequency exposure. *Arh. Hig. Rada. Toksikol.* 64(4): 513 - 519
- [71] Tumkaya L, Kalkan Y, Bas O, Yilmaz A (2013) Mobile phone radiation during pubertal development has no effect on testicular histology in rats. *Toxicol Ind Health.* DOI: 10.1177/0748233713500820
- [72] Wdowiak A, Wdowiak L, Wiktor H (2007) Evaluation of the effect of using mobile phones on male fertility. *Ann. Agric. Environ. Med.* 14(1): 169 – 172
- [73] WHO (2010) WHO Research Agenda for Radiofrequency Fields.
- [74] Wu H, Wang D, Shu Z, Zhou H, Zuo H, Wang S, Li Y, Xu X, Li N, Peng R (2011) Cytokines produced by microwave-radiated Sertoli cells interfere with spermatogenesis in rat testis. *Andrologia.* 44 (Suppl 1): 590 – 599
- [75] Yan JG, Agresti M, Bruce T, Yan YH, Granlund A, Matloub HS (2007) Effects of cellular phone emissions on sperm motility in rats. *Fertil. Steril.* 88(4): 957 – 964

Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)

BfS-ISH-140/89

Bayer, A.; Braun, H.; Dehos, R.; Frasch, G.; Haubelt, R.; Hoppe-Schönhammer, J.; Kaul, A.; Löbke, A.; Werner, M.

Erfassung, Dokumentation und strahlenhygienische Bewertung vorliegender Aktivitätsmeßdaten aus der Bundesrepublik Deutschland als Folge des Reaktorunfalles im Kernkraftwerk Tschernobyl.

BfS-ISH-141/90

Stamm-Meyer, A.; Stanek, H.; Bögl, K.W.

Biologische Indikatoren zum Nachweis von Strahlenexpositionen - Thymidinkonzentration im Humanserum als "biologisches Dosismeter"?

BfS-ISH-142/90

Burkhardt, J.; Lux, D.

Characterization of Critical Population Groups with Special Consumption Habits in Bavaria.

BfS-ISH-143/90

BfS-ISH-143/90

Roedler, H. D.; Pittelkow, E.

Strahlenexposition des Patienten bei der nuklearmedizinischen Anwendung markierter monoklonaler Antikörper.

BfS-ISH-144/90

Frasch, G. A.

Fehlbildungshäufigkeiten in Bayern 1968 - 1979 / Bericht im Rahmen des Strahlenbiologischen Umweltmonitorings Bayern.

BfS-ISH-145/90

Martignoni, K.

Spontane und Strahleninduzierte kongenitale Anomalien einschließlich Fehl- und Totgeburten.

BfS-ISH-146/90

Schaller, G.; Leising, Chr.; Krestel, R.; Wirth, E.

Cäsium- und Kalium-Aufnahme durch Pflanzen aus Böden.

BfS-ISH-147/90

Brachner, A.

Entwicklung der Säuglingssterblichkeit in Bayern (1972 - 1986).

BfS-ISH-148/90

Winkelmann, I.; Endrulat, H.-J.; Fouasnon, S.; Gesewsky, P.; Haubelt, R.; Klopfer, P.; Köhler, H.; Kohl, R.; Kucheida, D.; Leising, C.; Müller, M.-K.; Neumann, P.; Schmidt, H.; Vogl, K.; Weimer, S.; Wildermuth, H.; Winkler, S.; Wirth, E.; Wolff, S.

Radioactivity Measurements in the Federal Republic of Germany after the Chernobyl Accident. (Unveränderter Nachdruck von ISH-116)

BfS-ISH-149/90

Hofmann, R.; Hendriks, W.; Schreiber, G. A.; Bögl, K. W.

BLood Amylase - A Biochemical Radiation Indicator?

BfS-ISH-150/91

Frasch, G.; Martignoni, K.

Verwertbarkeit und Zuverlässigkeit von Ergebnissen vorliegender epidemiologischer Untersuchungen für die Abschätzung des strahlenbedingten Krebsrisikos. III. Das strahlenbedingte Brustkrebsrisiko.

BfS-ISH-151/91

Martignoni, K. (unter Mitarbeit von Elsasser, U.)

Verwertbarkeit und Zuverlässigkeit von Ergebnissen vorliegender epidemiologischer Untersuchungen für die Abschätzung des strahlenbedingten Krebsrisikos. IV. Das strahlenbedingte Schilddrüsen-Krebsrisiko.

Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)

BfS-ISH-152/91

Hoeltz, J.; Hoeltz, A.; Potthoff, P. (Infratest Gesundheitsforschung, München); Brachner, A.; Grosche, B.; Hinz, G.; Kaul, A.; Martignoni, K.; Roedler, H.-D.; Schwarz, E.; Tsavachidis, C.
Schwangerschaften und Geburten nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl.
Eine repräsentative Erhebung für die Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West). Kurzfassung.

BfS-ISH-153/91

Brachner, A.; Grosche, B.
Risikofaktoren für bösartige Neubildungen.
Neuherberg, Juni 1991

BfS-ISH-154/91

Brachner, A.; Grosche, B.
Perinatale Risikofaktoren einschließlich Fehlbildungen.
Neuherberg, Oktober 1991

BfS-ISH-155/91

Römmelt, R.; Hiersche, L.; Wirth, E.
Untersuchungen über den Transfer von Caesium 137 und Strontium 90 in ausgewählten Belastungspfaden.
Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben St.Sch. 1033.
Neuherberg, Dezember 1991

BfS-ISH-156/91

Poschner, J.; Schaller, G.; Wirth, E.
Verbesserung und Neuentwicklung von radioökologischen Modellen zur Berechnung der Strahlenexposition bei der Beseitigung von schwach radioaktiv kontaminierten Abfällen.
Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben St.Sch. 1104.
Neuherberg, Dezember 1991

BfS-ISH-157/92

Hoeltz, J.; Hoeltz, A.; Potthoff, P.; Brachner, A.; Grosche, B.; Hinz, G.; Kaul, A.; Martignoni, K.; Roedler, H.-D.; Schwarz, E.; Tsavachidis, C.
Schwangerschaften und Geburten nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl.
Eine repräsentative Erhebung für die Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West).
- Abschlußbericht -
Neuherberg, September 1992

BfS-ISH-158/92

Lörch, Th.; Wittler, C.; Frießen, M.; Stephan, G.
Automatische Chromosomendosimetrie.
Neuherberg, Oktober 1992

BfS-ISH-159/92

Schmier, H.; König, K.; Aßmann, G.; Berg, D.
Ganzkörpermessungen an bayerischen Schulkindern. Abschlußbericht . Juli 1992.
Neuherberg, Dezember 1992

BfS-ISH-160/93

Irl, C.; Schoetzau, A.; Steinhilber, B.; Grosche, B.; Jahraus, H.; van Santen, E.
Entwicklung der Säuglingssterblichkeit in Bayern 1972 bis 1990.
Neuherberg, März 1993

BfS-ISH-161/93

Dalheimer, A.; Henrichs, K. (Hrsg.)
Thorium, Probleme der Inkorporationsüberwachung. Anwendung, Messung, Interpretation.
Seminar in Kloster Scheyern/Bayern am 12. und 13. Oktober 1992, durchgeführt vom Institut für Strahlenhygiene des BfS.
Neuherberg, September 1993

Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)

BfS-ISH-162/93

Daten zur Umgebungs- und Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1990 bis 1992.

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz und den Leitstellen des Bundes.

Neuherberg, Oktober 1993

BfS-ISH-163/93

Steinmetz, M. (Hrsg.)

Arbeitsgespräch Terrestrisches solares UV-Monitoring am 2. Juni 1992 im Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Neuherberg, Oktober 1993

BfS-ISH-164/93

Poschner, J.; Schaller, G.

Richtwerte für die spezifische Aktivität von schwach radioaktiv kontaminierten Abfällen, die konventionell entsorgt werden.

Neuherberg, Dezember 1993

BfS-ISH-165/94

Schmitt-Hannig, A.; Thieme, M.

Forschungsprogramm Strahlenschutz 1992 bis 1993. Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, Januar 1994

BfS-ISH-166/94

Burkart, Werner (Hrsg.)

Erste deutsche Aktivitäten zur Validierung der radiologischen Lage im Südrural.

Neuherberg, August 1994

BfS-ISH-167/94

Ralph Gödde, Annemarie Schmitt-Hannig, Michael Thieme

Strahlenschutzforschung - Programmreport 1994 -

Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, Oktober 1994

BfS-ISH-168/94

Schoetzau, A.; van Santen, F.; Irl, C.; Grosche, B.

