




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



Genetische und epigenetische Aspekte

Auch nach UMTS-Exposition keine genotoxischen Effekte an menschlichen Lymphozyten nachweisbar.

Eine italienische Arbeitsgruppe untersuchte mögliche Einwirkungen der Felder des Mobilfunks der 3. Generation (UMTS) auf Lymphozyten von 6 gesunden menschlichen Spendern (Expositionsbedingungen: wechselweise 6 min Feld an, 2 h aus; Frequenz: 1950 MHz UMTS-Signal, SAR: 2.2 W/kg, Gesamtdauer der Exposition zwischen 24 und 68 Stunden). Durch Synchronisation und unterschiedliche Behandlung mit dem Mitose-Stimulator Phythämagglutinin (PHA) war es möglich, die Exposition gezielt während verschiedener Zellstadien durchzuführen. Es konnten weder Einflüsse auf die Zellproliferation noch auf die Bildung von Mikrokernen nachgewiesen werden. Auch der übliche alkalische Komet-Assay führte nicht zum Nachweis chromosomaler Aberrationen. Die Autoren sehen darin eine Bestätigung ihrer Befunde der früheren Arbeit (Sannino et al. 2006). Sie verweisen auf laufende Untersuchungen mit anderen Zelltypen.

Zeni, O.; Schiavoni, A.; Perrotta, A.; Forigo, D.; Deplano, M., and Scarfi, M. R.: Evaluation of genotoxic effects in human leukocytes after in vitro exposure to 1950 MHz UMTS radiofrequency field. *Bioelectromagnetics*. (2008) **29**, 177-184.

Sannino, A. et al.: *IEEE Trans. Plasma Sci.* (2006) **34**, 1441.



Einfluss auf Zellen und Gewebe

Einfluss von 835 MHz-Feldern auf Hitzeschockproteine (hsp) und reaktive Sauerstoffradikale (ROS) bei Drosophi-

la. Außer einer Arbeit aus der Goodman-Blank Gruppe und jener von Panagopoulos (Athen) gibt es kaum Untersuchungen zur HF-Wirkung auf *Drosophila*. Dies aus gutem Grund, ist doch kaum jemand in der Lage, eine Absorptionscharakteristik in diesem winzigen Insekt zu berechnen. Wenn in der vorliegenden Publikation zur Dosimetrie behauptet wird: „This device produced 835 MHz SAR 1.6 W/kg or 4 W/kg EMF based on the transverse electromagnetic wave theory“, dann ist das eine durch nichts belegte und zudem sachlich falsche Behauptung, denn das Gerät „produziert“ zwar eine raumorientierte Leistungsdichte (W/m^2), der dadurch erreichte SAR-Wert hängt aber von vielen Absorptionsparametern des Objektes ab! Auch wenn die Fliegen in einer 25°C Atmosphäre gehalten wurden, vermag niemand abzuschätzen, welche Temperaturerhöhungen im Inneren des chitinisolierten Gewebes bei der Exposition auftreten können. Immerhin zeigt die Expression von hsp27, dass die empfindlichen Thermorezeptoren dieser Tiere angesprungen sind. Die Folgen dieser Signalwirkung werden biochemisch verfolgt und reichen über den Anstieg der ROS bis zum Exitus. Den Nachweis, dass dies etwas mit einer nicht-thermischen HF-Wirkung zu tun hat, bleiben die Autoren allerdings schuldig. Misstrauisch an der Lauterkeit der Autoren macht wieder einmal die selektive Art der Literaturlauswertung (z.B. wird die durch de Pomerai selbst zurückgezogene Publikation als Zeugnis für nicht-thermische Effekte zitiert).

Lee, K. S.; Choi, J. S.; Hong, S. Y.; Son, T. H., and Yu, K.: Mobile phone electromagnetic radiation activates MAPK signaling and regulates viability in *Drosophila*. *Bioelectromagnetics* (2008) **29** 371-379.

