

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

13. Jahrgang / Nr. 6

www.elektrosmogreport.de

Juni 2007

Zellforschung zu Niederfrequenz

Gesteigerter Austausch von Chromosomenstücken durch 50-Hz-Magnetfelder

Beim Einwirken von 50-Hz-Magnetfeldern auf menschliche Lymphozyten wurden erhöhte Raten des Austauschs von Chromosomenstücken festgestellt. Dabei ist es ein Unterschied, ob man gepulste oder ungepulste (kontinuierliche) Strahlung einsetzt, und auch die Form der Wellen spielt eine Rolle. Sinuswellen sind weniger effektiv als Rechtecksignale (square). Ungepulste Strahlung erzeugt eine größere Anzahl von Schwesterchromatid-Austauschvorgängen (Verlagerung von DNA-Strang-Stücken, s.S. 4) als gepulste.

Die Fragestellung war, ob niederfrequente Magnetfelder die „genetische Maschinerie“ beeinflussen können. Dafür wurden menschliche Lymphozyten aus dem peripheren Blut verwendet. Außerdem wurden zwei verschiedene Wellenformen mit zwei verschiedenen Feldstärken eingesetzt (s. Tabelle). Das hier angewandte Verfahren des Schwesterchromatid-Austauschs (SCE = sister chromatid exchange) macht Instabilitäten der DNA während der Replikation sichtbar. Der Test nutzt die Tatsache aus, dass die DNA in dieser Phase instabil ist. Durch das Entflechten der DNA entstehen Spannungen im Molekül, wodurch es leicht zu Brüchen kommen kann. Mit den entsprechenden Chemikalien können die Brüche nachgewiesen werden und ebenso die anschließenden Reparaturen. Erhöhte SCEs bedeuten aber, dass Schäden an der DNA entstehen, denn die Reparatur muss nicht immer korrekt verlaufen.

Die Experimente wurden an Blutproben von sechs gesunden jungen Männern (Nichtrauchern) durchgeführt, zweimal das gleiche Experiment mit dem Blut von je drei Personen, um eine Wiederholung des Experiments zum Vergleich zu bekommen (Experiment R1 und R2). Als Auswahlkriterien wurden auch Alter, Beruf, Ernährung, Lebensweise und medizinische Daten (Krankengeschichte) berücksichtigt. Die Lymphozyten durchliefen 2 Zellvermehrungszyklen, wurden dann isoliert und auf die Anzahl des Schwester-Chromatid-Austauschs untersucht.

Für die Untersuchungen wurden neben den Kontrollen insgesamt zweimal 8 Blutproben (R1 = Spender 1 bis 3 und R2 = Spender 4 bis 6) angesetzt, die Zellen wurden jeweils 72 Stunden mit verschiedenen Feldstärken bestrahlt (Pulsung 1 sec an und 1 sec aus im Wechsel):

Die Auswertung, d. h. die Bestimmung der Anzahl der Chromosomenstückeaustausche, wurde unter Blindbedingungen vorgenommen. Insgesamt wurden in R1 5145 Zellen untersucht (1554 unbestrahlte = Kontrollen und 3591 bestrahlte Zellen) und in R2 6141 (1535 Kontrolle und 4606 bestrahlte).

Sinus	ungepulst	1 μ T
Sinus	ungepulst	1 mT
Sinus	gepulst	1 μ T
Sinus	gepulst	1 mT
Square	ungepulst	1 μ T
Square	ungepulst	1 mT
Square	gepulst	1 μ T
Square	gepulst	1 mT
Kontrolle	–	–

Heraus kam bei diesen Experimenten, dass in R1 eine fast signifikante und in R2 eine signifikante Erhöhung des SCE im Vergleich zu den Kontrollen zu sehen war. Die Ergebnisse zeigen, dass Rechteck-Wellen eine stärkere biologische Wirkung haben als Sinuswellen. Die Erklärung dafür scheint ganz einfach zu sein: Sinuswellen werden als reine Welle mit einer einzigen Frequenz betrachtet, während Rechteck-Wellen eine Summe von verschiedenen Frequenzen haben. Deshalb gibt es da größere Chancen, Treffer zu erzielen, die die biologischen Moleküle in ihrer Funktion stören. Wenn es einen Fenstereffekt gibt, wird der bei einem Gemisch von Frequenzen eher auftreten.

