

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

18. Jahrgang / Nr. 5

www.elektrosmogreport.de

Mai 2012

Mobilfunkforschung

Wirkung von 900-MHz-Strahlung auf Rattenhirne

Die Konzentrationen dreier Biomoleküle, β -Amyloid-Protein (Amyloid-beta 40, A β 40), Karbonyl-Protein und Malondialdehyd, wurden in Rattenhirnen mit und ohne Bestrahlung mobilfunkähnlicher Strahlung untersucht. Durch die 10-monatige 900-MHz-Bestrahlung wurden die Konzentrationen dieser Biomoleküle in den Rattenhirnen erhöht. Dies ist ein Hinweis, dass Langzeitbestrahlung oxidativen Stress in den Geweben erzeugt.

Die 3 zur Untersuchung ausgewählten Moleküle sind von besonderer Bedeutung. Malondialdehyd (MDA) ist ein Biomarker für oxidativen Stress in der Zelle. Es ist eines der wichtigsten Moleküle, das toxischen Stress in lebenden Zellen erzeugt. MDA ist das Abbauprodukt, das bei der Oxidation von vielfach ungesättigten Fettsäuren entsteht. Es kann somit als guter Biomarker für die durch oxidativen Stress gebildete Lipidperoxidation im Gewebe genutzt werden. MDA ist ein natürliches Produkt der Lipidperoxidation und der Prostaglandin-Biosynthese, beides Prozesse, die bei der Pathogenese verschiedener Krebsarten auftreten. Darüber hinaus hat man Schäden in den Genen der MDA in verschiedenen menschlichen Geweben nachgewiesen. Proteine sind ebenfalls anfällig für oxidativen Stress, sie sind Ziel für reaktive Sauerstoffmoleküle (Reactive oxygen species, ROS), dadurch entstehen Karbonyl-Proteine durch Oxidation der Proteine. Das führt zum Verlust der Funktion und/oder zur Veränderung der Form, wodurch die Proteine in eine Form überführt werden, die sie anfälliger für den Abbau durch Proteinasen (Proteinabbauende Enzyme) macht. Wegen der Bedeutung von oxidativem Stress für lebende Systeme sind viele wissenschaftliche Untersuchungen dazu durchgeführt worden. Karbonylierung von einigen Zytosol-Proteinen wie β -Tubulin, β -Actin und Creatin-Kinase wurde auch in Gehirnproben von Alzheimer-Patienten festgestellt. Mobilfunkstrahlung kann bei Mäusen eine Verbesserung der kognitiven Leistungen hervorrufen, wohl durch die Verminderung der Ablagerung von β -Amyloid in den Mäusehirnen. Und die Ablagerung wird nach Mobilfunkbestrahlung vermindert durch geringere Aggregation von A β 40 und Anstieg der Konzentration des löslichen A β 40.

Für die Untersuchungen wurden 17 männliche erwachsene Ratten (Scheinbestrahlung 7 Tiere, Bestrahlung 10 Tiere) in einem Karussell mit mobilfunkähnlicher Strahlung 2 Stunden/Tag, 7 Tage/Woche, 10 Monate lang am Kopf bestrahlt (Langzeittest). Die Tiere befanden sich 14 Stunden im Hellen und 10 Stunden im Dunkeln. Die Antenne war in der Mitte des Karussells montiert und 1 cm vom Kopf der Tiere entfernt. An dem 900-MHz-Gerät waren 2 Watt fest eingestellt. Die Messung der Leistungsflussdichte ergab 0,052–0,338 mW/cm² und

die Bestimmung der SAR 0,17–0,58 W/kg. Das elektrische Feld betrug 16,26–29,43 V/m. Nach den 10 Monaten wurden die Gehirne entnommen (die Tiere wurden mit Pentobarbital getötet) und auf die beschriebenen Biomarker untersucht.

Die Ergebnisse: Die Konzentrationen von Beta-amyloid-Protein, Karbonyl-Protein und Malondialdehyd waren in den bestrahlten Gehirnproben höher als in den unbestrahlten Kontrollen, jedoch nur das Karbonyl-Protein war statistisch signifikant erhöht. Die Konzentration der Karbonyl-Proteine betrug 0,830 nmol/mg Protein in den bestrahlten Gehirnen und in den scheinbestrahlten 0,749 nmol/mg Protein ($p < 0,001$). Die MDA-Bestimmung ergab für die Scheinbestrahlung 7,499 nmol/ml und für die bestrahlten 8,546 nmol/ml ($p < 0,05$), beim Beta-Amyloid 266,6 pg/ml zu 276,4 pg/ml ($p < 0,05$).

