

Neues aus der Wissenschaft

Prof. Dr. Roland Glaser
ist als Berater für die FGF tätig.

Genetische und
epigenetische Aspekte

Magnetisches Rauschen schützt vor Handy-Strahlung? Eine Arbeitsgruppe der Universität Hangzhou (China) hat in letzter Zeit mehrere Arbeiten zu genetischen Einflüssen von GSM-Feldern auf Epithelzellen der menschlichen Linse und den Einfluss von magnetischem Rauschen publiziert (Schweizer sXc-1800- System, 1,8 GHz, 217 Hz gepulst, SAR=1, 2, 3, 4 W/kg, Expositionsdauer 24 Stunden). Sehr verwunderlich sind dabei zwei Resultate: einmal die signifikanten Veränderungen der DNA, nachgewiesen durch den alkalischen Comet-Test bei 3 und 4 W/kg, und zum anderen der klare Schutz vor diesem Effekt durch eine zusätzliche Exposition der Zellen mit einem verrauschten Magnetfeld von 30 - 90 Hz und einer Intensität von 2 Mikrottesla (Induktionsspule außerhalb des sXc-1800- Systems). Aus Fluoreszenz-Messungen schließen die Autoren bei den starken SAR-Werten auch auf einen Anstieg der reaktiven Sauerstoffradikale (ROS), der ebenfalls durch das magnetische Rauschen verschwindet, und den sie für die Ursache der genetischen Veränderungen halten. Die Autoren sehen in ihren Messungen eine Bestätigung der Hypothese von Litovitz et al. (1994). Die beiden Publikationen von 2008 enthalten zum Teil Abbildungen, die offenbar auf den gleichen Daten basieren, allerdings zum Teil ungenau gezeichnet sind, so dass die Bezugs-Werte nicht bei 1,0 (wie in Fig. 2 in Mol. Vision) sondern etwa bei 0,9 liegen (in Fig. 1 in Ophthalmol Vis Sci.). Eine Verblindung der Experimente ist in den Publikationen nicht erwähnt. Die Effekte seien „nicht-thermisch“; da die Temperaturänderungen in den Petrischalen entsprechend den SAR-Werten nur 0.027 °C, 0.054 °C, 0.081 °C, und 0.108 °C betrügen (keine Angaben über die Methode dieser genauen Messungen). Schlussfolgerungen werden gezogen auf mögliche Augenschäden durch den Handy-Gebrauch. Rauschende Magnetfelder werden als Schutz vorgeschlagen.

Yao, K.; Wu, W.; Yu, Y.; Zeng, Q.; He, J.; Lu, D.; and Wang, K.: *Effect of superposed electromagnetic noise on DNA damage of lens epithelial cells induced by microwave radiation. Ophthalmol. Vis. Sci.* **49** (2008) 2009-15.

Yao, K.; Wu, W.; Wang, K.; Ni, S.; Ye, P.; Yu, Y.; and Ye, J.: *Electromagnetic noise inhibits radio-frequency radiation-induced DNA damage and reactive oxygen species increase in human lens epithelial cells. Mol. Vision* **14** (2008) 964-969

Xie L et al.: *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi.* **24** (2006) 461

Zeng, Q. L. et al. *Bioelectromagnetics* **27** (2006) 274

Litovitz, TA. et al. *Bioelectromagnetics* **15** (1994) 105

Chromosomenmutationen in menschlichen Lymphozyten bei Exposition in vitro?

Bereits 2003 hat eine Arbeitsgruppe um Rafi Korenstein (Tel Aviv Universität) über Veränderungen der Anzahl (Aneuploidie) des Chromosoms Nr. 17 in Lymphozyten menschlicher Probanden berichtet (Mashevich et al 2003, siehe: Neues aus der Wissenschaft 2/2003). Diese Ergebnisse wurden angezweifelt und methodische



Fehler nach einem Laborbesuch konstatiert (Chou und Swicord 2003). Mit einer verbesserten Applikationseinrichtung wiederholte und bestätigte nun, 5 Jahre später, die gleiche Gruppe diese Versuche. Es geht um die Exposition von Blutproben von 10 jungen Männern in einem Wellenleiter-System (72 Stunden, 800 MHz, SAR = 2.9 und 4.1 W/kg). Auch in vivo kommen spontane Änderungen des Chromosomengehaltes vor, bedingt durch Fehler im Spindelapparat während der Teilung, und so streuen auch die Werte der Kontroll-Proben individuell beträchtlich. Bei den exponierten Proben stieg der Wert jedoch im Vergleich zu den Kontrollen auf das 1,7 bis 1,8 fache ($p < 0,05$) bezogen auf die Chromosomen 1, 10 und 17. Der Effekt war bei erhöhter Dosis zum Teil stärker, zum Teil schwächer. Da sich die Proben bei diesen SAR-Werten um einige Grad erwärmen, wurde der Brutschrank auf 33 ° eingestellt, um in den Proben 37 ° zu gewährleisten. Da keine entsprechenden Effekte bei unexponierten Proben bei Temperaturen zwischen 33 und 40 ° festgestellt werden konnten, halten die Autoren die Feldeffekte für „nicht-thermisch“. Die von den Kritikern erhobenen Vorwürfe unkontrollierter Erwärmungen und problematischer Dosimetrie in dem dünnen Blutsediment am Boden der Proberöhrchen sind auch hier nicht wegzuwischen, obgleich die Dosimetrie verbessert wurde. Die Ergebnisse sind wegen der extremen Streuungen statistisch unsicher, um so mehr, als die Experimente nicht verblindet durchgeführt wurden. Letzteres wiegt um so mehr, als die Autoren mitteilen, dass man sich auf die automatisierte Auswertung nicht verlassen könne, vielmehr „subjective skipping performed by a trained observer“ erforderlich seien. Bezeichnend ist auch, dass die Experimente in den vergangenen 5 Jahren seit der ersten Publikation nicht extern reproduziert werden konnten.

