

ElektrosmogReport

Fachinformation zur Bedeutung elektromagnetischer
Felder für Umwelt und Gesundheit



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

mit Verzögerung erscheint die Ausgabe 1/2019 des ElektrosmogReport, mit der bisherigen Redaktion, aber einem neuen Herausgeber, nämlich Diagnose-Funk e.V.. Nach Jahrzehnten verdienstvoller Herausgeberschaft musste Thomas Dersee aus persönlichen Gründen die Herausgabe von Strahlentelex / ElektrosmogReport beenden. Unbestechlich analysierte dieser Fachinformationsdienst im Teil Strahlentelex im Bereich der ionisierenden Strahlung die Atompolitik der Bundesregierung, die Unfälle in Tschernobyl und Fukushima. Im Bereich der nicht-ionisierenden Strahlung wurde Monat für Monat im Elektrosmog-Report die Studienlage ausgewertet.

Wer die Ausgaben der letzten 25 Jahre industrieunabhängiger Forschungsauswertung im Bereich der Nieder- und Hochfrequenz durchblättert, dem wird klar: v.a. die Risiken der Mobilfunkstrahlung waren schon immer bekannt. Auch die Kontroversen um die Verfälschung der Forschungslage wurden mit scharfer Feder kommentiert. Es ist ein Vertrauensbeweis an diagnose:funk, dass Thomas Dersee uns alle Rechte am Elektrosmog-Report übergab mit der Bitte, dass das Biologenteam weiter in eigener Entscheidung die Studienlage auswertet und kommentiert.

Den ElektrosmogReport wird es zunächst nur als Online-Ausgabe zum kostenlosen Download auf der Datenbank www.EMFData.org geben. Printausgaben können über den diagnose-funk Online-Shop als Print on demand bestellt werden. Die weitere Herausgabe, die Bezahlung der Redaktion, der professionelle Satz, sind mit Kosten verbunden.

Um eine kontinuierliche Herausgabe abzusichern, hoffen wir auf Ihre Spende. Denken Sie daran beim Download.

Um dem ElektrosmogReport internationales Gewicht zu verleihen, planen wir eine Ausgabe in Englisch. Die Realisation hängt von der Entwicklung des Spendenaufkommens ab. Nachdem das staatliche EMF-Portal seit Ende 2017 die Studienlage zur Hochfrequenz / Mobilfunk nicht mehr auswertet, ist in Deutschland der ElektrosmogReport das einzige Fachmagazin, das angesichts rapide steigender Belastung der Bevölkerung mit nicht-ionisierender Strahlung diese Aufgabe wahrnimmt. Damit steigt seine Bedeutung und Verantwortung, auch für die grundlegende Kontroverse um eine Vorsorge - und Gesundheitspolitik.

Peter Hensinger, M.A., verantwortlich im diagnose:funk Vorstand für den Bereich Wissenschaft

Impressum

ElektrosmogReport 1/2019, 25. Jahrgang
Online Veröffentlichung auf www.EMFData.org
Bestellung Printausgabe:
shop.diagnose-funk.org/Elektrosmogreport, Bestellnr. 51901

Redaktion ElektrosmogReport

Dipl. Biol. Isabel Wilke (IW), Roman Heeren (RH), B.Sc.
Kontakt: 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

Spendenkonto:

Diagnose-Funk e.V.
Konto: 7027 7638 00 | BLZ: 43060967 | GLS Bank
IBAN: DE39 4306 0967 7027 7638 00
BIC: GENODEM1GLS

Ermöglichen Sie mit Ihrer Spende die Aufarbeitung und Analyse der Forschungslage und die weitere Herausgabe des ElektrosmogReport

INHALTSVERZEICHNIS

02 > WISSENSCHAFT 2,45 GHz Mikrowellenstrahlung verschlechtert Lernen, Gedächtnis und die synaptische Plastizität im Hippocampus von Ratten

03 > Oxidativer Stress verändert Spermienparameter bei männlichen Wistar-Ratten, die der Strahlung eines 3G-Mobiltelefons ausgesetzt waren.

04 > Wirkung hochfrequenter Strahlung (RF-EMF) auf Entwicklung und Paarungserfolg von Honigbienen-Königinnen

05 > Mobilfunkwirkung auf DNA und oxidativen Stress im Gehirn

06 > Charakterisierung der suppressiven Wirkung niederfrequenter elektrischer Felder auf die Stress-induzierte Glucocorticoid-Konzentration im Plasma von Mäusen

07 > Verdoppelung der Häufigkeit von Glioblastomen – den bösartigsten aller Hirntumorarten – in England seit der Einführung der Mobiltelefonie.



2,45 GHz Mikrowellenstrahlung verschlechtert Lernen, Gedächtnis und die synaptische Plastizität im Hippocampus von Ratten

Die Nutzung von drahtlosen Kommunikationsgeräten nimmt sowohl im privaten als auch öffentlichen Raum immer weiter zu. Obwohl immer mehr Literatur über die Bedeutung von Mikrowellenstrahlung für die Gesundheit des Menschen veröffentlicht wird, gibt es nach wie vor keine einhellige Meinung über die negativen Auswirkungen. Daten von mehreren Studien weisen darauf hin, dass 2,45 GHz Mikrowellenstrahlung (genutzt von z.B. WLAN-Routern) zu kognitiven Beeinträchtigungen führt. Einwirkung sowohl kontinuierlicher als auch gepulster Mikrowellen führt zu vermehrtem neuronalem Zelltod im Hippocampus. Der Hippocampus ist eine Struktur im Gehirn und stellt eine zentrale Schaltstation des limbischen Systems dar. Die neuronalen Schäden, die im Gehirn durch Mikrowellen verursacht werden, sind auf die übermäßige Produktion von freien Radikalen und reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) zurückzuführen. Die negativen Auswirkungen der Mikrowellenstrahlung wurden durch mehrere Studien in Frage gestellt, die zeigten, dass die Ganzkörperbelastung mit 2,45 GHz Mikrowellen keinen Einfluss auf die Lern- und Gedächtnisbildung hat. Die Autoren der hier vorgestellten Studie untersuchten die Wirkung von Mikrowellenstrahlung auf die Region des Hippocampus, Gedächtnisleistung sowie Parameter der synaptischen Plastizität, welche eng mit der Gedächtnisbildung verknüpft ist. Als synaptische Plastizität wird die Änderung der Stärke einer synaptischen Übertragung bezeichnet. Bei häufiger Nutzung bestimmter Synapsen können Neurone also einfacher erregt werden.

