

# Strahlung reduzieren

*Handys können aus medizinischer Sicht die Lebensqualität gewisser Patientengruppen verbessern und in Einzelfällen Rettungsmaßnahmen beschleunigen. Einige Studien belegen jedoch, dass es durch die Strahlung auch zu gesundheitlich nachteiligen Wirkungen kommen kann. Diese Studien bieten für den Arzt Anlaß zum Nachdenken. Schließlich sollte es im Interesse aller liegen, diese Technologie so sicher wie möglich zu gestalten.*

Die Befunde der letzten 20 Jahre über gesundheitliche Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder (EMF) reichen von Effekten auf die Gedächtnisleistung bis hin zur Förderung der Entstehung von Krebs. Im Folgenden werden einige dieser Arbeiten angeführt.

## Gedächtnisleistung

Bei Versuchen mit Ratten zeigte sich bei hochfrequenter EMF Belastung eine Abnahme von Acetylcholin im Frontalhirn und Hippocampus (Lai et al. 1987, 1988, 1989). Da Acetylcholin in diesen Hirnbereichen bei Lern- und Gedächtnisleistungen eine entscheidende Rolle spielt, wurden Ratten in einen zwölfarmigen strahlenförmigen Irrgarten auf Nahrungssuche geschickt. Mit hochfrequenten EMF bestrahlte Tiere machten signifikant mehr Fehler als nicht exponierte und zeigten damit Einflüsse auf das Kurzzeitgedächtnis (Lai et al. 1994).

Ähnliches ergab ein Versuch mit Ratten, die einzeln in einem mit Milchpulver getrübbten Wasserbecken eine untergetauchte Plattform suchen mußten. Die bestrahlten Ratten fanden die Plattform deutlich langsamer. Nach ausreichendem Training wurde die Plattform entfernt und das Verhalten beobachtet: Die unbestrahlte

Gruppe schwamm die meiste Zeit im Bereich der früheren Plattform. Die bestrahlten Tiere schwammen längere Zeit in anderen Teilen des Beckens und zeigten seltener eine Tendenz, die Plattform zu suchen. Die Autoren schließen damit auch auf eine Störung des Langzeitgedächtnisses (Lai et al. 1999).

## Schlaf-EEG, Blutdruck

In bisher zwei Schlaf-Untersuchungen (Mann & Röschke 1996, Wagner et al. 1998, Mann et al. 1998) nach dem Cross-Over-Design zeigte sich im Schlaflabor eine Reduktion der REM-Anteile im EEG unter GSM-Feldsituationen. Die erste Untersuchung war dabei statistisch signifikant, die zweite Untersuchung bestätigte durch die abermalige REM-Reduktion im Prinzip die erste Untersuchung. Die wahre Bedeutung dieser Studi-

en liegt aber darin, dass Hochfrequenzfelder offensichtlich in der Lage sind, zentralnervöse Steuerungsprozesse zu beeinflussen.

Von Gerd Oberfeld, Wilhelm Mosgöller und Michael Kundi\*

Auch eine Untersuchung der Kreislaufreaktion auf GSM-Felder (Braune et al. 1998) ergab einen überraschenden Effekt: Der Ruheblutdruck stieg vorübergehend um fünf bis zehn mm/Hg. Dieser Effekt ist – für sich betrachtet – ebenfalls ohne besondere gesundheitliche Relevanz. Allerdings muß man ihn vor dem Hintergrund einer Theorie betrachten, die einen derartigen Effekt nicht erklären kann, nämlich der von thermischen Effekten. Auch hier ist eine Wechselwirkung aufgetreten, für die wir noch keine Erklärung haben.

## Blut-Hirn-Schranke

Eine vermehrte Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke gegenüber Albumin konnte in zahlreichen Versuchen mit hochfrequenten EMF bei Ratten demonstriert werden (Salford et al. 1992, 1994; Persson et al. 1999). Untersuchungen mit elektronendichten Spurenstoffen bei Hamstern zeigten bei Mikrowellenbestrahlung ▶

ebenfalls eine erhöhte Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke (Albert & Kerns 1981). Im Rahmen der Untersuchungen des Phänomens des Mikrowellenhörens in den 60er Jahren brach Allan Frey seine Untersuchungen aufgrund von Kopfschmerzen bei den Probanden und sich selbst ab. Er führt in einer aktuellen Arbeit die mikrowellenbedingten Kopfschmerzen auf eine vermehrte Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke sowie eine Veränderung des Dopamin-Opiat-Systems im Gehirn zurück (Frey 1998).

