

Eher wahrscheinlich als nicht, dass nichtthermische elektromagnetische Felder von Mobiltelefonen und Basisstationen tatsächlich Wirkungen auf das menschliche Gehirn ausüben



Leif G. Salford, Professor für Neurochirurgie, Direktor der Rausing-Forschungsstätte, Universität Lund, Lund, Schweden

In Zusammenarbeit mit Henrietta Nittby, Gustav Grafström, Jacob L. Eberhardt, Lars Malmgren, Arne Brun und Bertil R. R. Persson Fachbereiche Neurochirurgie, Rausing-Forschungsstätte, Medizinische Strahlenphysik, Neuropathologie, Angewandte Elektronik, Universität Lund, Lund, Schweden

Das größte biologische Experiment der Weltgeschichte? Diese Botschaft war eine unter vielen, die ich dem Europäischen Parlament in meiner Ansprache im Jahr 2000 mitteilte, in dem Jahr, in dem sich die Zahl der Handynutzer einem Viertel der Weltbevölkerung näherte (Salford et al. 2001). Für ihre tägliche Kommunikation verlassen sich heutzutage ein Drittel der Weltbevölkerung auf Handys und Basisstationen, deren abgestrahlte Energie in unsere Körper eindringt. Ist das nur positiv? Oder wird unsere Körperbiologie von diesen Wirkungen überfordert? Wirkungen, die wir so weit wie möglich voraussehen und abschätzen sollten, und wenn notwendig, reduzieren und vermeiden sollten!

Das Leben auf der Erde hat sich im Laufe von Jahrbillionen entwickelt und war während dieser ganzen Zeit den ursprünglichen physikalischen Kräften wie Gravitation, kosmischer Strahlung, Luftelektrizität und Erdmagnetismus nicht nur ausgesetzt, sondern wurde auch durch diese mitgeformt. Die heute existierenden Lebewesen sind so beschaffen, dass sie mit diesen Kräften in Harmonie funktionieren. Im ausgehenden 19. Jahrhundert änderte sich das und die Menschen fingen an, Elektrizität zu nutzen. Hochfrequente Strahlungsquellen wie z. B. UKW- und Fernsehsender kamen dann in den 1950er Jahren hinzu, und in den letzten Jahrzehnten haben sich die Mikrowellen unserer modernen Kommunikationsgesellschaft über die ganze Welt ausgebreitet. Vor diesem Kommunikationszeitalter konnte man Mikrowellen auf der Erde praktisch nicht begegnen.

Seit 1988 hat unsere Gruppe die Wirkungen von nichtthermischer HF-Strahlung auf die Blut-Hirn-Schranke (BHS) an Ratten untersucht. In einer Experimentenreihe von ungefähr 2000 Ratten konnte gezeigt werden, dass im Gegensatz zu den nicht exponierten Ratten bei den exponierten Ratten diese HF-Strahlung die Durchlässigkeit der BHS für ihr Blotalbumin signifikant erhöhte, und das bei Strahlungsintensitäten von 1 W/kg und darunter (Salford et al. 2007).

Es sollte beachtet werden, dass unsere Untersuchungen und die von anderen Gruppen, auf die hier Bezug genommen wird, sich ausschließlich mit *nichtthermischen* Wirkungen elektromagnetischer Felder befassen.

Eine bemerkenswerte Beobachtung, die wir gemacht haben, ist die Tatsache, dass bei den niedrigsten Strahlungsintensitäten, von durchschnittlich unter 10 mW/kg Leistungsflussdichte (Ganzkörper), die Durchlässigkeit für Albumin am deutlichsten ausgeprägt ist. Wenn Mobilfunkstrahlung selbst bei extrem niedrigen Strahlungsintensitäten dazu führt, dass dem Nutzer sein eigenes Albumin die BHS überquert, dann können in derselben Richtung womöglich auch andere unerwünschte und giftige Moleküle aus dem Blut in das Hirngewebe übertreten, sich dort anreichern und die Neuronen und Gliazellen des Gehirns schädigen.

Der SAR-Wert von ca. 1 mW/kg tritt bei einer Mobiltelefonantenne im Abstand von über einem Meter auf und bei einer Mobilfunkanlage in einer Entfernung von rund 150 – 200 Metern. Das ist auch als „passives Mobiltelefonieren“ der Bystander bezeichnet worden (Salford et al. 2001).

