



# Neues aus der Wissenschaft

Die folgenden Beiträge beziehen sich auf neuere wissenschaftliche Originalarbeiten zur Wirkung hochfrequenter Felder des Mobilfunks. Die Auswahl der Publikationen ist vom Autor selbst getroffen und durch sein subjektives Urteil der Relevanz bestimmt.

Roland Glaser



## Wirkung auf psychische Leistungen

### **Die Australier können ihre Psychotest-Ergebnisse an Probanden aus dem Jahr 2004 nicht bestätigen.**

Im Jahre 2004 publizierte die australische Gruppe um D.L. Hamblin Befunde einer Pilotstudie an 12 Probanden, wonach sich im Psychotest unter dem Einfluss des Feldes eines Handys eine beschleunigte Aufnahme, gleichzeitig aber eine offenbar verlangsamte Verarbeitung akustischer Signale ergab (siehe „Neues aus der Wissenschaft“, Heft 2, 2004). Die Autoren kündigten eine genauere Untersuchung an, deren Resultate nunmehr vorliegen. Die Anzahl der Probanden wurde auf 120 erhöht, die Methodik verbessert und vor allem wurde die Einfach-Blind- durch die Doppel-Blind-Methode ersetzt. Neben Messungen des EEGs sowie des Elektrooculogrammes (EOG) wurden wieder visuelle und akustische Tests durchgeführt. Die Befeldung erfolgte auch diesmal mit einem an einem Helm befestigten Nokia 6110 Handy (895 MHz, 217 Hz Pulse, mittlerer SAR im Temporallappen 0,11 W/kg). Im Unterschied zu der Pilot-Studie konnten die Autoren diesmal keinen Einfluss des Feldes auf die gemessenen Parameter finden. Sie unterstreichen damit die Notwendigkeit der Doppelblind-Metho-

de und die für eine gute statistische Aussage erforderliche Anzahl von Probanden. Gleichzeitig betonen die Autoren, dass ihr Befund nicht generalisiert, d.h. nicht ohne weiteres auf spezielle Gruppen wie Kinder, Alte, Kranke etc. übertragen werden könne (*Hamblin, D. L.; Croft, R. J.; Wood, A. W.; Stough, C., and Spong, J. The sensitivity of human event-related potentials and reaction time to mobile phone emitted electromagnetic fields. Bioelectromagnetics 27, 265-273. 2006*).

Die gleiche Gruppe nahm sich auch der immer wieder diskutierten Frage nach dem **Einfluss der Handy-Felder auf die Melatonin-Produktion** an. Unter Nutzung der oben genannten Nokia-Anlage wurden vor dem Schlaf 55 Probanden 30 Minuten lang exponiert. Über das Melatonin-Abbauprodukt (6-Sulfatoxy-Melatonin) im Harn unmittelbar danach und am anderen Morgen schloss man auf die Melatonin-Produktion. Eine geringe Verminderung ( $p=0,037$ ) konnte lediglich bei den exponierten Personen in der Abend-Probe gefunden werden, allerdings auch nur dann, wenn die Konzentration auf den Kreatinin-Gehalt, nicht direkt auf das Volumen bezogen wurde (Verminderung der Streuung). Die Autoren schließen nicht aus, dass dies auf unkontrollierbare Einflüsse vor dem Test zurückzuführen sei (*Wood, A. W.; Loughran, S. P., and Stough,*

C.: Does evening exposure to mobile phone radiation affect subsequent melatonin production? *Intern. J. Radiat. Biol.* **82**, 69-76. 2006).


