

# Vorsorge aufgrund wiederholter Feststellung so genannter a-thermischer Wirkungen von HF-EMF

---

[wilhelm.mosgoeller@meduniwien.ac.at](mailto:wilhelm.mosgoeller@meduniwien.ac.at)

## In-vitro-Befunde

Die internationale Forschung erbrachte Befunde, die für den Fall der Exposition zu HF-EMF (hochfrequenten elektromagnetischen Feldern) Maßnahmen zur Risikoreduktion begründen.

Folgende Befunde und Erkenntnisse sind dafür relevant.

**DNA-Brüche.** Durch Exposition zu HF-EMF bedingte DNA-Brüche wurden erstmals bei Labortieren beschrieben [1-2]. Bei Zellkulturen (*in vitro*) wirkte eine minutenweise unterbrochene Exposition stärker als kontinuierliche Bestrahlung [3-4]. Zwar gibt es DNA-Brüche auch beim Gesunden, aber eine expositionsbedingte DNA-Bruch-Vermehrung wird allgemein als Risikoindikator für Krebserkrankungen gewertet.<sup>1</sup> Es gibt bereits erste Gerichts-Urteile, die das Risiko anerkennen.<sup>2</sup>

In einigen Fällen wurden Zellen mit zwei sich ergänzenden Methoden untersucht, um 1. DNA-Brüchen und 2. Proteinveränderungen festzustellen. Die DNA-Brüche in den sensiblen Zellen wurden durch die gefundenen Protein-Befunde plausibel bestätigt (siehe dazu Gerner *et al.* [5]). Mittlerweile sind die in HF-EMF-Expositions-bedingten DNA-Schäden international mehrfach repliziert [6-8].

Dass eine intermittierende Exposition (5 min „an“, 10 min „aus“), bzw. dass die Modulation der HF-EMF die DNA-Bruchrate erhöht, bricht mit einem wissenschaftlichen Dogma, weil trotz geringerer oder gleicher absorbiertes Leistung pro Gewebemasse DNA-Brüche vermehrt auftreten.

Mit HF-EMF Exposition assoziierte DNA-Brüche wurden aber nicht nur *in vitro*, sondern auch an lebenden Tieren wiederholt beobachtet (siehe unten).

**Konsistenz der Befunde.** Bei der Interpretation alter Befunde führt die Beachtung biologischer Aspekte dazu, dass angebliche Widersprüche als scheinbar aufgelöst werden. Beispielsweise wurden bisher zumeist die Ergebnisse kurzer Expositionen (< 2 Stunden) publiziert [9-12]. Diese negativen Befunde wurden auch beim EU-Reflexprojekt bestätigt, sie stehen aber nicht im Widerspruch zu jenen Untersuchungen, die nach längerer Exposition Effekte fanden [6, 8].

Die folgenden Befunde erklären angebliche Widersprüche in der Literatur als scheinbar.

**Zelltyp-Abhängigkeit.** Der am häufigsten untersuchte Zelltyp sind „Lymphozyten“ [11, 13-21]. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen des EU-Reflex-Projektes und der Wiener Arbeitsgruppe um Ruediger zeigen Lymphozyten konsistent keine expositionsbedingten DNA-Brüche [15, 22]. Lymphozyten wurden also verschiedentlich als resistent gegenüber HF-EMF beschrieben. Die

---

<sup>1</sup> Der Vorsitzende des Ausschusses für „Nichtionisierende Strahlen“ der deutschen SSK (Alexander Lerchl) schrieb „Die Ergebnisse ..... Besorgnis erregend. Sollten sie sich bestätigen, wäre dies nicht bloß ein Alarmsignal, sondern der Anfang vom Ende des Mobilfunks, da DNA-Schäden die erste Stufe zur Krebsentstehung sind“. [Quelle: Lerchl A (2008) Fälscher im Labor und ihre Helfer: Die Wiener Mobilfunk-Studien – Einzelfall oder Symptom? Books on Demand GmbH, ISBN-13: 978-3837063417, S. 43].