Studiendesign und Durchführung:

Diese Studie wurde mit erwachsenen, männlichen Sprague Dawley Ratten durchgeführt. 21 Exemplare nahmen insgesamt an den Versuchen teil: 11 wurden bestrahlt, 10 lediglich scheinbestrahlt. Das heißt, sie erfuhren dieselbe Bestrahlungsprozedur, allerdings war die Strahlungsquelle ausgeschaltet. Die Bestrahlung erfolgte mit einem 2,45 GHz Wi-Fi-Gerät für zwei Stunden täglich über 40 Tage. Der erreichte Ganzkörper-SAR-Wert betrug 0,017 W/kg. Nach der Bestrahlungsperiode wurden Verhaltenstests durchgeführt, welche die Gedächtnisleistung untersuchten. Es wurde zunächst ein Radial-Arm-Labyrinth-Test durchgeführt. Je nachdem wie schnell und sicher die Ratten das Labyrinth passieren, können Rückschlüsse auf deren Gedächtnisleistung getroffen werden.

Außerdem wurden die Tiere einer passiven Vermeidungsprüfung unterzogen. Hierbei wurden die Tiere in eine Apparatur gesetzt, welche aus zwei Kammern besteht. Während der Lernphase wurden die Tiere grundsätzlich in der Kammer mit weißem Boden ausgesetzt. Beim Eintritt in die dunkle Kammer wurde der Durchgang zwischen beiden Kammern geschlossen und die Tiere erlitten einen Stromschlag über das Bodengitter. Bei dem eigentlichen Versuch wurde die Zeit gemessen, wann die Tiere die dunkle Kammer betraten. Nach der Beendigung der passiven Vermeidungsprüfung wurde eine elektrophysiologische Studie durchgeführt. Hierbei wurde die neuronale Reizweiterleitung im Hippocampus mittels Feldelektroden untersucht. Anschließend wurde die Zellphysiologie der Rattengehirne mit histochemischen Methoden bestimmt.

Ergebnisse:

Die Mikrowellenstrahlung führte zu Defiziten im Lernverhalten sowie dem räumlichen Erinnerungsvermögen der Versuchstiere. Die bestrahlten Tiere brauchten in der Lernphase des Radial-Arm-Labyrinth-Test statistisch signifikant länger, um die Kriterien des Versuchs zu erfüllen. Außerdem wurden signifikant mehr Fehler während des Versuchs begangen und die bestrahlten Tiere brauchten länger, um das Labyrinth zu passieren. Bei der Vermeidungsprüfung verweilten die bestrahlten Tiere statistisch signifikant kürzer in der weißen Kammer, bevor sie die dunkle Kammer betraten. Die elektrophysiologische Studie ergab eine verminderte Reizbarkeit der CA1-Pyramidalneuronen des Hippocampus nach Bestrahlung. Ab einer Stimulationsstärke von 450 μ A (minimale Stimulation 50 μ A, maximale Stimulation 1200 μ A) war der Unterschied statistisch signifikant. Des Weiteren konnte die Arbeitsgruppe zeigen, dass die Mikrowellenstrahlung die Langzeitplastizität, nicht aber die Kurzzeitplastizität der Synapsen negativ beeinflusst. Die histochemischen Untersuchungen ergaben eine statistisch signifikant verringerte Anzahl der CA1-Pyramidalneuronen in den bestrahlten Rattenhirnen.

Schlussfolgerungen:

Die Arbeitsgruppe konnte durch ihre Verhaltensversuche zeigen, dass 2,45 GHz Mikrowellenstrahlung eines WLAN-Geräts das räumliche Erinnerungsvermögen sowie Lernverhalten von Ratten verschlechtert. Um der Ursache dieser Verschlechterung auf den Grund zu gehen, führten die Wissenschaftler eine elektrophysiologische Studie durch, deren Ergebnisse darauf hindeuten, dass eine verminderte Reizbarkeit von pyramidalen Neuronen des Hippocampus vorliegt. Außerdem werde die Langzeitplastizität der Neuronen negativ beeinflusst. (RH)

2.45 GHz microwave radiation impairs learning, memory, and hippocampal synaptic plasticity in the rat. Von: Karimi N, Bayat M, Haghani M, Saadi H F, Ghazipour G R. Erschienen in: Toxicology and Industrial Health 2018; 34(12), 873–883.



Oxidativer Stress verändert Spermienparameter bei männlichen Wistar-Ratten, die der Strahlung eines 3G-Mobiltelefons ausgesetzt waren.

