

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

# Neues aus der Wissenschaft

Als Nachweis möglicher genetischer Schäden durch Einflüsse von HF-Feldern wird häufig das Auftreten von Mikronuklei gewertet. 1999 hatte eine Gruppe um Hooke et al. während der BEMS-Tagung in Kalifornien in zwei Beiträgen über das Auftreten solcher Anomalien in menschlichen Blutzellen nach Befeldung *in vitro* berichtet. Im Kontext dieser Berichte präsentierten Vijayalaxmi et al. Experimente an Ratten, die über 24h einem relativ starken 2,45 GHz Feld (Ganzkörper-SAR=12 W/kg) ausgesetzt waren. Als Positivkontrolle diente die Behandlung mit dem Clastogen MMC. Trotz dieser intensiven Befeldung, die eine, wenn auch geringe, so doch messbare Erhöhung der Rektaltemperatur erzeugte, konnten keine Effekte gemessen werden. Die Autoren führen die Ergebnisse von Hooke et al. auf methodische Fehler zurück. Sie beklagen, dass diese Resultate nicht ausführlich in einer wissenschaftlichen Zeitschrift publiziert wurden und technische Details der Exposition und Auswertung mithin unbekannt sind (Vijayalaxmi, Pickard, W. F., Bisht, K. S., Prihoda, T. J., Meltz, M. L., LaRegina, M. C., Roti, J. L. R., Straube, W. L., and Moros, E. G.: Micronuclei in the peripheral blood and bone marrow cells of rats exposed to 2450 MHz radiofrequency radiation. Intern. J. Radiat. Biol. 77, 1109-1115. 2001).

D'Ambrosio und Mitarbeiter setzten Studien zu möglichen genotoxischen Effekten von HF-Feldern in Lymphozyten *in vitro* fort, die bereits 1995 - allerdings unter schlecht kontrollierten thermischen Bedingungen - zu Ergebnissen geführt hatten. In der vorliegenden Arbeit konnten die Autoren in Experimenten mit angemessener Temperierung darlegen, dass eine Exposition von Kulturen menschlicher Lymphozyten durch 1,748 GHz-Felder (15 Minuten, SAR:  $2,25 \pm 0,87$  W/kg) nur dann eine signifikante ( $p < 0,01$ ) Erhöhung der Zahl von Mikronuklei hervorruft (um 35%), wenn diese entsprechend der GSMK-Norm phasenmoduliert war. Unmodulierte Felder zeigten keinen Effekt. Die Autoren betonen jedoch, dass dieser Feldeffekt weit schwächer ausfällt als potentiell durch Mutagene oder durch ionisierende Strahlung hervorgerufene Effekte. Eine signifikante Veränderung der Teilungsrate der Lymphozyten konnte in keinem Fall beobachtet werden. (D'Ambrosio, G., Massa, R., Scarfi, M. R., and Zeni, O.: Cytogenetic damage in human lymphocytes following GSMK phase modulated microwave exposure. Bioelectromagnetics 23, 7-13. 2002).

In einer ersten Arbeit anschließend an umfangreiche Untersuchungen zu möglichen genetischen Schäden publizierte eine Arbeitsgruppe aus North Carolina über das Auftreten von DNA-Bruchstücken (alkaline single cell gel electrophoresis: SCG) und Mikronuklei (micronucleated binucleate: MN-BN) in menschlichen Lymphozytenkulturen, die 3 bzw. 24 Stunden lang kontinuierlichen modulierten Feldern von 837 MHz bzw. 1909,8 MHz mit Intensitäten bis zu 10 W/kg ausgesetzt waren. Als einziger deutlicher Effekt trat bei den extrem exponierten Zellen (24 Stunden, 10 W/kg) eine durchschnittlich vierfache Erhöhung der Anzahl von Mikronuklei auf. Dieser Effekt war unabhängig von Frequenz und Modulation. Bei 5 W/kg während 24 Stunden konnte eine signifikante Erhöhung nur bei Feldern analoger und digitaler TDMA-Technologie gefunden werden. Die biologische Relevanz des Befundes lassen die Autoren offen. Als Ursache schließen sie trotz guter thermischer Kontrolle lokale thermische Effekte nicht aus. (Tice, R. R., Hook, G. G., Donner, M., McRee, D. I., and Guy, A. W.: Genotoxicity of radiofrequency signals. I. Investigation of DNA damage and micronuclei induction in cultured human blood cells. Bioelectromagnetics 23, 113-126. 2002).

