

magnetischen Feldern entwickelt wird. Die Frage ist also: Treten vielleicht mehr Allergien auf, weil es immer mehr elektromagnetische Belastungen gibt? Und treten dann nachfolgend psychische Probleme auf, bedingt durch die Tatsache, dass man den Auslösern nicht entgehen kann? Das ist ebenso gut möglich. Oder: Sind psychisch belastete Menschen generell von ihrer Konstitution, d. h. von ihrer physiologischen Beschaffenheit, stärker gefährdet, durch schädliche Umwelteinwirkungen krank zu werden, gleich welcher Art die sind? Dann wären nicht die psychischen Störungen der Grund für die (vermeintlich eingebilddete) Elektrosensibilität, sondern umgekehrt die psychische „Ausstattung“ der Person macht anfällig für schädliche Umwelteinwirkungen, auch für elektromagnetische Felder. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass Elektrosensibilität entwickelt, d. h. erworben wird, vergleichbar einer Allergie, wenn disponierte Personen über lange Zeiträume erhöhten elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sind, z. B. im Beruf.

Wirkungsmodelle bei EMF

Die Wirkungsmechanismen von EMF auf die DNA

Die beiden Autoren haben ein Modell erarbeitet, das erklären kann, wie elektromagnetische Felder die DNA schädigen, Transkription und Proteine verändern kann. Die Ergebnisse aus vielen Untersuchungen werden zusammengefasst und auf Basis bekannter molekularer Abläufe Modelle entwickelt, wie Zellprozesse beeinflusst werden: über die Einwirkung auf die Energie- und Ladungsverhältnisse.

Dass Elektronen sich innerhalb des DNA-Moleküls bewegen, ist seit langem bekannt. Man weiß aber wenig darüber, wie DNA und elektromagnetische Felder in Wechselwirkung treten. Die Zyklotron-Resonanz ist eine Möglichkeit der Wirkung. Bei diesem Vorgang kann die Aktivierung von Zellprozessen beschleunigt werden. Elektronen werden in Bewegung gesetzt, wenn elektromagnetische Felder auf die DNA einwirken. Dadurch wird Energie auf die Moleküle übertragen und der Elektronentransfer beschleunigt. Nach der Vorstellung der Autoren wirken die EMF auf direkte und indirekte Weise auf Signalketten in der Zelle ein: Indem zum einen die DNA in der Promoterregion direkt aktiviert wird, so dass die Transkription beginnt, und zum anderen, indem die DNA-Schädigung Signalketten beeinflusst. Dabei sind Hitzeschock-Proteine beteiligt, die allgemein bei Zellstress auftreten.

Ladungsverschiebungen sind wichtige Aktivierungsvorgänge bei biologischen Prozessen, bei DNA und Proteinen. Das Modell der DNA-Aktivierung: EMF beschleunigen die Tätigkeit der Na-/K-ATPase, dadurch arbeitet die Ionenpumpe verstärkt und es werden mehr Elektronen verschoben. Die Wasserstoffbrücken in der DNA werden gelöst, die Basenpaare werden getrennt, die beiden DNA-Stränge weichen auseinander und bestimmte Bereiche in der DNA, die Promoter, werden zum Beginn der Transkription angeregt. Je nachdem, welche Basensequenzen betroffen sind, werden verschiedene Gene herauf- oder herunterreguliert. Deshalb ist es schwer, bei Wiederholung der Experimente die Ergebnisse zu reproduzieren. Zudem sind die Zellkulturen genetisch instabil und verändern sich im Laufe der Zeit. Bei den Proteinen kommt es zu beschleunigter Aktivierung von Enzymen, z. B. der Na-/K-ATPase bei 60 Hz und der Cytochromoxidase bei 800 Hz. Das alles funktioniert nur, wenn die betreffenden Biomoleküle inaktiv sind oder geringe innere Kräfte haben, sonst können keine EMF-Wirkungen auftreten. Die Autoren stellen Berech-