Die zunehmende Nutzung von Mobilfunk und anderen Geräten, welche elektromagnetische Felder (EMF) produzieren, nimmt rapide zu. Die gesundheitlichen Folgen für Mensch und Umwelt sind zum jetzigen Zeitpunkt nicht absehbar. Es mehren sich jedoch die Hinweise, dass insbesondere oxidativer Stress durch reaktive Sauerstoffspezies (ROS) und freie Radikale ausgelöst wird. Der genaue Mechanismus, wie Mobilfunkstrahlung auf biologische System wirkt, ist jedoch noch nicht bekannt. Mobile Kommunikationsgeräte senden Strahlung im Mikrowellenbereich aus. Die 3G-Geräte des „Universal Telecommunications System“ (UMTS) operieren in Deutschland in einem Frequenzbereich von 1920–1980 und 2110–2170 MHz. Insbesondere die männlichen Geschlechtsorgane sind sehr sensibel gegenüber oxidativem Stress. Die Zellmembranen der Spermien sind reich an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, welche durch ROS und freie Radikale peroxidiert werden. Außerdem ist das körpereigene Abwehrsystem für oxidativen Stress bei Spermien schwach ausgeprägt. Das Ziel der hier vorgestellten Studie war es, verschiedene Spermienparameter, ROS, Lipidperoxidation, die Morphologie der Hoden sowie die mitochondriale Aktivität nach Bestrahlung mit 3G-Mobilfunk an Ratten zu untersuchen. Diese „Kraftwerke“, die Mitochondrien, spielen eine maßgebliche Rolle bei der Energiegewinnung der Zelle. Da sie an der Atmungskette und damit dem intrazellulären Sauerstoffwechsel beteiligt sind, erzeugen sie auch im physiologischen Zustand ROS.

Studiendesign und Durchführung:

Als Versuchstiere für die Bestrahlung mit 3G-Mobilfunkstrahlung wurden erwachsene, männliche Ratten gewählt. 16 Exemplare wurden in zwei Gruppen (Kontroll- und Bestrahlungsgruppe) unterteilt. Die Bestrahlungsgruppe wurde über 45 Tage zwei Stunden täglich mit 3G-Mobilfunk belastet. Als Strahlungsquelle diente ein Mobiltelefon im UMTS-Band (1915 MHz). Der berechnete SAR-Wert betrug 0,26 W/kg. Nach der Bestrahlungsperiode wurden den Tieren die Hoden entnommen. Anschließend erfolgte die Untersuchung der Spermienmorphologie (mikroskopisch), Überlebensfähigkeit der Spermien (Eosinfärbung), Membranintegrität (hypo-osmotischer Schwellungstest), mitochondriale Aktivität der Spermien (DAB-Test), Konzentration der ROS (Chemiluminiszenz-Test), Lipidperoxidation (MDA-Test) und Histopathologie.

Ergebnisse:

Zunächst wurden die Hoden beider Gruppen gewogen. Das Hodengewicht der bestrahlten Gruppe war statistisch signifikant geringer als das der Kontrollgruppe. Das Gewicht der Nebenhoden, dem Ort der Spermienentwicklung, unterschied sich allerdings nicht. Anschließend erfolgte die Bestimmung verschiedener Spermienparameter. Spermienanzahl und -überlebensfähigkeit waren bei der bestrahlten Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe statistisch signifikant verringert. Außerdem fanden die Wissenschaftler Hinweise, dass nach Bestrahlung vermehrt die Zellmembran der Spermien geschädigt vorlag. Bei der morphologischen Analyse der Spermienköpfe fand die Arbeitsgruppe keine Unterschiede zwischen bestrahlter und Kontrollgruppe. Des Weiteren beschrieben sie Größenvariationen der Samenkanälchen, Störungen der Keimschicht und reduzierte Anzahl der Samenzellen nach Bestrahlung. Die Untersuchung der ROS-Konzentrationen ergab eine signifikante Erhöhung der bestrahlten Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe. Ebenso wurde eine vermehrte Lipidperoxidation durch die Bestrahlung hervorgerufen. Auf Grund dieser Störung des Redox-Gleichgewichts untersuchte die Arbeitsgruppe auch die Aktivität der Mitochondrien. Die Anzahl der vollständig aktiven Mitochondrien war bei der exponierten Gruppe statistisch signifikant verringert, während die der teilweise aktiven und vollständig inaktiven Mitochondrien erhöht waren.

Schlussfolgerung:

Die Autoren der Studie schlussfolgern aus ihren Daten, dass das männliche Fortpflanzungssystem durch 3G-Mobilfunkstrahlung geschädigt wird. Es werde oxidativer Stress verursacht, der die Hodenstruktur sowie Spermienparameter (Spermienanzahl, Morphologie, Überlebensfähigkeit und Membranintegrität) verändert. Die verringerte, mitochondriale Aktivität könnte ein Hinweis auf geminderte Beweglichkeit der Spermien darstellen.

Anmerkung der Redaktion:

Obwohl die Studie interessante Methoden anwendet und erhöhten oxidativen Stress sowie verminderte Spermienqualität, verursacht durch EMF nachweisen kann, gibt es bei dem Studiendesign Kritikpunkte. Beispielsweise wurde die Kontrollgruppe nicht scheinbestrahlt. Die Kontrollgruppe entging also der für die Tiere stressbehafteten Prozedur, aus ihrem Käfig entfernt und in die Bestrahlungsapparatur umgesetzt zu werden (selbstverständlich ohne diese anzuschalten). Außerdem wurden die histopathologischen Untersuchungen der Samenkanälchen, Keimschicht und Anzahl der Samenzellen nicht quantifiziert. Es wurden lediglich Bilder veröffentlicht, die diese Aussagen bestätigen. Dies ist aber ohne Quantifizierung schwer zu überprüfen. (RH)

Oxidative stress-mediated alterations on sperm parameters in male Wistar rats exposed to 3G mobile phone radiation. Von: Nirala J, Singh K V, Murmu N N, Gautam R, Rajamani P, Meena R. Erschienen in: *Andrologia*. 2018; (October):e13201



Wirkung hochfrequenter Strahlung (RF-EMF) auf Entwicklung und Paarungserfolg von Honigbienen-Königinnen

