

ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

24. Jahrgang / Nr. 4

www.elektrosmogreport.de

April 2018

Wirkung von Mikrowellen

2,45 GHz vermindern kognitive Fähigkeiten bei Mäusen

Die Autoren des hier vorgestellten Artikels analysierten die Auswirkung von 2,45 GHz Mikrowellen, welche z.B. bei drahtlosen Kommunikationssystemen (Mobilfunk, Bluetooth, WiFi/WLAN) zum Einsatz kommen, auf den Hippocampus und das räumliche Erinnerungsvermögen an Hand eines Mausmodells.

Der Hippocampus, von dem pro Hirnhemisphäre jeweils einer existiert, stellt eine zentrale Schaltstation des limbischen Systems dar. Informationen verschiedener Sinne werden hier zusammengeführt und schließlich an die Großhirnrinde weitergeleitet. Er ist von immenser Bedeutung für die Überführung von Gedächtnisinformationen vom Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis. So können Menschen, bei denen die Hippocampi zerstört wurden, keine neuen Erinnerungen speichern, bestehende Erinnerungen bleiben jedoch erhalten. Bereits im Jahre 2015 konnten die Wissenschaftler demonstrieren, dass die Bestrahlung von Mäusen mit besagten Mikrowellen in einer erhöhten Apoptose (programmierter Zelltod) neuronaler und nicht-neuronaler Zellen des Hippocampus resultiert (Shahin et al. 2015). Die Mikrowellen rufen reaktive Sauerstoff- und Stickstoffspezies hervor, welchen gegenüber das Gehirn sehr anfällig ist auf Grund seines hohen Gehalts an mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Die freien Radikale führen zur Lipidperoxidation (oxidativer Abbau von Lipiden), was wiederum in Schädigungen von Neuronen resultiert. Um den molekularbiologischen Vorgängen dieses Phänomens auf den Grund zu gehen, entschlossen sich die Wissenschaftler weitere Experimente durchzuführen.

Sie bestrahlten erwachsene männliche Mäuse mit 0,0248 mW/cm² (SAR 0,0146 W/kg) zwei Stunden pro Tag. Um zwischen Kurzzeit- und Langzeitwirkungen unterscheiden zu können wurden die Mäuse über verschiedene Zeiträume bestrahlt: Kontrollgruppe (keine Bestrahlung); Kurzzeit- (15 Tage) und Langzeitgruppe (30 und 60 Tage). Zunächst wurde das räumliche Erinnerungsvermögen der vier verschiedenen Gruppen untersucht. Dazu wurden die Mäuse in einem 8-armigen Labyrinth trainiert, indem in vier Armen Nahrung platziert wurde. Während des eigentlichen Tests war keine Nahrung im Labyrinth vorhanden, sodass das Langezeiterinnerungsvermögen erfasst werden konnte. Auch die Fehlerraten (Eintritt in einen Gang welcher vorher nicht mit Köder versehen war, sowie Wiedereintritt in einen Gang ohne Köder) wurden registriert. Bemerkenswerter Weise schnitten die bestrahlten Mäuse bei dem Labyrinth-Test signifikant schlechter ab, wobei eine Korrelation mit der Strahlungsdauer festzustellen war. Die Mäuse, welche am längsten bestrahlt wurden, absolvierten den Test am schlechtesten. Daraus

schlossen die Wissenschaftler auf eine Beeinträchtigung in der Gedächtniskonsolidierung.

Um zu überprüfen, dass tatsächlich ein erhöhtes Stresslevel im Hippocampus der bestrahlten Mäuse vorlag, untersuchten die Autoren verschiedene molekulare Stressmarker (Serum-Corticosteron, Corticotropin-ausschüttendes Hormon (CRH), CRH-Rezeptor 1, Glucocorticoid-Rezeptor und induzierbare Stickstoffmonoxid-Synthase (i-NOS)) mit Western Blot und immunhistochemischen Methoden. Es konnte demonstriert werden, dass die Expression der Stressproteine Serum-Corticosteron, CRH, CRH-Rezeptor-1 sowie i-NOS bei bestrahlten Mäusen hochreguliert war, während der Glucocorticoid-Rezeptor geringere Immunreaktivität aufzeigte. Diese Daten zeigen, dass das Bestrahlen mit Mikrowellen erhöhte Stresslevel im Hippocampus auslöst und die Expression von Stressproteinen verändert. Auch hier gab es eine Korrelation zur Bestrahlungsdauer (je länger die Bestrahlung desto heftiger die Veränderung der Expressionslevel).