Eine weitere bemerkenswerte Beobachtung, die wir bei unseren Untersuchungen gemacht haben, ist die Tatsache, dass signifikante ($p < 0.002$) Neuronenschäden in Rattenhirnen 50 Tage nach einer 2-stündigen GSM-Exposition bei SAR-Werten von 200, 20 und 2 mW/kg beobachtet werden konnten (Salford et al. 2003). Wir haben auf diese Untersuchung eine neue Studie folgen lassen, in der

96 Tiere sowohl nach 14 als auch nach 28 Tagen getötet wurden, nachdem sie für zwei Stunden mit GSM-Mobilfunkstrahlung bei SAR-Werten von 0 (Kontrollen), 200, 20, 2 und auch 0,2 mW/kg bestrahlt worden waren. Signifikante Neuronenschäden wurden nach 28 Tagen beobachtet und eine Albumindurchlässigkeit nach 14 Tagen. Unsere Forschungsergebnisse dürften die Hypothese stützen, dass das Übertreten von Albumin ins Gehirn der Grund für die Neuronenschäden ist, die nach 28 und 50 Tagen beobachtet werden konnten. (Manuskript eingereicht)

Für die EMF-Exposition der Tiere haben wir in unseren Untersuchungen zumeist Transversale Elektromagnetische Wellenleiter (TEM-Zellen) benutzt (Salford et al. 2007). Diese TEM-Zellen zeichnen sich dadurch aus, dass sie gleichmäßige elektromagnetische Felder für Standardmessungen produzieren. Aufgrund dieses Versuchsaufbaus können sich die Tiere, die während des gesamten Experiments nicht betäubt werden, in der Expositionskammer bewegen und herumdrehen, wodurch die Stressfolgen einer induzierten Bewegungsarmut minimiert werden können.

Im Verlauf unserer Forschungstätigkeit haben wir bei Langzeitexpositionen auch die nichtthermischen Wirkungen auf Gewebsstrukturen und Gedächtnisleistung untersucht. 344 Fischer-Ratten wurden in unseren TEM-Zellen einmal in der Woche 13 Monate lang für 2 Stunden einer GSM-900-Mobilfunkstrahlung ausgesetzt (derselbe Versuchsaufbau galt auch für die scheinexponierten Ratten). Danach wurden die exponierten Ratten auf ihre kognitiven Funktionen hin untersucht und mit den nicht exponierten Käfig-Kontrolltieren verglichen. Im episodischen Gedächtnis-Test zeigten die exponierten Tiere signifikante Veränderungen. Ihr Gedächtnis für Objekte und ihre zeitliche Präsentations-Reihenfolge war bei den mit GSM-Mobilfunk bestrahlten Ratten signifikant beeinträchtigt ($p=0.02$). (Nittby et al. 2008a).

Wir haben auch eine Mikroarray-Analyse von Rattenhirnen durchgeführt, wobei lebende Ratten kurzzeitig mit GSM-Mobilfunkstrahlung bei sowohl 1.800 MHz als auch 900 MHz befeldet wurden, und haben im Vergleich zu den Kontrolltieren signifikante Auswirkungen auf die Genexpression derjenigen Gene gefunden, die mit der Zellmembran in Zusammenhang stehen (Belyaev et al. 2006, Nittby et al. 2008b).

Die meisten unserer Forschungsergebnisse bekräftigen daher, dass Lebewesen durch nichtthermische HF-Strahlung beeinflusst werden. Die Tatsache, dass die Genexpression signifikant beeinflusst wird, dürfte auch die jüngsten epidemiologischen Studien stützen, die darauf hindeuten, dass Langzeitexpositionen (10 Jahre Mobiltelefonnutzung) das Risiko erhöhen, Tumoren in der exponierten Gehirnhälfte zu entwickeln, und zwar sowohl gutartige Akustikusneurinome (vestibuläre Schwannome) des Gleichgewichtsnervs als auch sehr bösartige Glioblastome (Glioblastoma multiforme) (Lönn et al., 2004; für eine Literaturübersicht siehe Kundi et al. 2004, Hardell et al. 2006a). Im Hinblick auf die Entwicklung eines vestibulären Schwannoms lag das relative Risiko zehn Jahre nach Beginn der Mobiltelefonnutzung bei 1,9 (mit Konfidenzintervall 0,9-4,1) (Lönn et al. 2004). Bei der Auswertung derjenigen Tumoren, die auf derselben Seite des Kopfes auftraten, auf der das Mobiltelefon normalerweise benutzt wurde, stieg das relative Risiko auf 3,9 (mit Konfidenzintervall 1,6-9,5). In einer gepoolten Analyse von Fall-Kontrollstudien zu bösartigen Hirntumoren konnte gezeigt werden, dass die kumulative Mobiltelefonnutzung bei > 2.000 Stunden ein Chancenverhältnis von 3,7 (Konfidenzintervall 1,7-7,7) ergab (Hardell et al. 2006b).

Die Mechanismen, durch welche elektromagnetische Felder die Durchlässigkeit der BHS verändern können, versteht man bisher nur ungenügend. Bei niedrigen Strahlungsintensitäten sind die Auswirkungen auf die Körpertemperatur vernachlässigbar und daher sind Wärmewirkungen nicht beteiligt. Als Ursache wurde eine Veränderung an den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Zellmembran vorgeschlagen (Shivers et al. 1987).