nungen zu Ladungen, Energie- und Kräfteverhältnissen an. Sie kommen zu dem Schluss, dass als grundlegende Prozesse der EMF-Wirkung Ladungsverschiebungen innerhalb des DNA-Moleküls anzusehen sind, und diese zu Veränderungen der DNA-Aktivierung führen durch Energieübertragung. Die Reaktionen von DNA und Proteinen auf die EMF können variieren, je nach Ladung und Elektronenaffinität der betroffenen Basensequenzen oder Proteinmoleküle. Beispielsweise werden zur Reparatur von Thymin-Dimeren, die sich in der DNA bilden können (s. S. 4), Elektronen benötigt. Wenn elektromagnetische Felder eingreifen, kann die Reparatur gestört oder verhindert werden. So könnte die schädliche Wirkung elektromagnetischer Felder erklärt werden.

Quelle:

Blank M, Goodman R (2008): A Mechanism for Stimulation of Biosynthesis by Electromagnetic Fields: Charge Transfer in DNA and Base Pair Separation. *Journal Cellular Physiology* 214, 20–26

Mobilfunk und Gehirn

Mobilfunkstrahlung beeinflusst EEG beim Menschen

Eine Doppelblindstudie mit der bisher größten Anzahl von Probanden ergab deutliche Veränderungen in der Alpha-Kurve des EEGs. Damit werden frühere Ergebnisse dieser und anderer Arbeitsgruppen bestätigt.

109 gesunde Freiwillige, Alter durchschnittlich 31,3 (18–69) Jahre, wurden mit einer Frequenz von 895 MHz und SAR-Werten von 0,674 und 0,11 W/kg behandelt. Bei dem verwendeten Mobiltelefon war die 8-Hz-Komponente, die in normalen Handys vorhanden ist, herausgefiltert worden. Es gab zwei Durchläufe im Abstand von einer Woche, einmal wurde die scheinbare und einmal die tatsächliche Bestrahlung durchgeführt. Während und nach den Aufgaben, die die Testpersonen erfüllen mussten, wurde das EEG aufgezeichnet. Die Auswertung ergab, dass sowohl während als auch nach der Feldeinwirkung signifikante Veränderungen der Aktivität des Alpha-Bandes zu sehen waren, dem Bereich, der im ruhigen Wachzustand zu sehen ist.

Die Wissenschaftler fragen, wie es möglich ist, dass bei so geringen Feldstärken biologische Wirkungen auftreten, und diskutieren erneut die seit langem vorgeschlagenen Modelle der Wirkungsweise (Kalziumausstrom, Blut-Hirn-Schranke, Temperaturerhöhung und neuronale Beeinflussung). Am wahrscheinlichsten erscheint die Wirkung auf die Neuronen zu sein.

Quelle: Croft RJ, Hamblin DL, Spong J, Wood AW, McKenzie RJ, Stough C (2008): The Effect of Mobile Phone Electromagnetic Fields on the Alpha Rhythm of Human Electroencephalogram. *Bioelectromagnetics* 29 (1), 1–10

Hochfrequenz

Elektrosmog verdichtet sich

Die Bundesnetzagentur stellte Mitte Januar 2008 Frequenzen für Ultra-Wideband-Technologie (UWB) kostenlos und ohne Antragstellung im Frequenzbereich von 30 MHz bis 10,6 GHz zur Verfügung. Sie setzte damit eine Entscheidung der Europäischen Kommission zur harmonisierten Frequenznutzung vom 21. Februar 2007 um.