Mazor, R.; Korenstein-Ilan, A.; Barbul, A.; Eshet, Y.; Shahadi, A.; Jerby, E., and Korenstein, R.: Increased levels of numerical chromosome aberrations after in vitro exposure of human peripheral blood lymphocytes to radiofrequency electromagnetic fields for 72 hours. Radiat. Res. 169 (2008)28-37.

Mashevich, M. et al. Bioelectromagnetics 24 (2003) 82

Chou, C. K. and Swicord, M. Bioelectromagnetics 24 (2003) 582

HF-Felder in der Gentherapie. Mitunter ist ein Blick über den Zaun instruktiv: Bei dem Bemühen um Transfektion von Genen in die Zelle nutzt man routinemäßig den Membrandurchbruch, hervorgerufen durch ultrakurze Pulse elektrischer Felder oder Ultraschall. Geht dies auch mit 6 – 12-fach wiederholten 5 s Pulsen von 2,45 GHz? Gentechniker nutzten dazu einen Mikrowellenofen (MARS 5 System, CEM, USA) mit Ausgangsleistungen von 240 - 600 W. Die Zellproben (Kulturen von Myoblasten) erwärmen sich dadurch bis auf 40 ° und nehmen dabei Oligonukleotide und Plasmid-DNA auf. Hinterher ist die Überlebensrate, gemessen an der ATPase-Aktivität, noch etwa 85 % - eine gute Ausbeute, wie die Genetiker meinen. Ob der Effekt thermisch oder nicht-thermisch hervorgerufen wird, ist noch unklar. Bei diesen extremen Intensitäten ist ein direkter Angriff des Feldes an den Molekülen durchaus denkbar. - Bezüglich des Zaunes: auch für die Gentechniker wäre es nützlich, einmal die Erkenntnisse der Umweltschützer anzuschauen anstatt ihre Vorstellungen auf Jahrzehnte alte Vorstellungen zu stützen!

Doran, T. J., Lu, P. J., Vanier, G. S., Collins, M. J., Wu, B., and Lu, Q. L.: Microwave irradiation enhances gene and oligonucleotide delivery and induces effective exon skipping in myoblasts. Gene Therapy (2009) 16, 119-126.

Über Doppelstrangbrüche und Frequenzfenster. Die schwedisch-russische Gruppe um Igor Belyaev hat offenbar etwas mühsam (eineinhalb Jahre von Manuskripteingang bis zur Annahme) eine ziemlich konfus zu lesende Arbeit mit sehr selektiv gewählten Literaturzitaten publiziert. Man untersuchte Lymphozyten aus Blutproben von 5 gesunden Spendern und ebensoviel von solchen, die sich als hypersensibel gegenüber Feldern bezeichneten. Jede Exposition und Scheinexposition enthielt jeweils eine Probe beider Personengruppen. (Woher wusste man das, da doch wie behauptet alles doppelt verblindet war?) Die Exposition erfolgte während einer Stunde in TEM-Zellen, gespeist von einem Mobil-Telefon in GSM (905 MHz und 915 MHz) sowie UMTS (1947,4 MHz)- Modus. Die SAR-Werte wurden je nach Lokalisation als zwischen 15 und 145 mW/kg errechnet. Als Positivkontrolle für Stressreaktionen diente eine Exposition der Proben bei 41,8 Grad, für genotoxische Effekte hingegen eine Bestrahlung mit 3 Gy (137-Cs). Chromatin-Konformationen untersuchte man wieder mit der allseitig umstrittenen Methode der „Anomalous viscosity time dependencies (AVTD) (man spricht von großen individuellen Schwankungen, deren Ursachen nachzugehen aber angeblich nicht Aufgabe dieser Untersuchung sei!). Zum Nachweis von Reparaturorten von DNA-Doppelbrüchen dienten fluoreszierende Antikörper der Proteine γ -H2AX und 53BP1. Die Resultate dieser Arbeit sind verwunderlich, widersprechen sie doch allen bisherigen Untersuchungen, ein Umstand, den die Autoren trotz wortreicher Einleitung und Diskussion allerdings nicht erwähnen: So sollen diese schwachen Felder langfristig (72 Stunden) die Konformation von Chromatin-Bestandteilen verändern, die für die Reparatur von Doppelstrangbrüchen (woher? spontan?) verantwortlich sind. Dies trifft allerdings nur für UMTS und GSM-915 MHz, nicht jedoch für GSM-905 MHz zu (scharfes Frequenzfenster!). Jenen wird daher ein höheres Gesundheitsrisiko zugeschrieben. Keine signifikante Differenz gäbe es zwischen den Effekten gesunder und hypersensitiver Personen außer bei UMTS und GSM 915 MHz (Was heißt „außer“? GSM-905 MHz soll doch angeblich überhaupt unwirksam sein!). Dem Referent sei erspart zu versuchen, aus diesem ebenso wortreichen wie verwirrenden Text weitere Schlussfolgerungen zu ziehen. Den „Bioelectromagnetics“ gereicht diese Publikation jedenfalls nicht zur Ehre!