Eine Querschnittstudie an mehr als 10.000 Besitzern von analogen und digitalen Mobiltelefonen zeigte, dass mit zunehmender Gesprächsdauer beispielsweise Müdigkeit, Kopfschmerzen, Brennen der Haut und Wärme am und hinter dem Ohr signifikant zunahm (Mild et al. 1998).

## Krebsförderung

Trotz beschwichtigender Aussagen der ICNIRP und anderer Kommissionen zeigt die Mehrzahl der epidemiologischen Studien, insbesondere solche an beruflich gegenüber hochfrequenten EMF exponierten Personen, ein erhöhtes Risiko für Karzinome vor allem des lymphatischen und hämatopoetischen Systems, des Gehirns und der Brust (Thomas 1987; Milham 1988; Demers 1991; Armstrong 1994; Cantor 1995; Grayson 1996; Szmigielsky 1996; Tynes 1996).

Ein besonderes Problem stellt die Frage eines Risikos für Gehirntumore bei Benutzern von Mobiltelefonen dar. Eine Studie an Benutzern von Analogtelefonen (die Latenzzeiten für GSM-Telefone sind noch zu kurz) zeigte einen Zusammenhang der Tumorlokalisation mit der Seite, an der überwiegend telefoniert wurde (Hardell et al. 1999).

Von George Carlo, dem ehemaligen Vorsitzenden des Wireless Technology Research (WTR) – einer gemeinsamen Forschungsinitiative amerikanischer Telekomfirmen – wurde im Schreiben vom 7. Oktober 1999 an den Vorsitzenden von AT & T (amerikanische Telekomfirma) unter anderem berichtet, dass Akustikusneuri-

nome (Schwannome) bei Personen, welche eine Nutzung von Mobiltelefonen von mehr als sechs Jahren angaben, um 50 Prozent häufiger waren. Diesbezüglich scheint es eine Dosis-Wirkungsbeziehung zu geben. Ebenso sei bei Mobiltelefonnutzern das Risiko für seltene neuroepitheliale Tumore außerhalb des Gehirns mehr als verdoppelt. In dieses Bild fügen sich auch die Versuche von Lai & Singh (1995, 1996), die im sogenannten Comet-Assay Schädigungen der DNA im Gehirn von mit 2450 MHz bestrahlten Ratten fanden. Nach einer Bestrahlung von transgenen Mäusen mit GSM-Feldern von zweimal einer halben Stunde täglich (bis zu 18 Monate lang) fand sich eine 2,4fach höhere Lymphomrate (Repacholi et al. 1997).

## Folgenabschätzung

Mit der Nutzung von elektromagnetischen Feldern im Mikrowellenbereich für den modernen Mobilfunk (GSM) wurde nahezu weltweit eine Technologie eingeführt, ohne die eventuellen biologischen und gesundheitlichen Auswirkungen entsprechend zeitgemäßen medizinisch-toxikologischen Standards zu prüfen. Eine Vorgangsweise, die bei vielen anderen Dingen des täglichen Gebrauchs (Lebensmittel, Textilien, Haushaltschemikalien etc.) Entrüstung hervorrufen würde – man denke nur an die gerade wieder in der EU auflebende Diskussion zu Phthalaten.

Diese Unbekümmertheit ist umso bemerkenswerter, als es bislang keine einzige andere Technologie gab, ▶

