

frequentia

Gesundheitsrisiko der Mobilfunkstrahlung Ein Überblick über den naturwissenschaftlich- medizinischen Kenntnisstand

**Hirntumor • Leukämie • Hirnphysiologie • kognitive Prozesse
epidemiologische Studien • experimentelle Humanstudien**

Martin Rössli, Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Bern

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist die Darstellung der bedeutendsten Forschungsergebnisse zum Gesundheitsrisiko der Allgemeinbevölkerung durch die Mobilfunkstrahlung. Insgesamt wird die wissenschaftliche Datenlage zur Beurteilung der Gesundheitsgefährdung durch Mobilfunkstrahlung im Niedrigdosisbereich als unbefriedigend bewertet. Langzeitstudien an Menschen mit typischen alltäglichen Expositionen gibt es nur wenige. Ein langfristig erhöhtes Hirntumorrisiko beim Gebrauch von Mobiltelefonen kann derzeit nicht ausgeschlossen werden. Es gibt einzelne Studienresultate, die auf ein erhöhtes Risiko hinweisen, mehrheitlich wurde dagegen kein gehäuftes Auftreten von Tumoren des Zentralnervensystems im Zusammenhang mit dem Gebrauch von Mobiltelefonen beobachtet. In den Kollektiven dieser Studien war jedoch die durchschnittliche Dauer der Mobiltelefonbenützung durchwegs kürzer als die Latenzzeit von Hirntumoren. Widersprüchlich ist die Datenlage auch in Bezug auf unspezifische Gesundheitssymptome. Die Frage, ob

es eine Bevölkerungsgruppe gibt, die besonders sensibel auf elektromagnetische Feldexpositionen reagiert (elektromagnetische Hypersensibilität), ist noch weitgehend ungeklärt. Experimentelle Studien belegen relativ konsistent Wirkungen der Mobilfunkstrahlung auf die Hirnphysiologie. Auch die Beeinflussung kognitiver Prozesse durch die Exposition gegenüber einem Mobiltelefon ist praktisch in allen experimentellen Studien nachweisbar. Diesbezüglich sind die Ergebnisse aber wenig einheitlich. Die Befunde aus experimentellen Studien können nicht mit dem konventionellen Erwärmungsansatz erklärt werden. Die beobachteten Veränderungen liegen im Schwankungsbereich normaler Werte, und es ist schwierig, sie im Hinblick auf eine mögliche Gesundheitsgefährdung zu interpretieren. Sie zeigen jedoch, dass es noch andere biologische Wirkungsmechanismen gibt als die etablierten thermischen Wirkungen, auf deren Basis die Grenzwerte abgeleitet wurden.

Ein langfristig erhöhtes Hirntumorrisiko im Zusammenhang mit elektromagnetischer Strahlung von Mobiltelefonen kann derzeit nicht ausgeschlossen werden.

Einführung

Mit dem Aufkommen der Mobilfunktechnik in den letzten Jahren hat auch die Frage nach einer potentiellen Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder stark an Bedeutung gewonnen. Beim Mobilfunk werden hochfrequente elektromagnetische Strahlen im Mikrowellenbereich als Trägerfrequenz eingesetzt. Die zu übermittelnde Information wird dabei in geeigneter Form aufgeprägt.

Es ist unbestritten, dass elektromagnetische Strahlung bei hoher Intensität zur Erwärmung des Gewebes führt und infolgedessen gesundheitsschädigend wirken kann.¹ Vor solchen Auswirkungen ist die Bevölkerung durch die geltenden Grenzwerte auf jeden Fall geschützt, da die Intensität der Strahlen unterhalb dieser Werte so niedrig ist, dass es nicht zu einer schädlichen Erwärmung des Gewebes kommt. Seit Jahrzehnten besteht jedoch eine Kon-

troverse darüber, ob auch bei den niedrig dosierten Strahlenbelastungen, denen die Bevölkerung im Alltag ausgesetzt ist, gesundheitsschädliche Wirkungen auftreten können.

Zu differenzieren ist zwischen der lokalen, periodischen Strahlenbelastung durch die Benutzung eines Mobiltelefons und der kontinuierlichen Exposition durch Mobilfunkbasisstationen oder durch Basisstationen von DECT-Telefonen (Ladestationen digitaler Schnurlostelefone). Bisher gibt es noch keine Studie zur Strahlenbelastung durch Basisstationen, die grundlegende wissenschaftliche Anforderungen erfüllt. Die Effekte der Strahlenexposition durch Mobiltelefone wurden dagegen in zahlreichen experimentellen und einigen wenigen epidemiologischen Studien untersucht.