Belyaev, I. Y.; Markova, E.; Hillert, L.; Malmgren, L. O. G., and Persson, B. R. R.: Microwaves from UMTS/GSM mobile phones induce long-lasting inhibition of 53BP1/Gamma-H2AX DNA repair foci in human lymphocytes. Bioelectromagnetics (2009) 30, 129-141.

Auch nach extremer Exposition von Haarzellen des Innenohrs und Jurkat-Lymphozyten keine Effekte nachweisbar. In zwei Publikationen berichtet eine koreanische Arbeitsgruppe von Experimenten an Zellkulturen unter dem Einfluss eines CDMA-Signals von 1763 MHz. Es wurde nach folgenden möglichen Einflüssen gesucht: Zellzyklus, DNA-Schäden (Comet-Assay), Muster der Genexpression, Hitzeschockproteine. Die Jurkat-Zellen exponierte man in Petrischalen mit SAR-Werten von 2 bzw. 10 W/kg (37 ° C) im Verlaufe von 1, 2 oder 3 Tagen jeweils eine Stunde pro Tag. Die Haarzellen der Maus, in gleichen Petrischalen, waren weit stärkerer Exposition ausgesetzt: 24 beziehungsweise 48 Stunden mit einem SAR-Wert von 20 W/kg. Trotzdem konnte durch Wasserkühlung die Temperatur bei diesen Experimenten bei 33 Grad gehalten werden. In keinem Fall zeigten die gemessenen Parameter feldbedingte Abweichungen. Bei den Haarzellen fand man lediglich bei

Einfluss auf Zellen
und Gewebe

29, das heißt 0,09 % aller untersuchter Gene eine Expression, deren Intensität um das 1,5-fache von der Kontrolle abwich; einige nach oben, einige nach unten. Auch bei den Jurkat-Zellen waren diese Abweichungen minimal. Dies, so die Autoren, liege im Bereich falsch-positiver Fehler.

Huang, T. Q.; Lee, M. S.; Oh, E.; Zhang, B. T.; Seo, J. S.; Park, W. Y.: *Molecular responses of Jurkat T-cells to 1763 Mhz radiofrequency radiation. Intern. J. Radiat. Biol. (2008) 84, 734-741.*

Huang, T. Q.; Lee, M. S.; Oh, E. H.; Kalinec, F.; Zhang, B. T.; Seo, J. S.; Park, W. Y.: *Characterization of biological effect of 1763 Mhz radiofrequency exposure on auditory hair cells. Intern. J. Radiat. Biol. (2008) 84, 909-915*

Expression von Hitzeschockproteinen (HSP) in menschlichen Trophoblasten?

Bereits in einer ersten Publikation berichtete eine italienische Arbeitsgruppe über Versuche mit einer Kultur transformierter menschlicher Trophoblasten (HTR-8/SVneo); das sind embryonale Zellen, die für die Einbettung des Eies in die Gebärmutterwand verantwortlich sind. Die Autoren halten diese Zellen, die sich offenbar wie unmodifizierte Trophoblasten verhalten, für besonders geeignet, Einflüsse auf das embryonale Wachstum anzuzeigen. Zunächst konnte keine Veränderung des Gens zur Expression von HSP70 nach einstündiger Exposition in GSM-gepulsten 1,8 GHz-Signalen (Zeitmittel: 2 W/kg) gefunden werden. In einer zweiten Publikation berichten die Autoren über die Fortsetzung dieser Untersuchungen mit zeitlicher Ausdehnung der Exposition bis 24 Stunden und der Anwendung anderer Arten der Modulation des Signals, inklusive unmodulierter Felder. Auch diesmal konnte im Gegensatz zu den auf 43 Grad erwärmten Positivkontrollen keine Veränderung der Hitzeschockproteine gefunden werden. Allerdings zeichnete sich nach 24 stündiger Exposition mit einem GSM-gepulsten Signal (nur dabei!) eine signifikante Erhöhung des HSP70-Transcriptes ab ($p < 0,05$). Der Interpretation der Autorinnen, wonach dieser Befund zeige, dass nicht das HF-Signal den Effekt hervorrufe, sondern das demodulierte NF-Signal des Pulses, kann man nicht beipflichten. Dies würde nämlich einen physikalischen Mechanismus der Demodulation voraussetzen, der in biologischen Systemen nie beobachtet wurde. Die Realität des Effektes vorausgesetzt, ließe er sich nur erklären durch eine biophysikalische Wirkung der HF-Komponente, die periodisch in einen hypothetischen biologischen Zyklus eingreift - eine Art biologische Demodulation.