Ein weiteres Ergebnis war, dass ungepulste Felder des Rechtecksignals eine stärkere Wirkung haben als gepulste. Einige Forscher gehen davon aus, dass Zellen oder Organe sich an ungepulste (kontinuierliche) Strahlung gewöhnen, sich sozusagen auf die gleichmäßige Feldeinwirkung einstellen können, weshalb sie weniger oder gar keine Zellreaktionen hervorrufen, während es bei der gepulsten Strahlung zu keiner Gewöhnung kommt und daher die Reaktion herrührt. Diese Vorstellung erscheint einleuchtend, zumal viele Experimente ergeben haben, dass gepulste Strahlung eine stärkere Wirkung hat. Eine Erklärung für die stärkere Wirkung von ungepulsten Rechteck-Feldern in diesem Experiment gibt es nicht.

Bei der DNA-Replikation kann es auch zu Quervernetzungen in der DNA nach einem Strangbruch kommen (cross-linking); das verhindert oder hemmt die regelrechte Trennung und Re-

Weitere Themen

Apoptose durch 1900-MHz-Felder, S. 2

In primären Neuronen und Astrozyten werden die Gene für den programmierten Zelltod durch HF-Strahlung aktiviert.

Kompetenzinitiative gegründet, S. 3

Zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie gibt es öffentliche Auseinandersetzungen um die Schädlichkeit von elektromagnetischen Feldern.

Ökotest untersucht DECT-Telefone, S. 4

Wieder einmal waren schnurlose Telefone auf dem Prüfstand, es gibt Verbesserungen, aber noch nicht genug.

paratur der DNA-Stränge, sodass eine normale Funktion der betroffenen Zelle nicht mehr möglich ist. Als Schlussfolgerung meinen die Forscher, dass niederfrequente Magnetfelder die Eigenschaft haben, Schwesterchromatid-Austausch zu erzeugen.

Quelle:

Wahab MA, Podd JV, Rapley BI, Rowland RE (2007): Elevated Sister Chromatid Exchange Frequencies in Dividing Human Peripheral Blood Lymphocytes Exposed to 50 Hz Magnetic Fields. *Bioelectromagnetics* 28, 281–288

Zellforschung zu Hochfrequenz

1,9-GHz-Felder aktivieren Apoptose-Gene in Zellkulturen

Wenn verschiedene Gehirnzellen von Mäusen der Mobilfunkstrahlung von 1900 MHz ausgesetzt werden, verändert sich die Genaktivität solcher Gene, die für den programmierten Zelltod (Apoptose) zuständig sind. In den beiden Zelltypen gibt es geringe Unterschiede in der genetischen Aktivität nach der Handy-Bestrahlung, und Neuronen erscheinen empfindlicher als Astrozyten.

Der Anlass, diese Experimente durchzuführen, war die Überlegung, dass das Gehirn am nächsten an der Handystrahlung dran ist und dass Nervenzellen in dieser Hinsicht zu wenig erforscht sind. Deshalb wurden die Zellen auf das Verhalten der Gene, die für die Apoptose (programmierter Zelltod) zuständig sind, auf Veränderungen untersucht.

Für diese Experimente wurden zwei verschiedene Zellarten des Gehirns von Mäusen verwendet: Primärzellen (frische normale Zellen aus einem Organ) von Neuronen und Astrozyten. Neuronen und Astrozyten wurden unter denselben Bedingungen mit denselben Methoden behandelt. Die Bestrahlung der Zellkulturen erfolgte mit 1900 MHz, indem ein normales Mobiltelefon einfach auf die Kulturschalen aufgelegt wurde. Die Bestrahlungszeit betrug 2 Stunden. Es gab drei verschiedene Varianten: unbestrahlt (Kontrolle), „stand-by“-Modus und „on“-Modus.

In dem Experiment wurden 96 mit der Apoptose verbundene Gene getestet. Davon waren bei den Neuronen 8 Gene signifikant aktiviert und ein Gen deaktiviert worden. Alle anderen waren unverändert geblieben im Vergleich mit den unbehandelten Kontrollkulturen. Es gab keinen Unterschied zwischen den „on“- und den „stand-by“-Kulturen. Das heißt, die Neuronen reagierten mit gleicher Genaktivierung auf die geringe Strahlung im „stand-by“- wie auf die starke Strahlung im „on“-Modus. Die Bestrahlung mit 1900 MHz für 2 Stunden reicht aus, um Veränderungen in der Genaktivität auszulösen. Bei den Astrozyten waren die Genreaktionen etwas anders: Im „stand-by“-Modus gab es keine Unterschiede zu den Kontrollen, im „on“-Modus waren auch verschiedene Apoptose-Gene in ihrer Aktivität verändert, aber z. T. andere als bei den Neuronen. Betroffen waren u. a. Gene, die für die Enzyme Caspasen codieren. Die Caspasen werden für das normale Einleiten und Fortführen der Apoptose benötigt (s. u.).

