

Hypothalamus erfolgt. Betroffen können Hormon- und Herz-Kreislauf-System, pH-Wert, Körpertemperatur, Wasser- und Elektrolythaushalt sein. Wird das $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -Verhältnis gestört, betrifft das im Prinzip jede Zelle. Deshalb ist es auch so schwer, der Einwirkung von elektromagnetischen Feldern eine Krankheit oder auch bestimmte Beschwerden zuzuordnen.

Quelle: Bernabò N, Saponaro I, Tettamanti E, Mattioli M, Barboni B (2014): Acute exposure to a 2 mT static magnetic field affects ionic homeostasis of in vitro grown porcine granulosa cells. *Bioelectromagnetics* 35, 231–234

Hochfrequenzwirkung

Oxidativer Stress durch niedrige Feldstärken bewiesen

Forscher aus der Ukraine, den USA und Brasilien haben die wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu oxidativem Stress in Zellen durch Radiofrequenzen durchforstet und festgestellt, dass 92,5 % (76 von 80) der Arbeiten eindeutige schädliche Wirkungen der Strahlung zeigten.

Nicht-ionisierende Strahlung wie die von Mobiltelefonen und Wi-Fi kann keine biologisch wichtigen Makromoleküle oder Wasser ionisieren, d. h. diese Strahlung kann keine Elektronen aus den Molekülen heraus schlagen. Deshalb sagen Vertreter von Industrie und öffentlichen Institutionen gern, dass die Strahlung kein Problem für die Gesundheit ist. Oxidativer Stress ist ein Ungleichgewicht zwischen den Pro- und Anti-Oxidans-Systemen im Gewebe. Das Ungleichgewicht führt zu oxidativer Schädigung von Proteinen, Lipiden und DNA durch Überproduktion von reaktiven Sauerstoffmolekülen (ROS) in den Zellen. Lange wurde angezweifelt, dass geringe Feldstärken von Radiofrequenzen diese Wirkung haben können, indem schlicht gesagt wurde: Wenn keine Ionisierung stattfindet, gibt es keine Gewebeschäden. Durch die weltweit stark gestiegene Anwendung von drahtloser Kommunikation entstand ein massives Interesse an der biologischen Wirkung der Hochfrequenzstrahlung, folglich zeigten epidemiologische Studien signifikant erhöhtes Auftreten verschiedener Tumorarten bei Langzeit-Vielnutzern von Mobiltelefonen, darunter Hirntumore, Akustikusneurinome, Tumore der Speicheldrüsen, Hodentumore (Seminome), Melanome und Lymphome. Außerdem wurde in der Nähe von Basisstationen eine erhöhte Tumorzinzidenz festgestellt, und die WHO klassifizierte Mobilfunkstrahlung als möglicherweise Krebs erregend für den Menschen.

Dazu tauchte ein neuer Sachverhalt auf, die Elektrosensibilität, die auch durch Hochfrequenzstrahlung verursacht wird. Typische Symptome dafür sind Juckreiz, Schmerzen und Hitzegefühl auf Haut- und Schleimhaut oder Störungen des Herz-Kreislauf- und des Nervensystems in Anwesenheit von Computern, Mobiltelefonen und anderen Geräten. Diese Erkrankungen steigen kontinuierlich an von 0,06 % in 1985 auf 9–11 % der europäischen Bevölkerung. Viele experimentelle Studien zeigen Wirkungen der Radiofrequenzstrahlung niedriger Intensität auf den Stoffwechsel, eine mutagene Wirkung und oxidativen Stress in verschiedenen biologischen Modellen. Einige Arbeiten zeigten keine biologischen Wirkungen, aber eine Analyse der durch andere Forscher anerkannten (peer-reviewed) Veröffentlichungen zu oxidativem Stress durch diese Strahlung zeigt, dass in 76 von 80 Arbeiten (92,5 %) eine signifikante Wirkung gefunden wurde. Meistens handelte es sich um Überproduktion von ROS, Lipidperoxidation (durch die Bestimmung von Malondialdehyd), Proteinperoxidation, erhöhte Konzentrationen von Stickstoffoxid (NO) und Veränderungen der Aktivität anti-