Franzellitti, S.; Valbonesi, P.; Contin, A.; Biondi, C.; Fabbri, E.: *HSP70 expression in human trophoblast cells exposed to different 1.8 GHz mobile phone signals. Radiat. Res. (2008) 170 488-497.*

Valbonesi, et al. P.: *Radiat. Res. (2008) 169, 270-279.*

Einfluss gepulster HF-Felder auf die Mitosehäufigkeit in Zwiebelwurzeln. Eine Arbeitsgruppe der Universität Zagreb verwendete das Wurzelwachstum von Zwiebeln (*Allium cepa*) als Indikator für mögliche Wirkungen hochfrequenter Felder, nachdem sie bereits zuvor über einen Einfluss auf das Wachstum der Wasserlinse (*Lemna minor*) berichtete. In beiden Fällen werden die Objekte mit 400 MHz und 900 MHz in einer selbst entwickelten TEM-Zelle exponiert, wobei die Intensität der jeweils zweistündigen Exposition als Feldstärke angegeben wird (41 - 120 V/m). In beiden Fällen treten die Effekte nur bei den höchsten Feldstärken sowie bei mo-

dulierten Feldern (1 kHz AM-Sinus) auf. Während bei Lemna ein Einfluss auf das Wachstum ermittelt wurde, ändert sich das Wachstum der Zwiebelwurzeln nicht, wohl aber in den Experimenten mit maximaler Exposition und Modulation die Mitosehäufigkeit. Die Effekte sind gering ($p < 0,5$) und die Versuche nicht verblindet, was bei den subjektiven Ermittlungen der Mitosehäufigkeit etwas problematisch ist. Aus Temperaturmessungen in den Proben nach der Exposition schließen die Autoren auf nicht-thermische Effekte.

Tkalec M, Malaric' K, Pavlica M, Pevalek-Kozlina B, and Vidakovic'-Cifrek Z. Effects of radio-frequency electromagnetic fields on seed germination and root meristematic cells of Allium cepa L. Mutat Res. 2008; Nov.

Dieselben: Bioelectromagnetics 2005; 26: 185-193.

Apoptose durch HF-Felder stimuliert, aber nicht realisiert? Da man trotz gegenteiliger Befunde immer wieder diskutiert, ob die Felder des Mobilfunks Apoptose, den geregelten Abbau von Zellen, beeinflussen, hat sich ein italienisches Team wieder einmal dieser Frage gewidmet. Caspase 3 gilt als wichtiges Element in der zellulären Signalkette, die zu Apoptose führt. Deshalb wurde dieses Enzym gemessen, neben dem direkten Nachweis von abgestorbenen Zellen und der Bestimmung der Zellproliferation. Menschliche T-Lymphozyten und auch Lymphozyten-Kulturen (Jurkat-Zellen) exponierte man 1, 3 und 6 Stunden in einem 900 MHz GSM-modulierten Feld (mittl. SAR = 1,35 W/kg). Ein kleiner (verglichen mit der Positiv-Kontrolle), statistisch mit $p < 0,05$ signifikanter, Anstieg der Caspase 3 Aktivität konnte in den sich teilenden Jurkat-Zellen und in mitogen aktivierten, nicht aber in ruhenden Lymphozyten nachgewiesen werden. Dieses Signal reicht jedoch offenbar nicht aus, Apoptose auszulösen oder den Zellzyklus zu beeinflussen. War es zu schwach, oder handelte es sich doch wieder um einen Artefakt? Das Argument, man hätte die Intensität der Exposition nicht erhöht, weil man dann zu weit aus dem Bereich der Grenzwerte gekommen sei, ist unverständlich. Um einen Effekt zu erhärten, wäre gerade eine Dosiswirkungskurve erforderlich. So hat man wieder ein Fragezeichen mehr produziert, aber nichts zur Lösung beigetragen.

Palumbo, R.; Brescia, F.; Capasso, D.; Sannino, A.; Sarti, M.; Capri, M.; Grassilli, E.; Scarfi, M. R: Exposure to 900 MHz radiofrequency radiation induces caspase 3 activation in proliferating human lymphocytes. Radiat. Res. 170 (2008) 327-334.

Kein Einfluss von GSM-Feld auf die Bildung von Lymphozyten im Knochenmark.

Eine italienische Gruppe um Claudio Pioli hatte bereits 2003 und 2006 über Experimente berichtet, die zeigten, dass auch nach mehrwöchiger Exposition von Mäusen durch ein GSM-Feld keine Veränderung der Lymphozyten-Eigenschaften nachweisbar ist (siehe: Neues aus der Wissenschaft: 2/2004 und 4/2006). Weiterführend untersuchten diese Autoren jetzt, ob nicht vielleicht die Biogenese dieser Zellen in vivo durch diese Felder gestört würde. Sie nutzten dazu eine indirekte Methode: 9 Gy einer Gamma-Strahlung ist für Mäuse zu 100 % letal. Durch Knochenmarks-Transplantation können sie jedoch überleben. Es zeigt sich nun, dass Knochenmark von Mäusen, die durch 900 MHz GSM-gepulste Felder exponiert waren (SAR 2 W/kg, 2 h/d, 5 d/Woche, 4 Wochen) bei dieser Strahlentherapie ebenso wirksam ist wie jenes von Kontrolltieren mit Scheinbefeldung. Auch die mitogen induzierte Proliferation der isolierten Thymozyten zeigte keine Veränderung.

