

# ElektrosmogReport

Fachinformation zur Bedeutung elektromagnetischer  
Felder für Umwelt und Gesundheit



## Mobilfunkwirkung einer Basisstation

### Bericht über die Endergebnisse bezüglich Hirn- und Herztumoren bei Sprague-Dawley Ratten, die bereits im Uterus bis zum natürlichen Tod einem Mobilfunk-hochfrequenzfeld ausgesetzt waren, welches die Emissionen einer 1,8 GHz GSM-Basisstation widerspiegelt.

Im Jahr 2005 startete das Ramazzini Institut eine lebenslange Studie an Sprague-Dawley Ratten, welche die krebserregende Wirkung von Hochfrequenz-Strahlung untersuchen sollte. Diese Studie wurde nun abgeschlossen und regt dazu an, die Einstufung von Hochfrequenz-Strahlung als möglicherweise Krebs erregend beim Menschen (Gruppe 2B) zu überdenken. Bereits in den frühen 2000er Jahren wurden Studien veröffentlicht, die aufzeigten, dass Menschen, die Mobiltelefone nutzen, ein signifikant erhöhtes Risiko haben an Schwannomen (gutartige Tumore ausgehend vom peripheren Nervensystem) und Hirntumoren zu erkranken. Auch modernere Fall-Kontroll-Studien bestätigen dieses erhöhte Risiko. Experimentelle Studien hingegen waren weitestgehend unzureichend auf Grund von zu kurzer Experimentendauer, zu wenigen Versuchstieren oder falschen Expositionsbedingungen. Die Studie des Ramazzini-Institutes hingegen wartet mit einer Gesamtanzahl von 2448 Versuchstieren auf.

#### Studiendesign und Durchführung:

Insgesamt wurden 2448 Versuchstiere analysiert. Sie wurden vom 12. Tag der Schwangerschaft an 19 Stunden täglich ihr Leben lang bestrahlt. Als Strahlungsquelle diente eine 1,8 GHz GSM Antenne (2G). Die Versuchstiere wurden in vier Gruppen unterteilt. Gruppe I erhielt als Kontrollgruppe keine Bestrahlung. Gruppe II wurde mit einer Intensität bestrahlt, die in einem SAR-Wert von 0,001 W/Kg resultierte. Gruppe III erhielt

#### Impressum

ElektrosmogReport 2/2019, 25. Jahrgang  
Online Veröffentlichung auf [www.EMFData.org](http://www.EMFData.org)  
Bestellung Printausgabe:  
[shop.diagnose-funk.org/Elektrosmogreport](http://shop.diagnose-funk.org/Elektrosmogreport), Bestellnr. 51902

#### Redaktion ElektrosmogReport

Dipl. Biol. Isabel Wilke (IW), Roman Heeren (RH), B.Sc.  
Kontakt: [emf@katalyse.de](mailto:emf@katalyse.de)

#### Herausgeber und V.i.S.d.P

Diagnose-Funk e.V.  
Postfach 15 04 48  
D-70076 Stuttgart  
[kontakt@diagnose-funk.de](mailto:kontakt@diagnose-funk.de)

#### Spendenkonto:

Diagnose-Funk e.V.  
IBAN: DE39 4306 0967 7027 7638 00  
BIC: GENODEM1GLS | GLS Bank  
Ermöglichen Sie mit Ihrer Spende die Aufarbeitung und Analyse der Forschungslage und die weitere Herausgabe des ElektrosmogReport

## INHALTSVERZEICHNIS

- 01 > WISSENSCHAFT** Mobilfunkwirkung einer Basisstation: Bericht über die Endergebnisse bezüglich Hirn- und Herztumoren bei Sprague-Dawley Ratten...

---

- 02 >** Übersichtsarbeit zum Thema HF-EMF: Hin zu 5G-Kommunikationssystemen: Gibt es gesundheitliche Auswirkungen?

---

- 06 >** Wirkungen von Mikrowellen auf das Gehirn: Akute Neuroentzündung fördert die zelluläre Antwort auf 1800 MHz GSM elektromagnetische Felder in der Großhirnrinde von Ratten

---

- 07 >** Wirkungen von Mikrowellen: Altersabhängige Beeinträchtigung der Zellteilung von Stamm- und Vorläuferzellen im Hippocampus nach Bestrahlung mit 1800 MHz elektromagnetischen Feldern

---

- 08 >** Wirkungen von 5G-Terahertz-Frequenzen: Die menschliche Haut als Sub-THz-Empfänger – Stellt 5G eine Gefahr dar oder nicht?

0,03 W/Kg und Gruppe IV 0,1 W/Kg. Um die Strahlung aus der Umgebung auszuschließen, wurden die Tiere in abgeschirmten Räumen gehalten. Während des gesamten Experiments wurden keine Auffälligkeiten des klinischen Status der Tiere festgestellt. Biologische Parameter wie Wasser- und Nahrungsaufnahme, Gewicht und Überlebensindex wiesen während des gesamten Experiments keine Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Die Wissenschaftler analysierten Gehirne und Herzen der Versuchstiere mit histopathologischen Methoden.