Pakhomov und Mitarbeiter gingen in einer weiteren Arbeit der Frage nach, ob ein Unterschied zwischen gepulster und kontinuierlicher HF-Strahlung besteht, wenn der mittlere SAR-Wert in beiden Fällen gleich ist. Zu diesem Zweck untersuchten sie die Zellteilungsrate von Hefezellen (*Saccaromyces cerevisiae*) unter dem Einfluss von 9,3 GHz Feldern. Die Zellen wurden in ein Agar-Gel eingebettet. Durch die begrenzte Eindringtiefe des Feldes ergab eine Auswertung des Effektes als Funktion des Abstandes von der Gel-Oberfläche gleichzeitig eine Dosisabhängigkeit. Der mittlere SAR-Wert betrug sowohl bei Bestrahlung mit ungepulsten als auch mit gepulsten Feldern 3,2k W/kg an der Oberfläche und sank am Boden der 24 mm dicken Probe auf 0,6 mW/kg. Trotz Kühlung der Gel-Säulen ergaben sich stationäre Temperaturerhöhungen von maximal 10°. Es konnte ferner nachgewiesen werden, dass nach 6 Stunden Befeldung die Änderung der Zellteilungsrate exakt der normalen Temperaturfunktion dieses Vorganges entspricht, die bei diesen Zellen ein Maximum bei 35° C aufweist, unabhängig davon, ob die Energie kontinuierlich oder in Pulsen von 0,5 µs (10 Pulse pro Sekunde) eingebracht wurde. Dieses Ergebnis ist um so erstaunlicher, als der Spitzen SAR-Wert in diesen Pulsen den Mittelwert um das 200.000fache überstieg. Lediglich in den Extremsituationen mit SAR-Spitzenwerten von 20 MW/kg konnten geringe Unterschiede zwischen gepulsten und ungepulsten Feldern gefunden werden. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass offenbar selbst bei den extrem hohen Intensitäten der Pulse keine athermischen Einflüsse auf das Zellwachstum wirksam werden. (Pakhomov, A. G., Gajsek, P., Allen, L., Stuck, B. E., and Murphy, M. R.: Comparison of dose dependences for bioeffects of continuous-wave and high-peak power microwave emissions using gel-suspended cell cultures. *Bioelectromagnetics* 23, 158-167. 2002).

In der Auseinandersetzung um die Wirksamkeit schwacher HF-Felder des Mobilfunks auf Hirnfunktionen des Menschen stellte eine neurologische Arbeitsgruppe der Karls-Universität Prag Untersuchungen an 22 Patienten (48±11,7 Jahre) vor, die an kataleptischer Narkolepsie, einem spontanen Schlafdrang, litten. Im Doppelblindversuch wurden die Personen in 45minütigen Sitzungen durch ein rechts vom Kopf angebrachtes mit 900 MHz, 217 Hz gepulstes Mobiltelefon (SAR-Wert 0,06 W/kg) befeldet. Veränderungen des EEG konnten in diesen Versuchen nicht beobachtet werden. Auch trat ein erwarteter hypnotischer Effekt durch die niederfrequenten Pulse nicht auf. Im Gegensatz dazu zeigten sich jedoch geringe Änderungen im Bereitschaftspotential beim Erkennen optischer Marken. Mit einer Wahrscheinlichkeit von  $p < 0,05$  konnte eine um 20 ms verkürzte Reaktionszeit festgestellt werden; bezogen auf den Absolutwert von 600 ms, handelt es sich jedoch um einen geringen Effekt. Dieser Befund entspricht dem anderer Autoren, die ebenfalls von einer Verkürzung der Reaktionszeit unter HF-Einfluss berichten (Jech, R., Šonka, K., Ruzička, E., Nebuzelský, A., Böhm, J., Jukličková, M., and Nevšimalová, S.: Electromagnetic field of mobile phones affects visual event related potential in patients with narcolepsy. *Bioelectromagnetics* 22, 519-528. 2001).