Mobiltelefonen werden weltweit nicht nur zum Telefonieren, sondern zunehmend für Bankgeschäfte, Nachrichten, soziale Medien und andere Anwendungen genutzt, mit steigender Tendenz. Durch ständige Kommunikation mit Basisstationen entsteht immer mehr Umweltbelastung. Viele Forscher haben Veränderungen durch Mobilfunkstrahlung in Pflanzen und Insekten gefunden. Da Bienen, vor allem Honigbienen, als Bestäuber eine wichtige Rolle spielen (im Wert von 200 Mrd. Dollar weltweit, 9,5 % der gesamten Nahrungsmittelproduktion), sind sie zusammen mit Wildbienen und anderen Insekten unverzichtbar für den Ertrag an Feldfrüchten. Im letzten Jahrhundert haben Honigbienen immer wieder starke Verluste gehabt, in den USA wurde das Anfang des 20. Jahrhunderts "Colony Collapse Disorder" (CCD) genannt, als Hauptursachen wurden u. a. Schädlinge, Mangelernährung, Management und Pestizide ausgemacht. Ein wichtiger Schädling ist die Varroa-Milbe, die in den 1970er- und 1980er Jahren im Westen in Erscheinung trat. Seit der weltweiten Verbreitung müssen Imker Bekämpfungsmaßnahmen vornehmen, sonst brechen die Kolonien in kurzer Zeit zusammen. Andere Faktoren wie Luftverschmutzung, Nanomaterial, Sonneneinstrahlung, räuberische Insekten und globale Erwärmung können ebenfalls Faktoren sein. In 2007 wurde erstmal Mobilfunkstrahlung als möglicher Faktor diskutiert. Einige Studien hatten drastische Auswirkungen auf Verhalten und Fähigkeit der Bienen, in den Stock zurückzufinden, ergeben.

Für eine Bienenkolonie sind Gesundheit und Produktivität direkt abhängig von der Königin, die als einzige Eier legt und jedes Jahr für den Bestand an Arbeiterinnen sorgt. Deshalb wurde in diesem Experiment die Entwicklung der Königin und späterer Paarungserfolg im Zusammenhang mit Mobilfunkstrahlung untersucht.

Studiendesign und Durchführung:

Die Bienenstöcke waren in der Nähe des Instituts der Universität Hohenheim aufgestellt, das Experiment dauerte von

Mai bis August 2018 mit gesunden Kolonien aus eigenem Bestand. Die natürlichen Futterquellen bestanden hauptsächlich in Nektar von verschiedenen einheimischen Pflanzen, u. a. Löwenzahn, Brombeere und Linde. Die durchschnittliche Temperatur betrug während des Experiments 15,2–20,1 °C, Niederschlägen gab es von 90–45 L/m². Insgesamt waren die Wetterbedingungen für Futtersammlung und Paarung gut. Zum Einsatz kam ein gleichzeitiger Doppelansatz aus 2 Sammler-Kolonien, jeweils scheinbestrahlt (Kontrolle) und bestrahlt. Die Boxen wurden im Abstand von ca. 3 km für Entwicklung und Schlüpfen der Königinnen aufgestellt, damit die Arbeiterinnen nicht in ihren Ursprungs-Stock zurückkehren können.

Die Bestrahlung der Königinnen erfolgte mit einem normalen 900-MHz-Mobiltelefon (GSM) über die gesamte Zeit der Entwicklung einschließlich der Verpuppung (14 Tage, SAR 0,59 W/kg am Kopf und 1,16 W/kg am Körper). Beide SAR-Werte

lagen unter dem ICNIRP-Grenzwert von 2 W/kg. Es erfolgten 15 Telefonanrufe von 2 Minuten Dauer alle 24 Stunden über die 2 Wochen (Downlink ohne Gespräch). Die Kontrollgruppe wurde scheinbestrahlt. Das Mobiltelefon war in der Mitte der Box befestigt, so dass die Tiere verschiedenen starken SARs abbekamen.

Nachdem die jungen Königinnen geschlüpft waren, wurden die Schlüpfdaten an Tag 13 bestimmt und die Tiere wurden zur Paarung umgesetzt, an Tag 24 der Paarungserfolg bestimmt. An Tag 88 erfolgte die Bestimmung der Koloniestärke durch zählen der Anzahl der Bienen und der

Brutzellen (offene und geschlossene), immer von derselben Person morgens vor Beginn des Bienenflugs. Zudem wurden volle Kolonien von 5 der scheinbestrahlten Kontrollen und 4 der bestrahlten Königinnen gegründet, um die Unterschiede in der Populationsdynamik sehen zu können.

Ergebnisse:

Beim Überleben der Königinnen zeigten sich signifikante Unterschiede: die bestrahlten Königinnen hatten eine signifikant höhere Sterberate (Mortalität), man sah eine signifikante Abnahme der Tiere während der Verpuppungsphase, der Unterschied betrug 44,4 % zwischen den Gruppen. Der Paarungserfolg am Tag 24 war in der Tabelle um die Hälfte geringer, verglichen mit der Gesamtzahl der geschlüpften Königinnen am Tag 13 ergaben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede. Die Bestimmung der Anzahl der Bienen und der Brutzellen am Tag 88 ergab keine signifikanten Unterschiede.

Chronische Einwirkung hochfrequenter Strahlung redu-

Eine akute Wirkung der Strahlung auf die Bienen kann ausgeschlossen werden, aber man schließt einen Einfluss geringerer aber dauerhafter Strahlendosis nicht aus.

zierte signifikant das Schlüpfen von Honigbienen-Königinnen (44 %). Die Sterberate (Mortalität) geschah während des Stadiums der Verpuppung, nicht der vorangehenden Larvenstadien. Der Paarungserfolg war nicht beeinträchtigt durch die Bestrahlung. Nach der Bestrahlung konnten die überlebenden Königinnen intakte Kolonien entwickeln.

Auch können andere Faktoren eine Rolle spielen wie Pestizide oder die höhere Dichte von Kolonien, weil Bienenhaltung besonders in Städten in Mode gekommen ist. Das kann dazu führen, dass Krankheiten oder Schadstoffe leichter übertragen werden. Aber es erhöht auch das Risiko stärkerer Mobilfunkstrahlung, die vor allem in Städten stetig zunimmt. Es bleibt noch unklar welchen Anteil elektromagnetische Felder haben.