Im Folgenden wird ein Überblick über die Forschungsergebnisse der letzten Jahre gegeben. Umfassendere Darstellungen finden sich in einem Bericht, der im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft verfasst wurde,² in einem Übersichtsartikel³ sowie in einer Reihe von internationalen Berichten.^{4;5}

Hirntumore

Die Frage, ob die Benutzung eines Mobiltelefons mit einem erhöhten Risiko für Gehirntumoren assoziiert ist, wurde bereits mehrfach untersucht. Die Mehrheit der Studien fand kein erhöhtes Risiko.⁶⁻¹³ In einer neuseeländischen Untersuchung zeigte sich bis 1998 kein Anstieg der altersstandardisierten Inzidenzen von Tumoren im Gehirn sowie im Kopf-Hals-

1 ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 1998; 74:494-522.

2 Rössli M, Rapp R. Hochfrequente Strahlung und Gesundheit. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 2003. <http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/luft/nis/gesundheits/UM-162-D.pdf>

3 Rössli M, Rapp R, Braun-Fahrländer C. Radio and microwave frequency radiation and health – an analysis of the literature. Gesundheitswesen 2003; 65:378-92.

4 AGNIR (Advisory Group on Non-ionising Radiation). Health effects from radio-frequency electromagnetic fields. 2004. Chilton, NRPB (National Radiation Protection Board).

5 SSK. Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern. 2001. Bonn, Strahlenschutzkommission Deutschland.

6 Dreyer NA, Loughlin JE, Rothman KJ. Cause-specific mortality in cellular telephone users. Journal of the American Medical Association 1999; 282:1814-6.

7 Hardell L, Nasman A, Pahlson A, Hallquist A, Hansson Mild K. Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: A case-control study. International Journal of Oncology 1999; 15:113-6.

8 Hardell L, Nasman A, Pahlson A, Hallquist A. Case-control study on radiology work, medical x-ray investigations, and use of cellular telephones as risk factors for brain tumors. Medscape: <http://www.medscape.com/Medscape/>, 2000.

9 Inskip PD, Tarone RE, Hatch EE et al. Cellular-telephone use and brain tumors. New England Journal of Medicine 2001; 344:79-86.

Bereich seit der Einführung des Mobilfunks im Jahr 1987.¹⁴ In den skandinavischen Ländern stieg ab 1995 die Gliom-Inzidenz bei den 60- bis 79-Jährigen an, in Bezug auf andere Altersgruppen und andere Tumortypen des Zentralnervensystems blieben die Erkrankungsraten jedoch konstant.¹⁵

Die beiden grössten epidemiologischen Studien zum Hirntumorrisiko bei Mobiltelefonbenutzern fanden für Benutzer von analogen Mobiltelefonen ein statistisch signifikant erhöhtes Risiko, jedoch nicht für Personen, die ein Mobiltelefon mit digitaler GSM-Technik (Global System for Mobile Communication) verwendeten.^{16;17} Analogtelefone (z.B. Natel C) weisen eine grössere Strahlungsleistung auf als die heute verbreiteten GSM-Telefone und sind schon länger auf dem Markt. Das ist im Hinblick auf die Latenzzeit von Hirntumoren von Bedeutung. Als erstes Resultat einer Teilstudie im Rahmen der internationalen, multizentrisch angelegten Fallkontrollstudie INTERPHONE (siehe unten) unter Federführung der WHO war das Auftreten von Akustikusneurinomen in Dänemark nicht mit dem Gebrauch von Mobiltelefonen assoziiert. Die durchschnittliche Tumorgrösse war jedoch bei regelmässigen Mobiltelefonbenutzern signifikant grösser als bei Personen, die kein Mobiltelefon benützten.¹³ Falls sich dieser Unterschied nach Auswertung weiterer Daten als real erweisen sollte, würde er im Einklang mit der Hypothese einer tumorpromovierenden Wirkung der Mobilfunkstrahlung stehen.

Insgesamt lassen die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen einen Interpretationsspielraum offen. Einerseits ist die Aussagekraft der meisten Studien, die kein erhöhtes Risiko nachgewiesen haben, eingeschränkt, da die Dauer der Mobiltelefonbenützung in den Studienkollektiven im Vergleich zur Latenzzeit von Hirntumoren durchwegs gering war. Nur sehr wenige Personen verwendeten schon länger als fünf Jahre ein Mobiltelefon. Andererseits ist es möglich, dass die vereinzelt publizierten Hinweise auf ein erhöhtes Hirntumorrisiko durch Zufall entstanden sind oder auf methodischen Problemen beruhen.

Zusammenfassend kann gefolgert werden, dass ein langfristig erhöhtes Hirntumorrisiko im Zusammenhang mit elektromagnetischer Strahlung von Mobiltelefonen möglich ist; zumindest kann dies derzeit nicht ausgeschlossen werden. Es ist davon auszugehen, dass die in Kürze zu erwartenden weiteren Publikationen der INTERPHONE-Studie mehr Klarheit bringen werden.

Leukämien

Eine andere Hypothese besagt, dass hochfrequente elektromagnetische Wellen die Entstehung von Leukämien begünstigen. Zwei Registerstudien an Mobiltelefonierenden fanden keinen Hinweis auf eine solche Assoziation.^{6;10} Es gibt jedoch eine Reihe von Studien zur Leukämiehäufigkeit in der Umgebung von TV- und Radiosendern, die mehrheitlich signifikante Zusammenhänge zwischen der Strahlenbelastung und dem Auftreten von Leukämien ergaben.¹⁸⁻²⁴ Die Emission solcher Sender

INTERPHONE

Im Oktober 2000 startete das zurzeit weltweit größte Forschungsvorhaben zur Aufklärung der Entstehung von Hirntumoren. Die Studie soll insbesondere klären, ob die regelmässige Nutzung des so genannten Handys das Risiko erhöht, an einem Hirntumor zu erkranken. Die Studie wird von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) koordiniert, die Europäische Union fördert das Gesamtprojekt. Die Studie wird nach einem gemeinsam verfassten Studienprotokoll auf gleiche Weise in 13 Ländern durchgeführt. Mehr als 7000 Patienten mit einem Gliom, Meningeom oder Akustikusneurinom wurden befragt, ebenso eine gleiche Anzahl nicht erkrankter Personen. Das Programm endet 2005.

Quelle:

<http://www.iarc.fr/pageroot/UNITS/RCA4.html>

http://dbs.cordis.lu/cordis-cgi/srchidadb?ACTION=D&SESSION=193092002-4-24&DOC=1&TBL=EN_PROJ&RCN=EP_RCN: 51673&CALLER=EISIMPLE_EN_PROJ

Die beobachteten Assoziationen zwischen der Strahlenbelastung und dem Auftreten von Leukämien könnten auch auf andere Faktoren zurückzuführen sein, insbesondere auf sozioökonomische Unterschiede zwischen den untersuchten Personengruppen.

ist mit dem Mobilfunk insofern vergleichbar, als es sich auch um hochfrequente Wellen handelt. Die Frequenz und die Modulationsart der Strahlung sind jedoch leicht unterschiedlich.

Die Aussagekraft dieser so genannten Cluster-Studien ist eingeschränkt, da nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann, dass sie in Gebieten durchgeführt wurden, in denen eine A-priori-Häufung von Tumoren bestand, während andere Gebiete ohne solche Cluster nicht untersucht wurden. Ausserdem wurden bei der statistischen Auswertung der

Daten nur Alter und Geschlecht der Studienteilnehmer berücksichtigt. Die beobachteten Assoziationen könnten daher auch auf andere Faktoren zurückzuführen sein, insbesondere auf sozioökonomische Unterschiede zwischen den untersuchten Personengruppen.

EEG und kognitive Funktionen

Zum Einfluss der Mobiltelefonexposition auf die elektrische Aktivität des Gehirns gibt es eine Reihe von Studien.²⁵⁻⁴⁴ Dabei zeigte sich relativ konsistent, dass bei Exposition gegenüber einem Mobiltelefon EEG-Veränderungen auftreten. In den meisten Fällen war die Amplitude im Alpha-Band erhöht, die beobachteten biophysikalischen Befunde lagen aber im Schwankungsbereich normaler Werte. In einer Untersuchung wurden die Effekte als stärker als die Wirkung einer Tasse Kaffee, aber schwächer als das Schliessen der Augen bezeichnet,²⁶ in anderen wurden sie mit pharmakologischen Wirkungen verglichen.