Mechanismen zum Einfluss von HF-Feldern auf neuronale Systeme

Verhaltensstörungen, allerdings keine neurohistologischen Befunde, bei extrem schwach exponierten Ratten im Langzeitversuch.

Die Behauptung der Salford-Gruppe vor einigen Jahren, schwache HF-Felder würden die Blut-hirnschranke beeinflussen, löste Emotionen aus, konnte aber nie verifiziert werden. In zwei neuen Publikationen dieser Gruppe wird ein Versuch beschrieben, bei welchem man Ratten während 55 Wochen, wöchentlich einmalig (!) für 2 Stunden einem GSM-Feld (900 MHz) aussetzte, mit SAR-Werten (schwankend, da sich die Tiere frei in der TEM-Zelle bewegten) von 0,6 und 60 mW/kg (je 16 Tiere), sie anschließend (3-7 Wochen nach der letzten Exposition) Verhaltenstests unterzog und danach das Gehirn histochemisch untersuchte. Semiquantitativ erfasste man die Zahl albuminhaltiger Zellen, jene der so genannten „dunklen Neuronen“ sowie der Zellen mit Lipofuscin-Aggregaten (als Indikator für Alterung). In diesen doppelt verblindeten Tests konnten keinerlei Differenzen zwischen exponierten Tieren, scheinexponierten und Käfigkontrollen gefunden werden. Die Verhaltensexperimente bestanden aus einem „open field“- und einem „episodic-like memory“- Test. Beide wurden in einem oben offenen 80 x 80 cm großen Kasten mit schwarzen Seitenwänden (40 cm hoch) durchgeführt. Im ersten Fall ermittelte man die Zeit, welche das Versuchstier benötigte, um in der Mitte aus einem kleinen Kasten freigesetzt sich nach anfänglicher Orientierungslosigkeit zu bewegen. Beim „episodic-like memory test“ sollte das episodische Kurzzeitgedächtnis geprüft werden, indem die Tiere hintereinander drei mal in diesen Kasten gesetzt wurden, der jeweils zwei Arten von Gegenständen in unterschiedlicher Konfiguration enthielt. Während es im „open field test“ zwar Geschlechtsunterschiede, nicht jedoch Unterschiede durch die Exposition ergab, konnten im „episodic-like memory test“ keine Geschlechtsunterschiede, wohl aber mit $p=0,05$ bzw. $0,02$ Unterschiede bei den exponierten Tieren gefunden werden, allerdings unabhängig von der Dosis. Die Diskussionen in beiden Publikationen sind sehr wortreich. Man stützt sich auf die früheren Befunde der Salford-Gruppe ohne zu erörtern, weshalb diese nie reproduziert werden konnten. Bezüglich anderer Verhaltensexperimente (nur wenige werden zitiert!) unterstreicht man die hier verwendete Langzeit-Exposition und bemüht „Speculations“ von Blackman 1989 zu Fenstereffekten (niemand glaubt heute mehr daran!). Vielleicht wirken also nur schwache

Felder (und dann noch intensitäts-unabhängig?). Dass man keine histochemischen Veränderungen gefunden hat (der Widerspruch zu den alten Salford-Befunden bleibt unerwähnt!) bedeutet nach Ansicht der Autoren nur, dass die verwendete Methode zu unspezifisch sei (warum nur diesmal, aber nicht vor 5 Jahren?). Man betont, es handle sich hier um Ratten in einem Stadium vergleichbar dem jugendlichen Alter des Menschen.