Anm. d. Verfassers: Besonders nachdem seither die Befunde zu DNA-Brüchen mehrfach, und sogar auch in Tier-Experimenten bestätigt sind, unterstreicht dies die Dringlichkeit von Prävention und Vorsorgemaßnahmen für einen sicheren Umgang mit HF-EMF abstrahlenden Geräten.

<sup>2</sup> In Italien wurde ein Gerichts-Urteil in zweiter Instanz gefällt, das mit der Krebs-Verursachung durch häufige Mobilfunk-Exposition begründet ist.

Resistenz eines Zelltyps hebt jedoch nicht die Empfindlichkeit eines anderen auf, wenn bei diesem anderen Zelltyp expositionsbedingte DNA-Brüche gibt. Beispielsweise wurden folgende Zelltypen als sensibel befunden: Fibroblasten, Neuronen, Trophoblasten, CHL-Zellen, lymphoblastoide Zellen [3-4, 6, 8-9, 23-24].

Die Existenz weiterer sensibler Zellen oder Bedingungen ist sehr wahrscheinlich.

**Latenzzeit.** Im Gegensatz zu radioaktiver Bestrahlung findet man nach kurzer HF-EMF-Exposition keine Effekte. Bei sensiblen Zellen ist die Zeitdauer vom Beginn der Exposition bis zum Auftreten der positiven Befunde je nach Forschergruppe, Testmodell und Zelltyp zwanzig Minuten [7], 2 Stunden (beim EU-Reflex-Projekt), 4 Stunden [5], oder mit 16 Stunden [6] beschrieben.

**Zell-Aktivität.** Die Sensitivität der Zellen hängt von deren metabolischen Aktivität ab. Beim ATHEM-Projekt zeigte sich, dass die Erhöhung der metabolischen Aktivität selbst bei inaktiven (unsensiblen) Lymphozyten zu einer Erhöhung der Sensibilität führen kann [5].

Dies bedeutet, dass aktive Zellen vulnerabler sind als ruhende Zellen.

**Erholungszeit.** Nach der Exposition benötigen die Zellen eine bestimmte Zeit bis expositionsbedingte Effekte verschwinden (= Erholungszeit). Sowohl bei DNA-Brüchen wie bei den Proteinveränderungen wurden 2 Stunden beschrieben, bis der Ausgangszustand erreicht wird [5-6]. Es bräuchte systematische Forschung, um zu prüfen, ob kürzere Zeiten eine ausreichende Erholung erlauben.

**Effekt bei niedriger Intensität.** An sensiblen Zellen wurden nach der Latenzzeit DNA Brüche auch bei niedrigen Intensitäten (1,2 & 0,1 W/kg), die deutlich unter den aktuellen EU-Rats-Empfehlungen liegen, beobachtet [3-4]. Eigene preliminäre Proteom-Befunde bestätigen die Sensibilität von Zellen bei geringen Feldstärken.

## In-vivo-Befunde (Tierversuche)

Die *in-vivo*-Befunde bei verschiedenen Labortieren bestätigen und verstärken die Schlussfolgerungen aus der EU-REFLEX-Studie und der in jüngerer Zeit publizierten *in-vitro*-Untersuchungen zu DNA-Schäden.

Kesari *et al.* [25] exponierten junge Ratten 2 Stunden pro Tag (35 Tage) mit einem un-modulierten hochfrequenten elektromagnetischen Feld von 2450 MHz; die Leistungsflussdichte betrug 0,34 mW/cm<sup>2</sup> (Grenzwert-Empfehlung: 1 mW/cm<sup>2</sup>); dies entspricht einer geschätzten Ganzkörper-SAR von 0,11 W/kg. Nach der Bestrahlung war die DNA-Strangbruchrate in den Hirnzellen der Ratten im Vergleich zu ihren Kontrollgruppen signifikant erhöht. Die Befunde zeigen, dass die gentoxische Wirkung von HF-EMF auch an Ganzkörper-bestrahlten Versuchstieren nachgewiesen werden kann.