Nach der Überprüfung des erhöhten hippocampischen Stresslevels, analysierte die Arbeitsgruppe mögliche Veränderungen der neuronalen Funktion und synaptischen Plastizität. Als synaptische Plastizität bezeichnet man die Fähigkeit von Synapsen, sich je nach Nutzung in Morphologie und/oder Physiologie zu verändern. Dadurch wird die Stärke der synaptischen Übertragung modifiziert. Ein Aktionspotential am präsynaptischen Endknöpfchen kann unterschiedlich starke Änderungen des Membranpotentials an der postsynaptischen Nervenzelle bewirken. Bei der Verstärkung der synaptischen Übertragung spricht man von Potenzierung, bei der Abschwächung von Depression. Die Veränderungen der Übertragung werden, je nach Dauer, in vier verschiedene Kategorien unterteilt: Langzeit-Potenzierung, Kurzzeit-Potenzierung, Langzeit-Depression und Kurzzeit-Depression. Die Veränderungen können sowohl präsynaptisch (z.B. Menge des freigesetzten Neurotransmitters) als auch postsynaptisch (z.B. Anzahl der Neurotransmitter-Rezeptoren) bedingt sein. Die synaptische Plastizität stellt einen neurophysiologischen Mechanismus für Lernprozesse und Gedächtnis dar. Die Analyse der synaptischen Plastizität erfolgte wieder durch die quantitative Bestimmung molekularer Marker, in

Weitere Themen

WLAN schadet der Gesundheit, S. 2

Prof. M. Pall widerspricht der unzulänglichen Übersichtsarbeit von Foster/Moulder, die „keine Wirkung“ finden.

Genschäden und Krebs, S. 3

Zwei Arbeiten zeigen erneut, dass EMFs für Genschäden und Krebs verantwortlich sein können, z. B. die NTP-Studie.

Rezension Elektrosensible, S. 3

Eindringliche Schilderung der Probleme von elektrosensiblen Personen und gesundheitspolitische Hintergründe.

diesem Fall Neurotransmitter-Rezeptoren. Genauer gesagt handelte es sich bei den untersuchten Molekülen um Glutamat-Rezeptoren aus der NMDA- und AMPA-Untergruppe (GluR1, GluR2, NR1, NR2A und NR2B). Die Autoren konnten durch Immunhistochemie für alle fünf Rezeptoren eine signifikante Abnahme bei bestrahlten Tieren feststellen. Diese war wieder abhängig von der Dauer der Bestrahlung, so dass die längste Bestrahlung die wenigsten Rezeptoren aufwies.

Um die Erkenntnisse auf molekularbiologischer Ebene weiter zu vertiefen, erforschten die Autoren eine für Lernen und Erinnerung wichtige Signalkaskade. Signalkaskaden im biologischen Sinne sind eine Form der Signaltransduktion, welche eine intrazelluläre Antwort auf ein extrazelluläres Signal beschreibt. So können Moleküle außerhalb der Zelle, wie z.B. Hormone oder Neurotransmitter (Liganden) an Rezeptoren auf der Zellmembran einer Zelle andocken. Dies kann zu einer Konformationsänderung des Rezeptors führen, wodurch Prozesse in der Zelle ausgelöst werden und die Zelle reagiert auf den Reiz. Am Ende der Signalkaskade können z.B. Transkriptionsfaktoren stehen, welche die Ableserate bestimmter Gene erhöhen oder vermindern können. Zentrale Schlüssel-moleküle bei der Signaltransduktion sind Proteinkinasen. Diese phosphorylieren weitere Proteinkinasen (Signalkaskade) und schließlich Effektormoleküle (z.B. Transkriptionsfaktoren), wodurch diese aktiviert werden. Die Signalwege der Proteinkinase C_ε (PKC_ε) und Proteinkinase A (PKA) sind assoziiert mit Langzeit-Potenzierung (siehe synaptische Plastizität) und Stabilisierung.

Auch der Signalweg der Proteinkinase ERK1/2 ist wichtig für die Bildung des Langzeitgedächtnisses. Die Autoren konnten eine signifikant verringerte Expression von PKC_ε, PKA, ERK1/2 sowie deren Effektor CREB (Transkriptionsfaktor) bei bestrahlten Mäusen nachweisen. Dies könnte laut Autoren einen Hinweis auf den molekularbiologischen Grund des verringerten Lern- und Erinnerungsvermögens der bestrahlten Mäuse geben. Zusammengefasst konnte die Arbeitsgruppe Folgendes demonstrieren:

- 1) Verschlechtertes Lern- und Erinnerungsvermögen bei männlichen erwachsenen Mäusen, welche mit 2,45 GHz Mikrowellen bestrahlt wurden.
- 2) Erhöhtes hippocampisches Stresslevel
- 3) Beeinträchtigte synaptische Plastizität
- 4) Verringerte Expression von Signalswegskomponenten, welche für Lern- und Gedächtnisprozesse von hoher Bedeutung sind

Alle oben aufgezählten Wirkungen sind abhängig von der Bestrahlungsdauer, je länger die Bestrahlung desto drastischer die Wirkung. Nach Meinung der Autoren wurde der grundlegende Mechanismus, wie 2,45-GHz-Mikrowellen das Lern- und Erinnerungsvermögen von Mäusen negativ beeinflussen, identifiziert. RH