Obgleich bereits G.M. Williams (96) auf Probleme und methodische Schwächen der Arbeit von Lai und Singh (96) über angebliche Einzel- und Doppelrangbrüche der DNA durch 2,45 GHz-Felder hingewiesen haben und Malyapa et al. (97) in der Folge vergeblich versucht haben, die von diesen ermittelten Ergebnisse zu reproduzieren, bleibt das Phänomen Gegenstand weiterer Untersuchungen. Eine neue Arbeit von Li et al. weist darauf hin, dass Malyapa et al. vermutlich deswegen keine Veränderungen finden konnten, weil sie nur Felder mit einem SAR-Wert von 0,6 W/kg verwendeten. Aus diesem Grund wurden Versuche mit CDMA- und FDMA-Feldern (847,74 bzw. 835,62 MHz) durchgeführt und die SAR-Werte bis auf 5 W/kg erhöht. Als Indikator diente wieder der sog. Komet-Assay, eine gel-elektrophoretische Methode zum Nachweis von Bruchstücken der DNA. Im Gegensatz zu eindeutigen Effekten bei Exposition durch ionisierende Strahlen (Gamma-Strahlen von Cs-137) ab 0,6 cGy konnten keine Effekte bei HF-Exposition beobachtet werden. Weder eine verlängerte Befeldung bis zu 24 Stunden noch die von Lai und Singh (96) verwendete vierstündige Inkubationszeit der Proben nach Befeldung änderten etwas an diesem Ergebnis. Die Arbeit ist also als erneute Widerlegung der Daten der oben erwähnten Autoren zu werten, die offensichtlich auf methodischen Fehlern beruhten (Li, L., Bisht, K. S., LaGroye, I., Zhang, P., Straube, W. L., Moros, E. G., and Roti, J. L. R.: Measurement of DNA damage in mammalian cells exposed in vitro to radiofrequency fields at SARs of 3-5 W/kg. *Radiation Research* 156, 328-332. 2001).

Für die Zukunft ist abzusehen, dass sowohl auf zivilem als auch auf militärischem Gebiet Millimeter-Wellen in verstärktem Maße zur Anwendung kommen. Die Felder haben eine geringe Eindringtiefe in den menschlichen Körper. Aus diesem Grund gewinnt die Frage nach einer möglichen Induktion oder Promotion von Hautkrebs zunehmend an Bedeutung. Mason et al. führten eine sorgfältige Untersuchung einmaliger und wiederholter Bestrahlung von weiblichen SENCAR-Mäusen mit 94 GHz Feldern durch (Eindringtiefe ca. 0,3 mm). Dabei wurde den Tieren mittels eines chemischen Kanzerogens (DMBA) Hautkrebs induziert. Zwecks Positivkontrolle wurde in einer Gruppe zusätzlich ein Krebspromotor (TPA) verwendet. Um eventuell auftretende Effekte durch bloße Erwärmung erkennen zu können, wurden Kontrollen mit Infrarot bestrahlt (1,5 W/cm<sup>2</sup>); auf diese Weise konnte die gleiche Erwärmung (13-15° C) hervorgerufen werden wie bei einer Befeldung mit 1,0 W/cm<sup>2</sup> Mikrowellen. Es zeigte sich, dass weder eine einmalige Befeldung (10 s) noch ein lang andauernder Einfluss (zweimal wöchentlich über einen Zeitraum von 12 Wochen) zu einer Beschleunigung der Entstehung des DMBA-induzierten Hautkrebses führte, ganz im Gegensatz zu den deutlichen Effekten des Promotors TPA. (Mason, P. A., Walters, T. J., DiGiovanni, J., Beason, C. W., Jauchem, J. R., Dick, E. J., Mahajan, K., Dusch, S. J., Shields, B. A., Merritt, J. H., Murphy, M. R., and Ryan, K. L.: Lack of effect of 94 GHz radio frequency radiation exposure in an animal model of skin carcinogenesis. *Carcinogenesis* 22, 1701-1708. 2001. )