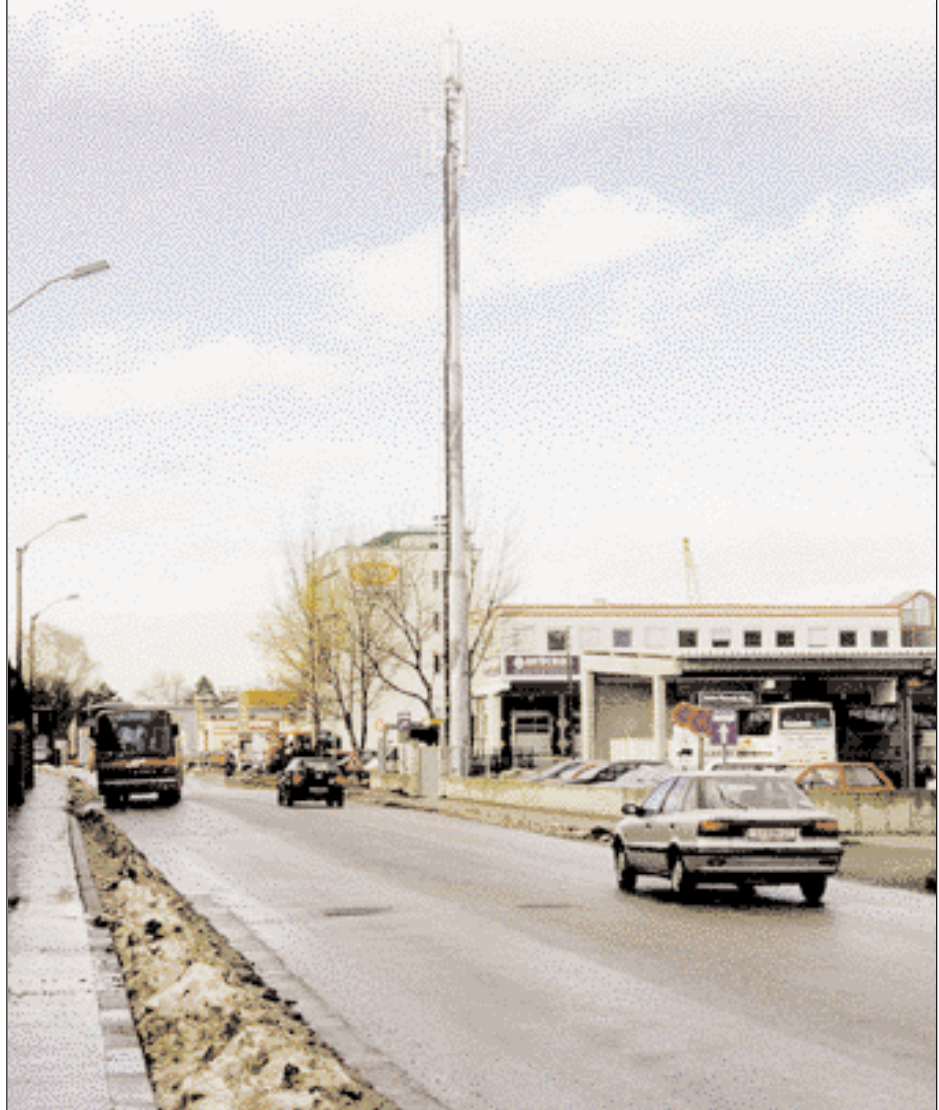


Foto: Gerd Oberfeld

**Beurteilungswerte für die Allgemeinbevölkerung**

	900 MHz	1800 MHz
ÖNORM S 1120 (1992)	6.000,0 mW/m <sup>2</sup>	10.000,0 mW/m <sup>2</sup>
ICNIRP (1998) bzw. EU-Ratsempfehlung (1999)	4.500,0 mW/m <sup>2</sup>	9.000,0 mW/m <sup>2</sup>
Italienischer Grenzwert (1998)	95,5 mW/m <sup>2</sup>	95,5 mW/m <sup>2</sup>
Schweizer Grenzwert (2000)	42,4 mW/m <sup>2</sup>	95,5 mW/m <sup>2</sup>
Salzburger Vorsorgewert (1998)	1,0 mW/m <sup>2</sup> *	1,0 mW/m <sup>2</sup> *

\*) Gilt für die Summe der GSM-Immissionen ausgehend von Basisstationen

die Millionen Menschen, nämlich die Handybenutzer, im Nahfeld einer Mikrowellenantenne exponiert. Ebenso gibt es keine andere Technologie, die eine Langzeitexposition so vieler Menschen in der Umgebung einer niederfrequent gepulsten Mikrowellensendeanlage – wie es bei den tausenden sogenannten Mobilfunk-Basisstationen der Fall ist – hervorruft.

Der rasant fortschreitende Ausbau der Mobilfunknetze mit der GSM-Technik führte in den Siedlungs- und Erholungsgebieten zu einer deutlichen Erhöhung der Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (EMF). Schon derzeit liegen, wie Messungen in der Stadt Salzburg zeigten, die Felder der GSM-Technik etwa zehn- bis mehr als hundertfach über jenen Immissionen, die etwa durch Fernseh- und Radiosender ver-

ursacht werden. Dabei stehen wir erst am Anfang einer Entwicklung, die immer mehr Anwendungen drahtloser Kommunikation schafft.