Auffällig ist, dass die Effekte in einigen Studien verzögert auftraten^{39;42} und länger anhielten als die unmittelbare Expositionsdauer.^{32;33;36;42} Das deutet darauf hin, dass es sich nicht nur um eine direkte Interaktion handelt, sondern um eine komplexere Wechselwirkung. Dafür spricht auch die Tatsache, dass für verschiedene Signaltypen unterschiedliche Effekte beobachtet wurden.³³

10 Johansen C, Boice JD, McLaughlin JK, Olsen JH. Cellular telephones and cancer – A nationwide cohort study in Denmark. *Journal of the National Cancer Institute* 2001; 93:203-7.

11 Muscat JE, Malkin MC, Thompson S et al. Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer. *Jama-Journal of the American Medical Association* 2000; 284:3001-7.

12 Muscat JE, Malkin MG, Shore RE et al. Handheld cellular telephones and risk of acoustic neuroma. *Neurology* 2002; 58:1304-6.

13 Collatz Christensen H, Schüz J, Kosteljanetz M, Poulsen HS, Thomsen J, Johansen C. Cellular telephone use and risk of acoustic neuroma. *Am J Epidemiol* 2004; 159:277-83.

14 Cook A, Woodward A, Pearce N, Marshall C. Cellular telephone use and time trends for brain, head and neck tumours. *N Z Med J* 2003; 116:U457.

15 Lönn S, Klæboe L, Hall P et al. Incidence trends of adult primary intracerebral tumors in four Nordic countries. *Int J Cancer* 2004; 108:450-5.

16 Auvinen A, Hietanen M, Luukkonen R, Koskela RS. Brain tumors and salivary gland cancers among cellular telephone users. *Epidemiology* 2002; 13:356-9.

17 Hardell L, Hallquist A, Hansson Mild K, Carlberg M, Pahlson A, Lilja A. Cellular and cordless telephones and the risk for brain tumours. *Eur J Cancer Prev* 2002; 11:377-86.

18 Cooper D, Hemmings K, Saunders P. Re: «Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain. I. Sutton Coldfield transmitter; II. All high power transmitters». *American Journal of Epidemiology* 2001; 153:202-4.

In mehreren Studien wurden die kognitiven Funktionen bei Exposition gegenüber einem Mobiltelefon untersucht.^{26;28;29;34;35;45-59} Auffällig ist, dass praktisch in allen Studien signifikante Zusammenhänge zwischen der Exposition und einem oder mehreren Endpunkten der kognitiven Leistungsfähigkeit beobachtet wurden. Die Ergebnisse sind jedoch heterogen. Im Vergleich zur Scheinexposition wurden unter Exposition sowohl kürzere als auch längere Reaktionszeiten beobachtet. Die Fehlerrate in den durchgeführten Tests blieb in den meisten Untersuchungen unbeeinflusst, aber auch diesbezüglich gibt es sowohl negative wie positive Befunde.

Warum die Ergebnisse so heterogen sind, ist unklar. Die Inkonsistenz könnte darauf hindeuten, dass ein allfälliger Effekt der Hochfrequenzexposition die verschiedenen kognitiven Funktionen je nach ihrer Komplexität in unterschiedlichem Ausmass und mit unterschiedlicher Verzögerung beeinflusst. Möglicherweise führen leicht veränderte Expositionsbedingungen (Dauer, Frequenz, Intensität etc.) zu unterschiedlichen Effekten. Denkbar ist aber auch, dass die Effekte so diskret sind, dass sie sich auf Verhaltensniveau nur gelegentlich nachweisen lassen.

Welche gesundheitliche Relevanz die beobachteten Veränderungen im EEG und in den kognitiven Funktionen haben, ist noch unklar. Von Bedeutung ist aber, dass die applizierten Expositionen nicht zu einer Temperaturerhöhung von über 0,2 °C geführt haben dürften. Ein solch geringer Anstieg sollte nach gängiger Meinung physiologisch kompensiert

Möglicherweise ist die Häufigkeit des Mobiltelefongebrauchs ein Indikator für das individuelle Stressniveau.

werden können. Das bedeutet, dass die Effekte durch einen noch unbekanntem Mechanismus verursacht wurden.