Die Unterschiede in der Reaktion der Zellen können dadurch bedingt sein, dass die Zellarten unterschiedlich empfindlich sind. Es kann aber auch sein, dass die Kulturbedingungen einen Einfluss haben, denn bedingt durch die unterschiedlichen Eigenschaften der Zellen muss auch das Wachstumsmedium etwas verschieden sein. Es kann auch sein, dass die Zellarten verschiedene SAR-Werte haben, weil die Strukturen unterschiedlich sind. SAR-Werte wurden nicht gemessen, da

es nur darum ging herauszubekommen, ob es Unterschiede bei gleichen Bedingungen gibt.

Neben den 1900-MHz-Emissionen gab es auch deutliche Niederfrequenzfelder. Im „on“-Modus waren es 50–100 nT, bei „stand-by“ noch 5 nT (Hintergrund 2 nT). So kann auch eine nicht-thermische Wirkung durch Niederfrequenzfelder hervorgerufen worden sein.

Da bei dem Experiment viele Frequenzen auf die Zellen eingewirkt haben, ist nicht klar, welcher Anteil der Frequenzen verantwortlich ist für die Induktion der Gene, die die Apoptose einleiten. Es könnte eine thermische, nicht-thermische oder eine kombinierte Reaktion sein.

Dies ist die erste Arbeit, die sich mit der Wirkung der Strahlung eines normalen Handys auf Neuronen und Astrozyten befasst hat. Insgesamt gibt es nur wenige Arbeiten, die Primärkulturen mit der Strahlung eines normalen Handys behandelt haben. Das kann zu ganz anderen Ergebnissen führen als die Bestrahlung in einer Labor-Kammer. Hier sieht es danach aus, als ob hoch- und niederfrequente Strahlung bei zweistündiger Einwirkung die Genaktivitäten der Apoptose-Maschinerie verändern kann. Neuronen scheinen empfindlicher zu sein als Astrozyten. Zusammenfassend lässt sich festhalten: Mobiltelefone haben das Potenzial, Fehlfunktionen oder Zelltod hervorzurufen durch Aktivierung spezifischer Apoptose-Signalketten innerhalb der Zellen.

Zum Verständnis: Caspasen sind Enzyme, die mit anderen Genprodukten zusammen für die Apoptose zuständig sind. Die Apoptose wird eingeleitet und durchgeführt mittels einer Kette von Reaktionen, wenn die Zelle bzw. die DNA geschädigt wurde. Werden die Gene der Caspasen aktiviert, läuft die Produktion der Enzyme an und der programmierte Zelltod nimmt seinen Lauf. Außer Caspasen sind auch andere Enzyme beteiligt.

Wenn HF-Strahlung das Potenzial hat, die Apoptose-Gene anzuschalten, werden eigentlich gesunde Zellen in den Selbstmord getrieben, um es überspitzt zu formulieren. Störungen und Fehlregulationen können Krankheiten hervorrufen.

Quelle:

Zhao TY, Zou SH, Knapp PE (2007): Exposure to cell phone radiation up-regulates apoptosis genes in primary cultures of neurons and astrocytes. *Neuroscience Letters* 412, 34–38

Öffentlichkeitsarbeit

Kompetenzinitiative gegründet und gleich öffentlich aktiv

Gesundheit ist keine Handelsware – mit diesem griffigen Slogan als Untertitel machte sich eine neue Initiative im März 2007 bekannt: Die „Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie“ war gegründet worden. Anlass war die Versteigerung der WiMax-Frequenzen. Das Anliegen: Schutz der Verbraucher vor elektromagnetischen Feldern und den verantwortlichen Umgang mit der Gesundheitsgefährdung. Nach der Gründung gingen die Aktivitäten sofort los.

Die Presseerklärung zur Gründung informierte über die kritische Haltung der Initiative zur derzeitigen Lage, die durch „unverantwortliche elektromagnetische Überfrachtung ...“, „unzureichenden Verbraucher- und Umweltschutz ...“ und „verfassungswidrige Allianzen von Staat und Industrie ...“ gekennzeichnet ist. Die Initiatoren legen Wert auf interdisziplinäre Zusammenarbeit. Die Hauptziele der Initiative sind: