

zwischen der Benutzung von Mobiltelefonen und dem Risiko eines Akustikusneurinoms<sup>4c</sup>.

Weitere Ergebnisse aus anderen an der INTERPHONE-Studie beteiligten Ländern werden im Laufe des Jahres 2004 erwartet, so dass mit den ersten allgemeinen Schlussfolgerungen am Jahresende zu rechnen ist. Es wird jedoch noch einige Zeit dauern, bis Forscher endgültig sagen können, dass Mobiltelefone kein langfristiges Gesundheitsrisiko darstellen, da es noch nicht genug Personen gibt, die bereits ausreichend lange ein Mobiltelefon benutzen, um einen derartigen Schluss belegen zu können.

Quelle:

Informationen der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC), RCN 21534, zitiert nach: CORDIS FOCUS, Nr. 238, 9. Februar 2004.

## Niederfrequenz

# DNS-Brüche im Gehirn nach EMF-Exposition

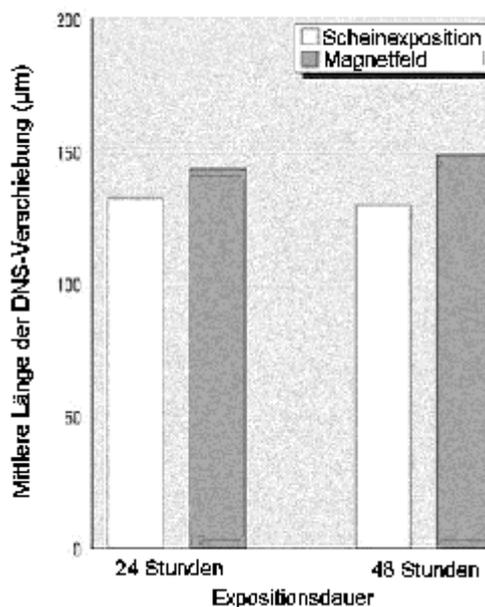
**Eine Arbeitsgruppe der Universität von Washington in Seattle fand eine Zunahme von Brüchen der Erbsubstanz DNS nach Exposition mit einem niederfrequenten 60-Hertz-Feld einer Stärke von 10 Mikrottesla, also unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte. Die Zahl der Brüche nahm bei längerer Exposition (48 Stunden gegenüber 24 Stunden) weiter zu.**

In der ersten Ausgabe des Elektrosmog-Reports im April 1995 berichteten wir von DNS-Brüchen nach einer Bestrahlung mit hochfrequenten Feldern in einer Art und Stärke, wie sie bei Handys verwendet werden (Lai und Singh 1995). Vier Stunden nach der Exposition mit gepulster Strahlung fand sich eine signifikante Zunahme von Einzelstrang-DNS-Brüchen im Gehirn der exponierten Ratten. Die Ergebnisse von Drs. Henry Lai und Narendra P. Singh von der Universität Washington sind damals intensiv diskutiert worden (Williams 1996). Insbesondere war die Zuverlässigkeit der Methodik in Frage gestellt worden.

In dieser Zeit hatten Lai und Singh auch begonnen, mögliche Effekte niederfrequenter Magnetfelder zu untersuchen (Lai und Singh 1996). Eine zweistündige Exposition mit einem 60 Hz-Magnetfeld und Flussdichten zwischen 100 und 500  $\mu\text{T}$  (Mikrottesla) verursachte Einzelstrang-DNS-Brüche, während Doppelstrangbrüche erst bei 250  $\mu\text{T}$  auftraten. In einer späteren Studie fanden die beiden Forscher, dass diese Magnetfeldwirkung durch zwei Radikalfänger (Melatonin und einen synthetischen Fänger freier Radikaler) gehemmt wurde (Lai und Singh 1997). Die Autoren gingen daher davon aus, dass freie Radikale bei der Wirkung von Magnetfeldern auf die DNS beteiligt sind. Freie Radikale sind Atome oder Moleküle mit einem oder mehreren ungepaarten Elektronen (elektrisch ungeladen), die sehr reaktionsfreudig sind. Bis zu einem gewissen Grad sind freie Radikale für den Menschen nützlich. Sie wehren Mikroorganismen ab und bauen Fremdstoffe ab. Doch die meisten Menschen unserer westlichen Industriegesellschaft haben mehr freie Radikale in ihrem Körper, als gesund ist. Die überschüssigen freien Radikale zerstören Zellbestandteile, wie Zellmembranen und die Erbsubstanz DNS.