oxidativer Enzyme. Einige Arbeiten weisen auf ROS-Signalwege hin, z. B. die für die Superoxid-/ROS-Erzeugung in Mitochondrien. Spezielle Enzyme werden aktiviert, kurz nach der Einwirkung der Strahlung (nicht-phagozytäre NADH-Oxidase) und eine mechanochemische Veränderung erfolgt, die Wassermolekül-Cluster dissoziieren lässt, und das sicher durch nicht-thermische biologische Wirkung bei einer so geringen Intensität von $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ und bei absorbierter Energie (spezifischen Absorptionsrate, SAR) von $0,3 \mu\text{W}/\text{kg}$. Die internationalen Grenzwerte basieren aber auf der thermischen Wirkung und liegen bei $450\text{--}1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ und einer SAR von $2 \text{ W}/\text{kg}$. Studien mit Intensitäten, die thermische Wirkungen haben, konnten keinen oxidativen Stress finden. Das deutet auf verschiedene Mechanismen bei verschiedenen Intensitäten hin. Bestätigt wird der oxidative Stress in vielen Experimenten, bei denen unter Anwendung von Antioxidantien die oxidative Wirkung verhindert wurde. Es ist noch nicht geklärt, wie niedrig die Strahlungsintensität sein kann, die oxidativen Stress hervorruft, aber sicher ist, dass eine mutagene Wirkung entsteht durch DNA-Schädigung. Eine weitere Wirkung von Oxidantien ist, dass sie Signalwege in den Zellen beeinflussen, vielleicht mit verschiedenen pathologischen Folgen. Jedenfalls muss man von einem breiten Spektrum von Gesundheitsstörungen und Krankheiten bis hin zu Krebs ausgehen. Das verlangt nach weiterer Forschung und Vorsorgemaßnahmen im Gebrauch von Funkanwendungen.

Quelle: Yakymenko I, Sidorik E, Henshel D, Kyrlyenko S (2014): Low intensity radiofrequency radiation: a new oxidant for living cells. *Oxidants and Antioxidants in Medical Science* 3 (1), 1–3; <http://www.oamsjournal.com>

Mobilfunktagung in Würzburg

Gesundheitsrisiken der drahtlosen Kommunikation erörtert

Die Tagung mit dem Thema „Langzeitrisiken des Mobil- und Kommunikationsfunks“, die mit über 230 Teilnehmern sehr gut besucht war, fand am 5. April 2014 in der Festung Marienberg in Würzburg statt. Der Veranstalter, die Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie e. V., hatte hochrangige Wissenschaftler aus dem In- und Ausland eingeladen, Vorträge zu halten.

Eine Tagung, die sich mit den Langzeitfolgen der drahtlosen Kommunikation auseinandersetzt, war längst fällig. Das zeigt auch die Zahl der 230 Teilnehmer, mit denen der Saal voll besetzt war. Die einzelnen Aspekte im Zusammenhang mit den Langzeitrisiken des Mobil- und Kommunikationsfunks deckten insgesamt die ganze gesellschaftliche, medizinische, juristische und politische Problematik ab. Angefangen beim Umgang von Politik und Industrie mit den gesundheitlichen Auswirkungen über die Entwicklung chronischer Entzündungen und Folgeerkrankungen, deren Therapiemöglichkeiten, die Ergebnisse der epidemiologischen Untersuchungen zu Hirntumoren, die Risiken für Kinder, Vorsorgekonzepte und rechtliche Probleme wie Haftungsfragen bis hin zu zwei Kurzberichten über gesundheitliche Schädigungen von Menschen und die juristische Anerkennung sowie Missbildungen bei Nutztieren waren das Themenspektrum des Tages. Die Referenten waren in der Reihenfolge Prof. Richter (Saarbrücken), Prof. Adlkofer (Berlin), Dr. Warnke (Saarbrücken), Prof. Kundi (Wien), Prof. Hardell (Örebro Schweden), Dr. Braun-von Gladiß (Lüneburg), Prof. Kühling (Halle), Verwaltungsrichter i. R. Budzinski (Freiburg i. Br.) und Dr. Eger (Naila).