**Sind Handy-Einflüsse im EEG messbar?** Um die eher negativen, aber auch nicht unwidersprochenen Befunde bisheriger Untersuchungen zu überprüfen, setzte eine japanische Arbeitsgruppe die Methode der Messung somatosensorisch evozierter Potentiale (SEP) nach Doppelreizung ein. Dabei wird zunächst die EEG-Antwort nach einem elektrischen Reiz am Handgelenk registriert und diese mit einem 10 bis 200 ms danach erfolgten zweiten verglichen. Dies ergibt eine Erholungskurve. Erst nach 100 ms ist die EEG-Antwort auf den zweiten Puls normalerweise wieder mit jenem des ersten identisch. Diese Erholungszeit ist abhängig von der Funktion kleiner Interneuronen im sensorischen Cortex des Gehirns und erwies sich als empfindlicher Indikator bei der Diagnose verschiedener neuronaler Veränderungen. Eine halbstündige Exposition von Probanden durch ein Mobiltelefon (Matsushita P97-7051-0, 800 MHz, SAR-Messung am Phantom in 3 cm Tiefe – 0,054 W/kg) ergab jedoch keine signifikante Veränderung dieses Parameters (Vergleich der Werte nach mit denen vor der Exposition) (Yuasa, K.; Arai, N.; Okabe, S.; Tarusawa, Y.; Nojima, T.; Hanajima, R.; Terao, Y., and Ugawa, Y. : *Effects of thirty minutes mobile phone use on the human sensory cortex. Clinical Neurophysiology* **117**, 900-905. 2006).

## Zum Problem der „Elektrosensiblen“

Nicht die Klärung der Ursache, sondern schlicht die **Erfassung und Charakterisierung des Personenkreises**, der sich durch elektromagnetische Felder belästigt fühlt, war Ziel des „Mainzer EMF-Wachhund“-Projektes. Die umfangreiche Informationskampagne erbrachte allerdings nur eine enttäuschend geringe Beteiligung von etwa 0,7 % der im Erfassungsgebiet lebenden Personen, deutlich weniger als die vom ifas-Institut zuvor ermittelten 8 % entsprechend Betroffener. Die tatsächliche Häufigkeit, berücksichtigt man die Hemmschwellen bei der Registrierung im ers-

ten und das vielleicht etwas oberflächliche Entscheidungskriterium im zweiten Fall, dürfte wahrscheinlich ähnlich wie in den skandinavischen Ländern bei wenigen Prozent liegen. Die geringe Überrepräsentanz der Gruppe 40 – 59-Jähriger aus höheren Bildungsschichten könnte natürlich auch an der größeren Bereitschaft dieses Personenkreises liegen, sich an der Befragung zu beteiligen. Interessanterweise bezeichneten sich nur 56 % derer, die Beschwerden verursacht durch EMF vermeldeten, als „elektrosensibel“. Die meisten davon geben recht unspezifische EMF-Quellen (sowohl NF als auch HF) als Ursache an und berichten über besonders ausgeprägte Symptome (Schlafstörung, Müdigkeit, Kopfschmerzen) (Schüz, J., Petters, C., Egle, U. T., Jansen, B., Kimbel, R., Letzel, S., Nix, W., Schmidt, L. G., and Vollrath, L.: *The „Mainzer EMF-Wachhund“. Results from a watchdog project on self-reported health complaints attributed to exposure to electromagnetic fields. Bioelectromagnetics* **27**; 280-287. 2006).

**Im King' s College London wurden 60 Personen getestet**, die angaben, spätestens 20 Minuten nach Nutzung eines GSM-Handys unter Kopfschmerzen und ähnlichen Beschwerden zu leiden. Diese wurden verglichen mit ebensoviel Probanden ohne entsprechende Symptome. Im Doppelblind-Modus regelte ein Computer in drei Sitzungen jeweils Exposition mit gepulsten, mit ungepulsten Feldern (mittlerer SAR 1,4 W/kg  $\pm$  30 % , Expositionsdauer 50 Minuten) sowie Scheinbefeldung. Die Probanden registrierten in unterschiedlichen Zeitpunkten während der Sitzung sowie danach auf einer Analog-Skala die Intensität möglicher Beschwerden sowie ihre Vorstellung darüber, ob das Feld angeschaltet sei oder nicht. Obgleich sich bei den „elektrosensiblen“ Personen häufig die angegebenen Symptome im Verlaufe der Sitzung verstärkten, was zum Teil sogar zum vorzeitigen Abbruch des Versuches führte, konnte keinerlei Korrelation zwischen Effekt und Exposition festgestellt werden. Auch die Einschätzung der Situation: Feld an oder Feld aus, korrelierte nicht mit der tatsächlichen Situation. Die Autoren sprechen von einem Nocebo-Effekt. Sie empfehlen zur Therapie eine Aufklärung der Leittra-