Millimeter-Wellen werden in Zukunft nicht nur aus Gründen des Strahlenschutzes an Bedeutung gewinnen, sondern sind auch für medizinische Applikationen von Interesse. 61,22 GHz Felder dringen nur 0,2-0,5 mm tief in das Gewebe ein, können also nur Zellen oberster Hautschichten beeinflussen. Aus diesem Grund wurde der Einfluss dieser Felder auf Kulturen von Keratinozyten untersucht, welche 90% der Hautzellen ausmachen und eine wesentliche Rolle bei der Wundheilung spielen. Eine 15-30minütige Befeldung mit 770 W/kg konnte zwar weder die Zellteilung (Proliferation) noch die Chemotaxis oder die Fähigkeit der Zellen zum Anheften (Adhäsivität) beeinflussen, erhöhte aber, wenn auch gering, signifikant die Produktion eines Proteins, welches Schutz vor Entzündungsprozessen bietet (Interleukin IL-8). Obgleich die Produktion dieses Proteins auch bei deutlicher Temperaturerhöhung induziert wird, sehen die Autoren Grund zu der Annahme eines nicht-thermischen Effekts (Szabo, I., Rojavin, M. A., Rogers, T. J., and Ziskin, M. C.: Reactions of keratinocytes to in vitro millimeter wave exposure. *Bioelectromagnetics* 22, 358-364. 2001).

Wirkt mobiles Telefonieren auf kognitive Prozesse? Zur Untersuchung dieser Frage wurden 72 Oberschüler in Hongkong verschiedenen Psychotests unterzogen, 37 unter ihnen als Handy-Nutzer. Es konnte ein „mild facilitating effect“ der Handy-Nutzung gefunden werden, der sich jedoch statistisch nicht belegen ließ (Lee, T. M. C., Ho, S. M. Y., Tsang, L. Y. H., Yang, S. Y. C., Li, L. S. W., and Chan, C. C. H.: Effect on human attention of exposure to the electromagnetic field emitted by mobile phones. *Neuroreport* 12, 729-731. 2001).

Quantitative immunohistochemische Methoden erlauben es nicht nur, mögliche Veränderungen der Konzentration von Neurotransmittern im Gehirn infolge von Befeldung nachzuweisen, sondern diese Veränderungen auch zu lokalisieren. So konnte eine Verminderung des Neurotransmitters GABA im Kleinhirn von Ratten bei Exposition (2 Stunden) mit 900 MHz (kontinuierlich) nachgewiesen werden. Allerdings lassen die SAR-Werte von 32 W/kg thermische Effekte vermuten. Die Befeldung mit einer GSM-ähnlichen Pulsierung und einem mittleren SAR-Wert von nur 4 W/kg ergab keine signifikanten Veränderungen. Die Autoren halten die von ihnen entwickelte quantitative immunohistochemische Methode für einen wichtigen Schritt auf dem Weg zur Aufklärung von Feldeffekten auf das zentrale Nervensystem (Mausset, A. L., de Sèze, R., Montpeyroux, F., and Privat, A.: Effects of radiofrequency exposure on the GABAergic system in the rat cerebellum: clues from semi-quantitative immunohistochemistry. *Brain Research* 912, 33-46. 2001).