Grafström, G.; Nittby, H.; Brun, A.; Malmgren, L.; Persson, B. R. R.; Salford, L. G.; Eberhardt, J.: *Histopathological examinations of rat brains after long-term exposure to GSM-900 mobile phone radiation. Brain Res. Bull. (2008) 72, 08.004*

Nittby, H.; Grafstrom, G.; Tian, D.P.; Malmgren, L.; Brun, A.; Persson, B. R. R.; Salford, L. G.; Eberhardt, J.: *Cognitive impairment in rats after long-term exposure to GSM-900 mobile phone radiation. Bioelectromagnetics (2008) 29, 219-232.*

Salford et al.: *Health Persp. (2003), 111, 881*

Blackman et al.: *Bioelectromagnetics (1989) 10, 115.*

Kein Einfluss von 950 MHz - GSM - Feld auf evozierte Potentiale im Hippocampus von Ratten.

Eine Arbeitsgruppe aus mehreren Hochschulen in Teheran führte neurophysiologische Tests am Hippocampus von Ratten durch, die zuvor im Verlaufe von drei Tagen frei beweglich in einem Rundkäfig (0,3 m Durchmesser) mit einer Zentralantenne insgesamt 10 mal jeweils 45 Minuten lang exponiert wurden (Mittelwert: 0.835 mW/cm^2 , keine SAR-Angaben). Die Untersuchungen stützen sich auf Methoden und Befunde von Tattersall et al. 2001. Es konnten jedoch keine Effekte gefunden werden. Die Autoren betonen, dass weitere Untersuchungen mit längerer Exposition erforderlich sind.

Jadidi, M.; Firoozabadi, S. M. P.; Rashidy-Pour, A.; Bolouri, B., and Fathollahi, Y.: *Low-power density of 950 MHz radiation does not affect long-term potentiation in rat dentate gyrus. Iranian J. Radiat. Res. (2007) 5, 119-124.*

Tattersall, J. E. H. et al. *Brain Research (2001) 90, 443.*

Untersuchungen an Probanden

Keine Bestätigung früherer japanischer Hinweise zur GSM-Feld-Wirkung auf Patienten mit atopischer Dermatitis (AD).

In zwei Kurzmitteilungen hatte Kimata (Osaka) über Hinweise berichtet, wonach durch eine dreißigminütige Exposition von AD-Patienten durch ein am Kopf fixiertes Handy die Aktivierung des zedern-spezifischen Immunglobulins erhöht wird (siehe Neues aus der Wissenschaft 3, 2005). Entsprechende Untersuchungen wurden jetzt in Schweden unter genauer kontrollierten Bedingungen an 15 AD-Patienten im Vergleich zu 15 gesunden Probanden wiederholt. Allerdings testete man (länderspezifisch) nicht die Zedern-, sondern die Birkenpollen-Allergie. Jede Person wurde in vierzehntägigem Abstand einmal exponiert (GSM

890 MHz, 217 Hz-gepulst, 1 W/kg am Kopf, 30 Minuten) und einmal schein-exponiert (verblindet). Neben immunologischen Blutanalysen registrierte man mehrere physiologische Parameter sowie in Fragebögen verschiedene Befindlichkeiten. Obgleich sich erwartungsgemäß Unterschiede in einigen Parametern zwischen den AD-Patienten und den Kontrollen zeigten, konnten keine signifikanten Einflüsse des HF-Feldes festgestellt werden. Somit ließen sich die Befunde, die auch Kimata bereits als vorläufig und bestätigungsbedürftig eingestuft hatte, nicht bestätigen.

Johansson, A.; Forsgren, S.; Stenberg, B.; Wilen, J.; Kaizic, N., and Sandstrom, M.: No effect of mobile phone-like RF exposure on patients with atopic dermatitis. *Bioelectromagnetics* (2008) **29**, 353-362

Kimata H.: *Int Arch Allergy Immunol* (2002) **129**, 348

Kimata, H.: *Allergy* (2005) **60**, 838.