Unspezifische Symptome

In mehreren Querschnittsbefragungen wurden die Teilnehmer systematisch nach unspezifischen Beschwerden im Zusammenhang mit der Mobilfunkstrahlung und nach möglichen Risikofaktoren befragt.⁶⁰⁻⁶³ Folgende Symptome waren statistisch signifikant mit dem Mobiltelefongebrauch assoziiert: Wärmegefühl am Ohr, brennende Haut, Kopfweg, Schwindel, Unbehagen, Müdigkeit, Schmerzen und Druckgefühl. Es wurden Dosis-Wirkungs-Beziehungen gefunden, z.B. eine Verstärkung der Symptome mit zunehmendem Telefongebrauch oder mehr Symptome bei Benutzern der stärker strahlenden Analogtelefone als bei Verwendern von GSM-Telefonen.

<p>19 Dolk H, Shaddick G, Walls P et al. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain .1. Sutton Coldfield transmitter. American Journal of Epidemiology 1997; 145:1-9.</p>	<p>22 Maskarinec G, Cooper J, Swygert L. Investigation of increased incidence in childhood leukemia near radio towers in Hawaii: preliminary observations. J Environ Pathol Toxicol Oncol 1994; 13:33-7.</p>	<p>25 Borbely AA, Huber R, Graf T, Fuchs B, Gallmann E, Achermann P. Pulsed high-frequency electromagnetic field affects human sleep and sleep electroencephalogram. Neuroscience Letters 1999; 275:207-10.</p>
<p>20 Dolk H, Elliott P, Shaddick G, Walls P, Thakrar B. Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain .2. All high power transmitters. American Journal of Epidemiology 1997; 145:10-7.</p>	<p>23 Michelozzi P, Capon A, Kirchmayer U et al. Adult and childhood leukemia near a high-power radio station in Rome, Italy. Am J Epidemiol 2002; 155:1096-103.</p>	<p>26 Croft RJ, Chandler JS, Burgess AP, Barry RJ, Williams JD, Clarke AR. Acute mobile phone operation affects neural function in humans. Clin Neurophysiol 2002; 113:1623-32.</p>
<p>21 Hocking B, Gordon IR, Grain HL, Hatfield GE. Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. Medical Journal of Australia 1996; 165:601-5.</p>	<p>24 Selvin S, Schulman J, Merrill DW. Distance and risk measures for the analysis of spatial data: a study of childhood cancers. Soc Sci Med 1992; 34:769-77.</p>	<p>27 Eulitz C, Ullsperger P, Freude G, Elbert T. Mobile phones modulate response patterns of human brain activity. Neuroreport 1998; 9:3229-32.</p>

Neueste Analysen geben einen Hinweis darauf, dass die Absorption der elektromagnetischen Strahlung bei der Entstehung dieser Symptome eine dominierende Rolle spielen könnte.⁶⁴ Andere verursachende Faktoren lassen sich jedoch nicht ausschliessen: Zum Beispiel könnten die Beschwerden auch durch eine schlechte Verbindungsqualität beim Telefonieren in lärmbelasteter Umgebung ausgelöst werden. Eine andere Möglichkeit ist, dass die Häufigkeit des Mobiltelefongebrauchs ein Indikator für das individuelle Stressniveau ist. Auf den Einfluss solcher anderen Faktoren weisen auch die stark unterschiedlichen Häufigkeiten dieser Beschwerden in verschiedenen Ländern hin.⁶²

Zwei experimentelle, doppelblinde Studien fanden nach kurzzeitiger Exposition gegenüber einem GSM-Mobiltelefon (<60 Minuten) keine statistisch signifikante Zunahme von unspezifischen Symptomen.^{65;66} In einer doppelblinden, randomisierten holländischen Studie wurde jedoch kürzlich eine signifikante Befindensverschlechterung beobachtet, wenn Probanden während 45 Minuten mit dem ganzen Körper einem schwachen UMTS-Feld (1 V/m) einer Mobilfunkbasisstation ausgesetzt waren.⁵⁵

Weitgehend ungeklärt ist das Phänomen der elektromagnetischen Hypersensibilität, das heisst die Frage nach der Existenz einer besonders sensiblen Bevölkerungsgruppe. Einerseits konnte die Fähigkeit der Feldwahrnehmung unter experimentellen Bedingungen im Labor bisher nicht bestätigt werden, obwohl elektromagnetisch hypersensible Personen eine solche Wahrnehmungsfähigkeit häufig für sich selbst beanspruchen.^{67;68}