Angeborene Fehlbildungen und Säuglingssterblichkeit nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl.

Neuherberg, Dezember 1994

BfS-ISH-169/95

Poschner, J.; Schaller, G.

Richtwerte für die spezifische Aktivität von schwach radioaktiv kontaminierten Abfällen, die konventionell entsorgt werden.

Neuherberg, Januar 1995

BfS-ISH-170/95

Angerstein, W.; Bauer, B.; Barth, I.

Daten über die Röntgendiagnostik in der ehemaligen DDR.

Neuherberg, März 1995

BfS-ISH-171/95

Schopka, H.-J.; Steinmetz, M.

Environmental UV radiation and health effects.

Proceedings of the International Symposium, Munich-Neuherberg, Germany, May 4-6, 1993.

Neuherberg, Mai 1995

Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)

BfS-ISH-172/95

Kragh, P.

C-Programm LINOP zur Auswertung von Filmdosimetern durch lineare Optimierung.

Anwendungshandbuch.

Neuherberg, November 1995

BfS-ISH-173/96

Thieme, M.; Gödde, R.; Schmitt-Hannig, A.

Strahlenschutzforschung. Programmreport 1995.

Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete

Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, Januar 1996

BfS-ISH-174/96

Irl, C.; Schoetzau, A.; van Santen, F.; Grosche, B.

Inzidenz bösartiger Neubildungen bei Kindern in Bayern nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl.

Bericht im Rahmen des Strahlenbiologischen Umweltmonitorings Bayern.

Neuherberg, April 1996

BfS-ISH-175/96

Dalheimer, A.; König, K.; Mundigl, S.

Überwachung der Raumluftaktivität. Verfahren, Interpretation, Qualitätssicherung.

2. Fachgespräch am 12. und 13. Oktober 1995, Schloß Hohenkammer / Bayern.

Neuherberg, Oktober 1996

BfS-ISH-176/97

Brachner, A.; Martignoni, K.

Verwertbarkeit und Zuverlässigkeit von Ergebnissen vorliegender epidemiologischer Untersuchungen für die Abschätzung des strahlenbedingten Krebsrisikos. V. Das strahlenbedingte Knochenkrebsrisiko.

Neuherberg, Januar 1997

BfS-ISH-177/97

Schaller, G.; Arens, G.; Brennecke, P.; Görtz, R.; Poschner, J.; Thieme, J.

Beseitigung radioaktiver Abfälle und Verwertung von Reststoffen und Anlagenteilen. Grundlagen, Konzepte, Ergebnisse.

Neuherberg, Januar 1997

BfS-ISH-178/97

Bäumli, A.; Bauer, B.; Bernhard, J.-H.; Stieve, F.-E.; Veit, R.; Zeitberger, I. (Hrsg.)

Joint WHO / ISH Workshop on Efficacy and Radiation Safety in Interventional Radiology. Munich-

Neuherberg, Germany, October 9-13, 1995.

Neuherberg, Februar 1997

BfS-ISH-179/97

Zusammengestellt von: *Schmitt-Hannig, A.; Thieme, M.; Gödde, R.*

Strahlenschutzforschung. Programmreport 1996. Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, Februar 1997

BfS-ISH-180/97

Frasch, G.; Anatschkowa, E.; Schnuer, K. (Editors)

European study of occupational radiation exposure -ISOREX -.

Proceedings of the Introductory Workshop held in Luxembourg, May 20th - 21st, 1997.

Neuherberg, November 1997

BfS-ISH-181/98

Schulz, O.; Brix, J.; Vogel, E.; Bernhardt J. H.

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder als Umweltfaktoren: Epidemiologische Untersuchungen.

Neuherberg, Februar 1998

Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)

BfS-ISH-182/98

Gödde, R.; Schmitt-Hannig, A.; Thieme, M.

Strahlenschutzforschung - Programmreport 1997.

Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, März 1998

BfS-ISH-183/98

Dahlheimer, A.; Hartmann, M.; König, K. (Hrsg.)

Körperaktivität durch natürliche Quellen.

Berücksichtigung des Beitrages der aus natürlichen Quellen aufgenommenen Radionuklide bei der Ausscheidungsanalyse.

3. Fachgespräch am 25. und 26. November 1996, Fachbereich Strahlenschutz des BfS, Berlin.

Neuherberg, März 1998

BfS-ISH-184/99

Frasch, G.; Anatschkowa, E.; Petrova, K.

