

Biologische und Gesundheitliche Wirkungen von Mobilfunkstrahlung

Stand des Wissens

Gregor Dürrenberger
Forschungsstiftung Mobilkommunikation

Im Auftrag der Arbeitsgruppe "Mobilfunkantennen" des HEV Schweiz



10. November 2004

Inhalt dieses Dokuments

Drei Fragen werden im Zusammenhang mit dem Auf- und Ausbau der Mobilfunktechnologie immer wieder von besorgten Bürgerinnen und Bürgern und von politischen Entscheidungsträgern gestellt: Ist die Exposition durch die Mobilfunkstrahlung gesundheitlich gefährlich? Schützt die Gesetzgebung die Bevölkerung ausreichend vor möglichen gesundheitlichen Gefahren und Schäden? Gibt es einfache Maßnahmen, die den Schutz erhöhen? Im Zentrum dieser Arbeit steht die Frage 1. Auf Frage 2 wird am Schluss kurz eingegangen und Antworten auf die dritte Frage werden ausgeblendet.

Thermische Wirkung

Treffen elektromagnetische Felder, wie sie auch der Mobilfunk verwendet, auf den Körper, so wird ein Teil ihrer Energie absorbiert und in Wärme umgewandelt. Das ist vergleichbar mit dem Effekt in einem Mikrowellenofen. Bei übermäßiger Erwärmung können gesundheitliche Probleme oder Schäden auftreten.

Die Wärmeeffekte der elektromagnetischen Felder von Basisstationen sind, solange die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Grenzwerte nicht überschritten werden, gesundheitlich völlig unproblematisch. Selbst im extremsten denkbaren Fall beträgt die Erwärmung weniger als $0,1^{\circ}\text{C}$. Bei Handys wird nicht die Gesamtkörpererwärmung betrachtet, sondern die lokale Erwärmung in der Region der grössten Belastung (Nähe Ohr). Dort kann eine Erwärmung in der Größenordnung bis gegen $0,4^{\circ}\text{C}$ bei schlechten Geräten und maximaler Sendeleistung auftreten. Diese Erwärmung wird als gesundheitlich unproblematisch angesehen.

Ein Vergleich von Handys mit Basisstationen bezüglich Energieabsorption sieht folgendermassen aus: ein Handygespräch von ca. 3 Minuten entspricht etwa einer 24 Stunden Befeldung durch eine Basisstation (mit Maximalwert der Feldstärke 1V/m , was einer überdurchschnittlich starken Exposition entspricht; Experten schätzen, dass um 1% der Bevölkerung in dieser Grössenordnung exponiert ist). Der Vergleich ist insofern mit Vorsicht zu geniessen, als es sich um zwei verschiedene Expositionsarten handelt: eine Basisstation bestrahlt den Gesamtkörper über lange Zeit auf einem vergleichsweise tiefen Niveau (Niedrigdosisbereich) im Fernfeld der Antenne. Ein Handy bestrahlt dagegen vorab Kopf und Hand während kurzer Zeit mit einer vergleichsweise starken Dosis im Nahfeld der (Handy-)Antenne.

Nicht-thermische Wirkungen

Viel diskutiert werden potentielle nicht-thermische Effekte von Mobilfunkstrahlung, also eine direkte Beeinflussung elektrobiologischer Vorgänge im Körper durch die elektromagnetischen Felder (EMF) des Mobilfunks. Die Wissenschaft ist uneins hinsichtlich der biologischen und gesundheitlichen Bedeutung nicht-thermischer Effekte. Insbesondere ist noch kaum etwas bekannt über nicht-thermische Wirkungsmechanismen. Manche Experten vermuten, dass es sich möglicherweise doch um thermische Effekte handelt, einfach auf sehr tiefem, labortechnisch nur schwer kontrollierbarem Niveau (mikrothermische Effekte). In der Folge wird der Stand der Forschung¹ nicht nach thermischen und nicht-thermischen Effekten aufgeschlüsselt dargestellt, sondern in die drei am besten untersuchten Gesundheitsbereiche gegliedert: Krebs, Nervensystem, Elektrosensibilität. Ob die untersuchten Effekte durch thermische Wirkung, auf nicht-thermischem Weg oder psychosozial zustande gekommen sind, wird dabei nicht thematisiert.