genden, nicht ein Eingehen auf ihre Vorstellungen von einer Feldwirkung. Letzteres würde die falsche Überzeugung der elektrischen Ursache der Symptome nur verstärken und eine tatsächliche Auseinandersetzung mit dem Leiden verhindern (Rubin, G. J.; Hahn, G.; Everitt, B. S.; Cleare, A. J., and Wessely, S.: *Are some people sensitive to mobile phone signals? Within participants double blind randomised provocation study. British Med. J.* **332**, 886-889. 2006).

**In einer schwedischen Studie wurden im Unterschied zu Personen, die sich unspezifisch durch Hoch- wie Niederfrequenz belästigt fühlen, nur solche für einen Test ausgewählt, die sich speziell als „elektrosensibel“ gegenüber den Feldern des Mobilfunks bezeichneten.** 20 Probanden dieser Art wurden 20 Kontroll-Personen gegenübergestellt, die in verschiedenen Parametern (Alter, Beruf, Telefon-Gewohnheiten etc.) den Testpersonen möglichst gut entsprachen. Die Exposition erfolgte durch Antennen, 8,5 cm vom Kopf entfernt (SAR= 1 W/kg, GSM 900), wobei nur die rechte Antenne tatsächlich angeschlossen war. Neben den üblichen Psychotests wurden vor und nach der Exposition (bzw. Scheinexposition) gleichzeitig physiologische Parameter wie Herzfrequenz und deren Variabilität, Hautwiderstand, Flimmer-Test, Oberflächendurchblutung und Atemfrequenz gemessen. Bei den „Elektrosensiblen“ traten verschiedene Symptome und Veränderungen auf, jedoch ohne Bezug zu der tatsächlichen Exposition. Unabhängig von einer Feldwirkung konnten allerdings Unterschiede in den psychophysiologischen Parametern zwischen beiden Gruppen festgestellt werden (Wilén, J.; Johansson, A.; Kalezic, N.; Lyskov, E., and Sandström, M.: *Psychophysiological tests and provocation of subjects with mobile phone related symptoms. Bioelectromagnetics* **27**, 204-214. 2006).



## Molekular-genetische Einwirkungen

**Gibt es molekulare Veränderungen in Gehirn, Milz und Thymus befeldeter Ratten?** Nach Belyaev und Mitarbeitern gibt es inzwischen eine steigende Evidenz für das Auftreten nichtthermischer gesundheits-