Occupational Radiation Exposure in Central and Eastern European Countries

- ESOREX EAST -

Proceedings of an Introductory Workshop held in Prague, September 24th - 25th, 1998

Co-organised by: State Office for Nuclear Safety (SUJB), The Czech Republic.

Freiburg, Februar 1999

BfS-ISH-185/99

Gödde, R.; Schmitt-Hannig, A.; Donhär, W.

Strahlenschutzforschung - Programmreport 1998.

Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, April 1999

BfS-ISH-186/99

Schaller, G.; Bleher, M.; Poschner, J.

Herleitung von Dosisumwandlungsfaktoren für die Freigabe von Abfällen mit geringfügiger Radioaktivität.

Neuherberg, Mai 1999

BfS-ISH-187/99

Wirth, E.; Pohl, H.

Kolloquium

Radioökologische Strahlenschutzforschung

Ressortforschungsprogramm des BMU

3. und 4. Mai 1999

Neuherberg, August 1999

BfS-ISH-188/00

Frasch, G.; Kragh, P.; Almer, E.; Anatschkowa, E.; Karofsky, R.; Nitzgen, R.; Schmidt, H.; Spiesl, J.

1. Bericht des Strahlenschutzregisters des BfS mit Daten des Überwachungsjahrs 1998

Neuherberg, Juni 2000

Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)

Ab 1. Dezember 2000 SH

BfS-SH-1/00

Jung, Th.; Jacquet, P.; Jaussi, R.; Pantelias, G.; Streffer, Chr.

Final Report

Evolution of genetic damage in relation to cell-cycle control: A molecular analysis of mechanisms relevant for low dose effects.

Contract N° FI4PCT960043

Reporting Period: January 1997 – June 1999

Neuherberg, Dezember 2000

BfS-SH-02/02

Donhärl, W.; Gödde, R.; Schmitt-Hannig, A.; Williams, M.

Strahlenschutzforschung

- Programmreport 2000 –

Bericht über das Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Neuherberg, April 2002

BfS-SH-03/02

Jahraus H.; Grosche B.

Inzidenz kindlicher bösartiger Neubildungen (1983-1998) und Mortalität aufgrund bösartiger Neubildungen in der Gesamtbevölkerung (1979-1997) in Bayern

2. Fortschreibung des Berichts „Inzidenz und Mortalität bösartiger Neubildungen in Bayern“ von 1993

Bericht im Rahmen des „Strahlenbiologischen Umweltmonitoring Bayern“

Salzgitter, August 2002

BfS-SH-04/02

Grosche B.; Weiss W.; Jahraus H.; Jung T.

Häufigkeit kindlicher Krebserkrankungen in der Umgebung von Atomkraftwerken in Bayern

Salzgitter, August 2002

Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)

Ab 1. Februar 2003 SG

BfS-SG-01/03

Frasch, G.; Almer, E.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Kragh, P.; Spiesl, J.
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 1999 bis 2001
Auswertung des Strahlenschutzregisters
Salzgitter, Juli 2003

BfS-SG-02/03

*Noßke, D.; Dalheimer, A.; Dettmann, K.; Frasch, G.; Hartmann, M.;
Karcher, K.; König, K.; Scheler, R.; Strauch, H.*
Retentions- und Ausscheidungsdaten sowie Dosiskoeffizienten für die Inkorporationsüberwachung
Übergangsregelung bis zur In-Kraft-Treten der entsprechenden Richtlinie zur inneren Exposition
Salzgitter, Dezember 2003

BfS-SG-03/04

Frasch, G.; Almer, E.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Kragh, P.; Spiesl, J.
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2002
Bericht der Strahlenschutzregisters
Salzgitter, Februar 2004

BfS-SG-04/04

Bergler, I.; Bernhard, C.; Gödde, R.; Löbke-Reinl, A.; Schmitt-Hannig, A.
Strahlenschutzforschung
Programmreport 2002
Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich begleitete und verwaltete
Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesumweltministeriums
Salzgitter, März 2004

BfS-SG-05/05

Frasch, G.; Almer, E.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Spiesl, J.; Stegemann, R.
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2003
Bericht des Strahlenschutzregisters
Salzgitter, April 2005