Unter dem Eindruck widersprüchlicher Befunde über den Einfluss hochfrequenter Felder auf Gehirnfunktionen führte eine englische Arbeitsgruppe im Rahmen eines Projektes des Britischen Verteidigungsministeriums Untersuchungen über die Einwirkung schwacher 700 MHz-Felder auf 0,4 mm dicke Hirnschnitte (Hippocampus) von Ratten durch. Die Zusammenarbeit von drei Institutionen (Biomedical Sciences Department, Salisbury; Poynting High Voltage Ltd., Hawksworth; Dept. Electronic Engineering, London) sicherte die Kompetenz der Untersuchungen allseitig ab. Die Gewebsschnitte wurden auf einem Nylon-Netz in physiologischer Lösung unter genauer Temperaturkontrolle in einen abgestimmten Wellenleiter gebracht. Die Zellen wurden elektrisch (70is, Pulse alle 10-30 s), in einigen Experimenten zur Ausschaltung von Elektrodenartefakten aber zusätzlich pharmakologisch (50-100µM, 4-Aminopyridin) stimuliert. Das kollektive evozierte Potential der Zellen in den Schnitten wurde als Indikator für die Einwirkung der applizierten Felder abgeleitet. Bereits Feldstärken von 50-70 V/m, entsprechend einem errechneten SAR-Wert von 1,6 bis 4,4 m W/kg, ergaben deutliche Reaktionen. Allerdings reagierten nicht alle Schnitte, mitunter fielen Reaktionen sogar gegensätzlich aus. Überzeugend sind jedoch die Zeitverläufe der Versuche. Auch belegen die Mittelwerte der über mehrere Versuche erzielten Effekte, dass zumindest bei Feldstärken von 70 V/m signifikante Verminderungen der evozierten Potentiale auftreten. Ein ähnlicher Effekt, so behaupten die Autoren, ergäbe sich, falls das Gewebe in ein statisches elektrisches Feld von etwa 4 V/m gebracht würde. Doch wie sollte ein Gleichfeld durch den HF-Einfluss entstehen? Die Autoren sind der Ansicht, die vorgestellten Befunde seien nicht ausreichend, um Rückschlüsse auf einen Mechanismus zu ziehen, das Ergebnis sei jedoch solide genug, um weitere Untersuchungen zu anzuregen (Tattersall, J. E. H., Scott, I. R., Wood, S. J., Nettell, J. J., Bevir, M. K., Wang, Z., Somasiri, N. P., and Chen, X. D.: Effects of low intensity radiofrequency electromagnetic fields on electrical activity in rat hippocampal slices. *Brain Research* 904, 43-53. 2001).

Immer wieder wird die Forderung nach Senkung der Grenzwerte mit der angeblichen Empfindlichkeit der Menschen gegenüber Atmospheric (auch kurz „Spherics“ genannt) begründet, schwachen atmosphärischen elektromagnetischen Störungen im Frequenzbereich bis ca. 100 kHz, welche im Allgemeinen Wetterfronten vorausgehen. Diese bereits in einem Lehrbuch von R. Reiter aus dem Jahre 1960 vertretene Theorie, die noch in jüngster Vergangenheit Gegenstand mehrerer Arbeiten einer Gruppe des Fachbereichs Psychologie an der Justus-Liebig-Universität Gießen (Schienle et al. 1996-98) war, stand erneut im Blickpunkt verschiedener Untersuchungen. In Kooperation mit der Sektion Physik der Universität München erfassten Mitarbeiter des Uniklinikums Freiburg Daten aus Migräne-Tagebücher von 21 Personen und suchten nach Korrelationen zu Maxima dieser elektromagnetischen Störungen. Nur bei 6 der beobachteten Personen konnten signifikante Werte ermittelt werden, wobei die Maxima der Beschwerden mitunter erst mehrere Tage nach dem elektromagnetischen Ereignis auftraten. Lediglich bei einer Person ließ sich eine klare Synchronisation von Kopfschmerz und Häufigkeit bzw. Intensität der Spherics nachweisen. Die Autoren diskutieren diese Empfindlichkeit als potentiell seltenes Relikt aus der Urzeit des Menschen, in der die Vorhersage eines Unwetters Selektionswert gehabt haben könnte, werfen aber auch die Frage auf, ob diese Minderheit nicht eventuell dem Personenkreis der Elektrosensiblen zugerechnet werden könnte. Würde dies tatsächlich zutreffen, dann wäre zusätzlich zu fragen, ob diese Empfindlichkeit auch für den Frequenzbereich des Mobilfunks relevant ist. Noch reicht jedoch die Anzahl der erfassten Personen nicht aus, um diese Frage eindeutig zu beantworten (Walach, H., Betz, H. D., and Schweickhardt, A.: Sferics and headache: a prospective study. *Cephalgia* 21, 685-690. 2001).