Andererseits gibt es Personen, die insbesondere unspezifische Symptome wie Schlafstörungen, Kopfschmerzen etc. auf elektromagnetische Feldexpositionen zurückführen.⁶⁹ Die Fähigkeit zur Wahrnehmung von elektromagnetischen Feldern (Sensitivität) und die elektromagnetische Hypersensibilität, die sich im vermehrten Auftreten von unspezifischen Symptomen äussert, können im Prinzip als zwei separate Phänomene betrachtet werden. Es ist unbestritten, dass elektromagnetische Hypersensibilität ein vielschichtiges Phänomen innerhalb der Umweltpsychosomatik darstellt. Welche Rolle dabei die physikalische Exposition spielt, gilt es, noch weiter abzuklären.

Andere Gesundheitsrisiken

Ebenfalls diskutiert werden Auswirkungen der Mobilfunkstrahlung auf das Hormon-, Immun- und Herz-Kreislauf-System des Menschen, auf die Fertilität (v.a. Abortrisiko) sowie auf die Entstehung von Brustkrebs oder Augentumoren (v.a. Uveamelanom). Weitere Forschungsgebiete sind Auswirkungen auf den Schlaf und auf das psychische Befinden (v.a. Depressionen). Obwohl diese Fragen teilweise schon mehrfach untersucht wurden, reicht die Datenlage zurzeit noch nicht aus, um eine Risikobeurteilung vorzunehmen.

28 Freude G, Ullsperger P, Eggert S, Ruppe F. Effects of microwaves emitted by cellular phones on human slow brain potentials. *Bioelectromagnetics* 1998; 19:384-7.

29 Freude G, Ullsperger P, Eggert S, Ruppe I. Microwaves emitted by cellular telephones affect human slow brain potentials. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 2000; 81:18-27.

30 Hietanen M, Kovala T, Hamalainen AM. Human brain activity during exposure to radiofrequency fields emitted by cellular phones. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health* 2000; 26:87-92.

31 Hladky A, Musil J, Roth Z, Urban P, Blazkova V. Acute effects of using a mobile phone on CNS functions. *Cent Eur J Public Health* 1999; 7:165-7.

32 Huber R, Graf T, Cote KA et al. Exposure to pulsed high-frequency electromagnetic field during waking affects human sleep EEG. *Neuroreport* 2000; 11:3321-5.

33 Huber R, Treyer V, Borbely AA et al. Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG. *J Sleep Res* 2002; 11:289-95.

34 Jech R, Sonka K, Ruzicka E et al. Electromagnetic field of mobile phones affects visual event related potential in patients with narcolepsy. *Bioelectromagnetics* 2001; 22:519-28.

35 Krause CM, Sillanmaki L, Koivisto M et al. Effects of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the electroencephalogram during a visual working memory task. *International Journal of Radiation Biology* 2000; 76:1659-67.

36 Lebedeva NN, Sulimov AV, Sulimova OP, Kotrovskaya TI, Gailus T. Cellular phone electromagnetic field effects on bioelectric activity of human brain. *Critical Reviews in Biomedical Engineering* 2000; 28:323-37.