Prisco, M. G.; Nasta, F.; Rosado, M. M.; Lovisolo, G. A.; Marino, C.; Pioli, C.: *Effects of GSM-modulated radiofrequency electromagnetic fields on mouse bone marrow cells. Radiat. Res* (2008) **170**, 803-810.

Gatta, L. et al.: *Radiat. Res.* (2003) **160**, 600.

Nasta, F et al.: *Radiat. Res.* (2006) **165**, 664.

ROS und DNA-Effekte bei 5 W/kg CW-Feld? Ausgehend von dem Umstand, dass man wohl bisher ziemlich übereinstimmend unterhalb der 2 W/kg-Grenze keine Effekte gefunden hätte, wohingegen die Daten bei höheren SAR-Werten „inkonsistent“ seien, führte die finnische Arbeitsgruppe aus Kuopio entsprechende Experimente an einem Stamm menschlicher Neuroblastoma-Zellen (SH-SY5Y) durch. Im Mittelpunkt stand die Frage, ob der Effekt von Menadion, nämlich die Erhöhung der Konzentration reaktiver Sauerstoffradikale (ROS), und die daraus resultierenden DNA-Schäden, durch zusätzliche Exposition mit 872 MHz Feldern (5 W/kg, 1 Stunde), GSM-gepulst oder un gepulst (CW), verstärkt wird. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass dies wohl durch CW, nicht jedoch durch GSM erfolgt. Allerdings sind Zweifel sowohl an den ROS-Resultaten als auch an den Ergebnissen des Comet-Assay angebracht. Die Kurve der ROS-Konzentration in den Zellen (Fig. 1) 0 - 60 Minuten nach der Exposition ist bei Menadion + CW nur wenig ($p < 0,05$), und dann auch noch genau parallel verschoben. Das Misstrauen wächst, wenn man sich die Resultate des Comet-Assay ansieht (Tab. 1). Hier sind schon die Kontroll-Werte bei den GSM-Versuchen (Menadin ohne Feld) um mehr als das Dreifache höher als bei den entsprechenden Kontrollen der CW-Experimente. Wenn auch der Anstieg der Werte nach CW-Exposition dann als signifikant ($p < 0,01$) bewertet wird, so ist er doch letztlich wesentlich geringer als bereits die Differenz der Kontrollen beider Versuchsansätze. Die Autoren erklären dies durch biologische Variation von Tag zu Tag und „differences in experimental conditions“. Was stimmt also dann? Schlussfolgernd heißt es dann, selbst wenn der Anstieg der DNA-Schädigung durch CW-RF ein echter Effekt wäre, so sei seine biologische Relevanz unklar.

Luukkonen J, Hakulinen P, Mäki-Paakkanen J, Juutilainen J, and Naarala J: Enhancement of chemically induced reactive oxygen species production and DNA damage in human SH-SY5Y neuroblastoma cells by 872MHz radiofrequency radiation. Mutat Res. 2008; online: 24 December 2008

Unterschiedliche Ergebnisse aus der gleichen Gruppe: In einer weiteren Publikation dieser Gruppe werden mit der gleichen Expositionseinrichtung (872 MHz, 5 W/kg, 1 Stunde) außer den oben genannten Neuroblastoma Zellen (SH-SY5Y) noch Maus-Fibroblasten (L929) untersucht. Neben dem Zusatz von Menadion wurde hier noch Tert-butylhydroperoxide (t-BOOH) eingesetzt, ein Wirkstoff, der erwiesenermaßen die Lipidperoxydation fördert. Es konnte weder ein Einfluss der Felder in verschiedenen Kombinationen auf Apoptose noch auf Proliferation gefunden werden. Auch kein Einfluss auf die ROS-Erhöhung durch Menadion (im Gegensatz zu oben!). Die einzigen signifikanten Veränderungen sind eine leichte weitere Erhöhung der Lipid-Peroxydation in Neuroblastoma-Zellen nach t-BOOH-Behandlung und ein geringer zusätzlicher Anstieg der Caspase-3-Aktivität durch die Exposition nach Einfluss von Menadion. Beides tritt jedoch im Gegensatz zur vorausgegan-

nen Publikation nur bei GSM, nicht bei ungeladenen Feldern auf. Die Autoren rechnen die Unterschiede dem verschiedenen Verhalten der verwendeten Zell-Linien zu und methodischen Problemen (Möglichkeiten eines Temperatureinflusses werden diesmal nicht diskutiert!). Bezeichnend der Satz: „The positive findings may be due to chance, but they may also reflect effects that occur only in cells sensitized by chemical stress.“

Hoyto, A.; Luukkonen, J.; Juutilainen, J., and Naarala, J. : Proliferation, oxidative stress and cell death in cells exposed to 872 Mhz radiofrequency radiation and oxidants: Radiat. Res. (2008) 170, 235-243.