Statt lästiger Verkabelung sowohl im Bereich Hi-Fi, Audio und Video als auch bei IT-Komponenten wie Drucker, Fest-

platten, Monitoren, Scannern, Tastaturen, Mäusen und ähnlichen Gerätschaften könne nun alles funktechnisch revolutioniert werden, freute sich der Pressesprecher der Bundesnetzagentur, Rudolf Boll. Die UWB-Technologie ermögliche extrem breitbandige Funkübertragungswege, die mittels geringer Strahlenleistung eine Überbrückung im Bereich weniger Meter leiste, so Boll. Dies sei ideal für die Versorgung von Wohnungen, Büros und Werkstätten, aber auch den Innenraum von Fahrzeugen. Weitere Anwendungen seien im gewerblich-industriellen Bereich, bei medizinischer Datenübertragung, in der Messtechnik und der Ortungs- und der Überwachungstechnik denkbar. Für die Genehmigung von UWB-Geräten ist ebenfalls die Bundesnetzagentur zuständig. Mit der Freigabe dieses breiten Frequenzbereiches betrete man Neuland. Modernste Technik müsse deshalb eingesetzt werden, um andere Funkdienstleistungen nicht zu stören. Die Auswirkungen der UWB-Nutzung würden intensiv beobachtet und die betrieblichen und technischen Parameter müssten gegebenenfalls modifiziert werden. Technische Störpotenziale und Probleme der Datensicherheit in der modernen Funktechnik räumte Boll unumwunden ein. Die komplexen Frequenznutzungsbestimmungen als gesetzlichen Rahmen würden dem jedoch Rechnung tragen. Nachzulesen ist darin, dass Störungen anderer in Kauf genommen werden müssten, wenn diese unvermeidbar seien und der Störverursacher für seine Frequenznutzung bezahlt habe.

Gerätehersteller verwenden heute Verfahren, um neue Produkte vor Störungen abzuschirmen. Das bedeutet aber, dass Geräte, die bereits auf dem Markt sind und stör anfällig reagieren, dies auch weiterhin tun werden. Im konkreten Störfall kann sich der Anwender bei Angabe von Ort und Zeit an eine Schlichtungskommission wenden, die die Kosten für die Entstörung gegebenenfalls dem Verursacher anlastet. Dieses Verfahren ist jedoch kompliziert. Ausdrücklich weist die Bundesnetzagentur in ihren Bestimmungen darauf hin, dass „insbesondere bei gemeinschaftlicher Frequenznutzung gegenseitige Beeinträchtigungen der Funkanwendungen auch für medizinische Funkanwendungen nicht auszuschließen und hinzunehmen sind.“ Übertragungsstörungen sollen der Bundesnetzagentur telefonisch unter 03022-480500 gemeldet werden. Der gestörte Nutzer tut gut daran, vorab die Kostenübernahme für Behebungsmaßnahmen zu klären.

Je mehr Funktechnik angewendet wird desto höher das Problem der Datensicherheit. Auch dieses, so Boll, müssen die Anwender persönlich regeln und auf entsprechende Kodierung und Verschlüsselungstechnik setzen. Dies ist ein zusätzlicher Kostenfaktor, aber es gibt keine hundertprozentige Sicherheit. Zum Gesundheitsschutz vor zunehmender Elektrosmogdichte wollte sich Boll nicht äußern, denn schließlich wisse man nicht, wie viel Funktechnik sich der Verbraucher ins Haus hole. Für diesbezügliche Aufklärung sei das Bundesamt für Strahlenschutz zuständig.

Dr. Hartmut Voigt vom Ecolog-Institut in Hannover wies in einer ersten Stellungnahme darauf hin, dass, auch wenn UWB Geräte nur mit niedriger Intensität senden dürften, dies zu einer Verdichtung des Elektrosmogs im Alltag führe. Mobilfunk, Radio und Fernsehen, digitales Radio, digitales Fernsehen, schnurloses Telefon, dann W-LAN und WIMAX, also DSL über Funk, die Funkmaus und Funktastatur, HiFi und diverse Haushaltsgeräte: „Wir haben so viele Funkquellen, doch zu gesundheitlichen Auswirkungen befinden wir uns im wissenschaftlichen Graubereich“, betonte Voigt. „Deshalb können wir gesundheitliche Schädigungen dieser Anwendungen nicht ausschließen.“ Bei kabelgebundener Übertragung könnten technische Störungen durch ein teureres und besser abgeschirmtes Kabel kompensiert und die sichere Übertragung

gewährleistet werden. „Bei der Funkanwendung in der gleichen Frequenz kann ich nicht abschirmen, sondern nur kodieren, sonst ist mein Nutzsignal auch weg.“ Voigt plädierte für den Verzicht auf Funktechnik wo immer es gehe, betonte aber auch, dass die Verbraucher immer weniger darüber erfahren würden, wo diese eingesetzt sei.