schädigender Einflüsse von HF-Feldern, wie Immunantworten von Lymphozyten, Veränderungen der Blut-hirnschranke, Anstieg des Kalzium-Effluxes, Änderung der Ornithin-Decarboxylase-Aktivität, Bildung dizentrischer Chromosomen, Expression von Hitzeschockproteinen (Hsp) u.v.m. Diese Behauptung stützten sie auf sorgfältig ausgewählte Publikationen von Autoren wie z. B. Kwee, Salford, Navarro, Blackman, Lai ohne zu erwähnen, dass diese längst als methodisch fehlerhaft kritisiert und die Resultate in keinem Fall reproduzierbar waren. Auch, dass de Pomerai seine Befunde inzwischen selbst als methodischen Fehler erkannt und zurückgezogen hat, wird tunlichst verschwiegen. Andererseits sehen die Autoren in dieser These die Basis für neue Experimente, die sie an 4 (!) exponierten im Vergleich zu 4 scheinexponierten Ratten (für die genetischen Versuche waren es nur 3 : 3 !) durchführten (nicht verblindet!). In der von Salford bereits verwendeten TEM-Zelle wurden die Tiere frei beweglich exponiert (GSM 900, 915 MHz, mittl. SAR variabel, 0,4 W/kg, 2 Stunden). Anschließend präparierte man Hirn, Milz und Thymus für unterschiedliche Messungen. Es konnte weder eine Chromatin-Konformation nach der von Belyaev favorisierten Viskosimeter-Methode, noch eine DNA-Fragmentation (Commet-Assay), noch eine erhöhte Hsp-Expression gefunden werden. Allerdings zeigten die sich auf 3 Versuchstiere beziehenden Gen-Analysen Unterschiede in der Expression sowohl ins Positive als auch ins Negative. Letzteres, so die Meinung der Autoren selbst, könnte, obgleich methodisch signifikant, letztlich doch in der individuellen Variabilität begründet sein. Diese eigentlich negativen Resultate werden in einer sehr ausführlichen Diskussion im Lichte der eingangs formulierten Behauptung dadurch erklärt, dass es offenbar eine hohe Spezifik der Wirkung bezüglich Frequenz, Intensität und physiologischem Zustand der Versuchstiere gäbe. Deshalb (nur deshalb?) seien die vorliegenden Befunde mit Vorsicht zu betrachten (Belyaev, I. Y.; Koch, C. B.; Terenius, O.; Roxström-Lindquist, K.; Malmgren, L. O. G.; Sommer, W. H.; Salford, L. G., and Persson, B. R. R.: *Exposure of rat brain to 915 MHz GSM microwaves induces changes in gene expression but not double stranded DNA*

*breaks or effects on chromatin conformation. Bioelectromagnetics* **27**, 295-306. 2006).

**Keine DNA-Strangbrüche durch Hochleistungs-Mikrowellen-Pulse.** Unter gleichen Bedingungen wie zuvor Blutzellen des Krallenfrosches (8,8 GHz, Pulsdauer: 180 ns, Pulsfolge: 50 Hz, SAR-Wert- Zeitmittel: 1,6 kW/kg, Puls-SAR: 300 MW/kg, Exposition: 40 Minuten), untersuchte die russische Arbeitsgruppe diesmal menschliche Lymphozyten. Die Exposition ergab in den Proben nach 10 Sekunden eine stationäre Temperaturerhöhung um 3,5 auf 27 Grad Celsius. Deshalb wurden Kontrollen bei entsprechenden Temperaturen angesetzt, sowie eine Positivkontrolle mit dem genotoxischen Agens EMS (5 mM Ethylmethansulfonat). Als Indikator diente wie üblich der alkalische Comet Assay. Im Gegensatz zu den deutlichen Effekten bei der Positiv-Kontrolle konnte keine Abweichung der Messwerte, also offenbar keine genotoxischen Einflüsse der Pulse, nachgewiesen werden. Selbst die zuvor gefundenen geringfügigen Veränderungen in den kernhaltigen Blutzellen des Krallenfrosches (siehe: „Neues aus der Wissenschaft“ Heft 2, 2004) konnten die Autoren in diesen Versuchen nicht bestätigen (*Chemeris, N.; Gapeyev, A. B.; Sirota, N. P.; Gudkova, O. Y.; Tankanag, A.; Kononov, I. V.; Buzoverya, M. E.; Suvorov, V. G., and Logunov, V. A. Lack of direct DNA damage in human blood leukocytes and lymphocytes after in vitro exposure to high power microwave pulses. Bioelectromagnetics* **27**, 197-203. 2006).

**Beeinflussung von Gentranskriptionen durch NF- und HF-Felder.** Eine neue Arbeit aus dem Institut für Pflanzen-Genetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) Gatersleben bezieht sich auf mögliche Einflüsse sowohl niederfrequenter (50 Hz, 2,3 mT) als auch hochfrequenter Felder (GSM, 1,85 GHz, 217 Hz-gepulst, SAR Zeitmittel 1,5 W/kg, Pulshöhe 12 W/kg). Als Objekt dienten neuronale Vorläuferzellen, gewonnen aus embryonalen Stammzellen der Maus. Die Befeldungseinstellungen und die Dosimetrie wurden durch die Zü-

richer Gruppe um N. Kuster realisiert. Die Kultivierung der Zellen sowie die umfangreichen genetischen Untersuchungen erfolgten in der Arbeitsgruppe von Frau A.M. Wobus. Obgleich keine Feldeinflüsse auf die Mitochondrien-Funktion (ROS-Konzentration), Apoptosis, Zellproliferation und chromosomale Veränderungen beobachtet werden konnten, stellte man jedoch signifikante Veränderungen bei bestimmten Gentranskriptionen fest. Im NF-Bereich betraf dies die Apoptose und Zell-Zyklus regulierenden Gene (*bcl-2*, *bax*, *GADD45*, teils vermindert, teils erhöht), bei HF-Exposition das neurospezifische Gen *Nurr1* (vermindert) sowie ebenfalls das *GADD45*-Gen. Bei 6-stündiger, nicht jedoch 48-stündiger HF-Exposition, glauben die Autoren einen geringen und vorübergehenden Anstieg von DNA-Doppelstrangbrüchen gefunden zu haben (Commet-Assay); vorübergehend, da der Effekt verschwand, wenn die Zellen anschließend 18 Stunden ohne Feld inkubiert wurden. Dem Leser bleibt die Frage offen: was bedeutet in diesen Experimenten „signifikant“? Da nicht angegeben ist, wie oft die jeweiligen Experimente wiederholt wurden, ist anzunehmen, dass darunter die methodische, nicht jedoch die biologische Signifikanz gemeint ist. Dieser Verdacht erhält Nahrung, wenn man die Absolutwerte der scheinbefeldeten Präparate der ELF-Versuche mit denen der HF-Versuche in Abb. 2 vergleicht, die eigentlich gleich sein müssten. Tatsächlich schwanken diese jedoch beträchtlich, um ein Vielfaches mehr als im Vergleich zu den entsprechenden befeldeten Präparaten. Beruhen die methodisch signifikanten Differenzen dann nicht vielleicht auf der Zufälligkeit biologischer Variabilität? Immerhin ist erstaunlich, dass eine signifikante Änderung entsprechender Gen-Expression zu keiner zu beobachtenden Veränderung von Apoptose und Proliferation führte. Auch ist eigentlich unverständlich, warum nach 6, nicht jedoch nach 48 Stunden HF-Exposition Doppelstrangbrüche auftreten. Erfahrungsgemäß ist es immer leichter, die Bedeutung eines möglichen Effektes abzuschätzen, wenn Positiv-Kontrollen einbezogen werden, was hier leider nicht geschah (*Nikolova, T.; Czyz, J.; Rollet-*



*schek, A.; Blyszczuk, P.; Fuchs, J.; Jovtchev, G.; Schuderer, J.; Kuster, N., and Wobus, A. M. Electromagnetic fields affect transcript levels of apoptosis-related genes in embryonic stem cell-derived neural progenitor cells. FASEB Journal* **19**, U152-U176. 2005)

**Einzelstrangbrüche der DNA im Gehirn befeldeter Ratten?** Dieser Frage stellte sich eine indische Arbeitsgruppe, stimuliert und in Kooperation mit der Gruppe um N. P. Singh. Je 6 Ratten wurden im Verlaufe von 35 Tagen zwei Stunden pro Tag und 5 Tage pro Woche befeldert (2,45 GHz, 1 W/kg, bzw. 16,5 GHz, 2,01 W/kg). Die Befeldung erfolgte in fester Position der Tiere in einer Kammer mit Dämpfungselementen vor einer Horn-Antenne. Die SAR-Werte wurden aus den Leistungsflussdichten (0,344 mW/cm<sup>2</sup> bei 2,45 GHz bzw. 1,0 W/cm<sup>2</sup> bei 16,5 GHz) errechnet. Die mikroskopische Messung der Spuren im Comet-Assay von ca. 100 Hirn-Zellen pro Tier nach Ende der Versuche (subjektive Messung, keine Verblindung der Versuche!) ergab im Vergleich zu den Scheinbefeldungen signifikante Unterschiede bei allen 6 Tieren und erst recht im Mittelwert ( $p < 0,001$ ). Die Autoren schließen daraus auf eine signifikante Erhöhung von Einzelstrangbrüchen der DNA in den Zellen des Gehirns nach chronischer Befeldung bei beiden Frequenzen. Die widersprüchlichen Ergebnisse diesbezüglich in der Literatur erklären sie mit Unterschieden der Empfindlichkeit verschiedener Zellen. Andererseits lassen die Expositionsbedingungen der Tiere und die Auswertung der Proben zu wünschen übrig (*Paulraj, R. and Behari, J.: Single strand DNA breaks in rat brain cells exposed to microwave radiation. Mut. Res.: 596, 76-80 2006*).

