

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 Erinnerungsvermögen 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 Signalfwegskomponenten, 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