Krebs

Es können Studien zu Blutkrebs und solche zu Tumoren im Kopfbereich unterschieden werden. Studien zu Blutkrebs und Mobilfunk gibt es zurzeit erst zwei² und sie beziehen sich auf die Benutzung von Mobiltelefonen. Beide Studien konnten keinen Zusammenhang feststellen. Es gibt gegenwärtig keine Forschungsergebnisse hinsichtlich Mobilfunk-Basisstationen. Eine Studie zu Kinderleukämie und Basisstationen ist gegenwärtig in England in Arbeit. Mehrere Untersuchungen gibt es hingegen zur Leukämiehäufigkeit im Umfeld von Radio- und Fernsehstationen. In etwa der Hälfte dieser Arbeiten wurde ein positiver Zusammenhang festgestellt. Folgestudien konnten die Erstbefunde allerdings meist nicht reproduzieren. Aufgrund der Studienanlagen und der Expositionserfassung kommen die meisten Experten zum Schluss, dass die vorliegenden Fakten keinen Zusammenhang belegen, aber die Möglichkeit einer Assoziation nicht ausgeschlossen werden kann.³

¹ Übersichtsarbeiten dazu: AGNIR (Independent Advisory Group on Non-ionising Radiation) (2003) Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields. Chilton: NRPB. Rösli, M., Rapp, R. (2003) Hochfrequente Strahlung und Gesundheit. BUWAL Umwelt-Materialien Nr. 162, Bern: BUWAL. Bioelectromagnetics (2003) Effects of RF Fields on Various Aspects of Human Health, Bioelectromagnetics Supplement 6.

² Dreyer, N.A., Loughlin, J.E., Rothman, K.J. (1999) Cause-specific mortality in cellular telephone users. Journal of the American Medical Association, 282, 1814-1816. Johansen, C. Boice, J.D., McLaughlin, J.K., Olsen, J.H. (2001) Cellular telephones and cancer – a nationwide cohort study in Denmark. Journal of the National Cancer Institute, 93, 203-207.

³ Z.B. AGNIR (Independent Advisory Group on Non-ionising Radiation) (2003) Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields. Chilton: NRPB. Rösli, M., Rapp, R. (2003) Hochfrequente Strahlung und Gesundheit. BUWAL Umwelt-Materialien Nr. 162, Bern: BUWAL.

Über ein Dutzend Studien sind bislang zum Zusammenhang zwischen Hirntumorrisiko und Mobiltelefonbenützung publiziert worden. Mit dem Abschluss (Ende 2005) der sog. INTERPHONE-Studie, einer Untersuchung von insgesamt 7000 Patienten und ebenso vielen vergleichbaren, aber nicht an Krebs erkrankten Personen in insgesamt 13 europäischen Ländern, wird die wissenschaftliche Basis zur Beurteilung des Risikos voraussichtlich massiv verbessert werden.

Von den bislang publizierten Arbeiten fand eine Mehrheit keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Tumorrisiko und Handybenützung. In zwei Studien wurde jedoch ein erhöhtes Risiko für Analogtelefone festgestellt.⁴ Die neueste Publikation aus dem INTERPHONE-Projekt⁵ stellte einen Zusammenhang zwischen dem gutartigen Tumor des Hörnervs (Akustikusneurinom) und langzeitiger (über 10 Jahre) Mobiltelefonbenützung fest. Etwa 1 von 100'000 Personen erkrankten an diesem Tumor, der nicht als Krebs klassiert ist. Der Mobiltelefongebrauch könnte aufgrund dieser Studie das Erkrankungsrisiko verdoppeln. In einer früheren Arbeit über Akustikusneurinome wurde bei kürzeren Benützungsdauern (unter 10 Jahren) kein erhöhtes Risiko festgestellt, hingegen durchschnittlich grössere Tumore bei Mobiltelefonbenützenden gegenüber Nicht-Mobiltelefonierenden.