Mit der aktuellen Studie wurden die Wirkungen niederfrequenter Felder auf die genetische Substanz in Gehirnzellen von Ratten weiter untersucht (Lai und Singh 2004). Sie verwendeten dazu Magnetfelder mit Flussdichten zwischen 10 und 500  $\mu\text{T}$ . Eine Exposition mit einem 60-Hertz-Feld von 10  $\mu\text{T}$  über einen Zeitraum von 24 Stunden verursachte eine signifikante Zunahme von DNS-Einzelstrang- und Doppelstrangbrüchen. Eine Verlängerung der Exposition auf 48 Stunden verstärkte die Wirkung, ein Hinweis

auf einen kumulativen Effekt. Eine Behandlung der Tiere mit einem Vitamin-E-Abkömmling oder 7-Nitroindazol blockierte die Magnetfeld-induzierten DNS-Brüche. Auch diese beiden Substanzen hemmen die Bildung von freien Radikalen. Das unterstützt die frühere Annahme, dass freie Radikale bei den Wirkungen von Magnetfeldern eine Rolle spielen. Die Behandlung mit Deferipron blockierte ebenfalls die Magnetfeldwirkungen auf die DNS, was nahe legt, dass Eisen dabei eine Rolle spielt. Deferipron, ein sogenanntes Chelat, vermindert die Menge freien Eisens.



**Abbildung:** Wirkung einer 24 und 48 Stunden langen Exposition mit einem 10  $\mu\text{T}$  starken niederfrequenten Magnetfeld (60 Hz) auf DNS-Einzelstrangbrüche in Gehirnzellen von jeweils acht Ratten. Die Unterschiede zwischen den scheinxponierten Ratten und den Magnetfeld-exponierten Tieren waren für beide Expositionszeiten signifikant ( $p < 0,01$ ).

Die Autoren stellen die Hypothese auf, dass die Exposition mit Magnetfeldern einen Eisen-abhängigen Prozess (z.B. die Fenton-Reaktion) auslöst, der seinerseits die Bildung von freien Radikalen erhöht, die eine Zunahme von DNS-Brüchen bewirken. Die Fenton-Reaktion ist nach H.J.H. Fenton benannt, der im Jahre 1894 entdeckte, dass verschiedene Metalle die Bildung hoch reaktiver Hydroxyl-Radikale fördern. Dabei entstehen aus zweiwertigem Eisen und Wasserstoffperoxid ein dreiwertiges Eisen und Hydroxylradikale ( $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{HO}^\cdot + \text{HO}^\cdot$ ). Zellen enthalten geringe Mengen an Eisen. Lai und Singh vermuten, dass Magnetfelder die Menge des freien Eisens in der Zellsubstanz und im Zellkern erhöhen, so dass vermehrt freie Radikale entstehen. Verschiedene Vitamine (Vitamine A, C und E), verschiedene Spurenelemente (besonders Selen), bestimmte Pflanzenstoffe wie vor allem die Flavonoide, aber auch das vom Körper nachts gebildete Melatonin und viele andere Substanzen sind Fänger freier Radikaler, auch Antioxidanzien genannt.

Dieser Hypothese folgend, stellen die beiden Wissenschaftler die These auf, dass Zellen mit einer starken Eisenaufnahme – wie beispielsweise wachsende Zellen und Zellen, die von einem Virus infiziert sind – sowie Zellen mit einem starken Stoffwechsel, wie etwa Hirnzellen, besonders empfindlich gegenüber Magnetfeldern sein könnten (Lai und Singh 2004). Dies könne auch zum Teil erklären, warum einige andere Forscher, die wenig stoffwechselaktive Zellen verwendeten, ihre Beobachtung nicht wiederholen konnten.