Einfluss starker GSM-Felder auf das Rattenhirn. Zur Klärung dieses Sachverhalts wurden Ratten im Verlaufe von 7 Tagen im Nahfeld einer Rahmenantenne gezielt am Kopf exponiert (900 MHz, GSM-Signal). Neben je 6 Tiere umfassenden Käfig-Kontrollen und Scheinexpositionen wurde eine Gruppe während 15 Minuten/Tag mit 6 W/kg, eine andere 45 Minuten/Tag mit 1,5 W/kg exponiert. Als Indikator für Stoffwechselaktivität des Gehirns bestimmte man histochemisch in verschiedenen Hirnregionen die Aktivität des Enzyms Cytochrom-c-Oxidase. Nur im Falle der 6 W/kg-Exposition konnte eine signifikante Verminderung der Enzym-Aktivität nachgewiesen werden. Der Mechanismus ist unklar. Die Autoren betonen, dass durch die Inhomogenität des Feldes eine lokale Oberflächen-Exposition bis 12 W/kg möglich sei. Dadurch, und wegen anatomischer Unterschiede, sind diese Ergebnisse nicht unmittelbar auf den Menschen übertragbar.

Ammari, M.; Lecomte, A.; Sakly, M.; Abdelmelek, H.; de Seze, R.: Exposure to GSM 900MHz electromagnetic fields affects cerebral cytochrome C oxidase activity. Toxicology. (2008) 250, 70-74.

Einfluss pränataler Exposition auf das Gehirn der Jungtiere? Eine türkische Arbeitsgruppe exponierte drei trächtige Ratten täglich eine Stunde mit 900 MHz (mittlere SAR 2 W/kg, Kopf in Richtung Antenne und 1 cm davon entfernt) und untersuchte dann histologisch den Gyrus dentatus, einen Teil des Hippocampus, der 4 Wochen alten Jungtiere (6 von 9 Tieren des Wurfes). Als Kontrolle verwendete man 5 Tiere von 3 Kontroll-Müttern, wobei allerdings nicht angegeben ist, ob es sich dabei um Käfigkontrollen oder um scheinexponierte Tiere handelt, also solche, die ebenfalls in die entsprechenden Plastikröhrchen der Expositionseinrichtung eingebracht wurden. Auch gibt es keinen Hinweis auf eine Verblindung des Experiments. Mit einer statistischen Sicherheit von $p < 0,01$ zeigen die Tiere exponierter Mütter eine geringere Anzahl der dort typischen ovoiden Körnerzellen. Die Autoren beziehen sich in der Diskussion auf Mausset-Bonnefont et al., 2004, der allerdings mit 6 W/kg wahrscheinlich thermische Effekte erzielt hat (siehe Neues aus der Wissenschaft 2/2005) und Salford 2003 (siehe Neues aus der Wissenschaft 3/2003). und blenden Publikationen mit gegenteiligen Resultaten aus.

Odaci, E., Bas, O., and Kaplan, S.: Effects of prenatal exposure to a 900 megahertz electromagnetic field on the dentate gyrus of rats: a stereological and histopathological study. Brain Res. 1238 (2008) 224 - 229

Mausset Bonnefont, et al.: Neurobiology of Disease 17 (2004) 445

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

Gravierende Einflüsse der Mobilfunktechnologie auf das Tierleben. Zu diesem Schluss kommt jedenfalls ein spanischer Naturschützer als Resultat eigener Beobachtungen und einer umfangreichen (111 Zitate!) Literaturrecherche. Einwirkungen auf Vögel, Säugetiere, Amphibien und Insekten werden behandelt. Der Autor verlangt Konsequenzen bei der Errichtung von Basisstationen in Naturschutzgebieten und in der Nähe von Lebensräumen geschützter Tiere. Betrachtet man die Argumente genauer, so bekommt man allerdings erhebliche Zweifel an der Ernsthaftigkeit dieser Schlussfolgerung. Die vom Autor selbst festgestellte Verminderung der Anzahl der Jungen im Storchennest und bei erhöhter lokaler Feldstärke (Regressionskoeffizient 0,56!) ist zwar statistisch kaum haltbar, aber immerhin als Zusammenhang noch diskutabel. Schwieriger wird es, wenn Korrelationen ohne schlüssigen Zusammenhang postuliert werden, zum Beispiel der Rückgang der Population von Haussperlingen oder Änderungen des Vogelgefieders in Korrelation zum Anstieg der Mobilfunk-Aktivität (Erinnert sei an den Zusammenhang zwischen sinkender Storch-Häufigkeit und Baby-Nachwuchs). Weiter beruft sich der Autor auf mehr oder weniger seriöse Tierversuche ohne Rücksicht auf Qualität und Quantität der Exposition. Unkritisch werden verschiedene Tierexperimente mit Nieder- und Hochfrequenz, mit Magnetpulsen als Beweis für ökologische Störungen durch Basisstationen herangezogen, und angeblich nachgewiesene Immunschwäche, Verhaltensstörungen, embryonale Degenerationen etc. als Ursache ausgemacht. Teilweise werden nicht immer nachvollziehbare, zum Teil recht zweifelhafte Quellen aus der Grauzone der Wissenschaft zitiert. Selbst wenn man die irreführenden genetischen Befunde des Reflex-Programms ernst nehmen würde, könnten sie doch wohl kaum herhalten, um Degenerationen im Ökosystem, verursacht durch Basisstationen, zu erklären. Gleiches gilt für die Salford'schen Vorstellungen zur Bluthirnschranke.