Insgesamt ist die Faktenlage bezüglich Krebsrisiko noch unbefriedigend. Ein wichtiger Grund dafür ist die Tatsache, dass die Erfassung der Exposition in allen Studien ungenau ist. Sodann sind die Resultate der INTERPHONE-Studie noch nicht, bzw. erst in Teilen bekannt. Eine endgültige wissenschaftliche Beurteilung ist deshalb zur Zeit noch nicht möglich. Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse kann ein erhöhtes Risiko weder belegt noch ausgeschlossen werden.⁶

Nervensystem

Darunter fallen Studien zu drei Bereichen: Hirnströme (EEG), kognitive Fähigkeiten und Schlaf. Bezüglich Hirnphysiologie zeigen die Untersuchungen – es liegen gegen

Elwood, J.M. (2004) Epidemiological Studies of Radio Frequency Exposures and Human Cancer, *Bioelectromagnetics*, S6, S63-S73.

⁴ Auvinen, A., Hietanen, M., Luukkonen, R., Koskela, R.S. (2002) Brain tumors and salivary gland cancers among cellular telephone users. *Epidemiology*, 13, 356-359. Hardell, L., Hallquist, A., Hansson Mild, K., Carlberg, M., Pahlson, A., Lilja, A. (2002) Cellular and cordless telephones and the risk for brain tumours. *European Journal for Cancer Prevention*, 11, 377-386.

⁵ Lonn, S., Ahlbom, A., Hall, P., Feychting, M. (2004) Mobile Phone Use and the Risk of Acoustic Neuroma, *Epidemiology*, 15, 653-659.

⁶ Pointiert dazu: Kundi, M., Hansson Mild, K., Hardell, L., Mattsson, M-O. (2004) Mobile telephones and cancer – a review of epidemiological evidence, *Journal of Toxicology and Environmental Health*, B, 7, 351-384.

zwei Dutzend publizierte Arbeiten vor – dass Mobilfunksignale (meist vom Typ „Handy“) die Gehirntätigkeit beeinflussen. Wirkungen wurden sowohl im wachen als auch im schlafenden Zustand gemessen. Sie liegen im Bereich der natürlichen Schwankungen. Es wird als eher unwahrscheinlich angesehen, dass thermische Effekte für die beobachteten Wirkungen verantwortlich sind. In einer neueren Untersuchung wurde gezeigt, dass gepulste Signale das EEG beeinflussen, ungeladene von derselben Leistung jedoch nicht.⁷ Sodann weisen mehrere Untersuchungen darauf hin, dass die Wirkungen über die Exposition hinaus anhalten können. Worauf der relevante Wirkmechanismus zwischen Mobilfunkstrahlung und Hirnströmen beruht, ist unklar. Auch ist nicht klar, ob die beobachteten biologischen Effekte überhaupt eine gesundheitliche Bedeutung haben.

Zum Einfluss von Mobilfunkstrahlung auf geistige Fähigkeiten liegen über ein Dutzend Studien vor. Untersucht wurden u.a. Reaktionszeiten, Aufmerksamkeit oder Fehlerraten bei kognitiven Tests. In den meisten Arbeiten wurde eine Verkürzung der Reaktionszeit durch Mobilfunkbestrahlung vom Typ „Handy“ festgestellt, hingegen scheint die Richtigkeit von Tests eher nicht beeinflusst zu werden. Wie im Falle des EEG sind auch in Bezug auf die kognitiven Effekte weder die Wirkmechanismen bekannt noch ist die gesundheitliche Bedeutung dieser Befunde geklärt.⁸ Eine Möglichkeit ist, dass die Durchblutung des Gehirns verändert und so die kognitive Leistungsfähigkeit beeinflusst wird.⁷