Guler G. *et al.* [26] exponierten nicht-trächtige und trächtige Kaninchen 15 Minuten, 7 Tage lang mit GSM-ähnlichen 1800 MHz-Signalen bei einer elektrischen Feldstärke von 14 V/m (Grenzwert-Empfehlung: 58 V/m). Nach der Bestrahlung wurde im Vergleich zu den Kontrollen im Hirngewebe beider Versuchsgruppen ein signifikanter Anstieg oxidativer Schädigungen bei Lipiden und DNA beobachtet. Bei den neugeborenen Tieren wurden derartige Veränderungen nicht beobachtet. Übereinstimmend mit den oben angeführten Befunden an Labor-Ratten wurde hier an einer weiteren Tierart beschrieben, dass modulierte hochfrequente elektromagnetische Felder weit unterhalb der geltenden Europäischen Richtwerte gentoxische Veränderung im Gehirn von Ganzkörper-bestrahlten Versuchstieren verursachen können. Die Befunde von Tomruk *et al.* stammen ebenfalls von Kaninchen und sind den oben angeführten (Guler *et al.*) ähnlich [27].

## Bedeutung der Modulation

Da die spezifische Absorptionsrate (SAR) zwischen modulierten und nicht modulierten Feldern in der Stärke vergleichbar ist, belegen Unterschiede in der Wirkung von modulierten und un-modulierten Feldern, dass die bloße Begrenzung der eingestrahnten und absorbierbaren Energie zelluläre

Reaktionen nicht zuverlässig verhindert. Die folgenden Publikationen zeigen, dass für die Entstehung von DNA-Brüchen die Signal-Modulation (Funkanwendung) ein förderlicher Expositions-Parameter ist.

1. Franzellitti *et al.* [6] zeigten den gleichen Sachverhalt innerhalb einer Experimentserie. Die beobachteten DNA Brüche waren nicht mehr feststellbar, sobald mit der nicht modulierten Trägerfrequenz exponiert wurde.
2. Campisi *et al.* [7] fanden expositionsbedingt einen Anstieg von freien Sauerstoffradikalen assoziiert mit DNA-Brüchen nach 20 Minuten Exposition zu modulierten Feldern. Keine Effekte fanden sich nach der Exposition unter gleicher Feldstärke mit der nicht-modulierten Trägerfrequenz.

## Zusammenfassend

Nach der Beschreibung der Vermehrung von DNA-Brüchen in Ratten-Gehirnen nach Mikrowellen-Exposition durch Henry Lai (USA) wurden vorzugsweise leicht zugängliche Lymphozyten zu Replikationsexperimenten herangezogen. Allerdings waren (und sind) in diesem Zelltyp die DNA-Brüche kaum feststellbar. Mittlerweile wurde wiederholt gezeigt, dass Lymphozyten gegen Mikrowellen-Exposition bei mäßigen Intensitäten eher robust sind. Hingegen reagieren andere HF-EMF exponierte Zelltypen mit messbar erhöhten DNA-Brüchen. Ob empfindliche Zellen nach Exposition DNA-Brüche aufweisen, hängt von mehreren Bedingungen ab:

1. Nach Expositionsbeginn vergeht eine so genannte Latenzzeit bis die DNA-Brüche feststellbar sind. Je kürzer die Expositionsdauer, umso weniger wahrscheinlich kommt es zu Schäden.
2. Zusätzlich zu der durch Energieabsorption pro Masseneinheit wirksamen Strahlungsleistung (SAR-Wert) sind weitere Expositions-Parameter relevant. Beispielsweise reagieren sensible Zellen bei rhythmischen Unterbrechungen (intermittierende Exposition) sensibler als auf kontinuierliche Exposition. Dies bedeutet, dass zelluläre Reaktionen auch unabhängig von der spezifischen Absorptionsrate (Wärmeentwicklung) auftreten können.
3. Es finden sich wiederholt Hinweise, dass bei gleicher Intensität die Exposition zu modulierten Signalen mehr DNA-Brüche erzeugt als die Exposition zu einer nicht modulierten Trägerwelle. Dies bestätigt, dass die zellulären Reaktionen nicht alleine von der spezifischen Absorptionsrate (Wärmeentwicklung) abhängen.
4. Nach Expositionsende verschwinden die DNA-Brüche ungefähr innerhalb von 2 Stunden Erholungszeit. Dieser Befund kann Expositionspausen zum Schutz vor Expositionsfolgen begründen. Für die exakte Feststellung der Erholungszeit bedarf es weiterer systematischer Forschung.

## Schlussfolgerung

Bis die Expositions-Bedingungen, welche unerwünschte DNA-Brüche nach sich ziehen, zufriedenstellend erforscht sind, um als Grundlage für Grenzwerte dienen zu können, muss man, um ein mögliches Risiko zu minimieren, vorsorglich handeln. Bei der Installation und/oder Nutzung HF-EMF abstrahlender Geräte lässt sich das Risiko durch einfache Maßnahmen nach dem Prinzip „umsichtiger Vermeidung“ reduzieren. Dazu gibt es praktische Tipps im Projekt-Report 47 der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt [http://esv-sva.sozvers.at/mediaDB/555261\\_R47.pdf](http://esv-sva.sozvers.at/mediaDB/555261_R47.pdf), (Seite 171-173).

Wien, im September 2010

## Zitierte Literatur

1. Lai, H. and N.P. Singh, *Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation*. Int.J.Radiat.Biol., 1996. **69**(4): p. 513-521.
2. Lai, H. and N.P. Singh, *Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells*. Bioelectromagnetics, 1995. **16**(3): p. 207-210.
3. Diem, E., et al., *Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro*. Mutat.Res., 2005. **583**(2): p. 178-183.
4. Schwarz, C., et al., *Radiofrequency electromagnetic fields (UMTS, 1,950 MHz) induce genotoxic effects in vitro in human fibroblasts but not in lymphocytes*. Int.Arch.Occup.Environ.Health, 2008. **81**(6): p. 755-767.
5. Gerner, C., et al., *Increased protein synthesis by cells exposed to a 1,800-MHz radio-frequency mobile phone electromagnetic field, detected by proteome profiling*. Int Arch Occup Environ Health, 2010. **83**(6): p. 691-702.
6. Franzellitti, S., et al., *Transient DNA damage induced by high-frequency electromagnetic fields (GSM 1.8GHz) in the human trophoblast HTR-8/SVneo cell line evaluated with the alkaline comet assay*. Mutat Res, 2010. **683**(1-2): p. 35-42.
7. Campisi, A., et al., *Reactive oxygen species levels and DNA fragmentation on astrocytes in primary culture after acute exposure to low intensity microwave electromagnetic field*. Neurosci Lett, 2010. **473**(1): p. 52-5.
8. Xu, S., et al., *Exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation induces oxidative damage to mitochondrial DNA in primary cultured neurons*. Brain Res, 2010. **1311**: p. 189-96.
9. Zhang, D.Y., et al., *Effects of GSM 1800 MHz radiofrequency electromagnetic fields on DNA damage in Chinese hamster lung cells*. Zhonghua Yu Fang Yi.Xue.Za Zhi., 2006. **40**(3): p. 149-152.
10. Sakuma, N., et al., *DNA strand breaks are not induced in human cells exposed to 2.1425 GHz band CW and W-CDMA modulated radiofrequency fields allocated to mobile radio base stations*. Bioelectromagnetics, 2006. **27**(1): p. 51-57.
11. Zeni, O., et al., *Evaluation of genotoxic effects in human peripheral blood leukocytes following an acute in vitro exposure to 900 MHz radiofrequency fields*. Bioelectromagnetics, 2005. **26**(4): p. 258-265.
12. Chemeris, N.K., et al., *DNA damage in frog erythrocytes after in vitro exposure to a high peak-power pulsed electromagnetic field 5*. Mutat.Res., 2004. **558**(1-2): p. 27-34.
13. Vijayalaxmi, et al., *Proliferation and cytogenetic studies in human blood lymphocytes exposed in vitro to 2450 MHz radiofrequency radiation*. Int.J.Radiat.Biol, 1997. **72**(6): p. 751-757.
14. Vijayalaxmi, et al., *Micronuclei in the peripheral blood and bone marrow cells of rats exposed to 2450 MHz radiofrequency radiation 1*. Int J.Radiat.Biol., 2001. **77**(11): p. 1109-1115.
15. Vijayalaxmi, L.B.Z., et al., *Cytogenetic studies in human blood lymphocytes exposed in vitro to radiofrequency radiation at a cellular telephone frequency (835.62 MHz, FDMA)*. Radiation Research, 2001. **155**(1): p. 113-121.
16. McNamee, J.P., et al., *DNA damage in human leukocytes after acute in vitro exposure to a 1.9 GHz pulse-modulated radiofrequency field*. Radiation Research, 2002. **158**(4): p. 534-537.
17. McNamee, J.P., et al., *DNA damage and micronucleus induction in human leukocytes after acute in vitro exposure to a 1.9 GHz continuous-wave radiofrequency field*. Radiation Research, 2002. **158**(4): p. 523-533.
18. Tice, R.R., et al., *Genotoxicity of radiofrequency signals. I. Investigation of DNA damage and micronuclei induction in cultured human blood cells*. Bioelectromagnetics, 2002. **23**(2): p. 113-126.