Balmori, A.: Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife. Pathophysiology. online, angenommen: 30. Januar 2009

Wirkt die Erkenntnis eines Negativ-Tests auf das Verhalten vermeintlich „Elektrosensibler“ zurück? Vor zwei Jahren berichteten Rubin et al. vom King's College London über einen Doppelblind-Provokations-Test an 69 Personen, die angaben, spätestens 20 Minuten nach Nutzung eines GSM-Handys unter Kopfschmerzen oder ähnlichen Beschwerden zu leiden. Tatsächlich stellte sich dies als Nocebo-Effekt heraus; bei keinem der Teilnehmer konnte ein Zusammenhang der Beschwerden mit der Exposition festgestellt werden. 58 davon nahmen ein halbes Jahr danach an einem neuen Test teil, der ebenfalls negativ ausfiel. Die Autoren analysieren nun, wie diese Ergebnisse möglicherweise rückwirkend die Teilnehmer beeinflussten. Obgleich einige davon tatsächlich schlussfolgerten, dass ihr Problem psychologische Gründe haben könnte, zeigten 61 % der Probanden keine Einsicht. Als Argumente galten: Zweifel an der verwendeten Technik, Zweifel an der Wissenschaft allgemein, Annahme eines Betrugs im Interesse der Mobilfunkindustrie, verfestigter Glaube an schädliche Effekten generell. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass eine Gegenüberstellung der Patienten mit den Negativbefunden der Tests nicht ausreicht, um einen Heilungs- oder Umdenkungsprozess einzuleiten.

*Nieto-Hernandez R, Rubin GJ, Cleare AJ, Weinman JA, and Wessely S: Can evidence change belief? Reported mobile phone sensitivity following individual feedback of an inability to discriminate active from sham signals. J. Psychosom. Res. 65 (2008) 453-460.
Rubin et al.: British Med. J. 332 (2006) 886 (s.: Neues aus der Wiss. 3, 2006)*

Mobilfunk und Orientierungsgedächtnis: Immer wieder tauchen Befunde auf, wonach die Felder eines Handys verschiedene neuronale Effekte hervorrufen könnten. Im Doppelblindversuch werden 42 Versuchspersonen durch eine kopfnahere Antenne exponiert, die ein GSM-ähnliches Signal emittiert (884 MHz, 1,4 W/kg, Dauer: 3 Stunden). 23 von diesen Probanden stufen sich selbst als „symptomatisch“ ein, d.h. sie geben an, eine Empfindlichkeit gegenüber HF-Feldern zu besitzen. Als Test für das Orientierungsgedächtnis wurde die Computersimulation eines für Tierversuche erprobten Schwimmtests verwendet (Morris Water Maze). Im Realfall wird getestet, wie schnell eine Ratte lernt, in einem runden Teich mit trübem Wasser eine dicht unter der Oberfläche befindliche Plattform zu erreichen und sich diesen Ort, orientiert an Umgebungsmarken, zu merken. Dieses, nun auf einem Bildschirm simulierte Geschehen eignet sich wohl auch zum Test für den menschlichen Orientierungssinn. Es zeigt sich, dass die Gruppe der „Symptomatischen“, und nur diese, im Durchschnitt über eine etwas schnellere Lernfähigkeit verfügt, wenn sie exponiert ist, im Vergleich zur Scheinexposition. Der Unterschied ist gering und, wie die Autoren betonen, unter Umständen auch durch die unterschiedliche Zusammensetzung der Gruppen bedingt (geschlechts- und altersbezogen). Wiederholungen seien nötig. In keinem Fall könne jedoch von einer schädigenden Wirkung des Feldes gesprochen werden.

*Wiholm, C.; Lowden, A.; Kuster, N.; Hillert, L.; Arnetz, B. B.; Akerstedt, T.; and Moffat, S. D.: Mobile phone exposure and spatial memory. *Bioelectromagnetics* (2009) **30**, 59-65*