Eine australische Arbeitsgruppe experimentierte mit transgenen Mäusen zur Klärung der Frage, inwieweit HF-Felder für zelluläre Mutationen verantwortlich sein könnten. Ausgangspunkt ist der genetische Befund, demzufolge interchromosomalen Rekombinationen, also dem Genaustausch zwischen homologen Chromosomen während der Zellteilung, große Bedeutung für Mutationen zukommt. Der Mäusestamm pKZ1 reagiert diesbezüglich besonders empfindlich auf äußere Störungen. Die Tiere wurden unter Bedingungen exakter Dosimetrie einem GSM-Feld (900 MHz, 217 Hz gepulst) ausgesetzt. Eine Erwärmung der Tiere konnte nicht gemessen werden. Im Gegenteil trat offenbar wegen der unzureichenden Thermoregulation der Tiere sogar eine Verminderung der Körpertemperatur während der Befeldung auf, die bis zu 1° C betragen konnte. Wurden die Mäuse während eines Zeitraums von 5 Wochen (30 Minuten/Tag, 5 Tage/Woche) mit einem Ganzkörper-SAR von 4 W/kg befeldet, so verminderte sich die Anzahl solcher Rekombinationen in Zellen der Milz um signifikante 40%. Nicht signifikant waren die ebenfalls beobachteten Verminderungen bei einmaliger oder 5facher Befeldung. Die Autoren diskutieren verschiedene Gründe für diesen Effekt. Treten bei Befeldung Genveränderungen auf, die im Rahmen dieses Reparaturprozesses nicht vollständig erkannt werden können? Fehlt es an der Expression der erforderlichen katalytischen Proteine? Da pro Versuch nur 10 bzw. 20 Tiere eingesetzt wurden, halten die Autoren die Befunde für wiederholungsbedürftig (Sykes, P. J., McCallum, B. D., Bangay, M. J., Hooker, A. M., and Morley, A. A.: Effect of exposure to 900 MHz radiofrequency radiation on intrachromosomal recombination in pKZ1 mice. *Radiation Research* 156, 495-502. 2001).

Nachdem die japanische Gruppe um Imaida bereits feststellen konnte, dass HF-Felder keinen Einfluss auf die Promotion von Leberkrebs haben (Imaida et al. 1998), konzentrierten sie sich in einer Folgearbeit auf das Problem des Hautkrebses. Zu diesem Zweck wurde der Krebs durch Bepinselung der Haut von Ratten mit dem bekannten Kanzerogen DMBA induziert. Ein Teil der Tiere wurde anschließend über einen Zeitraum von 19 Wochen, 5 Tage pro Woche jeweils 90 Minuten, Feldern der japanischen TDMA-Norm (PDC), d.h. 1,49 GHz (50 Pulse pro Sekunde) ausgesetzt, wobei eine Ganzkörper-SAR von 0,084 W/kg und eine lokale Haut-SAR von 2,0 W/kg erreicht wurden. Als Positivkontrolle diente eine wiederholte Behandlung der Tiere mit dem Krebspromotor TPA. Pro Gruppe wurden 30 bzw. 48 Tiere untersucht. In der Kontrollgruppe (DMBA) bildete sich bei einem Tier ein Hautkrebs aus, bei DMBA+EMF konnte kein Fall von Hautkrebs beobachtet werden, während 29 von 30 Tieren der Positivkontrolle (DMBA+TPA) erkrankten. Die Autoren halten die Anzahl der Versuchstiere für ausreichend, um den Schluss zu ziehen, dass das applizierte elektromagnetische Feld als Promotor eines induzierten Hautkrebses nicht in Frage kommt. (Imaida, K.; Kuzutani, K.; Wang, J. Q.; Fujiwara, O.; Ogiso, T.; Kato, K., and Shirai, T. : Lack of promotion of 7,12-dimethylbenz[a]anthraceneinitiated mouse skin carcinogenesis by 1.5 GHz electromagnetic near fields.: Carcinogenesis. 22, 1837-1841. 2001).