Schlussfolgerungen:

Die beiden Autoren konnten zeigen, dass 900-MHz-Strahlung eines normalen Mobiltelefons klare negative Auswirkungen auf die Königinnen der Honigbienen hat. Die Mobilfunkstrahlung hatte die Prozentzahl der geschlüpften Tiere signifikant reduziert, aber nicht den Paarungserfolg. Wenn die bestrahlten Königinnen sich erfolgreich gepaart hatten, war die Kolonienbildung nicht nachteilig beeinflusst. Durch die Mobilfunkstrahlung kann sich das Verpuppungsstadium nachteilig entwickeln, wenn sich aber dieses Stadium normal entwickelt, entstehen keine Nachteile im Erwachsenenstadium.

Die Forscher sagen zu den Ergebnissen Folgendes aus: Obwohl die Experimente schädliche Wirkungen auf die frühe Entwicklung der Königinnen ergeben hatten, muss man mit der Interpretation vorsichtig sein. Es gab keine großen Kolonieverluste durch die Mobilfunkstrahlung. Wir haben ein worst-case-Szenario hergestellt, unter dem eine natürliche Bienenkolonie in Wirklichkeit nie gehalten würde. Dauer und Stärke der Strahlung waren ähnlich der durchschnittlichen Bestrahlung beim Gebrauch des Mobiltelefons, die aber in einer Imkerei nicht vorkommen werden, weder in ländlicher noch städtischer Umgebung. Und trotzdem konnten überlebende Königinnen voll funktionsfähige Kolonien gründen. Das zeigt ein immenses Erholungspotenzial. Deshalb gehen die Autoren nicht davon aus, dass negative Wirkungen auf die Gesundheit der Bienen im mittleren Entwicklungsstadium auftreten. Eine akute Wirkung der Strahlung auf die Bienen kann ausgeschlossen werden, aber man schließt einen Einfluss geringerer aber dauerhafter Strahlendosis nicht aus, insbesondere durch chronische sublethale Feldstärken, wie sie in Städten vorkommen. Deshalb wird dringend weitere Forschung mit Langzeitbestrahlung vorgeschlagen, um herauszufinden, welche Einflüsse die Strahlung auf die Bienengesundheit hat und um eine geeignete Risikobewertung vornehmen zu können. (IW)

Odemer R, Odemer F: Effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RF-EMF) on honey bee queen development and mating success. *Science of the Total Environment* 661 (2019) 553-562



Mobilfunkwirkung auf DNA und oxidativen Stress im Gehirn

Die Mobilfunktechnologie, eine der am schnellsten wachsenden Technologien weltweit, ist aus dem alltäglichen Leben vieler Nutzer nicht mehr wegzudenken. Sie wird sowohl zu Hause, an öffentlichen Orten, am Arbeitsplatz und in Schulen genutzt. Die möglichen, schädigenden Wirkungen dieser Technologie sind aus diesem Grund ein wichtiger Forschungsbereich. Mobiltelefone senden hochfrequente, nicht-ionisierende Strahlung aus. Eine Reihe von Studien berichten, dass die von Mobiltelefonen ausgesandte Strahlung schädliche Auswirkungen auf zellulärer und molekularer Ebene haben können. Darunter fallen unter anderem DNA-Schäden, verschiedene Krebsarten, oxidativer Stress, Lipidperoxidation und Anomalien in Chromosomen. Langzeitexposition gegenüber hochfrequenter Strahlung könnte dazu führen, dass sich die negativen Auswirkungen anhäufen. Die möglichen kumulierenden Wirkungen hängen von der Intensität und der Dauer der Bestrahlung ab. Die biologische Wirkungsweise von elektromagnetischen Feldern (EMF) wird bereits bei Intensitäten erfasst, die weit unterhalb von thermischen Wirkungen operieren. Aus diesem Grund können klassische thermodynamische Theorien das Phänomen nicht erklären. Da Mobiltelefone während des Telefonierens normalerweise nah am Kopf gehalten werden, kann die Strahlung 4 – 6 cm in den Kopf und damit das Gehirn vordringen. Das Gehirn ist besonders anfällig gegenüber reaktiven Sauerstoffspezies (ROS), da es große Mengen an Lipiden und ungesättigten Fettsäuren enthält. Außerdem besitzt es ein schwaches antioxidatives Schutzsystem. Einzel- oder Doppelstrangbrüche der DNA, welche nicht korrekt repariert werden, können zu Krebs oder chromosomalen Anomalien führen. Chromosomale Anomalien können Zelltod und Mutationen bedingen. In der Literatur gibt es keine einheitliche Meinung dazu, ob hochfrequente Mobilfunkstrahlung in der Lage ist, genetische Schäden hervorzurufen. Aus diesem Grund versuchten die Wissenschaftler der hier vorgestellten Studie zu erfassen, ob DNA Schäden im Gehirn durch die Belastung mit Mobilfunkstrahlung entstehen. Außerdem wurde untersucht, inwiefern oxidativer Stress entsteht und welche Auswirkungen dieser hat.