- 37 Lebedeva NN, Sulimov AV, Sulimova OP, Korotkovskaya TI, Gailus T. Investigation of brain potentials in sleeping humans exposed to the electromagnetic field of mobile phones. *Critical Reviews in Biomedical Engineering* 2001; 29:125-33.
- 38 Mann K, Röschke J. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. *Neuropsychobiology* 1996; 33:41-7.
- 39 Reiser H, Dimpfel W, Schober F. The influence of electromagnetic fields on human brain activity. *Eur J Med Res* 1995; 1:27-32.
- 40 Röschke J, Mann K. No short-term effects of digital mobile radio telephone on the awake human electroencephalogram. *Bioelectromagnetics* 1997; 18:172-6.
- 41 Urban P, Lukas E, Roth Z. Does acute exposure to the electromagnetic field emitted by a mobile phone influence visual evoked potentials? A pilot study. *Cent Eur J Public Health* 1998; 6:288-90.
- 42 von Klitzing L. Low-frequency pulsed electromagnetic fields influence EEG of man. *Physica Medica* 1995; 11:77-80.
- 43 Wagner P, Röschke J, Mann K, Hiller W, Frank C. Human sleep under the influence of pulsed radiofrequency electromagnetic fields: A polysomnographic study using standardized conditions. *Bioelectromagnetics* 1998; 19:199-202.
- 44 Wagner P, Röschke J, Mann K et al. Human sleep EEG under the influence of pulsed radio frequency electromagnetic fields. Results from polysomnographies using submaximal high power flux densities. *Neuropsychobiology* 2000; 42:207-12.
- 45 Edelstyn N, Oldershaw A. The acute effects of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport* 2002; 13:119-21.
- 46 Koivisto M, Krause CM, Revonsuo A, Laine M, Hamalainen H. The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. *Neuroreport* 2000; 11:1641-3.
- 47 Koivisto M, Revonsuo A, Krause C et al. Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular telephones on response times in humans. *Neuroreport* 2000; 11:413-5.
- 48 Lee TMC, Ho SMY, Tsang LYH, Yang SYC, Li LSW, Chan CCH. Effect on human attention of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones. *Neuroreport* 2001; 12:729-31.
- 49 Maier R. Do pulsed electromagnetic fields impair CNS activity? *Biomedizinische Technik* 2001; 46:18-23.
- 50 Meister A., Eggert S., Richter J., I. R. Die Wirkung eines höchstfrequenten elektromagnetischen Feldes (2.45 GHz) auf Wahrnehmungsprozesse, psychische Leistung und Befinden. *Zentralblatt gesamte Hygiene* 1989; 35:203-5.
- 51 Preece AW, Iwi G, Davies-Smith A et al. Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. *International Journal of Radiation Biology* 1999; 75:447-56.
- 52 Lass J, Tuulik V, Ferenets R, Riisalo R, Hinrikus H. Effects of 7 Hz-modulated 450 MHz electromagnetic radiation on human performance in visual memory tasks. *Int J Radiat Biol* 2002; 78:937-44.
- 53 Haarala C, Bjornberg L, Ek M et al. Effect of a 902 MHz electromagnetic field emitted by mobile phones on human cognitive function: A replication study. *Bioelectromagnetics* 2003; 24:283-8.
- 54 Smythe JW, Costall B. Mobile phone use facilitates memory in male, but not female, subjects. *Neuroreport* 2003; 14:243-6.
- 55 Zwamborn A.P.M., Vossen, S. H. J. A., van Leersum, B. J. A. M., Ouwens, M. A., and Mäkel, W. N. Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. FEL-03-C148. 2003. Niederlande, TNO Physics and Electronics Laboratory.
- 56 Curcio G., Ferrara M., De Gennaro L., Cristiani R., D'Inzeo G., Bertini M. Time-course of electromagnetic field effects on human performance and tympanic temperature. *Neuroreport* 2004; 15:161-4.
- 57 Hamblin DL, Wood AW, Croft RJ, Stough C. Examining the effects of electromagnetic fields emitted by GSM mobile phones on human event-related potentials and performance during an auditory task. *Clin Neurophysiol* 2004; 115:171-8.
- 58 Krause CM, Haarala C, Sillanmaki L et al. Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones on the EEG during an auditory memory task: a double blind replication study. *Bioelectromagnetics* 2004; 25:33-40.
- 59 Lee TM, Lam PK, Yee LT, Chan CC. The effect of the duration of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones on human attention. *Neuroreport* 2003; 14:1361-4
- 60 Chia SE, Chia HP, Tan JS. Prevalence of headache among handheld cellular telephone users in Singapore: A community study. *Environmental Health Perspectives* 2000; 108:1059-62.
- 61 Hocking B. Symptoms associated with mobile phone use. *Occupational Medicine-London* 1998; 48:357-60.
- 62 Oftedal G, Wilen J, Sandstrom M, Hansson Mild K. Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occup Med Lond* 2000; 50:237-45.
- 63 Sandström M, Wilen J, Oftedal G, Hansson Mild K. Mobile phone use and subjective symptoms. Comparison of symptoms experienced by users of analogue and digital mobile phones. *Occupational Medicine-Oxford* 2001; 51:25-35.
- 64 Wilen J, Sandstrom M, Hansson Mild K. Subjective symptoms among mobile phone users - a consequence of absorption of radiofrequency fields? *Bioelectromagnetics* 2003; 24:152-9.
- 65 Hietanen M, Hamalainen AM, Husman T. Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link. *Bioelectromagnetics* 2002; 23:264-70.
- 66 Koivisto M, Haarala C, Krause CM, Revonsuo A, Laine M, Hamalainen H. GSM phone signal does not produce subjective symptoms. *Bioelectromagnetics* 2001; 22:212-5.
- 67 Raczek J., Runow K., Oetzel H., Gailus T., and Herget I. Investigations of electrosensitivity to a GSM signal at 900 MHz for a self-reported electrosensitive target group. BEMS München. Abstract book 2000; 269-270.
- 68 Radon K, Maschke C. Gibt es Elektrosensibilität im D-Netzbereich? *Umweltmed Forsch Prax* 1998; 3:125-9.
- 69 Rösli M, Moser M, Baldinini Y, Meier M, Braun-Fahrlander C. Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure - a questionnaire survey. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2004; 207:141-50.
- 70 Redelmeier DA, Tibshirani RJ. Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. *The New England Journal of Medicine* 1997; 336:453-8.