EEG-Effekte bei unterschiedlichen Frequenzen der Pulsierung. Die Arbeitsgruppe der Universität Tallin präsentiert umfangreiche EEG-Messungen an über 60 Personen mit 450 MHz-Feldern (mittl. SAR im Gehirn 0,303 W/kg), die in Frequenzen von 7, 14, 21, 40, 70, 217 und 1000 Hz gepulst wurden. Die Probanden lagen während des 40-minütigen Versuchs mit geschlossenen Augen in einem abgedunkelten Raum. Im Minuten-Wechsel wurde bei kontinuierlicher EEG-Messung das Feld ein- und ausgeschaltet. Außer den periodischen Kontrollwerten erfolgten noch im Doppelblind-Verfahren Versuche mit Scheinexpositionen. Da durch Einwirkung der pulsierenden Felder auf die Elektroden und deren Kontaktstellen Artefakte zu erwarten waren, führte man parallel Phantom-Messungen durch. Originell ist die Idee, dazu die Haube mit den Kontakten einer Wassermelone überzuziehen, gefüllt mit physiologischer Lösung. Effekte wurden außer im Beta-Bereich und außer bei 1000 Hz-Pulsen in jedem Fall gemessen. Die stärksten Effekte traten bei Alpha-Wellen und Pulsfrequenzen von 14 und 21 Hz auf. Der Effekt variierte in starkem Maße von Versuch zu Versuch, was die Autoren weniger unterschieden in der generellen individuellen Empfindlichkeit zuschreiben, als vielmehr solchen temporär unterschiedlicher neuro-physiologischer Zustände.

Hinrikus, H.; Bachmann, M.; Lass, J.; Karai, D., and Tuulik, V.: Effect of low frequency modulated microwave exposure on human EEG: individual sensitivity. *Bioelectromagnetics* (2008) **29**, 527-538

Befindlichkeits- und EEG-Untersuchungen an Probanden unter GSM- und UMTS-Einfluss. Diesem Thema ist eine umfangreiche Studie gewidmet, als Resultat einer Zusammenarbeit von Swisscom und der Universität Bern. Unter gut kontrollierten und doppelt verblindeten Bedingungen wurden 15 junge Probanden (Alter 20 - 35 Jahre) durch

eine direkt am linken Ohr befindliche Antenne exponiert (0,1 und 1 W/kg auf 10 g bezogen). Zunächst führte man Vigilanz und EEG-Messungen durch und erfasste semi-quantitativ umfangreiche subjektive Befindlichkeits-Parameter. Für letzteres verwendete man eine 48 Fragen umfassende „Beschwerdeliste“ und eine „Befindlichkeitsliste“ mit 56 Positionen (nach Zerssen 1971, 1976). Die nach einem Zahlenschema zu bewertenden Fragen wurden von den Probanden vor und nach der Exposition beantwortet und ergaben somit die Möglichkeit der statistischen Analyse möglicher Differenzen. Eine solche konnte jedoch bei keinem der erfassten Parameter nachgewiesen werden. In einer zweiten Publikation wird über optisch und akustisch evozierte Potentiale im EEG berichtet, die an der gleichen Personengruppe und unter gleichen Expositions-Bedingungen gemessen wurden. Diese Methode erfasst Änderungen im EEG als Antwort auf ein Signal, welches einfach registriert oder als Befehl für eine Handlung (Knopfdruck) vom Proband gewertet wird. Ohne auf die Spezifika dieser umfangreichen Messungen und Auswertungen einzugehen sei festgehalten, dass auch dabei kein Einfluss der Exposition, weder für das GSM- noch für das UMTS-Signal, bei keiner der beiden Intensitäten gemessen werden konnte. Die Autoren betonen zusammenfassend, dass die vorgelegten Ergebnisse keinen Hinweis auf akute neurologische Einflüsse ergeben, meinen jedoch, dass wegen der widersprüchlichen Befunde anderer Autoren weitere Arbeiten erforderlich seien, insbesondere in Hinblick auf mögliche Reaktion von Kindern und bezüglich anderer komplexer kognitiver Funktionen.