Studiendesign und Durchführung:

Insgesamt wurden 28 erwachsene, männliche Sprague Dawley Ratten untersucht. Diese wurden in vier Gruppen unterteilt. Gruppe 1: scheinbestrahlt; Gruppe 2: 900 MHz Bestrahlung; Gruppe 3: 1800 MHz Bestrahlung; Gruppe 4: 2100 MHz Bestrahlung. Die Bestrahlung fand 6 Monate lang täglich für 2 Stunden statt. Die Antenne des Strahlungsgenerators wurde hierbei mittig in einem Plexiglas-Karussell angebracht. Die Köpfe der Ratten waren während der Bestrahlung zur Antenne orientiert. Die Antenne war äquivalent zu den Antennen von Mobiltelefonen. Die kalkulier-

ten Ganzkörper SAR-Werte betragen 0,638, 0,166 und 0,174 W/kg für respektive 900, 1800 bzw. 2100 MHz. Nach der Probenentnahme untersuchten die Wissenschaftler DNA-Einzelstrangbrüche im Gehirn. Außerdem wurden verschiedene Marker für oxidativen Stress analysiert: TAS (totaler Antioxidant-Status); TOS (Totaler Oxidant-Status); OSI (oxidativer Stressindex); MDA (Malondialdehyde); 8-OHdG (8-Hydroxydeoxyguanosin); Totales Serumnitritlevel. Beim TAS-Wert wird die antioxidative Kapazität einer Probe bestimmt. Diese wird als Äquivalent des Vitamin E-Derivats Trolox angegeben. Vergleichbar wird beim TOS-Wert die oxidative Kapazität als H₂O₂-Äquivalent angegeben. Der OSI stellt den Quotienten aus TOS und TAS dar. MDA entsteht bei der Lipidperoxidation. 8-OHdG ist ebenfalls ein biologischer Marker für oxidativen Stress und Krebsbildung und wird durch DNA-Oxidation hervorgerufen. Das Serumnitritlevel stellt einen Marker für nitrosativen Stress (reaktive Stickstoffspezies) dar.

Ergebnisse:

Die Arbeitsgruppe fand statistisch signifikant erhöhte Einzelstrangbrüche der DNA lediglich bei der 2100 MHz-Gruppe im Vergleich zu allen anderen Gruppen. Dies weist darauf hin, dass höherfrequente Strahlung DNA-Schädigungen hervorrufen kann. Der TOS-Wert war bei allen bestrahlten Gruppen im Vergleich zu der scheinbestrahlten Gruppe statistisch signifikant erhöht. Damit korrelierend ergab sich ein verringerter TAS-Wert der bestrahlten Gruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Des Weiteren fanden die Wissenschaftler eine statistisch signifikante Erhöhung der OSI, MDA und 8-OHdG Parameter bei den bestrahlten Gruppen im Vergleich zur scheinbestrahlten Gruppe. Bemerkenswerter Weise unterschieden sich auch die bestrahlten Gruppen untereinander signifikant, so dass eine Frequenzabhängigkeit des oxidativen Stresses in Gehirnzellen vermutet werden kann. Außerdem wurden erhöhte Nitritlevel bei der 1800 MHz- und 2100 MHz-Gruppe festgestellt.

Schlussfolgerung:

Die Autoren der Studie adressierten die Fragestellungen, ob die Langzeitbelastung mit Mobilfunkstrahlung drei verschiedener Frequenzen (900, 1800 und 2100 MHz), DNA-Schädigungen und oxidativen Stress bzw. Schäden durch oxidativen Stress hervorrufen kann. Die Mobilfunkstrahlung scheint in der Lage zu sein, oxidativen Stress, Lipidperoxidation und DNA-Schädigung im Frontallappen des Gehirns zu verursachen. Dabei korreliert eine höhere Frequenz mit stärkeren Schädigungen. Laut den Autoren der Studie stehe dies im Einklang mit vielen aktuellen Studien und unterstütze die Hypothese, dass Mobilfunkstrahlung verantwortlich für Schäden an biologischem Gewebe sein kann. (RH)

Wirkung von 900-, 1800, und 2100 MHz Mobilfunkstrahlung auf DNA und oxidativen Stress im Gehirn, Effect of 900-, 1800-, and 2100-MHz radiofrequency radiation on DNA and oxidative stress in brain. Von: Alkis M E, Bilgin H M, Akpolat V, Dasdag S, Yegin K, Yavas M C, Akdag M Z. Erschienen in: *Electromagnetic Biology and Medicine*, 2019; 00(00), 1-16.



Charakterisierung der suppressiven Wirkung niederfrequenter elektrischer Felder auf die Stress-induzierte Glucocorticoid-Konzentration im Plasma von Mäusen

Biologische Studien über niederfrequente elektromagnetische Felder (NF-EMF) können zwei unterschiedliche Perspektiven beleuchten: gesundheitliche Risiken oder klinische Anwendung. Der Netzfrequenz, mit der das öffentliche Stromnetz operiert (60 Hz Nordamerika; 50 Hz Europa, Asien, Australien, Großteile Afrikas und Teile Südamerikas), wird auf Grund der flächendeckenden elektrischen Versorgung eine besondere Bedeutung beigemessen. NF-EMF sind sowohl mit therapeutischen Wirkungen, wie z.B. Wundheilung oder Stimulation von Knochenwachstum, als auch gesundheitlichen Risiken in Zusammenhang gebracht. Die Autoren des hier vorgestellten Artikels untersuchten einen interessanten Ansatz einer klinischen Anwendung, nämlich der Stressminderung durch 50 Hz und 60 Hz NF-EMF. Es existieren kontroverse Studien zu diesem Thema. Es wurden von verschiedenen Arbeitsgruppen sowohl erhöhte, verringerte als auch gleichbleibende Stresslevel nach NF-EMF Exposition gefunden. Die Stresslevel der Versuchstiere werden durch die Konzentration von Glucocorticoiden (GC) im Blutserum gemessen. Erhöhte GC-Konzentrationen sind ein Marker für den generellen physiologischen Zustand Stress. Das Ziel der hier vorgestellten Arbeit war, die stressmindernde Wirkung von NF-EMF in drei verschiedenen Szenarien zu untersuchen. i) Frequenzen von 50 und 60 Hz; ii) verschiedene Helligkeit der Umgebung; iii) teilweise oder komplette Abschirmung der Versuchstiere von NF-EMF.