### Ergebnisse:

Die Arbeitsgruppe stellte fest, dass männliche Ratten der Gruppe IV statistisch signifikant mehr Herz-Schwannome aufwiesen als die der Kontrollgruppe (0% vs. 1,4%). Im Gegensatz zum Menschen sind Schwannome bei Ratten als bösartige Tumore klassifiziert. Des Weiteren zeigten die männlichen Tiere dieser Gruppe ein erhöhtes Vorkommen an Hyperplasie (übermäßige Zellbildung) von Schwannschen Zellen im Herzen, allerdings nicht statistisch signifikant (0,7% vs. 2,4%). Erhöhtes Vorkommen von Hyperplasie der Schwannschen Zellen im Herzen konnte auch bei weiblichen Tieren der Gruppe IV festgestellt werden. Auch hier wurde keine statistische Signifikanz erreicht (0,5% vs. 1,0%). Die Analysen der Gehirne der Ratten ergaben ebenfalls keine statistisch signifikanten Daten. Bei weiblichen Tieren konnte jedoch ein intensitätsabhängiger Trend aufgezeigt werden: 0,5% der Gruppe I, 0,7% der Gruppe II, 1,0% der Gruppe III und 1,5% der Gruppe IV besaßen bösartige Gliome (Tumore entstehend aus Gliazellen des zentralen Nervensystems). Bemerkenswerterweise wurde vom US-National Toxicology Program (NTP) eine mit der des Ramazzini Instituts vergleichbare Studie durchgeführt (Wyde et al 2018). Hierbei wurden Ratten folgendermaßen mit hochfrequenten Radiowellen bestrahlt: 18 h/Tag, 10 min an/10 min aus, 7 Tage/Woche, 104 Wochen. Die Tiere wurden ebenfalls in vier Gruppen unterteilt mit einem SAR Wert von 0 W/Kg, 1,5 W/Kg, 3 W/Kg und 6 W/Kg. Im Gegensatz zum Ramazzini-Institut wurden diese also pro Tag kürzer (19h vs. 18h), diskontinuierlich (10 min an/10 min aus), über einen kürzeren Zeitraum (104 Wochen vs. lebenslang) aber mit deutlich mehr Intensität bestrahlt. Die Beobachtungen beider Arbeitsgruppen stimmen überein, was die histopathologischen Untersuchungen des Herzens und des Gehirns anbelangt.

### Schlussfolgerungen:

Aus Sicht der Autoren hat diese Studie aus drei Gründen besondere Bedeutung:

1. Auch die geringe Erhöhung von Tumorvorkommnissen in der Studie kann großen Einfluss auf die gesellschaftliche Gesundheit haben.
2. Die zwei unabhängigen Studien des Ramazzini-Instituts und der US National Toxicology Programs zeigen übereinstimmende Daten.

3. Die beobachteten Tumore haben denselben zellulären Ursprung wie die der erwähnten epidemiologischen Fallstudien von Mobilfunknutzern. Die Wissenschaftler fordern auf Grund dieser experimentellen Studien eine Überprüfung des kanzerogenen Potentials von Hochfrequenz-Radiowellen durch die IARC (International Agency for Research on Cancer). (IW)

Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radio-frequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission.

Von: Falcioni L, Bua L, Tibaldi E, Lauriola M, De Angelis L, Gnudi F, Mandrioli D, Manservigi M, Manservigi F, Manzoli I, Menghetti I, Montella R, Panzachi S, Sgargi D, Strollo V, Vornoli A, Belpoggi F. Erschienen in: Environ Res. 2018;(October 2017):1



### Übersichtsarbeit zum Thema HF-EMF

## Hin zu 5G-Kommunikationssystemen: Gibt es gesundheitliche Auswirkungen?

Die Belastung mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF) in unserem alltäglichen Leben nimmt rasant zu. Eine Vielzahl von unabhängigen Studien zeigen, dass HF-EMF in der Lage sind oxidativen Stress, hauptsächlich durch reaktive Sauerstoffspezies (ROS), hervorzurufen. Auch über oxidative Schädigungen der DNA wird berichtet. Diese Ergebnisse könnten von großer Bedeutung sein, da chronischer oxidativer Stress beim Menschen mit der Entstehung und dem Fortschritt mehrerer Krebsarten, Stoffwechselkrankheiten, Fortpflanzungskrankheiten und neurodegenerativen Krankheiten assoziiert ist. Im Jahr 2011 klassifizierte die WHO „International Agency for Research on Cancer“ (IARC) HF-EMF als möglicherweise krebserregend beim Menschen. Die jüngste Stellungnahme des „Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks“ (SCENIHR) stellt von der IARC abweichend fest, dass „HF-EMF Exposition kein erhöhtes Risiko für Hirntumore birgt“ und es im Allgemeinen an Nachweisen für klare gesundheitliche Beeinträchtigungen aufgrund von HF-EMF Exposition mangelt. Die momentan geltenden Expositionsrichtlinien, festgesetzt durch die „International Commission on Non-Ionising Radiation Protection“ (ICNIRP), betragen 41 V/m bei 900 MHz, 58 V/m bei 1800 MHz und 61 V/m bei 2100 MHz. Diese wurden jedoch als zu hoch kritisiert, da sie lediglich akute und nicht chronische Belastung und thermische, aber nicht biologische Auswirkungen von HF-EMF berücksichtigen würden.

Während dieser chaotischen und sich weiterentwickelnden wissenschaftlichen Debatte, publizierte die EU-Kommission im September 2016 ein Dokument mit dem Titel „5G for

Europe: An Action Plan“ (5G für Europa: Ein Aktionsplan). Dieses Dokument stellt einen Aktionsplan für den rechtzeitigen und koordinierten Aufbau von 5G-Netzwerken in Europa durch eine Partnerschaft der EU-Kommission, den Mitgliedsstaaten und der Industrie dar. Das Dokument zielt darauf ab, die neuen 5G-Netzwerke im Jahr 2018 einzuführen und anschließend eine großangelegte, kommerzielle Einführung bis spätestens Ende 2020 zu realisieren. Im Anschluss an dieses Dokument planen derzeit mehrere EU-Mitgliedsstaaten auf nationaler Ebene vorläufige 5G-Experimente privater Telefonbetreiber, um das Netz bei Frequenzen über 6 GHz zu testen. Mittel- bis langfristig sollen die Netzwerke mit typischen 5G-Frequenzen von über 30 GHz operieren, was niemals zuvor mit einer derart hohen Anzahl an Geräten und in einem großangelegten urbanisierten Maßstab durchgeführt wurde. Laut einem Dokument der italienischen Aufsichtsbehörde für das Kommunikationswesen, AGCOM, sei in Zukunft mit 1 Millionen 5G-Geräten pro Km<sup>2</sup> zu rechnen. Diese Gerätedichte werde zu einer Erhöhung des Datenverkehrs führen, was die Notwendigkeit bedinge, eine Vielzahl von kleineren Sendezellen zu installieren. Dies führt zu einer massiven Erhöhung der Sendezellendichte.

Eine wissenschaftliche Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2017 zeigt, dass im Jahr 2012 23% der globalen Tode auf Umweltrisiken zurückzuführen war. Dabei spielen im Wesentlichen nicht-übertragbare Krankheiten eine Rolle. Andere Wissenschaftler fanden heraus, dass das Vorkommen von Kinderkrebs, Neuroentwicklungsstörungen, psychiatrischer und neurodegenerativer Erkrankungen (z.B. Demenz und Parkinson), Stoffwechselstörungen (z.B. Fettleibigkeit und Typ 1 Diabetes) in den vergangenen Jahren zugenommen hat. Dies führt zu dem Schluss, dass eine korrekte Einschätzung von Umweltrisiken erheblich dazu beitragen könnte, die globale Belastung durch diese Gesundheitsgefahren zu vermindern, mit dem Hauptaugenmerk auf Prävention. Dabei könnten insbesondere die potentiellen gesundheitlichen Folgen von HF-EMF, sofern bestätigt, von Interesse sein, da diese eine große Rolle im alltäglichen Leben vieler Nutzer spielen. Das Ziel der hier vorgestellten Übersichtsarbeit ist es, wissenschaftlich überprüfte (Doppelblindgutachten) Studien über die biologischen und gesundheitlichen Auswirkungen von HF-EMF und Millimeterwellen (5G) zu untersuchen.

### **Studiendesign und Durchführung:**

Es wurden wissenschaftliche Artikel über die PubMed-Datenbank ([www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed)) mittels verschiedener Stichworten wie „electromagnetic fields“, „cellular phone“, „mobile phone“, „base station“, „Wi-Fi“ etc. selektiert. Wissenschaftlich überprüfte Studien, welche auf Englisch publiziert wurden, kamen in die nähere Auswahl. Der Zeitraum der relevanten Publikationen war im Kontext der Millimeterwellen

bis Januar 2018, im Kontext der HF-EMF Exposition zwischen 2011 und Januar 2018.

### **Ergebnisse: Studien zum Zusammenhang von HF-EMF und Krebs**

Zunächst beschäftigt sich der Autor der Übersichtsarbeit mit Publikationen, welche Krebs im Zusammenhang mit drahtloser Kommunikation untersuchten. Im Jahr 2011 klassifizierte die WHO IARC HF-EMF als möglicherweise krebserregend beim Menschen (Gruppe 2B). Dies geschah auf Grund von Hinweisen, die belegen, dass im Zusammenhang mit der Nutzung von drahtlosen Telefonen ein erhöhtes Risiko besteht, an Gliomen zu erkranken. Gliome sind eine Form von bösartigen Hirntumoren, die mit einer sehr schlechten Prognose einhergehen. Nach dieser Einstufung folgte eine unabhängige Fall-Kontroll-Studie, welche ein erhöhtes Risiko für Hirntumore nach der Nutzung von kabellosen Telefonen belegte. Des Weiteren demonstrierte eine Studie mit 1678 Patienten, welche unter Gliomen litten, eine niedrigere Überlebensrate in Abhängigkeit der Nutzungsjahre von Mobiltelefonen. Im Gegensatz dazu zeigte eine Studie in einer Kohorte britischer Frauen keinen Zusammenhang zwischen der Nutzung von Mobiltelefonen und dem Vorkommen von Gliomen, Meningeomen oder Tumorerkrankungen des nicht-zentralen Nervensystems. Allerdings belegte diese Studie ein erhöhtes Risiko für Akustikusneurinome (gutartiger Tumor ausgehend vom achten Hirnnerven, gelegen im inneren Gehörgang) für Langzeitnutzer im Vergleich zu Nichtnutzern von Mobiltelefonen. Auch eine koreanische Studie mit 285 Gliompatienten und 285 Kontrollindividuen zeigte keinen Zusammenhang zwischen Gliomerkrankung und der Nutzung von Mobiltelefonen.

Die Ergebnisse der französischen CERENAT Multicenter Fall-Kontroll-Studie wiesen ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen Mobiltelefonen und Hirntumoren auf, bei Vergleich von Nutzern gegenüber Nichtnutzern. Allerdings wurde in dieser Studie eine statistische Signifikanz bei dem Vorkommen von Gliomen und Meningeomen zwischen Nichtnutzern und den häufigsten Nutzern erreicht, wenn eine lebenslange kumulative Dauer sowie die Anzahl an Telefonaten berücksichtigt wurden. Eine Schweizer zensusbasierte Kohortenstudie widersprach einem möglichen Zusammenhang von modellierter Exposition gegenüber Rundfunksendern und Kinderkrebs. Zwar demonstrierte eine lineare Expositionsanalyse eine positive Korrelation für ZNS-Krebsarten bei allen Sendertypen, eine Inzidenzdichteanalyse bestätigte diese Resultate jedoch nicht. (Anm. der Redaktion: Zwei unterschiedliche statistische Verfahren erzielten verschiedene Ergebnisse mit demselben Datensatz).

Eine Metaanalyse (24 Studien, 26846 Fälle, 50013 Kontrollen) belegte ein höheres Risiko an Tumorerkrankungen inner-

halb des Schädels (Mobiltelefonnutzung über 10 Jahre), laut Autoren seien allerdings weitere Studien notwendig, um diesen Zusammenhang zu bestätigen. Die erneute Analyse eines kanadischen Datensatzes von der multinationalen INTERPHONE-Studie (Korrektur gegenüber möglicher Beeinflussung) zeigte ein höheres Risiko an Gliomen, Meningeomen, Akustikusneurinomen und Parotistumoren (Tumore innerhalb der Ohrspeicheldrüse) zu erkranken, im Zusammenhang mit der Nutzung von Mobiltelefonen. Dies steht im Gegensatz zu einer früheren Studie, welche keine Korrelation zwischen Parotistumoren und moderater Mobilfunknutzung und drahtloser Telefone über weniger als 10 Jahre fand. Auch Tierversuche weisen kontroverse Ergebnisse auf. So demonstrierte eine Studie mit Mäusen, welche anfällig gegenüber Lymphomen sind, keine erhöhte Lymphomrate nach Bestrahlung mit HF-EMF. Im Gegensatz dazu dokumentierte eine andere experimentelle Studie krebsfördernde Wirkung von HF-EMF auf Mäuse (Tumore der Lunge, Leber und Lymphome), bei einer Belastung deutlich unter den aktuellen Grenzwerten (SAR von 0,04 und 0,4 W/kg)

#### **Studien zur Wirkung von HF-EMF auf die Fruchtbarkeit**

Nach der Analyse verschiedener Publikationen im Krebskontext widmete sich der Autor der Übersichtsstudie dem Thema Fruchtbarkeit und HF-EMF. Eine Kohortenstudie mit 153 Männern, die eine Fruchtbarkeitsklinik aufsuchten, konnte keine Korrelation zwischen Mobiltelefonie und Spermaqualität belegen. Eine andere Übersichtsstudie über die Wirkung von HF-EMF auf die Spermienfunktion dokumentierte, dass 21 von 27 Studien negative Auswirkungen belegten (z.B. verminderte Beweglichkeit der Spermien, erhöhte Produktion von ROS, erhöhte DNA-Schäden, verminderte Konzentrationen von Antioxidantien). Ergebnisse einer Reihe von Studien im Menschen, welche negative Auswirkungen von HF-EMF auf die Fortpflanzung demonstrieren konnten, wurden durch mehrere unabhängige Tierversuche bestätigt. Im Gegensatz dazu konnte ein Tierversuch mit trächtigen Ratten keinen Zusammenhang zwischen HF-EMF und negativen Auswirkungen auf die Schwangerschaft oder die Entwicklung der Neugeborenen feststellen.

#### **Studien zu Wirkungen von HF-EMF auf den Stoffwechsel**

Als nächstes analysierte der Autor Wirkungen von HF-EMF auf den Stoffwechsel. Eine Berufsstudie mit 1073 Beschäftigten in einem Kraftwerk wies eine Korrelation zwischen der Belastung mit EMF (HF-EMF und niederfrequenten EMF) und Veränderungen im Cholesterinstoffwechsel auf. Des Weiteren zeigte eine Gruppe von 159 Grundschulern, welche der Strahlung von Mobilfunkbasisstationen ausgesetzt waren, Veränderungen im Glukosestoffwechsel. Auch Tierversuche zeigen Veränderungen des Stoffwechsels nach Belastung mit HF-EMF. So fanden Wissenschaftler einen signifikanten Anstieg des Nüchtern-Glukosespiegels mit Anstieg der Insulinresistenz bei

Ratten nach Bestrahlung mit Mobilfunk für mehr als 15 Minuten pro Tag über einen Zeitraum von 3 Monaten. Im Gegensatz dazu konnte eine neuere Ratten-Studie keine Korrelation zwischen HF-EMF Belastung und veränderter Insulinfreisetzung demonstrieren. Diese Studie zeigte jedoch Gewebeschäden in Leber und Bauchspeicheldrüse nach Exposition gegenüber HF-EMF.

#### **Studien über neurologische Folgen von HF-EMF**

Anschließend rückten Studien über neurologische Folgen von HF-EMF in das Augenmerk des Autors. Zwei unabhängige Tierversuche mit erwachsenen Ratten zeigten keine negativen Auswirkungen auf das Nervensystem nach Bestrahlung mit HF-EMF. In einer anderen Studie resultierte die Belastung von ungeborenen Tieren mit HF-EMF in Veränderungen des Hippocampus (Hirnregion, zentrale Schaltstelle des limbischen Systems). Bei einem in vitro-Versuch („Im Reagenzglas“; Zellen werden außerhalb des Körpers in Zellkultur kultiviert) konnten Wissenschaftler demonstrieren, dass die Zellteilung und -reifung von neuronalen Stammzellen, nach Exposition gegenüber HF-EMF, erheblich beeinträchtigt war. Laut den Wissenschaftlern hätte dies verheerende Folgen für die Neurogenese. Neben diesen von HF-EMF verursachten Entwicklungsstörungen des Nervensystems (bei jungen Tieren bzw. in vitro) wurden in der Literatur auch funktionelle Veränderungen beschrieben. In Tierversuchen werden z.B. verschlechtertes Langzeitgedächtnis und Hyperaktivität dokumentiert. Diese Wesensveränderungen gehen mit biologischen Schädigungen des Nervensystems einher. Interessanter Weise finden sich auch beim Menschen Hinweise auf Wesensveränderungen, bedingt durch HF-EMF. Verschiedene Studien beschreiben Verhaltensprobleme bei Kindern, (z.B. Hyperaktivität und Unaufmerksamkeit), die Mobilfunkstrahlung ausgesetzt waren. Auch Wirkungen wie Kopfschmerzen, Müdigkeit und Schlafstörungen von Mobilfunknutzern werden beschrieben, allerdings ohne einen robusten Zusammenhang zu EMF-Stärken herstellen zu können. Außerdem kann kein direkter, kausaler Zusammenhang bei diesen epidemiologischen Studien zu HF-EMF hergestellt werden, da eine immense Reihe anderer Faktoren eine Rolle spielen können. Als Gegenbeispiel existiert eine Studie, die eine Gruppe älterer Teilnehmer untersucht, welche unter einem altersbedingten Rückgang ihrer kognitiven Fähigkeiten litten. Die kognitiven Fähigkeiten der Mobilfunknutzer (einschließlich Gedächtnis und Aufmerksamkeit) waren besser als die der Nichtnutzer.

#### **Studien über Auswirkungen von Millimeterwellen bzw. 5G-Netzwerken**

Abschließend analysierte der Autor mögliche Auswirkungen von Millimeterwellen bzw. 5G-Netzwerken. Millimeterwellen (MMW) sind definiert in einem Wellenspektrum von 30 bis 300 GHz und bilden somit das höchstfrequente Band

der HF-EMF. Es wird von MMW-Geräten erwartet, dass sie mit geringer Leistung arbeiten und auf Grund der niedrigen Eindringtiefe nur oberflächliche Gewebe betreffen. Weil diese Technologie mit geringer Leistung arbeitet, benötigt sie jedoch eine hohe Dichte an Sendezellen, sodass die Wahrscheinlichkeit einer Exposition des Menschen erhöht wird. Selbst unter der Annahme, dass 5G-Netzwerke den Belastungsgrad der menschlichen Umwelt nicht erhöhen, werden sie in der ersten Phase der 5G-Implementierung (d.h. mindestens einige Jahre) parallel zu den derzeitigen Mobilfunksystemen betrieben. Es muss also davon ausgegangen werden, dass ein globaler Anstieg des Belastungsniveaus mit HF-EMF bevorsteht. Obwohl MMW für medizinische Anwendungen vorgeschlagen wurden, existieren spezifische, vorläufige Hinweise, dass Exposition gegenüber Frequenzen von über 30 GHz schwerwiegende biologische Wirkungen haben könnten. So könnte veränderte Genexpression (Ableserate spezifischer Gene), Erhöhung der Hauttemperatur, Stimulation von Zellteilung und Veränderung von Zellmembranfunktion durch MMW hervorgerufen werden. Obwohl die Auswirkungen der 5G-Strahlung nur oberflächliche Gewebe betreffen, können systemische Wirkungen nicht ausgeschlossen werden, da Hautgefäße und umliegende Gewebe ebenfalls bestrahlt werden. In vitro-Versuche mit Hautzellen zeigen, dass die Bestrahlung mit 60,4 GHz MMW bei einer Leistungsdichte von 20 mW/cm<sup>2</sup> (entsprechend der maximalen Leistungsdichte für die öffentliche Nutzung von 5G) in der

Lage ist, die Funktion des endoplasmatischen Retikulums zu verändern. Das endoplasmatische Retikulum ist auf zellulärer Ebene wichtig für die Proteinbiosynthese und Stoffwechselfvorgänge. Außerdem wird die Genexpression von Genen, welche Bedeutung in der zellulären Kommunikation besitzen, verändert. Diese Auswirkungen sind nur teilweise thermischen Wirkungen zuzuschreiben. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass MMW mit einer Leistungsdichte von 20 mW/cm<sup>2</sup> in der Lage sind, biologische Wirkungen zu erzeugen. Es finden sich jedoch Hinweise, dass die MMW keinen direkten Einfluss auf die Genexpression haben. Die Auswirkungen auf die Genexpression kann möglicherweise durch eine gestörte Homöostase (Gleichgewichtszustand innerhalb eines biologischen Systems) erklärt werden. Außerdem existieren verschiedene in vitro-Studien, die je nach zellulärem Kontext zellteilungsfördernde oder -vermindernde Wirkungen von MMW beschreiben. Auch Tierversuche am Auge zeichnen ein kontroverses Bild. Zwei Studien beschreiben Schädigungen nach der Bestrahlung mit 60-GHz-MMW, eine andere findet keine Auswirkungen von MMW auf das Auge. Eine im Jahr 2016 durchgeführte

in vitro-Studie an menschlichen Augenzellen bestätigt jedoch, dass 60-GHz-MMW keine schädlichen Auswirkungen haben. Eine Studie, welche an eingefrorenen menschlichen Spermien durchgeführt wurde, zeigt einen erhöhten Anteil mobiler Spermien nach der Bestrahlung mit MMW (0,03 mW/cm<sup>2</sup>). Außerdem existieren Hinweise auf neurologische Folgen nach MMW Belastung. Studien in Tiermodellen zeigen EEG-Veränderungen als Folge von MMW-induzierten Stressreaktionen, auf Grund eines Anstiegs der Hauttemperatur.

### Schlussfolgerungen:

Die Hinweise auf biologische Wirkungen von HF-EMF verdichten sich mehr und mehr. Obwohl sie in einigen Fällen kontrovers bzw. vorläufig sind, gibt es genug Anlässe, um von einer Wechselwirkung zwischen HF-EMF und biologischen System auszugehen. Dies beinhaltet mögliche krebsfördernde und neurologische Auswirkungen, sowie Auswirkungen auf den Stoffwechsel und die Fortpflanzung. Die biologischen Wirkungen von HF-EMF werden selbst bei Belastung unterhalb

## Die biologischen Wirkungen von HF-EMF werden selbst bei Belastung unterhalb der Grenzwerte gefunden, was Anlass zum Zweifel an der Sicherheit der momentan festgelegten ICNIRP-Standards gibt.

der Grenzwerte gefunden, was Anlass zum Zweifel an der Sicherheit der momentan festgelegten ICNIRP-Standards gibt. Insbesondere die weltweit zunehmende Dichte an drahtlosen Kommunikationsgeräten scheint besorgniserregend, auch im Hinblick auf hinzukommende 5G-Netzwerke. Die erhöhte Anfälligkeit von Kindern sowie die Auswirkungen von HF-EMF auf zellulärer und molekularer Ebene (Förderung oxida-

tiver Prozesse, DNA-Schäden, Veränderung der Genexpression und Stammzellentwicklung) erwecken besondere Bedenken. Der Autor der Übersichtspublikation fordert weitere experimentelle und epidemiologische Studien, um die Auswirkungen von HF-EMF auf den Menschen besser oder sogar vollständig zu verstehen. Laut des Autors sollten die momentan vorliegenden Ergebnisse bereits ausreichen, um die Einhaltung des Vorsorgeprinzips geltend zu machen, insbesondere mit Rücksichtnahme auf die große Anzahl von Personen, welche der Belastung ausgesetzt sind. Unter der Beachtung des WHO-Grundsatzes „Gesundheit in allen Politikbereichen“ sollte die Entwicklung neuer HF-EMF-Kommunikationsnetze mit einer Beteiligung öffentlicher Einrichtungen, Überprüfung bestehender Grenzwerte und Maßnahmen zur Verringerung des Risikos einhergehen. Anmerkung der Redaktion: Einzelne, in diesem Artikel erwähnte Studien sind bei der Redaktion erhältlich. (RH)

Towards 5G communication systems: are there health implications? Von: Di Ciaula A. Erschienen in Int. J. Hyg. Environ. Health 2018; 221, 367-375.



### Wirkungen von Mikrowellen auf das Gehirn

## Akute Neuroentzündung fördert die zelluläre Antwort auf 1800 MHz GSM elektromagnetische Felder in der Großhirnrinde von Ratten

Die Autoren des Artikels behaupten, dass die Wirkung von Mikrowellen auf Gesundheit und Wohlbefinden unklar sei. Insbesondere wie das Gehirn in Bezug auf Gedächtnis, Blut-Hirn-Schranke, oxidativen Stress, Überleben von Nervenzellen und Erregungsleitung im Zusammenhang mit Mikrowellen reagiert, sollte hier untersucht werden. Die Arbeitsgruppe induzierte eine entzündliche Reaktion im Nervengewebe jugendlicher (2 Wochen alt) und erwachsener (2 Monate alt) Ratten durch die Injektion von Lipopolysacchariden (LPS, Zellwandbestandteile von gramnegativen Bakterien). Anschließend ging man der Frage nach, ob eine 2-stündige Bestrahlung des Kopfes positive oder negative Auswirkungen auf diese entzündliche Reaktion habe. Der Fokus der Untersuchung lag auf dem zerebralen Cortex. Da Entzündungen des Nervengewebes oft mit einer Änderung der exzitatorischen Reizleitung einhergehen, wurden unter anderem die AMPA-Rezeptoren ( $\alpha$ -Amino-3-Hydroxy-5-Methyl-4-Isoxazolepropionsäure-Rezeptor) analysiert. Bei diesen handelt es sich um im Nervensystem weit verbreitete Kationenkanäle für Neurotransmitter.

### Studiendesign und Durchführung:

Man untersuchte 2 Hauptgruppen: junge, in der Entwicklung befindliche (14 Tage alt) und erwachsene (2 Monate alt) männlichen Ratten. Zunächst wurde bei beiden Gruppen (je 6 Tiere pro Gruppe) die Wirkung von LPS allein auf die Expression von proentzündlichen Genen getestet. Das LPS wurde in den Bauchraum der Tiere injiziert. 24 Stunden nach Injektion wurden Entzündungsmarker in der Hirnrinde untersucht. Anschließend wurden diese Hauptgruppen in 6 Untergruppen junge Tiere (je 5-7 Individuen) und 10 Untergruppen erwachsene Tiere (je 6 Individuen) unterteilt. Diese erhielten eine einmalige Bestrahlung mit 1800 MHz (2,9 W/kg) des Kopfes oder eine Kombination aus Bestrahlung und LPS-Injektion. Bei den Gruppen mit Doppelbehandlung (Strahlung + LPS) erfolgte die Bestrahlung 24 Stunden nach Injektion. Die Hälfte der Gruppen wurden scheinbestrahlt. Die Entnahme der Gehirne fand entweder 24 oder 72 Stunden nach der Bestrahlung statt. Im Gewebe des zerebralen Cortex wurde die Genexpression verschiedener Entzündungsmarker (TNF- $\alpha$ , IL1 $\beta$ , IL-6, CCL2, NOX2 und NOS2) bestimmt und die Morphologie der Mikroglia untersucht.

### Ergebnisse:

Bei den erwachsenen Ratten erfolgte 24 Stunden nach der LPS Injektion ein signifikanter Anstieg der Genexpression der Entzündungsmarker. Insbesondere die Transkripte von NOX2 und IL-1 $\beta$  waren 4- bzw. 12-fach angestiegen. Die jungen Ratten reagierten ähnlich. Allerdings führte bei den jungen Tieren die Gabe von LPS zu einer Abnahme der NOS2- und IL-6 Genexpression, während sich das Transkriptionslevel des TNF- $\alpha$  nicht signifikant von den Kontrollen unterschied. Dies war bei den Erwachsenen nicht zu beobachten.

Die beschriebene Bestrahlung der Ratten führte zu einer Herunterregulation der durch LPS hervorgerufenen Expression von IL-1 $\beta$  in jungen und erwachsenen Ratten. Das NOX2 Transkript wurde lediglich bei den jungen Ratten durch Bestrahlung signifikant reduziert. Diese Wirkungen waren lediglich 24 Stunden nach der Bestrahlung, nicht aber nach 72 Stunden zu finden.

Um einen Zusammenhang zwischen entzündlichen Prozessen und veränderter Erregungsleitung zu untersuchen, analysierten die Wissenschaftler Änderungen in der Expression und Phosphorylierung der AMPA-Rezeptoren. Die 1800 MHz-Strahlung bewirkte eine Abnahme der Phosphorylierung an zwei Stellen der Untereinheiten GluA1 AMPAR (Serin 831 und 845). Änderungen der Genexpression sowie der GluA1-Phosphorylierung durch die Strahlung war 72 Stunden nach Injektion nicht mehr zu sehen und wurden nicht erzeugt, wenn keine Vorbehandlung mit LPS stattgefunden hatte.

### Schlussfolgerungen:

Die Daten zeigen, dass eine einmalige kurzzeitige Bestrahlung des Kopfes von Ratten mit GSM1800-MHz-Feldern von 2,9 W/kg ausreicht, um die proentzündliche Genexpression vorübergehend zu verändern und Mikrogliazellen zu aktivieren, was zu Änderungen der funktionellen Marker der Erregungsleitung führt. Die Daten zeigen, dass entzündete Hirnrindenzellen auf Bestrahlung reagieren und deren entzündliche Reaktion durch die Strahlung abgemildert wird. Diese Reaktionen erfolgen nicht, wenn gesunde Gehirne der 1800-MHz-Strahlung ausgesetzt sind. Die hier angewendeten Feldstärken von 2,9 W/kg waren oberhalb des für Menschen zugelassenen Grenzwertes (2 W/kg). Eine weitere Erforschung dieses Gebiets ist notwendig, um mögliche vorteilhafte oder schädigende Wirkung von Strahlung, je nach neuropathologischem Zustand des Gehirns zu verstehen. (IW)

Acute Neuroinflammation Promotes Cell Responses to 1800 MHz GSM Electromagnetic Fields in the Rat Cerebral Cortex.

Von: Lameth J, Gervais A, Colin C, Lévêque P, Jay TM, Edeline JM, Mallat M  
Erschienen in: Neurotoxicity Research 32 (3) 2017, 444-459; Berichtigung:  
Neurotox Res, DOI 10.1007/s12640-017-9774-1



## Wirkungen von Mikrowellen auf das Gehirn

### Altersabhängige Beeinträchtigung der Zellteilung von Stamm- und Vorläuferzellen im Hippocampus nach Bestrahlung mit 1800 MHz elektromagnetischen Feldern

Organismen, welche sich in der Entwicklung befinden, sind empfindlicher gegenüber elektromagnetischer Strahlung als Adulte. Auch bestimmte Organe sind anfälliger als andere. Das Gehirn ist besonders betroffen und hier die Region des Hippocampus am empfindlichsten. Bei Beeinträchtigung des Hippocampus können neurologische Fehlfunktionen auftreten, wie Bewegungs- und Lernstörungen. Strahlung kann die Ursache für Zelltod (Apoptose) oder Schädigung des Zellwachstums bzw. der Zelldifferenzierung von Stammzellen des Hippocampus darstellen. Apoptose ist ein wichtiger Vorgang zur Aufrechterhaltung der Homöostase, jedoch besonders wichtig während der frühen Entwicklung des Gehirns. Die Neurogenese (Neubildung von Nervenzellen) geschieht auch nach der Geburt in bestimmten Bereichen des Gehirns. Sie ist im Hippocampus mit der Gedächtnisbildung assoziiert und wird von diversen physiologischen und pathologischen Reizen beeinflusst. So z.B. durch Sauerstoffmangel bei Durchblutungsstörung oder durch Strahlung.

#### Studiendesign und Durchführung:

In dieser Studie wurden neugeborene (P7) und jugendliche (P21) Mäuse untersucht. Es wurden 3 Versuchsgruppen (Kontroll-, scheinbestrahlte und bestrahlte Gruppe) mit je 6 weiblichen und 6 Männlichen Tieren analysiert. Die Tiere wurden 3 Tage lang 8 Stunden pro Tag mit 1800-Mhz-Strahlung, die der eines Mobiltelefons in nächster Nähe ähnelt, bestrahlt. Das elektrische Feld von 28 V/m resultierte in einem SAR-Wert von 1,16 W/kg im Gehirn. 24 Stunden nach Ende der Bestrahlung wurden die Gehirne entnommen und auf Zellwachstum, Zellzahl, Apoptose und DNA-Synthese untersucht. Dabei kamen folgende Marker zum Einsatz:

Die Protease Caspase-3 induziert Apoptose, somit dient aktive Caspase-3 als Signal für den programmierten Zelltod. BrdU (Bromdesoxyuridin) wird während in neugebildete DNA eingelagert und dient somit als Signal für DNA-Synthese. Die Phosphorylase PHH3 (Phospho-Histon-H3) stellt ein Signal für Zellteilung dar. Außerdem wurde BLBP (Brain specific lipid-binding protein) untersucht. BLBP markiert die Stammzellpopulation der neuronalen Vorläuferzellen, aus denen durch Differenzierung funktionale Neurone (Nervenzellen) entstehen.

#### Ergebnisse:

Die Untersuchung des Gehirns ergab keine signifikante Wirkung der Strahlung auf die Apoptose im Hippocampus, Hirnrinde, Striatum und Thalamus.

Das Zellwachstum im Hippocampus war bei den P7-Tieren im Vergleich zu den P21-Tieren erhöht. Die Bestrahlung steigerte die DNA-Synthese in den neuronalen Stamm- und Vorläuferzellen der P7-Tiere, verminderte aber die Zellteilung und Gesamtzahl der Stammzellen im Hippocampus im Vergleich zu den Kontrollen. Die P21-Tiere hingegen zeigten keine signifikanten Änderungen im Zellwachstum nach der Bestrahlung. Es existierten auch keine Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Tieren beider Altersgruppen. Die Stammzellpopulation hingegen wurde bei den P7-Tieren durch Bestrahlung verändert. Die Anzahl der BLBP-positiven Stammzellen nahm nach der Bestrahlung signifikant ab. Bei den P21-Tieren hingegen gab es keine statistisch signifikanten Unterschiede in der BLBP-Markierung nach Bestrahlung.

#### Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse dieser Kurzzeit-Studie geben Hinweise, dass sehr junge in der Entwicklung befindliche Individuen empfindlicher reagieren als ältere. Die Wissenschaftler können keinen Zusammenhang zwischen Bestrahlung mit 1800 MHz-Strahlung und Zelltod herstellen, allerdings ist weitere Forschung nötig, um eine dosisabhängige Beziehung zwischen Bestrahlung und Apoptose von Nervenzellen auszuschließen. Die hier angewendeten Methoden analysieren die Auswirkung von 1800 MHz-Strahlung auf drei verschiedene Zellprozesse im Hippocampus. BrdU wird während der S-Phase des Zellzyklus in neu synthetisierte DNA eingelagert. PHH3 ist besonders während der M-Phase (Zellteilung) des Zellzyklus aktiv. BLBP markiert die Stammzellen, aus denen durch Differenzierung funktionale Neurone entstehen. Die kurzfristige Bestrahlung resultiert in erhöhter DNA-Synthese (BrdU) bei neugeborenen Mäusen, nicht aber bei juvenilen. Gleichzeitig war die Zellteilung bei den neugeborenen Mäusen vermindert. Die juvenilen Tiere zeigten keine veränderte Zellteilung. Des Weiteren war die Stammzellpopulation in den Gehirnen der Neugeborenen vermindert, vermutlich bedingt durch die gehemmte Zellteilung.

Zusammengefasst zeigt dies, dass die Empfindlichkeit gegenüber 1800-MHz-Strahlung während der Entwicklung berücksichtigt werden muss, wenn der Schutz vor elektromagnetischen Feldern beurteilt wird. Die Langzeitwirkung der Strahlung auf neurologische Funktionen muss weiter erforscht werden. (IW)

Age-dependent acute interference with stem and progenitor cell proliferation in the hippocampus after exposure to 1800 MHz electromagnetic radiation.

Von: Xu F, Bai Q, Zhou K, Ma L, Duan J, Zhuang F, Xie C, Li W, Zou P, Zhu C. Erschienen in: Electromagnetic Biology and Medicine 2017; 36 (2), 158-166



### Wirkungen von 5G-Terahertz-Frequenzen

## Die menschliche Haut als Sub-THz-Empfänger – Stellt 5G eine Gefahr dar oder nicht?

Eine neue Epoche der Kommunikationstechnologie steht der Menschheit bevor. Das „Internet of things“ (Internet der Dinge) bezeichnet eine flächendeckende Vernetzung von Geräten und Sensoren, die unser alltägliches Leben erleichtern soll. Um dies zu ermöglichen, muss ein neuer Standard der drahtlosen Kommunikation erschaffen werden, da immer größer werdende Datenmengen übertragen werden müssen. Dies soll in naher Zukunft durch die Einführung des 5G-Standards geschehen. Der heutige Frequenzbereich der Drahtloskommunikation ist für die angesprochene Datenexpansion ungeeignet. Aus diesem Grund beginnen die Frequenzen des 5G-Standards bei 28 GHz und könnten zukünftig bis in den Sub-THz-Bereich vordringen. Die für die Vernetzung notwendige, exorbitante Bandbreite (bis zu 10.000 mbit/s) muss durch zunehmende elektromagnetische Belastung erkauft werden. Die Mobilfunkindustrie bestreitet gesundheitliche Risiken durch 5G. In den letzten Jahren wurde jedoch eine Vielzahl von Studien veröffentlicht, die selbst die Unbedenklichkeit der heutzutage verwendeten 4G Technologie (LTE) in Frage stellen.

Die Autoren des hier vorgestellten Artikels formulieren eine These, warum 5G möglicherweise für Menschen bedenklicher erscheint als bisher angenommen. Grundlegend dafür ist die Spiralstruktur der Schweißkanäle unserer Haut. Die menschliche Haut besitzt im Wesentlichen drei Komponenten (von außen nach innen): die Epidermis (Oberhaut), die Dermis (Lederhaut) und die Subcutis (Unterhaut). Die Epidermis besitzt eine geringere Durchlässigkeit für elektrische Felder als die Dermis. Diese unterschiedlichen elektromagnetischen Eigenschaften von Dermis und Epidermis sowie die Spiralstruktur der Schweißkanäle brachten die Wissenschaftler zu der Annahme, dass die Schweißkanäle als kleine, imperfekte Spiralantennen fungieren könnten. Die Wissenschaftler sagten einen Empfang im Sub-THz Bereich für Schweißkanäle voraus. Sie konnten in der Vergangenheit ein Zusammenhang zwischen Aktivität der Schweißdrüsen (induziert durch physische Aktivität oder mentalen Stress) und veränderter Reflexion von elektromagnetischen Wellen im W-Band (75-110 GHz) nachweisen.

Einen weiteren Hinweis auf eine Beteiligung der Schweißkanäle liefert die Polarisierung der reflektierten elektromagnetischen Wellen. Ähnlich wie bei Milchsäure besitzt die helikale (spiralige) Struktur der Kanäle, eine Chiralität, d. h. sie kann einfallende Strahlung links- oder rechtsdrehend zurückwerfen.

Tatsächlich ist die große Mehrheit der Schweißkanäle in unserer Haut rechtsdrehend und auch die reflektierte Strahlung ist rechtsdrehend polarisiert.

### Studiendesign und Durchführung:

Die Arbeitsgruppe erstellte ein Simulationsmodell der menschlichen Haut zur Berechnung von SAR-Werten. In ihrem Modell berücksichtigte die Arbeitsgruppe die verschiedenen Hautschichten, den bestimmten Wassergehalt in den Segmenten sowie die helikale Struktur der Schweißkanäle. Sie simulierten ein dickes und ein dünnes Hautmodell mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 2000, 5000 und 10000 S/m. Als simulierte Strahlungsquelle wurde eine ebene, senkrechte Welle gewählt.

### Ergebnisse:

Das dünne Hautmodell, mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 10000 S/m, weist bei einer Frequenz von 440 GHz darauf hin, dass die Energie hauptsächlich in den Schweißkanälen absorbiert wird. Dasselbe Ergebnis wird bei 450 GHz bei dem dicken Hautmodell erzielt. Das dünne Hautmodell zeigt, dass bei 440 und 580 GHz eine maximale Absorption von elektromagnetischen Wellen im Sub-THz Bereich in unserer Haut stattfindet. Die maximale Absorption findet beim dicken Hautmodell bei 410 und 500 GHz statt. Des Weiteren zeigt das Simulationsmodell, dass sogar bei einer niedrigen elektrischen Leitfähigkeit der Haut von 2000 S/m ein wesentlich höherer SAR-Wert durch die Berücksichtigung der helikalen Schweißkanäle erzeugt wird.

### Schlussfolgerungen:

Die Autoren der vorgestellten Studie zeigen durch ihr Simulationsmodell, dass die helikalen Schweißkanäle unserer Schweißdrüsen einen wichtigen Mechanismus bei der Absorption von elektromagnetischen Wellen im Sub-THz Bereich darstellen. Die Frequenzen der 5G-Technologie starten bei 28 GHz, könnten jedoch in den Sub THz-Bereich vordringen. Die Methoden, welche heutzutage von der Industrie genutzt werden, um SAR-Werte zu bewerten, berücksichtigen nicht den Antennencharakter der Schweißkanäle bei Sub-THz-Frequenzen. Dadurch werden geringere SAR-Werte berechnet als dies real der Fall sein könnte. Abschließend fordern die Autoren eine bessere Untersuchung möglicher gesundheitlicher Folgen durch die Anwendung von 5G-Technologie. Ihrer Meinung nach gäbe es genug Hinweise auf mögliche nicht-thermische Wirkungen. (RH)

The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not?  
Von: Betzalel N, Paul Ben Ishai PB, Feldman Y. Erschienen in: Environ Res. 2018; 163 (January): 208-216.