Kleinogel, H.; Dierks, T.; Koenig, T.; Lehmann, H.; Minder, A.; Berz, R.: Effects of weak mobile phone - electromagnetic fields (GSM, UMTS) on well-being and resting EEG. *Bioelectromagnetics* (2008) **29**, 479-487

Kleinogel, H.; Dierks, T.; Koenig, T.; Lehmann, H.; Minder, A.; Berz, R.: Effects of weak mobile phone - electromagnetic fields (GSM, UMTS) on event related potentials and cognitive functions. *Bioelectromagnetics* (2008) **29**, 488-497

Neurophysiologische Besonderheiten elektrosensibler Personen. Nachdem man in zahllosen Doppelblind-Versuchen vergeblich nach einer erhöhten Empfindlichkeit „elektrosensibler“ Personen suchte, haben jetzt Regensburger Neurologen erstmals handfeste Unterschiede zwischen diesen im Vergleich zu Kontrollpersonen gefunden. Die Experimente waren allerdings nicht „verblindet“. Im Gegenteil, man zeigte den Versuchspersonen die Aktivität eines Mobilfunkgerätes am Kopf an, welches in Wirklichkeit gar nicht funktionierte (Im 3-Tesla Magnetfeld eines MRT-Gerätes ließe sich dies wohl technisch auch kaum realisieren). Die Probanden wurden allerdings erst nach dem

Versuch über diesen „Betrug“ aufgeklärt. Außer dem scheinbaren Handy wurde den Probanden noch ein realer Temperatur-Reiz am Handgelenk appliziert. In Zeitintervallen von 8 Sekunden während der MRT-Aufnahme zeigte man den Probanden (15 - „Elektrosensible“, 15 Kontrollpersonen) in Piktogrammen an, ob ein (Schein-)HF- oder ein Temperatur-Stimulus eingeschaltet war. Deutliche Aktivierungen von Bereichen der Inselrinde (Teil der Großhirnrinde) konnten gleichermaßen bei „Elektrosensiblen“ wie bei Kontrollpersonen im Falle realer Thermostimulation beobachtet werden. Entsprechende Aktivierungen bei der simulierten HF-Exposition traten hingegen signifikant nur bei den „Elektrosensiblen“ auf. Es handelt sich folglich um eine konditionierte Dysfunktion jenes Hirnabschnittes, die auch bei spezifischen Phobien sowie bei Schmerzreaktionen als Resultat externer realer oder imaginierter Stimuli beobachtet wird.

*Landgrebe, M.; Barta, W.; Rosengarth, K.; Frick, U.; Hauser, S.; Langguth, B.; Rutschmann, R.; Greenlee, M. W.; Hajak, G.; Eichhammer, P.: Neuronal correlates of symptom formation in functional somatic syndromes. A fMRI study. *NeuroImage* (2008) **411**, 336-1344.*

Psychologische Analyse des „elektrischen Hypersensivitätssyndroms“ (EHS). Nachdem durch viele Tests ermittelt wurde, dass dieses Leiden vieler Menschen in Wirklichkeit nicht durch elektromagnetische Felder verursacht wird, wendet man sich jetzt verstärkt der psychologischen Seite dieses Problems zu. Entsprechend analysierte die Arbeitsgruppe um James Rubin die Fragebögen von drei Gruppen von Personen: ES-Gruppe (19) - solche, die sich selbst als „elektrosensibel“ bezeichnen, MP-Gruppe (52) - solche, die zwar ebenfalls unter verschiedenen Symptomen bei der Verwendung von Handys leiden, sich aber nicht generell „elektrosensibel“ fühlen, und schließlich eine Kontrollgruppe. Die umfangreichen Fragebögen betrafen sowohl die Art des Umganges mit Mobilfunk und Computer (beruflich, privat, Dauer, Häufigkeit etc.) als auch allgemeine Gesundheitsparameter (subjektive und objektive) und Fragen zu Depressionen. Die Autoren halten das EHS zum Teil für eine Art Technostress, eine Belastung verbunden mit individuellen Problemen der Beherrschung neuer Technologien. Dies allein erklärt jedoch nicht das Phänomen. Personen der ES-Gruppe zeigen einen stärkeren Hang zu Depressionen und eine höhere Skepsis bezüglich moderner Medizin als jene der MP-Gruppe - ein Grund für eine Differenzierung, die bei Umgang mit diesen Personen in Forschung und Therapie stärker beachtet werden sollte. „Elektrosensitivität“ wird als Variante idiopathischer Umweltintoleranz betrachtet vergleichbar der Intoleranz gegenüber verschiedenen Chemikalien.