Studiendesign und Durchführung:

Als Versuchstiere wurden 8 Wochen alte männliche BALB/c Mäuse genutzt. Das benutzte Expositionssystem besteht aus drei Hauptkomponenten: einem Hochspannungstransformator, einer Gleichspannungseinheit und einem parallelen Platten elektrodensystem. Die EMF operierten sowohl bei 50 als auch 60 Hz bei 10 kV/m. Das EMF wurde lediglich von der oberen Elektrode gebildet, die untere war geerdet. Der Stress wurde den Versuchstieren durch Immobilisierung in einem 50 ml Zentrifugenröhrchen zugefügt. Die Immobilisierung wurde grundsätzlich in den zweiten, 30 Minuten des 60-minütigen EMF-Tests durchgeführt. Für den ersten Versuch (Auswirkung von NF-EMF auf Immobilisierungsstress) wurden die Versuchstiere in 6 Gruppen mit jeweils 6 Mäusen aufgeteilt: eine Kontrollgruppe [Stress (-)/EMF(-)], zwei Gruppen welche lediglich EMF jedoch keine Immobilisierung ausgesetzt waren [Stress(-)/

EMF(50 Hz/60 Hz)], eine Immobilisierungsgruppe [Stress(+)/EMF(-)] sowie zwei Gruppen, die sowohl Stress als auch EMF ausgesetzt waren [Stress(+)/EMF(50 Hz/60 Hz)]. Die Stresslevel der Versuchstiere wurden durch die GC-Konzentration im Blutplasma bestimmt.

Ergebnisse:

Es gab keine signifikanten Unterschiede der PlasmaGC-Konzentration zwischen den Gruppen, welche lediglich EMF ausgesetzt waren, und der Kontrollgruppe. Die GC-Konzentration der Mäuse, die lediglich immobilisiert waren, zeigten signifikant höhere Werte als die der Kontrollgruppe. Die Gruppen, welche sowohl Stress als auch EMF ausgesetzt waren, hatten GC-Werte zwischen denen der Kontrollgruppe und der Stressgruppe. Dies weist darauf hin, dass sowohl 50 Hz als auch 60 Hz NF-EMF bei 10 kV/m die Stresslevel der Versuchstiere senken kann. Bei dem zweiten Versuchsaufbau wurde die Auswirkung der Umgebungshelligkeit auf die durch NF-EMF hervorgerufene Stressminderung untersucht. Dieselbe Untersuchung fand dieses Mal bei definierten 0 lux, 200 lux und 490 lux statt. Bei 200 lux konnte einer Verminderung des Stresses durch NF-EMF bei den Gruppen mit EMF und Immobilisierung im Vergleich zur Gruppe mit lediglich Immobilisierung festgestellt werden. Es existierte jedoch kein Zusammenhang zwischen GC-Konzentration und Helligkeit bei den Kontrollgruppen oder „nur Stress“-Gruppen.

Bei dem dritten Versuchsaufbau wurden die Zentrifugenröhrchen, in denen die Mäuse immobilisiert waren, zu verschiedenen Anteilen mit Polytetrafluoroethylen abgeschirmt. Es wurden 5 mm, 20 mm, 80 mm und 200 mm abgeschirmt. 5 mm repräsentieren einen Bruchteil des Mauskorpus, 20 mm ca. ¼ des Mauskorpus, 80 mm den gesamten Mauskorpus und 200 mm die gesamte Maus inkl. Schwanz. Die teilweise von NF-EMF abgeschirmten Versuchstiere (5 mm und 20 mm) zeigten bei Co-Behandlung (Immobilisierung und EMF) geringere GC-Konzentrationen als die „nur Stress“-Gruppe. Bei 80 bzw. 200 mm Abschirmung waren die GC-Konzentrationen vergleichbar mit denen der „nur Stress“-Gruppe.

Schlussfolgerung:

Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe zeigen die biologische Wirkung von NF-EMF auf das hormonelle System von Mäusen mit akutem Stress. Die Abschwächende Wirkung von NF-EMF auf Stress, stelle, laut den Autoren, einen aussichtsreichen Kandidaten zur Behandlung von stressbedingten Krankheiten dar. Es seien jedoch mehr Versuche insbesondere zur Überprüfung von Langzeitwirkungen von NF-EMF auf ein biologisches System notwendig. (RH)

Characterization of the suppressive effects of extremely-low-frequency electric fields on a stress-induced increase in the plasma glucocorticoid level in mice. Von: Hori T, Nedachi T, Suzuki H, Harakawa S. Erschienen in: Bioelectromagnetics 2018, 39(7), 516-528.



Verdoppelung der Häufigkeit von Glioblastomen – den bösartigsten aller Hirntumorarten – in England seit der Einführung der Mobiltelefonie.

Aus Anlass eines Berichts in Microwavenews vom 28.12.2018 hat Prof. Adlkofer zwei wissenschaftliche Arbeiten analysiert, die sich die Häufigkeit von Hirntumorarten in England seit Einführung und Verbreitung der Mobiltelefonie vorgenommen hatten und die vor allem das fast immer tödliche Glioblastom im Fokus hatten. Beide Arbeiten betrachteten fast denselben Zeitraum und die Zahlen deckten sich, die Schlussfolgerungen aber waren sehr unterschiedlich. Philips et al. haben den Zeitraum 1995–2015 berechnet und de Vocht 1985–2014. Vergleicht man die Ergebnisse, fällt auf, dass im Zeitraum 1995–2014 dieselben Daten bestehen, was Häufigkeit und Lage der Tumoren betrifft, die Einschätzung der Ursachen aber stark abweichen. Prof. Adlkofer fasst die Studien zusammen und bewertet sie seinerseits. Die Schlussfolgerung lautet: Mobilfunkstrahlung ist ein Krebsrisiko. Die Strahlung kann nicht nur Krebs auslösen, sondern sie beeinflusst auch Wachstum und Differenzierung von Zellen.

