

Störung der Re durch elek

Ingeburg Ruppe

Der Einfluss arbeitsbedingter Faktoren auf die Reproduktion

In der letzten Zeit sind vermehrt Berichte aufgetaucht, die sich auf Studien zu gesundheitlichen Auswirkungen durch den Einfluss elektromagnetischer Felder beziehen. Insbesondere Untersuchungen zu Fertilität bzw. eventuelle Fertilitätsstörungen stehen im Blickpunkt, so beispielsweise eine Publikation von Davoudi aus dem Jahr 2002 mit dem Titel „Der Einfluss von magnetischen Wellen auf die Spermienmotilität“ (M. Davoudi, C. Brössner, W. Kuber, Zeitschrift für Urologie und Urogynäkologie 2002; 9 (3): 18–22), die „Ungarische Fertilitätsstudie“ nach Fejes et al. (Vorstellung von Dr. Imre Fejes von der Universität Szeged in Ungarn bei der Jahrestagung der European Society of Human Reproduction and Embryology (ESHRE) am 29.06.2004 in Berlin), oder die erst kürzlich zitierte „Australische Studie“ der Royal Society an der University of Western Australia mit dem Titel „Image content influences men’s semen quality“, der zufolge Handys in der Hosentasche möglicherweise unfruchtbar machen können (Sarah J. Kilgallon, Leigh W. Simmons; Evolutionary Biology Research Group, School of Animal Biology (M092), The University of Western Australia, Crawley 6009, Australia).

Bei diesen zitierten Studien ist vor allem der medienwirksame Aspekt herausragend; der wissenschaftliche Gehalt scheint dagegen zweitrangig zu sein. Seriöse Forschung diesbezüglich findet schon seit mehreren Jahren/Jahrzehnten und in verschiedenen Institutionen statt. Beispiele hierfür bietet auch das Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit (BAuA) in Berlin. Die Erkenntnisse bezüglich der Wirkung elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Wellen in verschiedenen Frequenzbereichen auf biologische Systeme und speziell auf die Reproduktion werden im folgenden Beitrag näher erläutert.





produktion tromagnetische Felder

Einleitung

Jedes Lebewesen auf der Erde ist von natürlichen und in den industrialisierten Ländern auch von künstlich erzeugten elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern unterschiedlicher Frequenzbereiche und Intensitäten umgeben, die sich ständig in ihrer Richtung und Stärke ändern. Beispiele dafür sind das Erdmagnetfeld, luftelektrische Felder, das Licht, die Wärmestrahlung und die ultraviolette Strahlung. Zu diesen äußeren kommen die inneren Felder, die im Organismus selbst entstehen, da alle Lebenserscheinungen mit Potentialänderungen verbunden sind. Die inneren Felder können durch die Aufzeichnung der Körperfunktionen sichtbar gemacht werden. Bekannte Beispiele sind das Elektrokardiogramm, das Elektroenzephalogramm und das Elektromyogramm. Die Auswirkungen der künstlich erzeugten Felder auf das menschliche, tierische und pflanzliche Leben sind zur Zeit heftig in der Diskussion. Da wir sie mit unseren Sinnen nicht wahrnehmen können, ist ihr Vorhandensein, ihre Intensität und Wirkung nur mit Hilfe von Messgeräten nachweis- und bewertbar. International wird intensiv geforscht, um auch Wirkungen ganz geringer Feldstärken, die in unserer allgemeinen Umwelt vorhanden sind, zu erfassen.

Die Wirkung der elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder ist abhängig von ihrer Frequenz. Aus diesem Grund wird im folgenden zu den einzelnen Frequenzbereichen eine kurze Erklärung gegeben.

Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder

Elektromagnetische Wellen haben die Entstehung von elektrischen und magnetischen Feldern zur Folge.