Strahlung ist eine physikalische Einwirkung auf lebende Systeme und dabei entstehen vermehrt freie Radikale. Unter normalen Umständen sind Zellen in der Lage, sich selbst zu verteidigen gegen Schäden durch ROS, aber manchmal kann dies – z. B. durch physikalische Einwirkung von außen wie Mobilfunkstrahlung – verhindert werden. ROS lösen eine Reihe von Modifikationen in Aminosäureresten aus. Durch die ROS wird die Bildung von Karbonyl-Proteinen durch Oxidation der Aminosäuren Arginin, Lysin, Threonin oder Prolin erzeugt. Diese behindern die Funktion der Proteine, ebenso Reaktionen von Lysin, Cystein oder Histidin mit ungesättigten Aldehyden, die während der Peroxidation gebildet werden. Trotz des breiten Einsatzes des Karbonyl-Protein-Nachweises als Index für oxidative Veränderung der Proteine ist wenig bekannt über die genaue Identität der Proteine, die von ROS-Einwirkung betroffen sind. Zudem ist Lipidperoxidation eine der Hauptkonsequenzen von oxidativem Stress und MDA ist das Endprodukt dieser Reaktion. MDA-Messung ist daher ein gängiges Verfahren zum Nachweis von oxidativem Stress in Lebewesen.

Viele Forschergruppen haben oxidativen Stress durch Hochfrequenzstrahlung nachgewiesen. In dieser Studie mit 900 MHz wurde nachgewiesen, dass Karbonyl-Proteine signifikant erhöht wurden, also eine potenzielle Schädigung der Hirnzellen.

Weitere Themen

Erwärmung durch 900-MHz-Strahlung, S. 2

Wirkt 900-MHz-Mobilfunkstrahlung auf das Ohr ein, verändert sich die Temperatur im Mittelohr des anderen Ohres.

Beschwerden durch Mobilfunk-Basisstationen, S. 2

Eine Befragung in Polen ergab einen Zusammenhang von Entfernung zur Basisstation und Gesundheitsbeschwerden.

Leitfaden für Sendeanlagenbau, S. 3

Eine österreichische Unfallversicherung veröffentlicht Empfehlungen zur verträglichen Installation von Sendeanlagen.

len durch Langzeiteinwirkung von Mobilfunkstrahlung möglich ist. Oxidative Schädigung hat weit reichende Konsequenzen auf verschiedenen Ebenen: sie kann zu Änderungen in der Proteinstruktur führen, kann im Gehirn zu kognitiven Funktionsstörungen führen, kann die Mitochondrienfunktion beeinträchtigen und die ROS-Produktion weiter ansteigen lassen. Oxidative Schädigung ist auch verantwortlich für das altersabhängige Nachlassen der Hirnfunktion.

Dass es in diesen Experimenten keinen Unterschied im β -Amyloid-Gehalt in scheinbestrahlten und bestrahlten Tieren gab, liegt wahrscheinlich an Art der Versuchstiere. In anderen Experimenten wurden ausgewiesene Alzheimer-Mäuse genommen, hier gesunde Ratten. Zusammengefasst zeigen die Daten, dass 10-monatige Einwirkung von 2-stündiger 900-MHz-Bestrahlung täglich den Karbonyl-Protein-Gehalt in gesundem Rattenhirn-Gewebe signifikant ansteigen lässt. D. h. 900-MHz-Strahlung kann einige Parameter in lebenden Systemen verändern.

Quelle: Dasdag S, Akdag MZ, Kizil G, Kizil M, Cakir DU, Yokus B (2012): Effect of 900 MHz Radio Frequency Radiation on Beta Amyloid Protein, Protein Carbonyl, and Malondialdehyde in the Brain. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 1–8, DOI: 10.3109/15368378.2011.624654

Mobilfunkforschung

Mobilfunkstrahlung verändert die Temperatur im Kopf

Durch das Telefonieren mit dem Mobiltelefon wird die Temperatur im Mittelohr auf der anderen Seite erhöht. Diese Temperaturerhöhung könnte die Hirnfunktion und die Blut-Hirn-Schranke verändern. Damit einhergehende Veränderungen des Blutdrucks könnten Schlafstörungen erklären.