*Rubin, G. J., Cleare, A. J., and Wessely, S.: Psychological factors associated with self-reported sensitivity to mobile phones. *J. Psychosomatic Res.* (2008) **64**, 1-9.*



Besonderheiten der Exposition von Kindern

Ergeben anatomische Besonderheiten eine stärkere Exposition von Kindern durch Handynutzung? Es gibt bereits einige Untersuchungen zu diesem Thema, zum Teil allerdings einfach durch Analyse verkleinerter Kopfmodelle von Erwachsenen. Jetzt liegt eine französische Studie vor, basierend auf MRT-Bildern von Köpfen von Kindern zwischen 5 und 15 Jahren. Dabei beachtete man unterschiedliche Antennenkonfigurationen und mehrere Frequenzbereiche (900, 1800, 2100 und 2400 MHz). Obgleich es Hinweise darauf gibt, dass nicht nur anatomische Besonderheiten des kindlichen Kopfes, sondern auch Unterschiede der dielektrischen Eigenschaften des Gewebes zu beachten sind, hat man letzteres aufgrund mangelnder Daten vernachlässigt. Legt man den mittleren SAR-Wert bezogen auf 10 g Gewebe zugrunde, dann liegen die kindlichen Werte innerhalb der individuellen Schwankungsgrenze derer des erwachsenen Kopfes. Unterschiede ergaben sich jedoch bei einer 1-g-Auflösung, allerdings nur bei Kindern bis zum 8. Lebensjahr. Dies bezieht sich auf eine etwas erhöhte Exposition der Hirnoberfläche, bedingt durch die geringere Schädeldecke. Die Differenzen sind stark von Frequenz und Antennenkonfiguration abhängig. Die Autoren betonen, dass diese Resultate wegen der geringen Anzahl ausgewerteter MRT-Daten noch ergänzungsbedürftig sind.

*Wart, J.; Hadjem, A.; Wong, M. F.; Bloch, I.: Analysis of RF exposure in the head tissues of children and adults. *Phys Med Biol.* (2008) **53**, 3681-3695.*



Epidemiologische Erhebungen

Kein Bezug von Kinderleukämie und Rundfunk-Fernsehsendemasten in West-Deutschland. Im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms wurde eine epidemiologische Studie an 1.959 Fällen von Kinderleukämie zwischen 1984 und 2003 im 2 km-Umkreis von 16 AM- und 8 FM/TV-Sendern in Deutschland (außer der ehemaligen DDR) im Vergleich zu 5.848 Kontrollen (Entfernung > 10 km) durchgeführt. Die Daten zeigen keinerlei Korrelation zwischen Krankheitsinzidenz und Feldexposition. Diese Befunde sind in Zusammenhang mit den immer noch strittigen Langzeiteffekten in der Nähe von Sendeantennen von Bedeutung.

*Merzenich, H.; Schmiedel, S.; Bennack, S.; Brüggemeyer, H.; Philipp, J.; Blettner, M.; Schüz, J.: Childhood leukemia in relation to radio frequency electromagnetic fields in the vicinity of TV and radio broadcast transmitters. *Amer. J. Epidemiol.* 2008; Received for publication February **27**, 2008.*