Eine aus drei Institutionen gebildete australische Arbeitsgruppe untersuchte das heftig umstrittene Problem des Einflusses von GSM-Feldern (898,4 MHz, 217 Hz gepulst) auf die Blut-Hirn-Schranke von Mäusen. Im Gegensatz zu den Positivkontrollen nach Applikation von Clostridium-Toxin konnte selbst nach einstündiger Befeldung mit einem SAR-Wert von 4 W/kg kein Unterschied zwischen exponierten und nicht-exponierten Tieren gefunden werden. Bei den wenigen Punkten im histologischen Bild, die sowohl in exponierten als auch in Kontrolltieren aus den Hirngefäßen ausgetretenes Albumin dokumentierten, handelte es sich ausnahmslos um leptomeningeale Gefäße, die ohnehin nicht über eine ausgeprägte Blut-Hirn-Schranke verfügen. (Finnie, J. W., Blumbergs, P. C., Manavis, J., Utteridge, T. D., Gebski, V., Swift, J. G., Vernon-Roberts, B., and Kuchel, T. R.: Effect of global system for mobile communication (GSM)-like radiofrequency fields on vascular permeability in mouse brain. Pathology 33, 338-340. 2001).

Eine militärisch orientierte Gruppe aus den USA präsentierte Untersuchungen zur Wirkung von „ultra-wideband“ (UWB)-Pulsen auf Makrophagen. Hierbei handelt es sich um Nano-Sekunden Pulse mit breitem Frequenzspektrum von 0 Hz bis Mikrowellen-Frequenz die, so die Autoren, im militärischen wie auch zivilen Bereich zunehmend Anwendung finden. Die Dosimetrie dieser Felder ist außergewöhnlich schwierig. Für die hier verwendeten 0,98 ns-Pulse wurde eine Median-Frequenz von 0,51 GHz und Hauptfrequenzen zwischen 0,0844 und 3,08 GHz ermittelt. Der SAR-Wert wurde auf 0,106 W/kg geschätzt, was gegen eine signifikante Temperaturerhöhung der Proben spricht. Untersucht wurde das Auftreten des freien Radikals NO in der Kulturlösung als Resultat einer halbstündigen Befeldung einer Kultur von Makrophagen (Zell-Linie RAW 264.7). Lediglich bei einer Erhöhung der Nitratgehaltes der Nährlösung konnte ein Einfluss des Feldes auf die NO-Konzentration gemessen werden. Die biochemischen Ursachen dafür sind unklar. Es könnte sich um einen Einfluß auf die NO-Synthetase handeln. (Seaman, R. L., Parker, J. E., Kiel, J. L., Mathur, S. P., Grubbs, T. R., and Prol, H. K.: Ultra-wideband pulses increase nitric oxide production by RAW 264.7 macrophages incubated in nitrate. Bioelectromagnetics 23, 83-87. 2002)

Nach Veröffentlichungen über die Thermoregulation von Probanden in unterschiedlichen Umgebungstemperaturen (24°, 28°, 31°C) und zusätzlicher HF-Befeldung (2,45 GHz, kontinuierlich) mit einer Flussleistungsdichte von 35mW/cm<sup>2</sup> erschien jetzt eine Publikation der gleichen Gruppe über Experimente bei Expositionen mit 50 und 70 W/cm<sup>2</sup>. Hier wurden die zulässigen Grenzwerte überschritten, man erreichte aber immerhin SAR-Werte bis zu 15,4 W/kg. Die Autoren halten dies für unbedenklich und ziehen eine Parallele zum Grundumsatz bei Marathon-Läufern, der bis auf ca. 18 W/kg ansteigen soll. Auch finden sich bei 45minütiger Exposition der Probanden normale Reaktionen der Wärmeregulation. Die Relation zu verschiedenen physiologischen und pathologischen Situationen der Temperaturregulation im menschlichen Körper werden in der Studie ausführlich diskutiert. Allerdings distanzieren sich die Auftraggeber dieser Studie, die U.S. Air Force und das U.S. Department of Defence, in einer Notiz von der Meinung der Autoren (Adair, E. R., Mylcraine, K. S., and Cobb, B. L.: Human exposure to 2450 MHz CW energy at levels outside the IEEE C95.1 standard does not increase core temperature. Bioelectromagnetics 22, 429-439. 2001).