Die Auswirkungen von Mobilfunkstrahlung auf den Schlaf sind unter kontrollierten Bedingungen im Labor verschiedentlich untersucht worden. Dabei sind auch Signale, die denjenigen von Basisstationen gleichen, verwendet worden. Fast alle Studien haben einen Einfluss auf den Schlaf festgestellt. Die Befunde sind aber nicht konsistent. Am robustesten scheinen Aussagen zur Einschlafdauer und zur Schlafqualität. Die Einschlafdauer scheint durch Befeldung reduziert und die Schlafqualität im subjektiven Urteil der Versuchspersonen nicht beeinflusst zu werden. Bezüglich der typischen Schlafparameter (z.B. Schlafdauer oder Dauer zwischen und Länge der Schlafphasen, insbesondere REM-Schlaf) sind die Resultate der Untersuchungen widersprüchlich.⁹ Insgesamt kann festgehalten werden, dass Mobilfunkstrahlung den Schlaf messbar be-

⁷ Huber, R., Treyer V., Borbély, A.A., et al. (2002) Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG, *Journal of Sleep Research*, 11, 289-295.

⁸ Eine Zusammenstellung der Literatur findet sich in: Rössli, M., Rapp, R. (2003) Hochfrequente Strahlung und Gesundheit. BUWAL Umwelt-Materialien Nr. 162, Bern: BUWAL.

⁹ Eine Kurzdarstellung in: Huber R., Schuderer, J., Graf, T., Jütz, K., Borbély A.A., Kuster, N., Achermann, P. (2003) Radio Frequency Electromagnetic Field Exposure in Humans Estimation of SAR Distribution in the Brain, Effects on Sleep and Heart Rate, *Bioelectromagnetics*, 24, 262-276.

einflussen kann, dieser Einfluss aber nicht einfach als negativ beurteilt wird. Diese Laborbefunde stehen in einem gewissen Gegensatz zu den Schlafbeschwerden, die man häufig aus der Bevölkerung hört, insbesondere von Anwohnern von Mobilfunkbasisstationen. Im nächsten Abschnitt werden diese Beschwerden dargestellt, zusammen mit anderen unspezifischen Gesundheitssymptomen, deren Ursache Betroffene EMF zuschreiben.

Elektrosensibilität

Man schätzt, dass 2-5% der Bevölkerung sich als elektrosensibel bezeichnet und als Ursache von gesundheitlichen Symptomen wie Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit, Unbehagen, etc. elektromagnetische Felder angibt. Aus einer kürzlich veröffentlichten Studie¹⁰ geht hervor, dass diese unspezifischen Beschwerden von Betroffenen meist Basisstation angelastet werden, deutlich weniger häufig, Mobiltelefonen, Schnurlostelefonen oder Starkstromleitungen. Es gibt keine expositionstypischen Symptombilder und die Beschwerden unterscheiden sich kaum von solchen, über die sich nichtelektrosensible Personen beklagen. Ein kausaler Zusammenhang zwischen EMF und unspezifischen Gesundheitsbeschwerden konnte bislang nicht nachgewiesen werden, auch nicht bezüglich Handygebrauch.¹¹ In einer neueren Laborstudie mit Signalen, wie sie von Basisstationen ausgesendet werden, wurde ein statistischer Zusammenhang zwischen UMTS-Strahlung und (reduziertem) subjektivem Wohlbefinden gefunden.¹² Gegenwärtig wird diese Studie in der Schweiz repliziert, um die Robustheit des Befunds zu prüfen.