So gibt es neben Handys und Innenraum-Antennen bereits Notebooks und Computernetzwerke, die ihre Informationen mittels Funk übertragen. Relativ unbeachtet in der Diskussion sind auch die mit 100 Hz gepulsten Schnurlostelefone nach dem DECT-Standard. Die nächsten Generationen hochfrequenter Datenübertragungen wie UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) und MBS (Mobile Broadband System) sind längst in Vorbereitung. Hier wird die technische Entwicklung massiv vorangetrieben; auch diesmal wieder ohne den Versuch zu unternehmen, vorher mögliche biologische und gesundheitliche Wirkungen zu prüfen.

**Wirkmechanismen**

Grundsätzlich unterscheidet man im Hochfrequenzbereich zwischen Erwärmungseffekten, die man vom Mikrowellenherd kennt (2.450 MHz) und Effekten, die nicht auf Erwärmung zurückzuführen sind. Die Erwärmung des Gewebes durch Absorption elektromagnetischer Energie wird seit Jahrzehnten als Ausgangspunkt zur Festlegung von Grenzwerten herangezogen. Die spezifische Absorptionsrate (SAR) ist dabei die für den Bereich zwischen 10 MHz und 10 GHz verwendete Bezugsgröße. Sie ist definiert als die in der Zeiteinheit (s) pro kg Gewebe absorbierte elektromagnetische Energie. Eine spezifische Absorptionsrate von 4 W/kg (über eine halbe Stunde) würde bei einem gesunden, ruhenden Erwachsenen zu einer Erwärmung von 1 °C führen.

Eine Erwärmung dieser Größenordnung würde zu einer Erhöhung der Wahrscheinlichkeit gesundheitlicher Beeinträchtigungen führen. Daher wurde für beruflich exponierte Personen eine maximale SAR von 0,4 W/kg (Reduktionsfaktor von 10) beziehungsweise für die Allgemeinbevölkerung eine maximale SAR von 0,08 W/kg (Reduktionsfaktor von 50) eingeführt. Diese Reduktionsfaktoren (obwohl sie recht willkürlich gewählt wurden) gründen sich ausschließlich auf der Vermeidung einer gesundheitlich bedenklichen Erwärmung!

Viele Untersuchungen an Menschen, Tieren und Zellsystemen weisen bei hochfrequenten elektromagnetischen Feldern Effekte unterhalb der Schwelle von 4 W/kg nach. Den meisten dieser Effekte kann man eine direkte oder indirekte Relevanz für die Gesundheit nicht absprechen.

Warum sind die Grenzwerte nicht korrigiert worden? Das liegt an der Komplexität der möglichen Expositionsbedingungen, die sich zum Beispiel in Frequenz, Intensität, Polarisation, Modulationstyp, Modulationseigenschaften, Dauer, Zeitpunkt der Exposition sowie hinsichtlich der Größe, Form, Position, Erdung, Bewegung, Prädisposition etc. des exponierten Organismus unterscheiden. Deshalb ►



Foto: Gerd Oberfeld

sind auf Basis der vorliegenden Untersuchungen Verallgemeinerungen auf andere als die jeweils geprüften Bedingungen schwierig. Die meisten Effekte sind derzeit als Phänomen beschrieben, eine Abklärung der zugrunde liegenden Wirkmechanismen steht in der Regel noch aus.

## Vorsorgewerte für EMF

In Österreich gibt es bis dato keine rechtlich verbindlichen Grenzwerte zur Beurteilung von elektromagnetischen Hochfrequenzfeldern. Die seitens der Mobilfunkindustrie in Österreich geforderte Anwendung der ÖNORM S 1120 deckt nur den Schutz vor übermäßiger Erwärmung sicher ab. Neuerdings wird versucht, den ÖNORM-Wert beziehungsweise die Werte der ICNIRP oder der EU als „Vorsorgewerte“ darzustellen. Dies ist jedoch unzulässig, denn die zur Ableitung herangezogenen Daten sind nur jene, die auf den thermischen Wirkmechanismus zurückgehen.