Biologische Wirkungen im Niederfrequenzbereich

Im Niederfrequenzbereich (50 Hz bis 30 kHz) finden sich diese Felder beispielsweise in der Umgebung von Hochspannungsleitungen, Umspannwerken, Trafostationen, Haushaltsgeräten und elektrisch betriebenen Maschinen. Die elektrischen und magnetischen 50-Hz-Felder geringer Feldstärken in unserem normalen Umfeld sind nicht spürbar. Wenn die Intensität der elektrischen Felder an bestimmten Arbeitsplätzen so groß ist, dass es zu Reizwirkungen kommt, kann man das als Kribbeln auf der Haut oder als Muskelzuckungen spüren. So hohe Feldstärken treten aber nur an wenigen Arbeitsplätzen oder bei therapeutischen Eingriffen auf.

Biologische Wirkungen im Hoch- und Höchsthochfrequenzbereich

Dieser Bereich umfasst Frequenzen von 30 kHz bis 300 MHz. Gut untersucht sind hier die Wirkungen hoher Intensitäten, wie sie an bestimmten Arbeitsplätzen auftreten oder bei Diagnose oder Therapieverfahren angewandt werden. Hier kann es zu einer Erwärmung von Körperteilen oder des gesamten Körpers und bei einer sehr starken Überwärmung zu einer Schädigung des Gewebes kommen.

Die elektromagnetischen Felder können in den Organismus eindringen, wenn ihre Energie groß genug ist. Sie bewegen die Moleküle im Körper gegen ihre Bindungskräfte, polarisieren sie und regen sie zu Schwingungen an. Die dabei absorbierte Energie wird in Wärme umgesetzt und je schneller und häufiger die Schwingungsänderungen erfolgen, umso größer ist die Erwärmung.

Der Grad der Erwärmung hängt von den verschiedensten Faktoren ab wie der Frequenz oder Wellenlänge, der Dauer der Einwirkung, der Feldstärke oder Leistungsdichte, der Art der Einwirkung (Impuls- oder Dauerstrich), der Abmessung und Oberfläche des bestrahlten Bereiches, der Dielektrizitätskonstante, der Wärmeleitfähigkeit und der elektrischen Leitfähigkeit der bestrahlten Gewebeanteile.

Je nach der Stelle, der Intensität und Länge der Einwirkung kommt es zu einer Erhöhung der Temperatur von diesen Körperteilen oder des gesamten menschlichen oder tierischen Körpers mit allen Folgen der Wärmewirkung, die auch bei der Erwärmung durch andere Medien (Sauna, warmes Bad, heißer Tee, Thermoflasche) bekannt sind.

Die Grenze, bis zu der beim Menschen thermische Wirkungen mit Sicherheit ausgeschlossen werden können, liegt bei einer Leistungsdichte von 10 mW/cm^2 . Diese Untersuchungen wurden bereits in den 60ziger und 70ziger Jahren gut fundiert durchgeführt (Michaelson 1971 u. 1972; Rose u. a. 1970) und gelten noch heute.


Reproduktion und Entwicklung

Es ist seit langem bekannt, dass eine Erhöhung der Körpertemperatur bei der Ontogenese einen negativen Einfluss auf die Entwicklung der Nachkommen haben kann.

Untersuchungen an Kleintieren

An Kleintieren sind umfangreiche Untersuchungen zur Erwärmung und auch Experimente zur möglichen Störung der Reproduktion durchgeführt worden. Bei Ratten, Kaninchen und Katzen liegt die Grenze der Erwärmung entsprechend niedriger als beim Menschen. In der Arbeit von Jensch 1997 wurde der Einfluss auf Ratten und ihre Nachkommen bei sehr hohen Expositionen, d. h. weit oberhalb der gesetzlichen Grenzwerte bei einer Frequenz von 915 MHz mit 100 W/m^2 bzw. bei einer Frequenz von 2,45 GHz mit 200 W/m^2 untersucht. Bei diesen Frequenzen bzw. hohen Intensitäten zeigten sich keine Unterschiede zu nicht exponierten Tieren. Bei Expositionen von 6 GHz mit 350 W/m^2 zeigten die Muttertiere eine leichte, aber signifikante Abnahme der Monozyten. Die Nachkommen aus dieser Gruppe waren in den ersten 5 Wochen etwas leichter und zeigten subtile neurophysiologische Veränderungen, wie z. B. ein verzögertes Öffnen der Augen. Die feldbedingten Veränderungen bei 6 GHz, bei diesen sehr hohen Intensitäten sind für die Grenzwert- oder eine eventuelle Vorsorgediskussion als nicht relevant anzusehen. Als niedrigste Leistungs-





flussdichte für das Auslösen embryonaler und fetaler Schädigungen bei Mäusen fand Gordon (1970) 10 mW/cm².