**Kein Synergismus zwischen krebserregenden Substanzen und HF-Feldern.** Eine chinesische Arbeitsgruppe warf die Frage auf, ob hin und wieder beobachtete genotoxische Effekte von HF-Feldern nicht vielleicht auf dem Synergismus mit chemischen Mutagenen beruhen könnten. Menschliche Lymphozyten wurden einer Feldwirkung allein (1,8 GHz, 3 W/kg, 2 Stunden), sowie einer Kombination mit vier ver-

schiedenen Mutagenen (Mitomycin C, Bleomycin, Methyl-Methansulfonat, 4-Nitrochinon-1-Oxid) ausgesetzt. Die Analyse erfolgte mit der üblichen Comet-Assay-Methode, basierend auf einer automatisierten Auswertung von jeweils 50 Zellen. Obgleich die Mutagene deutliche Einflüsse auf die DNA-Struktur zeigten, konnten weder bei Experimenten mit dem Feld allein, noch bei den vorgenommenen Kombinationen Feld+Mutagen Veränderungen gefunden werden. Da Mutagene auf sehr unterschiedliche Weise auf das genetische System wirken, möchten die Autoren den Befund nicht generalisieren (*Wang, B. H.; He, J. L.; Jin, L. F.; Lu, D. Q.; Zheng, W.; Lou, J. L., and Deng, H. P. Studying the synergistic damage effects induced by 1.8 GHz radiofrequency field radiation (RFR) with four chemical mutagens on human lymphocyte DNA using comet assay in vitro. Mutat. Res. 578, 149-157. 2005*).



## Andere biochemische Reaktionen

**Schutz vor Sauerstoffradikalen (ROS) durch Melatonin oder Bienenwachs?** Während man anderenorts vergeblich nach „reactive oxygen species“ (ROS) als Produkt der Einwirkung von HF-Feldern in Zellkulturen suchte (Hook et al., *Radiat. Res.* 2004, 162, 497; Lantow et al., *Radiat Environ Biophys*, *Radiat. Res.* 2006, 165, 88), scheint dies in der Universität Isparta (Türkei) zumindest für Ratten-Experimente als erwiesen zu gelten. In mehreren Experimenten widmet man sich bereits der nächsten Frage, inwieweit nämlich dieser Effekt durch Radikalfänger wie Melatonin, oder Coffeinsäure-phenyl-ester (CAPE), reichhaltig in der Propolis, dem Vorwachs der Bienen vorkommend verhindert werden kann. Dabei werden diese Effekte in Harn, Nierengewebe und der Retina befeldeter Ratten nachgewiesen (900 MHz, 1,04 W/kg mittlerer SAR, 4 W/kg Kopf, 30 Minuten pro Tag, 10 - 60 Tage). Zwar entspricht die Qualität von Applikations-einrichtung und Dosimetrie nicht den heute üblichen Standards, doch sollte man sich mit den Befunden einmal auseinandersetzen (*Ozguner, F.; Oktem, F.; Armagan, A.; Yilmaz, R.; Koyu, A.; Demirel, R.; Vural,*

H.; Uz, E.: *Comparative analysis of the protective effects of melatonin and caffeic acid phenethyl ester (CAPE) on mobile phone-induced renal impairment in rat. Mol. Cell. Biochem.*; 276, 31-37. 2005; Ozguner, F.; Oktem, F.; Ayata, A.; Koyu, A., and Yilmaz, H. R.: *A novel antioxidant agent caffeic acid phenethyl ester prevents long-term mobile phone exposure-induced renal impairment in rat. Mol. Cell. Biochem.*; 277, 73-80. 2005; Ozguner, F.; Bardak, Y.; Comlekci, S.: *Protective effects of melatonin and caffeic acid phenethyl ester against retinal oxidative stress in long-term use of mobile phone. Mol. Cell. Biochem.* **282**, 83-88. 2006).