19. Zeni, O., et al., *Evaluation of genotoxic effects in human leukocytes after in vitro exposure to 1950 MHz UMTS radiofrequency field*. Bioelectromagnetics, 2008. **29**(3): p. 177-184.
20. Stronati, L., et al., *935 MHz cellular phone radiation. An in vitro study of genotoxicity in human lymphocytes*. Int.J.Radiat.Biol, 2006. **82**(5): p. 339-346.
21. Vijayalaxmi, L.B.Z., *Cytogenetic studies in human blood lymphocytes exposed in vitro to 2.45 GHz or 8.2 GHz radiofrequency radiation*. Radiation Research, 2006. **166**(3): p. 532-538.
22. Zhijian, C., et al., *Impact of 1.8-GHz radiofrequency radiation (RFR) on DNA damage and repair induced by doxorubicin in human B-cell lymphoblastoid cells*. Mutat Res, 2009.
23. Kim, J.Y., et al., *In vitro assessment of clastogenicity of mobile-phone radiation (835 MHz) using the alkaline comet assay and chromosomal aberration test*. Environ.Toxicol., 2008. **23**(3): p. 319-327.
24. Marinelli, F., et al., *Exposure to 900 MHz electromagnetic field induces an unbalance between pro-apoptotic and pro-survival signals in T-lymphoblastoid leukemia CCRF-CEM cells*. J.Cell Physiol, 2004. **198**(2): p. 324-332.
25. Kesari, K.K., J. Behari, and S. Kumar, *Mutagenic response of 2.45 GHz radiation exposure on rat brain*. Int J Radiat Biol, 2010. **86**(4): p. 334-43.
26. Guler, G., et al., *The effect of radiofrequency radiation on DNA and lipid damage in non-pregnant and pregnant rabbits and their newborns*. Gen Physiol Biophys, 2010. **29**(1): p. 59-66.
27. Tomruk, A., G. Guler, and A.S. Dincel, *The influence of 1800 MHz GSM-like signals on hepatic oxidative DNA and lipid damage in nonpregnant, pregnant, and newly born rabbits*. Cell Biochem Biophys, 2010. **56**(1): p. 39-47.