Unfallrisiko

Unbestritten ist die Tatsache, dass das Unfallrisiko erhöht ist, wenn während des Autofahrens telefoniert wird. Dieses Risiko ist aber beim Gebrauch einer Freisprechanlage nicht geringer, als wenn das Mobiltelefon in der Hand gehalten wird.⁷⁰ Das erhöhte Unfallrisiko ist also eine Folge der Ablenkung und nicht durch die Strahlenemission des Telefons verursacht.

Fazit

Die wissenschaftliche Datenlage zur Beurteilung der Gesundheitsgefährdung durch Mobilfunkstrahlung im Niedrigdosisbereich ist noch unzureichend. Unklar ist insbesondere auch die Frage, was aus gesundheitlicher Sicht als problematischer zu bewerten ist: lokal relativ hohe, periodisch auftretende Expositionen, wie sie beim Gebrauch von Mobiltelefonen entstehen, oder geringere, aber permanent vorhandene Strahlenbelastungen durch Sendeanlagen.

Da die bisher noch lückenhaften wissenschaftlichen Erkenntnisse eine gesundheitliche Unbedenklichkeit weder ausschliessen noch positiv belegen, ist sowohl für jeden Einzelnen als auch für die Bevölkerung als Ganzes ein vorsorgeorientierter Ansatz im Umgang mit nichtionisierender Strahlung zu empfehlen.

Der Autor



Dr. phil. nat. Martin Rössli ist Epidemiologe am Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Bern. Sein Forschungsschwerpunkt sind die Auswirkungen nieder- und hochfrequenter elektromagnetischer Felder

auf die menschliche Gesundheit. Neben der Durchführung von Studien wertet er systematisch wissenschaftlich publizierte Literatur aus. In dieser Funktion hat er eine im Internet öffentlich zugängliche Literaturdatenbank aufgebaut und arbeitet an mehreren nationalen und internationalen Risikoabschätzungsprojekten mit. Dr. Rössli studierte Umweltnaturwissenschaften mit Fachvertiefung Atmosphärenphysik an der ETH Zürich. Die Promotion im Fach Umweltepidemiologie erfolgte anhand einer Studie zu den Gesundheitsrisiken von Luftschadstoffen am Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Basel. Zusätzliche Weiterbildungen in Statistik und Epidemiologie beinhalten unter anderem der Besuch der «Summerschool» am «Epidemiology Research Institute» in Boston und der Nachdiplomkurs in angewandter Statistik an der ETH Zürich.

Impressum

Auflage: 8000

Herausgeber: Forum Mobil, Kramgasse 16, 3011 Bern

Layout und Redaktion: Burson-Marsteller AG

Druck: Varicolor AG, 3000 Bern 32

Das Forum der Mobilkommunikation Schweiz (Forum Mobil) ist ein von der Schweizer Mobilfunkbranche gegründeter Verein mit dem Ziel, Fakten rund um den Mobilfunk sachlich aufzuarbeiten und bereitzustellen. Das Forum Mobil ist Schnittstelle zwischen allen Dialogpartnern und wirkt als Plattform für wichtige Fragen rund um Mobilfunk und mobile Kommunikation. Es publiziert fundierte Argumente, Fakten und Informationsunterlagen, nutzt Seminare, Expertenhearings und Informationsveranstaltungen und bietet verschiedenen Partnern einen Informationsservice.

«frequenta» und weitere Informationen zu Mobilfunk und Medizin sind auch im Internet verfügbar: www.forummobil.ch/medizin/

FORUM
MOBIL