Da ein von allen Interessensgruppen und von medizinisch-toxiko-

logischer Seite anerkanntes und zur Ableitung von Grenzwerten geeignetes Prinzip, auf das die Effekte im Niedrigdosisbereich zurückgeführt werden könnten, fehlt, empfiehlt sich aus ärztlicher Sicht, eine andere Vorgehensweise zu wählen, wie dies auch in vielen anderen Bereichen der Toxikologie getan wird. Man unterzieht jene Bedingungen, für die Gesundheitsgefahren wahrscheinlich sind – unter Anwendung des Vorsorgeprinzips – einer Beschränkung, auch auf die Gefahr hin, dass sich später herausstellen sollte, dass die mögliche Schadwirkung überschätzt wurde.

Die ICNIRP, aber auch andere nationale und internationale Gremien reagierten auf das vorliegende Dilemma jedoch mit einer dem Vorsorgegedanken völlig konträr laufenden Strategie: Sie betonten zwar den dringenden Forschungsbedarf, propagierten aber gleichzeitig das Festhalten an den bestehenden, nach konservativen Gesichtspunkten gewonnenen Grenzwerten. Dem medizinischen Vorsorgeprinzip folgend wird der Ausgangspunkt nicht nur bei einem gesi-

### INTERNATIONALE KONFERENZ: Situierung von Mobilfunksendern

Wissenschaft & Öffentliche Gesundheit

SALZBURG, 7. BIS 8. JUNI 2000

<http://www.land-sbg.gv.at/celltower>

Veranstalter: Land Salzburg,  
Umweltmedizin, Tel. 0043/662/8042-2969,  
gerd.oberfeld@land-sbg.gv.at

Thema: Situierung von Sendern und Exposition,  
Experimentelle Studien, Epidemiologische  
Studien, Aspekte der öffentlichen Gesundheit,  
Vorsorgeprinzip und Empfehlungen

Anmeldung und Hotelbuchung:  
Salzburg Congress, Frau Uta Alles,  
Tel. 0043/662/88987-603,  
Fax 0043/66/88987-66,  
alles@salzburgcongress.at

DFP: 20 freie Stunden

cherten Wirkmodell genommen, sondern es wird eine Wirkschwelle auf Basis der publizierten LOAELs (Lowest Observed Effect Level) beziehungsweise NOAELs (No Observed Effect Level) abgeleitet und unter Anwendung von (Un)sicherheitsfaktoren ein Richtwert für die Exposition der Allgemeinbevölkerung abgeleitet. Bei mutagenen Expositionen müssen noch spezielle Überlegungen zur grundsätzlichen Vermeidung oder Reduktion auf natürliche „Hintergrundwerte“ angestrengt werden. ●

### Literatur bei den Verfassern

\*) Dr. Gerd Oberfeld, Referent für Umweltmedizin in der ÖÄK, Weihburggasse 10–12, 1010 Wien; Dr. Wilhelm Mosgöller, Inst. für Krebsforschung, Borschkegasse 8a, 1090 Wien; Univ. Prof. Dr. Michael Kundi, Inst. für Umweltthygiene, Kinderspitalgasse 15, 1095 Wien.

Dieser Artikel gibt lediglich die Meinung der Autoren wieder, die somit allein verantwortlich sind.

### Das Salzburger Modell

Im Februar 1998 wurde von der Landessanitätsdirektion Salzburg ein vorläufiger Beurteilungswert/Vorsorgewert von  $1 \text{ mW/m}^2$  für die Summe der GSM-Immissionen von Mobilfunksendeanlagen (nun GSM-900 MHz und GSM-1800 MHz) begründet und zur Beurteilung vorgeschlagen. Man ging dabei von Ergebnissen aus, die eine Unterdrückung des REM-Schlafes bei  $500 \text{ mW/m}^2$  GSM-Strahlung im Schlaf-EEG zeigten (Mann & Röschke 1996) unter Anwendung eines (Un)sicherheitsfaktors von 500. (Inzwischen kann dieser vorläufige Vorsorgewert auf einige weitere Untersuchungen gestützt werden.)

Im Frühjahr 1998 kam es zu einem breiten Bürgerprotest gegen die Errichtung von GSM-Sendemasten der Firma One in der Stadt Salzburg. Bürger und Netzbetreiber einigten sich nach einer Vielzahl von Verhandlungsrunden im Herbst 1998 in einem zivilrechtlichen Vertrag auf die Errichtung von zwölf GSM-Sendemasten unter vorheriger Berechnung und Einhaltung des Salzburger Vorsorgewertes. Für dieses Modell der Bürgerbeteiligung wurden unlängst die Firmen One und IKP vom Wissenschaftsminister mit dem Staatspreis für Public Relations ausgezeichnet.