BfS-SG-06/05

Stegemann, R.; Frasch, G.; Kammerer, L.; Spiesl, J.
Die berufliche Strahlenexposition des fliegenden Personals in Deutschland
Bericht des Strahlenschutzregisters
Salzgitter, August 2005

BfS-SG-07/06

Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Spiesl, J.; Stegemann, R.
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2004
Bericht des Strahlenschutzregisters
Salzgitter, Juli 2006

BfS-SG-08/06

Hartmann, M.; Dalheimer, A.; Hänisch, K.
Ergebnisse des In-vitro-Ringversuchs: Thorium- und Uran-Isotope im Urin
Workshop zu den In-vitro-Ringversuchen 2003/2004 der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS
am 22. September 2004 im Bundesamt für Strahlenschutz, Belin
Salzgitter, August 2006

BfS-SG-09/07

Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Spiesl, J.; Stegemann, R.
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2005
Bericht des Strahlenschutzregisters
Salzgitter, Juli 2007

Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)

BfS-SG-10/08

Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms ▪ German Mobile Telecommunication Research Programme (DMF)

Bewertung der gesundheitlichen Risiken des Mobilfunks ▪ Health Risk Assessment of Mobile Communications

(Stand 15.05.2008)

Salzgitter, Juni 2008

BfS-SG-11/08

Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Spiesl, J.; Stegemann, R.

Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2006

Bericht des Strahlenschutzregisters

Salzgitter, Juli 2008

BfS-SG-12/09

urn:nbn:de:0221-2009042308

Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Spiesl, J.; Stegemann, R.

Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2007

Bericht des Strahlenschutzregisters

Salzgitter, Mai 2009

BfS-SG-13/10

urn:nbn:de:0221-201004201491

Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Spiesl, J.; Stegemann, R.

Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2008

Bericht des Strahlenschutzregisters

Salzgitter, Mai 2010

BfS-SG-14/11

urn:nbn:de:0221-201105105835

Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Schlosser, A. Spiesl, J.

Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2009

Bericht des Strahlenschutzregisters

Salzgitter, Mai 2011

BfS-SG-15/11

urn:nbn:de:0221-201108016029

Frasch, G.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Schlosser, A.; Spiesl, J.; Stegemann, R.

Die berufliche Strahlenexposition des fliegenden Personals in Deutschland 2004 – 2009

Bericht des Strahlenschutzregisters

Salzgitter, August 2011

BfS-SG-16/12

urn:nbn:de:0221-201206018415

Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Schlosser, A.; Spiesl, J.

Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2010

Bericht des Strahlenschutzregisters

Salzgitter, Juni 2012

BfS-SG-17/12

urn:nbn:de:0221-2012112610240

Motzkus, K.-H.; Häusler, U.; Dollan, R.

Wissenswertes über hochradioaktive Strahlenquellen

Salzgitter, November 2012

BfS-SG-18/13

urn:nbn:de:0221-2013022510313

Pophof, B.; Geschwentner, D.

Umweltauswirkungen der Kabelanbindung von Offshore-Windenergieparks an das Verbundstromnetz

Effekte betriebsbedingter elektrischer und magnetischer Felder sowie thermischer Energieeinträge in den Meeresgrund

Salzgitter, Februar 2013

Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)

BfS-SG-19/13

urn:nbn:de:0221-2013041510534

Frasch, G.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Mordek, E.; Schlosser, A.; Spiesl, J.

Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2011

Bericht des Strahlenschutzregisters

Salzgitter, April 2013

BfS-SG-20/13

urn:nbn:de:0221-2013062410893

Bodendorf, Chr.

Exposition durch in Deutschland verwendete TETRA-Endgeräte

Modellierung der Verteilung von SAR-Werten im gesamten Körper und im Bereich des Kopfes unter besonderer Berücksichtigung der Augen

Vorhaben FM 8847 – Abschlussbericht Dezember 2012

Salzgitter, Juni 2013

BfS-SG-21/14

urn:nbn:de:0221-2014031911368

Pophof, Blanka

Einfluss elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf die männliche Fruchtbarkeit

Bewertende Literaturübersicht

Salzgitter, Januar 2014

| Verantwortung für Mensch und Umwelt |

Kontakt:

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: + 49 (0)3018 333 0

Telefax: + 49 (0)3018 333 1885

Internet: www.bfs.de

E-Mail: ePost@bfs.de

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



Bundesamt für Strahlenschutz