Quellen:

Shahin S, Banerjee S, Singh SP, Chaturvedi CM (2015): 2.45 GHz Microwave Radiation Impairs Learning and Spatial Memory via Oxidative/Nitrosative Stress Induced p53-Dependent/ Independent Hippocampal Apoptosis: Molecular Basis and Underlying Mechanism. *Toxicological Sciences* 148 (2), 380–399

Shahin S, Banerjee S, Swarup V, Singh SP, Chaturvedi CM (2018): 2.45-GHz Microwave Radiation Impairs Hippocampal Learning and Spatial Memory: Involvement of Local Stress Mechanism-Induced Suppression of iGluR/ERK/CREB Signaling. *Toxicological Sciences* 161 (2), 349–374

WLAN-Wirkung

WLAN schadet der menschlichen Gesundheit

Prof. Martin L. Pall schrieb diese Arbeit als Reaktion auf einen unzulänglichen Review von Foster und Moulder, wonach WLAN keine Wirkung habe. Pall dagegen sagt, dass es den Studien zufolge wiederholt gefundene Auswirkungen von WLAN gibt, die mittlerweile als gesichert anzusehen sind. Er betrachtet 23 wissenschaftlich kontrollierte Studien, in denen man Gesundheitsbeeinträchtigungen bei Tieren, Zellkulturen oder Menschen fand.

Mehrere WLAN-Studien zeigen, dass die Strahlung oxidativen Stress, Spermien-/Hodenschäden und das Nervensystem betreffende Veränderungen (EEG, Apoptose, DNA-Brüche, Hormone und Calcium-Überschuss) hervorruft, festgestellt in 10 von 16 Reviews. Jede dieser EMF-Wirkungen wird auch erzeugt durch eine Hauptwirkung, die Aktivierung der spannungsabhängigen Calcium-Ionenkanäle, andere Mechanismen scheinen von untergeordneter Bedeutung zu sein (z.B. Zyklotronresonanz, Wahrnehmung des Erdmagnetfeldes). 5 Eigenschaften der nichtthermischen Wirkungen werden diskutiert: gepulste sind wirksamer als kontinuierliche, künstliche sind polarisiert und deshalb wirksamer als nicht-polarisierte, Dosis-Wirkungs-Kurven sind nicht-linear und nicht-monoton, die Strahlungen sind oft kumulativ und junge Menschen könnten empfindlicher sein als erwachsene. DNA-Schädigung kann Krebs und Keimbahnmutationen verursachen. Diese allgemeinen WLAN-Wirkungen veranlassten Foster und Moulder zu ihrem Review mit dem Ergebnis, dass sieben wichtige Studien keine Wirkung von WLAN gefunden hätten. Diese „wichtigen Studien“ waren zumeist keine WLAN-Studien und jede hatte geringe Aussagekraft. Dagegen haben die von Pall herangezogenen Studien ergeben, dass gepulste und dazu polarisierte Strahlung stärkere biologische Wirkung hat, die Dosis-Reaktion oft sowohl nicht-linear als auch nicht-monoton ist, die EMF-Wirkungen oft kumulativ und irreversibel sind, WLAN und andere EMFs besonders schädlich für junge Menschen sein können. Es stelle sich die Frage, wie EMF-Strahlung zu nicht-thermischen Gesundheitsbeeinträchtigungen führt und wie WLAN-Wirkung entstehen kann, wenn die Aktivierung der spannungsabhängigen Calcium-Ionenkanäle durch EMFs ausgelöst wird. Mehrere Studien fanden Calcium-Zyklotronresonanz bei ganz bestimmten Frequenzen (7 und 50 Hz), die mit den spannungsabhängigen Calcium-Ionenkanälen zusammenhängen. Nach Feldeinwirkung strömen Ca²⁺-Ionen vermehrt in die Zelle ein. Weiterhin ist die Magnetorezeption zur Navigation mit dem Erdmagnetfeld ein Forschungsfeld, das vor allem Erkenntnisse bei Vögeln und Bienen brachte. Magnetit-Kristalle oder spezielle Nervenzellen spielen eine Rolle, spezielle mechanosensitive Kanäle werden diskutiert. Pall seziert schließlich sehr genau, was Foster und Moulder über WLAN-Ergebnisse schreiben, welche Qualität die von ihnen verwendeten Arbeiten haben und von welchen Arbeitsgruppen sie stammen. Zum Schluss werden die 7 wichtigsten Punkte aufgezählt, die die Fehler von Foster und Moulder aufzeigen, darunter problematisches Studiendesign, zu wenig Versuchstiere, Ignorieren statistischer Signifikanz.

Diese Studie wurde ohne jegliche Fördergelder erstellt.

Quelle:

Pall ML (2018): Wi-Fi is an important threat to human health. *Environmental Research* 164, 405–416