**Der angebliche ODC-Effekt ist ein thermischer Artefakt:** Obgleich bereits Desta et al. (Radiation Research 2003; 160, 488) den von der Litovitz-Gruppe behaupteten „nicht-thermischen“ Einfluss hochfrequenter Felder auf die Aktivierung der Ornithin-Decarboxylase (ODC) widerlegte (siehe: „Neues aus der Wissenschaft“ Heft 1, 2004), kursiert diese Vorstellung immer noch. Durch sehr genaue Messungen hat jetzt eine Gruppe aus Finnland nachgewiesen, dass bereits Temperaturunterschiede von weniger als einem Grad ausreichen, um bei Fibroblasten signifikante Effekte hervorzurufen. HF-Felder (900 MHz, 0,4 W/kg, kontinuierlich und gepulst) haben hingegen keinen Einfluss (Höytö, A., Sihvonen, A.-P., Alhonen, A., Juutilainen, J., and Naarala, J.: *Modest increase in temperature affects ODC activity in L929 cells: low-level radiofrequency radiation does not. Radiat. Environ. Biophys.* **45**, 231-235. 2006).

## Feldwirkungen bei gesundheitlich Vorbelasteten?

**Feldeffekte bei krampf-sensibilisierten Ratten.** Eine spanische Arbeitsgruppe berichtet über Experimente,

bei denen Ratten durch Injektion mit einer unter-schwelligeren Dosis eines krampffördernden Mittels (GABA-Antagonist Picrotoxin 2 mg/kg) in einen labilen Zustand versetzt und anschließend zwei Stunden im GSM-Modus befeldet wurden (900 MHz). Die SAR-Werte errechnete man aus dem jeweils gemessenen Leistungsabfall in der Befeldungseinrichtung. Sie lagen zwischen 0,15 und 0,24 W/kg auf Ganzkörper, bzw. zwischen 0,27 und 0,42 W/kg auf das Gehirn bezogen. Bei einigen Ratten wurden zuvor Elektroden implantiert, die eine EEG-Messung ermöglichten. Unbehandelte Ratten zeigten außer anfänglichem Stressverhalten durch Immobilisierung in einer engen Röhre bei der Befeldung keine feldspezifischen Veränderungen. Bei den Picrotoxin-behandelten Ratten traten Krampf-Reaktionen mit entsprechenden Peaks im EEG sowie der Produktion eines Markers für neuronale Aktivitäten bei Krampfanfällen auf (c-Fos; immunochemischer Nachweis 1 Stunde nach Befeldung bzw. Schein-Befeldung), beide Indikatoren mit einer deutlichen Steigerung im Falle der Befeldung (insbesondere c-Fos im Neocortex, Paleocortex, Hippocampus und Thalamus). Die Autoren unterstreichen, dass aus diesen Befunden nicht einfach auf die Gefährdung von Epileptikern geschlossen werden kann, da beide Arten neuronaler Labilität nicht direkt miteinander vergleichbar seien, außerdem sei die Ganzkörper-Bestrahlung der Ratten nicht mit einer lokalen Exposition bei der Handy-Nutzung identisch. Trotzdem würden die Befunde die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen unterstreichen (López-Martin, E.; Relova-Quinteiro, J. L.; Gallego-Gómez, R.; Peleteiro-Fernández, M.; Jorge-Barreiro, F. J., and AresPena, F. J.: *GSM radiation triggers seizures and increases cerebral c-Fos positivity in rats pretreated with subconvulsive doses of picrotoxin. Neuroscience Letters* **398**, 139-144. 2006).