Rechtfertigen Unterschiede in den dielektrischen Eigenschaften kindlicher Gewebe die Schlussfolgerung erhöhter Expositionsgefahr? Zur Beantwortung dieser Frage wurden Impedanzmessungen an Geweben von Schweinen unterschiedlichen Alters vorgenommen. Man betrachtet ein 10 kg schweres, 30 Tage altes Schwein als Modell für ein 1-4 jähriges Kind, ein 100 Tage altes, 50 kg schweres entsprechend einem 11-13 jährigen, und ein solches mit 250 kg letztlich als Modell für einen erwachsenen Menschen. Diese Vergleiche wurden in Bezug auf Knochenverkalkung, Wassergehalt, Sexualverhalten und Körperproportionen gezogen. Die Messungen erfolgten an frischem Gewebe von insgesamt 22 Tieren im Frequenzbereich von 50 MHz bis 20 GHz. Von den 16 anatomisch unterschiedlichen Gewebeproben zeigte das Knochenmark mit 80 – 90 % den deutlichsten Altersabfall sowohl bezüglich der Permittivität als auch der Konduktivität. Für den Frequenzbereich von Walkie-Talkies (446 MHz) wurden auf der Basis dieser Daten dosimetrische Berechnungen an Modellen kindlicher Köpfe vorgenommen, wobei man verschiedene Haltungen des Gerätes berücksichtigte. Prinzipiell kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die gemessenen Werte und ihre Streuungen zu klein sind, um signifikante Altersunterschiede der Exposition von Kindern bei Verwendung von Geräten des Mobilfunks daraus abzuleiten.

*Peyman, A.; Gabriel, C.; Grant, E H; Vermeeren, G.; Martens, L: Variation of the dielectric properties of tissues with age: the effect on the values of SAR in children when exposed to walkie-talkie devices. *Phys. Med. Biol* **54** (2009) 227-241.*

Besonderheiten der
Exposition von Kindern

Erstmals eine epidemiologische Erhebung mit Dosimetrie. In einer bayrischen Studie wurde erstmals untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen der Befindlichkeit sowie akuten und chronischen Erkrankungen einerseits und realer Exposition durch Felder des Mobilfunks gibt. Zu diesem Zweck wurden an die Probanden Dosimeter verteilt (ESM-140 Maschek Electronics) die im Verlaufe von 24 Stunden tags am Oberarm zu tragen waren und nachts neben dem Bett lagen (letzteres wurde nicht voll gewertet wegen möglicher Fehlmessungen durch Richtungseffekt). Die erste Untersuchung (Januar 2005 bis August 2006) bezog 329 Erwachsene (18 bis 65 jähig), die zweite (Februar 2006 bis Dezember 2007) 1.498 Kinder (8 bis 12 jähig) und 1.524 Jugendliche (13 bis 17 jähig) ein. In persönlichem Gespräch wurden neben gesundheitlichen auch soziodemographische Daten erfasst. Auch nach subjektiver Einschätzung der Telefoniergewohnheiten sowie der Entfernung des Wohnortes zum nächsten Sendemast wurde gefragt. Die Messungen ergaben eine Exposition, die im zeitlichen Mittel zwischen 0,13 % und 0,92 % der Grenzwerte lag. Damit wurde erstmals die tatsächliche Exposition, inklusive Mobil- und DECT-Telefon, durch eigene Nutzung sowie durch benachbarte Quellen direkt erfasst. Es konnte kein Zusammenhang zwischen Exposition und genannten Befindlichkeiten oder Krankheiten gefunden werden. In den Publikationen werden Fehlermöglichkeiten technischer und epidemiologischer Art diskutiert. Hauptsächlich betrifft dies den Umstand, dass sich je nach Altersgruppe nur 40 % bis 76 % der stochastisch Ausgewählten an der Untersuchung beteiligten. Allerdings waren dies hauptsächlich Personen, die Befürchtungen möglicher Einwirkungen hegten.

Thomas, S.; Kuhnlein, A.; Heinrich, S.; Praml, G.; Nowak, D.; Von Kries, R.; Radon, K.: Personal exposure to mobile phone frequencies and well-being in adults. A cross-sectional study based on dosimetry. Bioelectromagnetics (2008) 29, 463-470.

Thomas, S.; Kuhnlein, A.; Heinrich, S.; Praml, G.; Von Kries, R.; Radon K.: Exposure to mobile telecommunication networks assessed using personal dosimetry and well-being in children and adolescents: the German MobilEe-study. Environ Health (2008) 7, 54.

Korrektur der früheren Studie zu Augenkrebs-Induktion durch Handy-Nutzung:

In einer krankenhausbezogenen Studie wurde 2001 ein Zusammenhang zwischen häufiger Handy-Nutzung und dem Auftreten einer seltenen Augenerkrankung (Uveal-Melanom) postuliert. Mängel dieser Studie wurden mehrfach aufgezeigt (geringe Fallzahlen, ungenaue Expositonswerte). Jetzt gibt es eine Wiederholungs-Untersuchung von den gleichen Autoren mit einer wesentlich höheren Anzahl von Fällen (459 statt 118). Auch der Fragebogen wurde verbessert. Das Resultat zeigte, dass die Befunde der früheren Studie nicht aufrechterhalten werden können. Es ist kein Zusammenhang zwischen Handy-Nutzung und dem Auftreten dieser Erkrankung zu erkennen.

Stang, A., Schmidt-Pokrzywniak, A., Lash, T. L., Lommatzsch, P. K., Taubert, G., Bornfeld, N., and Jöckel, K.-H.: Mobile phone use and risk of uveal melanoma: results of the risk factors for uveal melanoma case-control study. J Natl Cancer Inst 2009; 101: 120-123

Stang, A. et al: Epidemiology 2001; 12: 7-12