Die epidemiologische Studie von Philips et al. kam in 2018 heraus (Philips A, Henshaw DL, Lamburn G, O'Carroll MJ (2018): Brain tumours: rise in Glioblastoma Multiforme incidence in England 1995–2015 suggests an adverse environmental or lifestyle factor. Journal of Environmental and Public Health, <https://www.hindawi.com/journals/jep/h/aip/7910754/>, s. auch ElektrosmogReport 6/2018), die von Frank de Vocht unter <http://www.bris.ac.uk/social-community-medicine/people/frank-g-de-vocht/pub/170739034> bzw. Anfang 2019 als „Analyses of temporal and spatial patterns of glioblastoma multiforme and other brain cancer subtypes in relation to mobile phones using synthetic counterfactuals. Environmental Research 168, 329–335“.

Die Philips-Arbeitsgruppe zog den Schluss, dass die hoch signifikante lineare Zunahme der Glioblastomfälle in den 21 Jahren von 1995–2015 auf Umwelt- und Lebensstilfaktoren zurückzuführen ist. Die Glioblastome befinden sich gehäuft im Vorder- und Schläfenlappen des Gehirns und kommen in allen Altersstufen vor, besonders stark im Alter über 54 Jahre. Die Gesamtzahl der Hirntumorfälle hat in dem Zeitraum nicht zugenommen, die der Glioblastome im Schläfen- und Frontallappen hat sich verdoppelt. Die besonders starke Zunahme der Glioblastome vor allem in den Hirnbereichen, die der Strahlung von Mobiltelefonen erhöht ausgesetzt sind, könnte mit der Zunahme des mobilen Telefonierens zusammenhängen. Diese Ergebnisse bestätigen die Ergebnisse von Hardells Arbeitsgruppe und die der NTP-Studien.

Frank de Vocht zog mit einer anderen Deutung seiner Daten nach. Er sieht in den ausgewerteten Daten von 1985–2014 auch Anstiege, vor allem im Alter, der Anstieg habe aber mit Mobilfunk nichts zu tun. De Vochts Argumente rühren von einer merkwürdigen Methode her, die sich „synthetic counterfactuals“ nennt, was nach Ansicht von Prof. Adlkofer wie „alternative Fakten“ klingt. Diese Art zu rechnen ist keine gängige Methode in der Statistik, sondern sieht tatsächlich nach einem Winkelzug aus, mit lächerlichen Mitteln um fast jeden Preis keinen Zusammenhang zwischen Hochfrequenzstrahlung und Krebs zu finden. (Frank de Vocht hat früher das EPRI = Electric Power Research Institute beraten, eine Non-Profit-Einrichtung der amerikanischen Stromindustrie, die Red.)

Microwavenews möchte die Widersprüche aufklären und bittet Philips um eine Stellungnahme, ebenso den amerikanische Neurophysiologen David Carpenter. Beide bestätigen die Einschätzung, dass zusammen mit den epidemiologischen Ergebnissen des schwedischen Onkologen Lenart Hardell und der NTP-Studien ein Zusammenhang zwischen Mobilfunknutzung und Hirntumoren besteht.

Prof. Adlkofers Schlussfolgerungen:

Aufgrund sehr vieler Studien mit verschiedenen Ansätzen (in vitro, Tierexperimente, Epidemiologie) „... grenzt die Wahrscheinlichkeit nahezu an Sicherheit, dass dieses Agens für den Menschen ein kanzerogenes Risiko darstellt. ... Wenn es noch eines weiteren Beweises bedurft hätte, Philips et al. und unfreiwillig auch de Vocht haben ihn mit ihren neuen Forschungsergebnissen definitiv erbracht. Folglich muss davon

ausgegangen werden, dass die Mobilfunkstrahlung von G1 bis G4 beim Menschen u. a. Krebs verursacht.“ Dass die Mobilfunkstrahlung Genschäden erzeugt wurde schon in der REFLEX-Studie belegt. Dass sie nicht nur Krebs auslösen kann, sondern auch auf Wachstum und Differenzierung ruhender Krebszellen einwirkt, wurde in der NTP-Studie und u. a. von Lerchl gezeigt.

Mit 5G kommt eine weitere Technik hinzu mit noch mehr Strahlenbelastung. Nach Prof. Adlkofers Ansicht haben weder die Mobilfunkindustrie, mit ihren Interessensvertretern wie die ICNIRP, noch Politik und Medien ein Interesse daran, die

Bevölkerung darüber in Kenntnis zu setzen. So werde man auch über die neue Generation 5G behaupten, es gäbe keine schädlichen Wirkungen wegen der geringen Eindringtiefe, obwohl es keine Daten dazu gibt und daher keine zuverlässigen Aussagen möglich sind. Abschließend sagt Prof. Adlkofer: „Wenn dann G5 den Verantwortlichen in Industrie und Politik trotz des Fort-

„Folglich muss davon ausgegangen werden, dass die Mobilfunkstrahlung von G1 bis G4 beim Menschen u. a. Krebs verursacht.“

Prof. Adlkofer

bestehens gesundheitlicher Risiken unverzichtbar erscheint, sollten sie wenigsten den Mut haben zugeben, dass die Bürgerinnen und Bürger aus übergeordneten Gründen mit diesen Risiken leben müssen, damit jede und jeder Einzelne sich so gut wie möglich selbst schützen kann. Sie sollten wissen, dass die Strategien des Leugnens das Funktionieren demokratischer Gesellschaften ernsthaft in Frage stellen.“ (IW)

Adlkofer F (2018): Verdoppelung der Häufigkeit von Glioblastomen – den bösartigsten aller Hirntumorarten – in England seit der Einführung der Mobiltelefonie. Pandora-Stiftung für unabhängige Forschung, <https://stiftung-pandora.eu/2018/12/10/verdoppelungder-haeufigkeit-von-glioblastomen-den-boesartigsten-aller-hirntumorarten-in-england-seit-der-einfuehrung-der-mobiltelefonie/>