Über die Bedeutung von Einzelstrang-DNS-Brüchen besteht unter Forschern Unklarheit. Im Allgemeinen wird ihr Auftreten als gesundheitlich unbedenklich eingestuft, da die Zellen Mechanismen zur Erkennung und Reparatur solcher Veränderungen des genetischen Materials besitzen. Einige Untersuchungen geben jedoch

Anlass zur Vermutung, dass bestimmte Einzelstrangbrüche nicht so einfach repariert werden können, so dass biologische Effekte möglich sind. Eine Zunahme von Einzelstrang-DNS-Brüchen kann die Reparaturmechanismen stimulieren und damit letztlich einen günstigen Effekt ausüben. Andererseits könnten Schäden an der DNS bei Fehlern, die bei der Reparatur auftreten, zur Initiierung von Krebs führen.

Franjo Grotenhermen

Quellen:

1. Lai H, Singh N. Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 1995;16(3):207-10.
2. Lai H, Singh NP. Acute exposure to a 60 Hz magnetic field increases DNA strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 1997;18(2):156-65.
3. Lai H, Singh NP. Magnetic-field-induced DNA strand breaks in brain cells of the rat. *Environ Health Perspect* 2004;112(6):687-94.
4. Lai H, Singh NP. Melatonin and *N-tert-butyl- $\alpha$ -phenylnitron* blocked 60-Hz magnetic field-induced DNA single and double strand breaks in rat brain cells. *J Pineal Res* 1997;22:152-162.
5. Williams GM. Comment on „Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells“ by Henry Lai and Narendra P. Singh. *Bioelectromagnetics* 1996;17(2):165; discussion 166.

## Technik

# Digitales terrestrisches Fernsehen (DVB-T)

**Mittelfristig soll in Deutschland das existierende analoge Fernsehen durch das digitale Verfahren DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial) ersetzt werden. Die Auswirkungen auf die Strahlungsbelastung der Bevölkerung sind noch nicht endgültig geklärt.**

Zur Zeit wird u.a. in Nordrhein-Westfalen die neue digitale Fernsehtechnik DVB-T eingeführt, die im Großraum Berlin bereits seit einiger Zeit in Betrieb ist. Das „T“ für terrestrial bedeutet dabei, dass das Fernsehsignal von normalen (an der Erdoberfläche befindlichen) Fernsehsendern ausgestrahlt wird, also nicht über Satellit oder Kabel übertragen wird.

Wie bei allen Sendeanlagen besteht auch bei Fernsehsendern (sowohl für die bisherige analoge als auch für die kommende digitale Sendetechnik) das Problem, dass in unmittelbarer Sendernähe hohe Feldstärken auftreten, deren gesundheitliche Bedeutung nicht abschließend geklärt ist.

Bezüglich der Strahlungsbelastung der Bevölkerung muss sowohl die Sendeleistung als auch das Zeitverhalten des ausgestrahlten Hochfrequenzsignals betrachtet werden.

## Sendeleistung

Sofern die Einführung des digitalen terrestrischen Fernsehens, wie es zumindest langfristig vorgesehen ist, als Austausch gegen das bestehende analoge Fernsehen stattfindet – bei dem die gleichen Sender und die gleichen Frequenzbereiche wie bisher genutzt werden –, so tritt dadurch zumindest keine Erhöhung der Strahlungsbelastung der Bevölkerung auf.

Da bei der digitalen Sendetechnik für einen störungsfreien Empfang allerdings deutlich geringere Feldstärken erforderlich sind als bei der analogen Technik, bieten sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten an:

1. Die Leistung der bestehenden Fernsehsender bleibt unverändert, dann können an den Empfangsorten einfachere Antennen verwendet werden, das heißt z.B. Fernsehempfang ist mit einer Stabantenne am Auto möglich. Die Strahlungsbelastung der Bevölkerung bleibt bei dieser Variante naturgemäß unverändert.
2. Um die bisher gewohnte Empfangsqualität mit vorhandenen Fernsehempfangsantennen zu bieten oder zu übertreffen, genügt eine wesentlich kleinere Sendeleistung als beim bekannten analogen Fernsehen. Die Leistung der bestehenden Fernsehsender könnte also erheblich reduziert werden. In diesem Fall sind an den Empfangsorten allerdings weiterhin Dachantennen wie bisher erforderlich.

Momentan wird die erste Variante realisiert.

Falls das digitale Fernsehen parallel zum existierenden analogen Sendernetz aufgebaut wird, erhöht sich naturgemäß die Strahlungsbelastung der Bevölkerung. Für eine Übergangszeit ist dies zumindest für die öffentlich-rechtlichen Fernsehprogramme vorgezogen.

## Zeitverhalten

Bezüglich des Zeitverlaufs des ausgestrahlten Hochfrequenzsignals sind die Auswirkungen des Systemwechsels beim Fernsehen auf die Strahlungsexposition der Bevölkerung schwieriger zu beurteilen.

Beim analogen Fernsehen wird die Bildinformation mittels Amplitudenmodulation übertragen. Dadurch hat ein Analog-Fernsehsignal eine klare, der 50-Hz-Bildfolge entsprechende Zeitstruktur. Bezüglich der biologischen Wirkung wird das Signal daher manchmal mit einem mit 50 Hz gepulsten Signal verglichen. Das digitale Signal von DVB-T wird auf vielen einzelnen Trägern mit sehr geringem Frequenzabstand gesendet, die alle mit konstanter (zeitlich unveränderlicher) Sendeleistung arbeiten. Abgesehen von einer kurzen Pause stellt sich das DVBT-Signal daher als zeitlich stabiles ungepulstes Signal dar. Auf den ersten Blick ist hier also nicht mit der vielfach befürchteten stärkeren biologischen Wirkung gepulster Strahlung zu rechnen. Bei näherer Betrachtung zeigt sich allerdings, dass durch Interferenz der vielen Einzelträger ein komplexer Signalverlauf entsteht, der in dieser Form von „klassischen“ Sendern nicht bekannt ist. So treten bei dieser Sendetechnik z.B. (vereinzelt) Spitzenwerte der elektrischen Feldstärke auf, die erheblich höher liegen als bei einem analogen Fernsehsignal gleicher Sendeleistung. Die biologische Wirkung eines solchen Signalverlaufes ist bisher noch nicht geklärt. Hier bedarf es weiterer Forschungen, u.a. auch weil ähnliche Sendetechniken auch bei modernen W-LAN-Systemen zum Einsatz kommen.

Peter Nießen

### Impressum – Elektromog-Report im Strahlentelex

Erscheinungsweise: monatlich im Abonnement mit dem Strahlentelex **Verlag und Bezug:** Thomas Dersee, Strahlentelex, Waldstraße 49, D-15566 Schöneiche b. Berlin, ☎ 030 / 435 28 40, Fax: 030 - 64 32 91 67. E-Mail: strahlentelex@t-online.de. Jahresabo: 60 Euro.

### Herausgeber und Redaktion:

nova-Institut für politische und ökologische Innovation, Hürth Michael Karus (Dipl.-Phys.) (V.i.S.d.P.), Monika Bathow (Dipl.-Geogr.), Dr. med. Franjo Grotenhermen, Dr. rer. nat. Peter Nießen (Dipl.-Phys.).

**Kontakt:** nova-Institut GmbH, Abteilung Elektromog, Goldenbergst. 2, 50354 Hürth, ☎ 02233 / 94 36 84, Fax: / 94 36 83

E-Mail: EMF@nova-institut.de; <http://www.EMF-Beratung.de>; <http://www.HandyWerte.de>; <http://www.datadiwan.de/netzwerk/>