Viele Mobilfunknutzer empfinden während des Telefonierens Hitze am Ohr und Erwärmung des Gewebes um das Ohr herum. Messungen der Hauttemperatur bestätigen die Erwärmung um 2,3–4,5 °C im Ohrbereich. Ob das Gehirn auch erwärmt wird, ist unklar, es gab nur Experimente am künstlichen Modellkopf (Phantom). Da Mobilfunkstrahlung vom Gewebe absorbiert und in Wärme umgewandelt wird, können Gesundheitsschäden auftreten, und wenn das Mittelohr erwärmt wird, könnte das zu Funktionsstörungen im Gehirn führen. Deshalb wurde an 10 Freiwilligen (junge gesunde Männer, 19–29 Jahre, $22,1 \pm 4,7$) erforscht, ob unter Einwirkung von elektromagnetischen Feldern im 900-MHz-Bereich (SAR 1,23 W/kg) eine Veränderung der Temperatur im Mittelohr gemessen werden kann. Die Probanden wurden dreimal im Doppelblind-Verfahren der experimentellen Prozedur unterzogen: einen Tag zweimal 60 Minuten mit Scheinbestrahlung, einen Tag mit 60 Minuten kontinuierlicher Bestrahlung und anschließend 60 Minuten Scheinbestrahlung und an einem Tag viermal 15 Minuten „an“ und viermal 15 Minuten „aus“ (intermittierende Bestrahlung). Die Teilnehmer hatten vorher mindestens eine Woche kein Mobiltelefon benutzt. Die Temperaturmessung erfolgte alle 10 Sekunden am dem Ohr, das nicht mit dem Mobiltelefon in Kontakt war (kontralaterale Position). Der Messfühler war über den äußeren Gehörgang am Trommelfell angelegt und der Gehörgang mit Baumwolle schalldicht verschlossen. Blutdruck und Puls wurden während der Exposition alle 5 Minuten, während der Erholungsphase alle 15 und während des Schlafs alle 30 Minuten gemessen.

Die Ergebnisse: Die durchschnittliche Temperatur war bei der kontinuierlichen Bestrahlung signifikant höher ($p = 0,0001$), bei der intermittierenden Bestrahlung bis zu 0,11 °C niedriger als bei der Scheinbestrahlung. Innerhalb von einer Stunde nach der kontinuierlichen Bestrahlung war die Temperatur noch 0,03 °C höher und nach der intermittierenden 0,18 °C niedriger als bei der Scheinbestrahlung. Zwei Stunden nach der Bestrahlung war die Temperatur jeweils signifikant niedriger als bei der Scheinbestrahlung (0,06 bzw. 0,26 °C, $p = 0,0001$). Auch der Blutdruck ändert sich (die Daten sind nicht angegeben).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Änderung der Temperatur von der Art der Bestrahlung abhängt, ob diese kontinuierlich oder intermittierend ist. Die Temperaturänderung ist nicht so hoch wie bei Phantommessungen (0,08–0,16 °C), da die Temperatur im Gehirn durch die Thermoregulation angepasst wird, was bei Phantomexperimenten nicht berücksichtigt wird. Die Temperatur im Mittelohr verändert sich physiologisch im Tagesrhythmus. Durch die Mobilfunkstrahlung wird die normale Temperatur verändert, unterschiedlich durch kontinuierliche und intermittierende Strahlung. Eine Erklärung für die Verminderung der Temperatur bei und nach intermittierender Bestrahlung könnte sein, dass das Blut in der Region erwärmt wird und dadurch die Thermoregulation einsetzt, oder dass das Thermoregulationssystem direkt durch die Strahlung in Gang gesetzt wird. Jedenfalls können die Temperaturveränderungen physiologische Konsequenzen haben und die Empfindungen erklären, die Mobilfunknutzer beim Telefonieren haben. Die Veränderungen des Blutdrucks könnten die Schlafstörungen erklären, von denen Mobilfunknutzer berichten. Die Erwärmung im Mittelohr könnte auch an der erhöhten Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke beteiligt sein, meinen die Autoren.

Quelle: Bortkiewicz A, Gadzicka E, Szymczak W, Zmyslony M (2012): Changes in tympanic temperature during the exposure to electromagnetic fields emitted by mobile phone. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 03/2012; DOI: 10.2478/S13382-012-0013-y

Mobilfunk und Gesundheit

Beschwerden durch Mobilfunk-Basisstationen in Polen

In 5 Regionen nahe der Stadt Lodz in Polen wurden die Feldstärken in einigen Wohnungen gemessen und die Bewohner befragt, um eine Beziehung zwischen Beschwerden der Anwohner, der Entfernung zur Basisstation und den vorhandenen Feldstärken herstellen zu können. Die Entfernung zu einer Basisstation ist allein kein ausreichendes Kriterium zur Beurteilung der Feldbelastung.

Die höchsten Feldstärken sind nach der Literatur innerhalb von 100 m im Umkreis einer Sendeantenne zu erwarten. Bei mehr als 500 m Entfernung sind die Feldstärken gering. Basisstationen sind meistens etwa 20–40 m über dem Boden installiert. Die Einwirkung auf die Bevölkerung hängt von der Strahlungsrichtung und dem Neigungswinkel ab, aber innerhalb von Gebäuden auch von den Baumaterialien. So können genaue Daten nur durch Messungen erzielt werden. Die meisten veröffentlichten wissenschaftlichen Untersuchungen beziehen sich aber nur auf den Abstand. In dieser Studie wurden Messungen in den Wohnungen vorgenommen und die Befindlichkeit der Bewohner ins Verhältnis zum Abstand zur Basisstation gesetzt. Untersucht wurden 5 Gebiete um die Stadt