Wenn UWB andere Funk-Systeme, die heute im Einsatz sind, ersetzen würden, gibt Voigt zu bedenken, könnte es möglicherweise zu einer Verringerung der Exposition kommen. Da aber nicht davon auszugehen ist, dass neue Technik alte komplett ersetzen, sondern zusätzlich angewendet werden wird, verdichte sich der Elektrosmog. „Zusätzliche Anwendungen senden zusätzliche Hochfrequenzstrahlung aus und es gibt noch keine Untersuchungen darüber, wie sich UWB auf menschliche Zellen auswirkt“, so Voigt.

Das bestätigte auch der Pressesprecher des Bundesamtes für Strahlenschutz, Florian Emrich, und räumte ein, dass man sich in der Tat die Frage stellen müsse, welche Auswirkungen der zunehmende Einsatz von Funktechnik habe. Diese Zunahme durch private Anwender müsse in der Ermittlung der Strahlenbelastung berücksichtigt werden. Untersuchungen zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen der zunehmenden Nutzung von Funktechnik im UWB-Frequenzbereich gibt es noch nicht. Mit allen bisherigen Funkanwendungen habe man sich im Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm befasst, dessen abschließende Ergebnisse Mitte des Jahres veröffentlicht werden sollen. Derzeit sei bei Einhaltung der geltenden Grenzwerte keine gesundheitliche Gefahr gegeben, so Emrich. Mindestens eine Studie im Rahmen des Forschungsprogramms berücksichtige auch die elektromagnetische Belastung im Haushalt. Aus Sicht des Strahlenschutzes, so Emrich, gelte es immer zu berücksichtigen, dass jede zusätzliche Belastung zu anderen Strahlenquellen den Elektrosmog verstärke.

Inge Lindemann

Niederfrequenz und Zellforschung

Magnetfelder verändern Proteine in Nervenzellen

Menschliche Gliomzellkulturen reagieren mit veränderter Proteinzusammensetzung, wenn sie Magnetfeldern ausgesetzt werden. Einige Proteine werden in höherer, andere in geringerer Menge produziert gegenüber den Kontrollen.

Die Zellen wurden Magnetfeldern von 1,2 μT 3 Stunden ausgesetzt und anschließend auf die Proteinzusammensetzung im Vergleich zu unbehandelten Kontrollen untersucht. 10 Proteine wurden verändert; 3 wurden in größerer, 7 in geringerer Menge produziert. Zusätzlich wurde ein Teil der Zellen mit einem Wachstumsfaktor (EGF) behandelt. EGF spielt eine wichtige Rolle bei der Zell-Zell-Kommunikation. Dabei waren 6 Proteine verändert, 4 wurden vermehrt und 2 vermindert produziert. Die veränderten Proteine gehören zu Zellskelett, Zellmembran, Zell- und Muskelbewegung (Aktin) und der Kreatininkinase (katalysiert die intrazelluläre Energieübertragung). Bei keinem Protein waren Ladung oder Struktur verändert. Die Ergebnisse decken sich mit Ergebnissen anderer Forscher, die ebenfalls Einflüsse von EMF auf Proteine gefunden haben. Auch Frequenzen von Mobilfunkstrahlung haben diese Wirkung.

Quelle:

Kanitz MH, Witzmann FA, Lotz WG, Conover D, Savage Jr. RE (2007): Investigation of Protein Expression in Magnetic Field-Treated Human Glioma Cells. *Bioelectromagnetics* 28, 546–552