Bei den neueren Untersuchungen an Säugetieren, zumeist Ratten und Mäusen, zeigen die Ergebnisse von zwei Studien (Huuskonen et al. 1998 und Mulligan und Persinger 1998) einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Exposition und bestimmten Parametern wie dem Auftreten von Skelettveränderungen bei den Föten eines bestimmten Mäusestammes, nicht aber bei einem anderen Stamm. Beim Großteil der Arbeiten konnten dagegen keine Einflüsse auf die Reproduktion bzw. keine teratogenen Reaktionen festgestellt werden (Brent 1999; Ryan et al. 1999 u. 2000; Dawson 1998).

Die Expositionen erfolgten kontinuierlich oder intermittierend (z. B. eine Stunde an/aus im Wechsel). Untersucht wurden neben Spermatogenese und Östrogen-Zyklus der Elterngeneration teratogene Effekte, Gewicht und Anzahl der Feten u. v. m.

Es herrscht Einstimmigkeit in der experimentellen Wissenschaft darüber, dass man die an Kleintieren gewonnenen Ergebnisse nicht unmittelbar auf den Menschen übertragen kann, da die Größe, die Behaarung und die Körperform andere Absorptionsmechanismen bedingen.

Epidemiologische Studien

Die neueren epidemiologischen Studien bezüglich schädigender Einflüsse niederfrequenter Felder auf die Reproduktion betrachteten im wesentlichen berufliche Expositionen und Expositionen durch elektrische Geräte, v. a. Heizdecken. Dabei wurden die Fruchtbarkeit (Hjollund et al. 1999; Mur et al. 1998), spontane Aborte (Belanger et al. 1998), plötzlicher Kindstod und teratogene Reaktionen (Grainger et al. 2000; Shaw 1999) untersucht. Diese Studien waren aufgrund grober Expositionsbestimmungen, zu geringer Teilnehmerzahlen oder anderer methodischer Einschränkungen nur zur Erfassung sehr deutlicher Zusammenhänge geeignet.

Für die Expositionen wurden magnetische Wechselfelder mit Flussdichten von wenigen µT bis in den mT-Bereich verwendet, wobei die Netzfrequenz (50 Hz bzw. 60 Hz), die ersten Harmonischen (Oberwellen)

sowie höhere Frequenzen, wie sie z. B. durch Monitore erzeugt werden können (Sägezahn, 10 kHz und 20 kHz), zum Einsatz kamen.

Grenzwerte

Der Grenzwert der Leistungsdichte für den Höchsthäufigkeitsbereich an Arbeitsplätzen liegt in Abhängigkeit von der Frequenz zwischen 1 und 5 mW/cm² (Unfallverhütungsvorschrift BGV B 11).

Mit Leistungsflussdichten von mehr als 5 mW/cm² kommt eine Person unter normalen Arbeits- und Umweltbedingungen nicht in Berührung.

Den Grenzwertfestlegungen liegen die Berechnung der spezifischen absorbierten Energie zu Grunde. Das Maß für die absorbierte Energie wird in W/kg Körpermasse angegeben und als SAR (Spezifische Absorptionsrate) bezeichnet. Durch Zell-, Gewebs- und Tierversuche sowie Probandenuntersuchungen hat man die biologischen Wirkungen mit den SAR-Werten korreliert. International wird ein SAR-Wert von 0,08 W/kg – gemittelt über den ganzen Körper für die allgemeine Bevölkerung, auch für Kinder und Schwangere als ein sicherer Wert angesehen. Jeder Mensch produziert bei der Aufrechterhaltung seiner Körperfunktionen ebenfalls Wärme. Etwa 1 W/kg beträgt der Grundumsatzwert und dieser erhöht sich dann abhängig von der körperlichen Aktivität. Deshalb hat der Körper durch eine Mehrdurchblutung der Haut und durch das Schwitzen die Möglichkeit, die Körpertemperatur zu regulieren und auch zusätzliche Temperatureinwirkungen von Heizungen, warmen Bädern, Sonneneinstrahlung usw. auszugleichen.

Eine zeitweilige Erhöhung der Körpertemperatur durch Einflüsse von außen um 0,5° bis maximal 1° Celsius wird von einem gesunden Körper nach den bisherigen Untersuchungen und Erfahrungen ohne Folgen toleriert. Dieser Wert sollte nicht unkontrolliert überschritten werden. Bei Personen mit Fieber, Stoffwechselerkrankungen oder unter Medikamenteneinfluss kann die Thermoregulation gestört sein.

Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz

Die Einhaltung der Grenzwerte an den Arbeitsplätzen, an denen Schwangere beschäftigt sind, ist zu garan-

tieren. Eine Erhöhung der Körpertemperatur um mehr als 1° Celsius wird dabei nicht zugelassen. Damit wird ein negativer Einfluss auf die embryonale Entwicklung vermieden.

Arbeit am Bildschirm

Bildschirmarbeitsplätzen standen jahrelang in Verdacht, die Schwangerschaft negativ zu beeinflussen. Epidemiologische Untersuchungen über den Schwangerschaftsverlauf haben gezeigt, dass allgemein bei Frauen im Berufsleben die Schwangerschaft häufig ungünstiger verläuft als bei Frauen ohne berufliche Einbindung. Bisher konnte im Vergleich zur Gruppe der berufstätigen Frauen keine erhöhte Zahl negativer Schwangerschaftsverläufe bei Bildschirmarbeit nachgewiesen werden. Dieser Umstand macht es in besonderer Weise deutlich, dass es sich bei der Belastung der schwangeren Frau im Berufsleben nicht um ein spezifisch mit der Bildschirmarbeit verknüpftes Problem handelt, sondern dass allgemein entlastende Maßnahmen gefordert werden müssen. Dies betrifft insbesondere die Vermeidung langandauernder einseitiger Körperhaltung, die Vermeidung von psychomentalen Überbelastungen durch die Einhaltung von Pausen und die Begrenzung der täglichen Arbeitszeit am Bildschirmgerät (Kruschwitz et al. 1990). International und auch nach Ansicht der viel zitierten schwedischen Fachleute konnte ein wissenschaftlicher Nachweis, dass diese eingangs genannten Beschwerden und Symptome mit den Feldern aus den Bildschirmgeräten zusammenhängen, nicht erbracht werden, so dass für Frauen im fertilen Lebensalter und für Schwangere eine durch die Felder bedingte Gefährdung nach den bisherigen Erkenntnissen ausgeschlossen werden kann.

Elektromagnetische Felder in der allgemeinen Umgebung

Im Haushalt, im Garten und beim Umgang mit elektrischen Geräten bei der Durchführung handwerklicher Arbeiten entstehen in der unmittelbaren Nähe des Gerätes elektrische und magnetische niederfrequente Felder. Die Feldstärken dieser Geräte liegen weit unter den Grenzwerten, denen die allgemeine Bevöl-

kerung ohne Schaden zu nehmen ausgesetzt sein kann. Diese Grenzwerte sind in der Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - 26. BImSchV „Elektromagnetische Felder“ (1996) festgeschrieben und betragen für die elektrische Feldstärke 5 kV/m und für die magnetische Feldstärke 100 mT.

Mobilfunk

Der Einsatz der Mobilfunktechnik ist zwangsläufig mit der Abstrahlung hochfrequenter elektromagnetischer Felder verbunden.

Bei der Benutzung eines Handys werden die elektromagnetischen Felder zur Übertragung der Information während des Sprechvorganges direkt neben dem Kopf abgestrahlt. Dabei gelangt zwangsläufig ein Anteil der Energie in den Kopf des Benutzers. Damit dieser Anteil keine Gesundheitsschädigung hervorrufen kann, ist er durch Regelungen begrenzt. Schädigungen unterhalb der Grenzwerte sind beim Menschen nicht bewiesen.

Ängste werden auch gegenüber der Abstrahlung von Basisstationen auf Türmen oder Dächern geäußert. Die Bevölkerung wird davon aber nur sehr wenig „berührt“. Unter einer Basisstation existieren ganz geringe Felder, da sie horizontal von der Antenne abgestrahlt werden, um eine gewisse Ausbreitung zu erhalten. Wenn sie dann die Erde oder Wohnbereiche erreichen, sind sie auf Grund der Abnahme der Feldstärke mit der Entfernung nicht als Gefahrenquelle anzusehen, denn sie liegen noch deutlich unter den Feldern, die von einem Handy abgestrahlt werden.

Elektromagnetische Felder in der Medizin Therapie

Die Möglichkeit der Einleitung entsprechend hoher elektromagnetischer Energien besteht bei der therapeutischen Anwendung der Hoch- und Höchsthochfrequenzfelder in Form der sogenannten Kurz- und Mikrowellentherapie, bei der es zu einer gewollten Erwärmung des behandelten Körperteils um einige Grade Celsius kommen kann.

Bei der Behandlung des Bauchraumes schwangerer Frauen mit Kurzwellenbestrahlung wurden von HOF-



MANN (1966) und Dietzel und Kern (1970) Missbildungen und Fehlgeburten beobachtet, die eindeutig thermogenetisch bedingt waren.

Als bekannt wurde, dass auch beim Menschen, wie bei den oben angeführten Versuchen mit Kleintieren eine deutliche Erhöhung der Körpertemperatur zu Missbildungen oder Aborten führt, wurden zur Erwärmung durch elektromagnetische Felder und ihre Wirkung auf die Reproduktion umfangreiche Untersuchungen durchgeführt mit dem Ergebnis, dass es sich bei den beobachteten Reaktionen um reine Wärmewirkungen handelte, wie sie auch durch zu heiße Bäder, intensive Saunabesuche oder Ultraschalltherapie entstehen können, und nicht um „spezifische“ Felderwirkungen. Es wird deshalb darauf hingewiesen, schwangere Frauen nicht mit Hoch- oder Höchsthäufigkeitsstrahlung zu therapieren, besonders nicht im Bereich des Abdomens, und auch Schwangere nicht als Therapeuten oder Hilfskräfte an diesen Anlagen einzusetzen oder streng darauf zu achten, dass nach dem Einschalten des Therapiegerätes ein Abstand von 2 m eingehalten wird. Dieser Abstand wird als ausreichend angesehen, denn die Feldstärke elektromagnetischer Felder nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab.

NMR-Diagnostik

Bei der Diagnostik mit dem Magnetresonanztomographen (MR) ist die Möglichkeit der Erwärmung des Bauchraumes durch die eingesetzten niederfrequenten und hochfrequenten Felder gegeben. Beide Feld-

arten sind dabei entsprechend ihrer Wirkungsweise zu berücksichtigen.

Für die Diagnostik bei Schwangeren und den Einsatz von schwangeren Beschäftigten an MR-Anlagen gibt es Empfehlungen zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken bei Anwendung magnetischer Resonanzverfahren in der medizinischen Diagnostik (1997).

Elektrosensibilität

Das Wissen um das Vorhandensein der Felder und eine unbestimmte Angst davor kann sich in einer Beeinflussung des vegetativen Nervensystems und in funktionellen Störungen des Herz-Kreislauf-Systems zeigen. Dabei kommt es nicht zu einer Erwärmung des Organismus. Diese funktionellen Störungen wurden bei Reihenuntersuchungen von exponierten Beschäftigten ermittelt, die über Jahre kontinuierlich Hochfrequenzfeldern ausgesetzt waren. Diese Beschwerden bildeten sich nach Aussetzen der Exposition oder bei Leistungsdichten unter 1 mW/cm^2 zurück (GORDEN 1970).

Die geäußerten Beschwerden sind unspezifisch, und es ist bisher nicht gelungen, einen Kausalzusammenhang zu nur einem Umweltfaktor herzustellen. Beobachtet wurden: leichte Ermüdbarkeit, Kopfschmerzen, Störungen der Herz-Kreislauf-Regulation mit Bradycardien und Hypotonie, Veränderung der Herzstromkurve u. a.. Diese Personen bezeichnen sich als elektrosensibel oder allgemein als umweltsensibel (Ruppe u. Vogel 1998 und Ruppe 1999).

Die Beschwerden wurden individuell unterschiedlich empfunden und bewertet. Eine Disposition gegenüber den elektromagnetischen Feldern ist nicht auszuschließen, ließ sich aber auch nicht nachweisen und bei all den Erhebungen und Untersuchungen wurde eine besondere Empfindlichkeit des weiblichen Organismus gegenüber Mikrowellen oder Hochfrequenz nicht beschrieben.

Aus den angeführten Gründen gibt es keine gesonderten Grenzwerte oder Einschränkungen für Frauen bei der Arbeit in den Ländern, die Grenzwertfestlegungen getroffen haben.

Ausnahmen sind der Einsatz von Schwangeren an NMR-Anlagen und bei der Hochfrequenztherapie, da dort die Grenzwerte überschritten werden können.

Um schwangere Frauen vor der Einwirkung hoher Leistungsdichten bzw. Feldstärken zu schützen und auch die Möglichkeit einer Beeinträchtigung ihres Allgemeinbefindens, wenn auch nur durch die Angst vor den Feldern auszuschließen, empfehlen wir, die Frauen an Arbeitsplätzen einzusetzen, an denen die Umweltwerte der 26. BImSchV eingehalten sind.

Fertilitätsstörungen des Mannes

Berichtet wird auch immer wieder über Störungen der Zeugungsfähigkeit des Mannes unter dem Einfluss der „Felder“ oder, dass Männer in entsprechenden Berufen nur Mädchen zeugen können.

Über das „Problem“ „nur Mädchen“ gibt keine Statistik Auskunft. Zur Störung der Zeugungsfähigkeit gilt Ähnliches wie oben bereits ausgeführt.

Bei einer Überwärmung der Hoden dagegen kann es zu Störungen der Spermienbildung kommen.

Die Verlagerung der männlichen Keimdrüsen in das Skrotum erfolgte, weil die höhere Temperatur im Innern des Körpers für die Spermio-genese nicht zuträglich ist. Verbleibt der Hoden in der Bauchhöhle oder dem Leistenkanal, kommt eine normale Spermio-genese nicht zustande. Die endokrine Funktion des Organs bleibt dagegen erhalten. Wird ein kryptorcher Hoden operativ ins Scrotum verlagert, setzt die Samenbildung ein.

Ein praktisches Beispiel für die Beeinflussung der Spermio-genese durch Wärme ist die Unmöglichkeit

der Fortpflanzung von in kälteren Regionen beheimateten Tieren in den Tropen. Züchten wird dort dann nur möglich, wenn die Tiere in klimatisierten Ställen gehalten werden.

Werden die Hoden von außen erwärmt durch Druck oder Reibung, durch enge Kleidung, intensive Sonnenbestrahlung, hohe Temperaturen oder auch durch elektromagnetische Felder während der Therapie mit Kurz- oder Mikrowellen, Ultraschall oder der Diagnostik mit MR-Tomographen oder auch beim Aufenthalt, z. B. vor Antennen, besteht die Möglichkeit der Störung der Funktion wie oben beschrieben. Schutz können Schürzen aus absorbierendem oder reflektierendem Material bieten.

Zusammenfassung

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat die neueste Literatur seit 1998 über den gesamten Frequenzbereich von Fachleuten bewerten lassen und im Bericht der SSK (2001) zusammengefasst. Ganz besonders im Hinblick auf die Beeinflussung durch die steigende Anwendung des Mobilfunks und der Handybenutzung, da hier die gesamte Bevölkerung betroffen ist.

- Zu möglichen negativen Einflüssen von niederfrequenten Feldern auf die Reproduktion wurden sowohl epidemiologische Studien als auch Tierversuche durchgeführt. Auch die neueren Arbeiten bilden keinen wissenschaftlich begründeten Hinweis auf Gesundheitsbeeinträchtigungen durch niederfrequente Felder mit Intensitäten unterhalb der Grenzwerte.
- Die Untersuchungen zu genetischen Schäden durch hochfrequente Felder sind kaum untereinander vergleichbar, weil unterschiedliche Expositionsparameter wie Frequenz, Modulation und Feldstärke verwendet wurden. Die Ergebnisse mit Feldstärken deutlich oberhalb der Grenzwerte sind nicht einheitlich. Es ist festzuhalten, dass Untersuchungen in Feldern, die durch Mobilfunk (kontinuierliche, amplituden- und frequenzmodulierte Felder) entstehen, keinen Hinweis auf ein genotoxisches Potential ergaben. Es ist wissenschaftlich akzeptiert, dass elektromagnetische Felder nicht direkt geno-

toxisch wirken können. Die Photonenenergie ist im Vergleich zu ionisierenden Strahlen zu gering, um kovalente Bindungen der DNS-Moleküle zu lösen.

- Untersuchungen an Frauen, die unter dem Einfluss elektromagnetischer Felder im Bereich der zulässigen Grenzwerte arbeiteten, ergaben, dass die Schwangerschaft und die Geburt der Kinder normal verlief. Unter dem Einfluss der elektromagnetischen Felder aus der Umwelt konnte keine Schädigung der Reproduktion festgestellt werden. Hier kann es nicht zu einer Wärmewirkung auf den Feten kommen, da die Intensitäten viel zu klein sind. Eine spezifische Wirkung der Felder konnte auch im Tierversuch nicht nachgewiesen werden.
- Überwärmungen des Bauchraumes und der Hoden sind zu vermeiden.

Insgesamt geben die Ergebnisse der neueren in vivo Untersuchungen und epidemiologischen Studien keinen wissenschaftlichen Hinweis auf negative Einflüsse niederfrequenter Felder auf die Reproduktion bei Einhaltung der Grenzwerte.

Dr. Ingeburg Ruppe, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit (BAuA), Berlin

Literatur

- Belanger K., Leaderer B., Hellenbrand K., Holford T.R., McSharry J.E., Power M.E., Bracken M.B. Spontaneous abortion and exposure to electric blankets and heated water beds, *Epidemiology*, 1998 (9), 36-42.
- Bericht der Strahlenschutzkommission (SSK) (2001) Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern, Heft 29
- Brent R.L. Reproductive and teratologic effects of low-frequency electromagnetic fields: A review of in vivo and in vitro studies using animal models, *Teratology*, 1999 (59/4), 261-286.
- Davoudi M., Brössner C., Kuber W. Der Einfluss von magnetischen Wellen auf die Spermienmotilität (*Zeitschrift für Urologie und Urogynäkologie* 2002; 9 (3): 18-22),
- Dawson B.V., Robertson J.G.C., Wilson W.R., Zwi L.J., Boys J.T., Green A.W. Evaluation of potential health effects of 10 kHz magnetic fields: A rodent reproductive study, *Bioelectromagnetics*, 1998 (19/3), 162-171.
- Dietzel, F. u. Kern, W. Fehlgeburt nach Kurzwellenbehandlung – Tierexperimentelle Untersuchungen *Arch. Gynäk.* 1970, 209, 237-255
- Empfehlungen zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken bei Anwendung magnetischer Resonanzverfahren in der medizinischen Diagnostik vom 03.12.1997, *Bundesanzeiger*, Jg. 50 Nr. 11a, 17. Januar 1998
- Gordon, Z. V. Occupational health aspects of radio-frequency electromagnetic radiation, *Occupat. Safety and Health Ser.* 21, 1979, S. 159-174
- Grainger P., Wigfield R., Wright M., Fleming P.J., Preece A.W. Electric and magnetic fields of 50 Hz are not associated with sudden infant death syndrome, *International Journal of Environmental Health Research*, 2000 (10/1), 85-87.
- Hofmann, D. Aborte und Missbildungen nach Kurzwellendurchflutungen in der Schwangerschaft, *37 Geburtsh. U. Frauenheilk.* 26, 1966, 5 S. 554-557
- Hjollund N.H.J., Skotte J.H., Holstad H.A., Bonde J.P.E.. Extremely low frequency magnetic fields and fertility: a follow up study of couples planning first pregnancies, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 1999 (56/4), 253-255.
- Huuskonen H., Juutilainen J., Julkunen A., Mäki-Paakanen J., Komulainen H. Effects of low-frequency magnetic fields on fetal development in CBA/Ca mice, *Bioelectromagnetics* 1998 (19/8), 477-485.
- Jensch J. Behavioral teratologic studies using microwave radiation: is there an increased risk from exposure to cellular phones and microwave ovens?, *Reprod Toxicol*, 1997 (11), 601.
- Kruschwitz, S., Kupfer, J. u. Ruppe, I. Bildschirmarbeit aus arbeitsmedizinischer Sicht, *Z. gesamte Hyg.* 36, 1990, H. 7, S.350-353
- Michaelson, S.M. Biomedical Aspects of Microwave Exposure, *American Industrial Hygiene Association Journal*, Vol.32,1971,S. 338-345
- Mulligan H., Persinger A.S. Perinatal exposures to rotating magnetic fields demasculinize' neuronal density in the medial preoptic nucleus of male rats, *Neuroscience Letters*, 1998 (253/1), 29-32.
- Mur J.M., Wild P., Rapp R., Vautrin J.P., Coulon J.P.. Demographic evaluation of the fertility of aluminium industry workers: influence of exposure to heat and static magnetic fields, *Human Reproduction*, 1998 (13/7), 2016-2019.
- Rose, V.E.; Powell, C.H.; La Nier, M.E. u. Swanson, J.R. A review of United States microwave exposure criteria, In: *Ergonomics and Physical Environmental Factors. Occupational Safety and Health Series 21*, Genf: International Labour Office.1970,S. 186-91
- Ruppe, I. u. Vogel, E. Lösen schwache elektromagnetische Felder subjektive Symptome aus und haben diese gesundheitliche Folgen- Ergebnisse eines EU-Berichtes, *Z. ärztl. Fortbild. Qual. Sich. (ZaeFQ)* 1998, 92:144-147
- Ruppe, I. Mögliche gesundheitliche Folgen schwacher elektromagnetischer Felder -"Elektrosensibilität" Fachverband für Strahlenschutz, 31.Jahrestagung – Nichtionisierende Strahlung, 27.9. -1.10.1999 in Köln. Bd. II, S.1131-1142
- Ryan B.M., Symanski R.R., Pomeranz L.E., Johnson T.R., Gauger J.R., McCormick D.L. Multigeneration reproductive toxicity assessment of 60-Hz magnetic fields using a continuous breeding protocol in rats, *Teratology*, 1999 (59/3), 156-162.
- Ryan B.M., Polen M., Gauger J.R., Mallett E.Jr., Kearns M.B., Bryan T.L., McCormick D.L.. Evaluation of the developmental toxicity of 60 Hz magnetic fields and harmonic frequencies in Sprague-Dawley rats, *Radiation Research*, 2000 (153/5), 637-641.
- Shaw G.M., Nelson V., Todoroff K., Wasserman C.R., Neutra R.R. Maternal periconceptional use of electric bed-heating devices and risk for neural tube defects and orofacial clefts, *Teratology*, 1999 (60/3), 124-129.
- Stellungnahme des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) zum Artikel „Machen Handys ihre Nutzer unfruchtbar?“ („Die Welt“ vom 29.06.2004)
- Unfallverhütungsvorschrift BGI B 11 (2001) Elektromagnetische Felder. Durch die BGR 110 ersetzt am 1. Juni 2001
- Verordnung über elektromagnetische Felder (1996) - 26. BImSchV - 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, *BGBl. Teil I*, Nr. 66, 20. Dez. 1996