Wir haben Experimente durchgeführt, um ein quantenmechanisches Modell zur Interaktion mit proteingebundenen Ionen nachzuweisen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass man mit Hilfe von kontrollierten Frequenzen und Amplituden der extrem niederfrequenten elektromagnetischen Felder den Transport über die Membran von Vesikeln in Spinatpflanzen steuern kann (Bauréus-Koch et al. 2003). Das könnte ein erster Nachweis für ein Resonanzphänomen sein, bei dem geeignete Frequenzen und Amplituden, so kombiniert werden, dass sie die Kraft besitzen, auf biologischer Ebene mit Zellmembranen und Transportsystemen zu kommunizieren.

Schlussbemerkungen:

Die BHS im menschlichen Gehirn entspricht anatomisch derjenigen im Rattenhirn. Enzymatische Funktionen der BHS können zwischen verschiedenen Arten unterschiedlich sein, auch wenn wir nur sehr wenig darüber wissen.

Angesichts der zahlreichen signifikanten Wirkungen der HF-Strahlung, die in Tiermodellen nachgewiesen werden konnten, bin ich fest davon überzeugt, dass es eher wahrscheinlich ist als nicht, dass nichtthermische elektromagnetische Felder von Mobiltelefonen und Basisstationen tatsächlich Wirkungen auf das menschliche Gehirn ausüben.

Literatur:

Bauréus Koch CLM, Sommarin M, Persson BRR, Salford LG and Eberhardt JL. Interaction between weak low frequency magnetic fields and cell membranes. *Bioelectromagnetics* (2003) 24: 395-402.

Belyaev I.^{1*}, Bauréus Koch C^{2,3}, Terenius O⁴, Roxström-Lindquist K⁴, Lidén J⁵, Malmgren L², Sommer W⁶, Dahlman-Wright K, Salford LG⁵, Persson B², Harms-Ringdahl M. 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* (2006 May); 27(4): 295-306.

Hardell, L., Carlberg, M., Hansson Mild, K. Case-control study of the association between the use of cellular and cordless telephones and malignant brain tumors diagnosed during 2000-2003. *Environmental Research* 100 (2006a) 232-241.

Hardell, L., Carlberg, M., Hansson Mild, K. Pooled analysis of two case-control studies on the use of cellular and cordless telephones and the risk for malignant brain tumours diagnosed in 1997-2003. *Int Arch Occup Environ Health* 79 (2006b) 630-639.

Kundi, M., Mild, K., Hardell, L., Mattsson, M.O. Mobile telephones and cancer--a review of epidemiological evidence. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 7 (2004) 351-84.

Lönn, S., Ahlbom, A., Hall, P., Feychting, M. Mobile phone use and the risk of acoustic neuroma. *Epidemiology* 15 (2004) 653-659.

Nittby H, Grafström G, Tian D, Brun A, Persson BRR, Salford LG, Eberhardt J. Cognitive impairment in rats after long-term exposure to GSM-900 mobile phones. *Bioelectromagnetics* (2007 Nov 28); [elektronische Veröffentlichung vor Druckausgabe] (2008a)

Nittby H, Widegren B, Krogh M, Grafström G, Rehn G, Berlin H, Eberhardt JL, Malmgren L, Persson BRR und Salford LG. Exposure to Radiation from Global System for Mobile Communications at 1800 MHz Significantly Changes Gene Expression in Rat Hippocampus and Cortex. *The Environmentalist* Zur Veröffentlichung angenommen 0802 (2008b)

Salford, L. G., Persson, B. R. R., Malmgren, L., & Brun, A. Téléphonie mobile et barrière Sang-cerveau (auf Französisch) Mobile Communication and the Blood-Brain Barrier. in *Téléphonie Mobile: Effets potentiels sur la santé des ondes Électromagnétiques de hautes fréquences*, P. Lannoye, ed., Marco Pietteur, B-4053 Embourg, Belgique, (2001) S. 141-152.

Salford LG, Brun AE, Eberhardt JL, Malmgren Lars and Persson BRR. Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones. *Environmental Health Perspectives*, Online 29 Jan 2003. DOI # 10.1289/ehp.6039, Druckausgabe: *Environmental Health Perspectives* 2003 111(7): 881-883.

Salford LG, Nittby H, Brun A, Grafström G, Eberhardt JL, Malmgren L, Persson BRR. Non-Thermal Effects of EMF upon the Mammalian Brain – the Lund Experience. *The Environmentalist* elektronische Veröffentlichung (Nov 07).

Shivers R., Kavaliers M., Teskey G., Prato F., Pelletier R. Magnetic resonance imaging temporarily alters blood-brain barrier in the rat. *Neuroscience Letters* 76 (1987) 25-31.

(Aus dem Tagungsband: **1st Hellenic Congress on the effects of Electromagnetic Radiation with international participation** , Mai 2008, Thessaloniki , übersetzt von Katharina Gustavs für www.der-mast-muss-weg.de)