Die Elektrosensibilität ist wissenschaftlich erklärungsbedürftig. Nach Meinung mancher Fachleute sollten die Leiden dieser Menschen nicht ausschliesslich im Elektromog gesucht werden. Es gibt hier grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Erstens könnte es Personen geben, die empfindlicher auf die Einwirkung von schwacher Strahlung reagieren als der Durchschnitt, aber ob es sich dabei um Personen handelt, die sich selbst für ‚elektrosensitiv‘ halten, ist ungewiss und nach den vorliegenden Daten eher unwahr-

¹⁰ Rössli, M., Moser, M., Baldinini, Y., Meier, M., Braun-Fahländer, Ch. (2004) Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure – a questionnaire survey, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 207, 141-150.

¹¹ Z.B. Oftedal, G., Wilen, J., Sandström, M., Hansson Mild, K. (2000) Symptoms experienced in connection with mobile phone use. *Occupational Medicine*, 50, 237-245. Hietanen, M., Hamalainen, A.M., Husman, T. (2002) Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones: no causal link, *Bioelectromagnetics*, 23, 264-270.

¹² Zwamborn, A.P.M., Vossen, S.H.J.A., van Leersum, B.J.A.M., Ouwens, M.A., Makel, W.N. (2003) Effects of Global Communication system radio-frequency fields on Well Being and Cognitive Functions of human subjects with and without subjective complaints. Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO). FEL-03-C148.

scheinlich.¹³ Andererseits könnte es Personen geben, die aufgrund bestehender Beschwerden eine Ursache dafür suchen und diese - mangels plausibler anderer Alternativen - in elektromagnetischen Feldern vermuten.

Schützt die Gesetzgebung die Bevölkerung ausreichend?

Die gesetzlich festgelegten Grenzwerte schützen die Bevölkerung vollständig vor allen direkten¹⁴, wissenschaftlich ausreichend nachgewiesenen Gesundheitsbeeinträchtigungen elektromagnetischer Strahlung. Diese Gesundheitsbeeinträchtigungen beziehen sich auf thermische Effekte. Bei der Festsetzung der Grenzwerte hat der Gesetzgeber eine große „Sicherheitsmarge“ festgelegt: der Körper müsste 50 mal mehr Energie aufnehmen als per Gesetz erlaubt ist, um an die gesundheitliche „Gefährdungsgrenze“ zu kommen.¹⁵

Aus Vorsorgeüberlegungen hat die Schweiz darüber hinaus für sogenannte „empfindliche Orte“ wie Wohnungen, Schulen, Büros etc. die ansonsten geltenden Grenzwerte der elektrischen Feldstärke um den Faktor 10 gesenkt. Umgerechnet auf die Energieaufnahme bedeutet das, dass unter dem Vorsorgeregime nochmals 100mal weniger Energie aufgenommen wird (weil die Energieaufnahme proportional dem Quadrat der Feldstärke ist). Die schweizerischen Vorsorgegrenzwerte (sog. Anlagegrenzwerte) tragen den öffentlichen Bedenken gegen mögliche gesundheitliche Gefahren schwacher Mobilfunkstrahlung sowie den wissenschaftlich noch nicht ausreichend geklärten biologischen Wirkungen im Niedrigdosisbereich Rechnung. So gesehen handelt es sich bei den Anlagegrenzwerten nicht um wissenschaftlich begründete, sondern um politisch gesetzte Grenzwerte.

¹³ Müller, Ch., Schierz, C., Krüger, H. (2000) Project NEMESIS: Perception of a 50 Hz electric field at low intensities, *Bioelectromagnetics*, 23, 26-36. Leitgeb, N., Schrötter, J. (2003) Electrosensitivity and Electromagnetic Hypersensitivity, *Bioelectromagnetics*, 24, 387-394.

¹⁴ Indirekte Risiken, z.B. durch Funktionsbeeinflussung elektronischer Systeme oder aktiver Implantate, müssen separat betrachtet werden.

¹⁵ Sie wird mit einer spezifischen Absorptionsrate (SAR) von 4W/kg, gemittelt über den ganzen Körper, angesetzt. Diese Energieaufnahme kann zu einer Erwärmung des Körpers in der Größenordnung von 1°C führen.