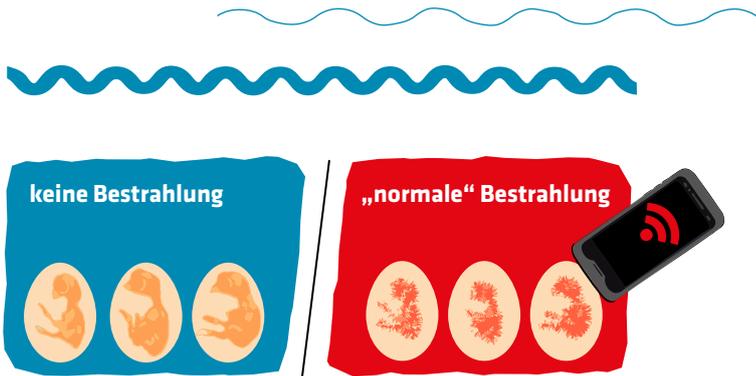


ElektrosmogReport

Fachinformation zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit



4G-Mobilfunk stört Embryonalentwicklung bei Küken 4G-Mobilfunkstrahlung verändert einige immunogene und vaskuläre Genexpressionen sowie eklatante mikroskopische und biochemische Parameter im Küken-Embryo-Modell

Islam, M. S., Islam, M. M., Rahman, M. M., & Islam, K. (2023). 4G mobile phone radiation alters some immunogenic and vascular gene expressions, and gross and microscopic and biochemical parameters in the chick embryo model. *Veterinary Medicine and Science*, 1-12. <https://doi.org/10.1002/vms3.1273>

Die weit verbreitete und exzessive Nutzung von Mobiltelefonen hat dazu geführt, dass mögliche gesundheitsschädliche Auswirkungen der Mobilfunkstrahlung von der breiten Masse ausgeblendet werden. So wurde beispielsweise Belastung mit Mobilfunk während der Schwangerschaft mit Entwicklungsstörungen, verzögertem Wachstum und Veränderungen der biochemischen Parameter des Fruchtwassers in Verbindung gebracht. Das Modell des Kükenembryos ist ein geeignetes biologisches Modell zur Untersuchung der Auswirkung von Mobilfunk, da es den menschlichen Embryo in seinem molekularen, zellulären und anatomischen Aufbau widerspiegelt. In den letzten Jahren haben zahlreiche Studien die Auswirkungen von Mobilfunkstrahlung auf biologische Systeme untersucht. Die spezifischen Auswirkungen auf die Expression immunogener (das Immunsystem betreffend) und vaskulärer (das Gefäßsystem betreffend) Gene sind jedoch weitgehend unerforscht.

Impressum

ElektrosmogReport Ausgabe 04/2023, 29. Jahrgang
Online Veröffentlichung auf www.EMFdata.org
Bestellung Printausgabe:
shop.diagnose-funk.org/Elektrosmogreport, Bestellnr. 52304

Redaktion ElektrosmogReport

Dipl.-Biol. Isabel Wilke (IW), Roman Heeren (RH), M.Sc., Alain Thill (AT), M.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. | 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

SEITE

- 01 > 4G Mobilfunk stört Embryonalentwicklung von Küken
- 02 > 3G Mobilfunk führt zu DNA Schäden
- 03 > Wirkung von Mikrowellen auf das Gehirn
- 05 > EMF und frühe Alzheimererkrankung
- 06 > WLAN-Wirkung auf Nagetiere
- 07 > HF induziert Angststörung bei Mäusen
- 08 > Wirkung von 915 MHz auf den Herzmuskel
- 09 > Wirkung von WLAN auf Pflanzen
- 10 > 5G und Honigbienen
- 11 > HF-EMF und Gesundheitsschutz
- 13 > EMF Grenzwerte
- 14 > Gesundheitliche Auswirkungen von EMF
- 15 > Register 2023

Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die Auswirkungen von 4G-Mobilfunk (2100 MHz) auf diese Gene sowie die allgemeine Embryonalentwicklung zu untersuchen.

Studiendesign und Durchführung:

Insgesamt wurden in dieser Studie 120 befruchtete Eier der Hühnerrasse Indian River verwendet. Als Strahlungsquelle wurde ein kommerzielles Smartphone (Samsung Galaxy J5) mit einem SAR-Wert von 1,4 W/kg verwendet. Die Hälfte der Eier wurde befeldet, die Kontrollen wurden nicht bestrahlt. Zwei der Mobiltelefone wurden in den Inkubator mit den 60 Eiern platziert und erhielten täglich 4 x 15 min einen Videoanruf. Die Befeldungsdauer betrug 7, 10 und 14 Tage. Die Autoren untersuchten eine Reihe von Geweben mit unterschiedlichen Methoden. Zunächst wurden makroskopische Parameter der Embryonen untersucht. Leber, Gehirn und Lymphgewebe (Zäkaltonsillen) wurden histopathologisch überprüft. Des Weiteren wurden biochemische Parameter im Fruchtwasser erfasst. Außerdem analysierten die Autoren die Genexpression des vaskulären Gens VEGF-A sowie der immunogenen Gene AvBD9 und IL6.

Ergebnisse:

Den Autoren fielen vermehrte subkutane Einblutungen bei den 7- und 10-tägigen Embryonen auf, die befeldet wurden. Bei den unbestrahlten Kontrollen wurde dies nicht beobachtet. Außerdem war nach 7-, 10- und 14-tägiger Befeldung, im Vergleich zu den Kontrollen, das Gewicht und die Länge der Embryonen statistisch signifikant verringert. Alle biochemischen Parameter des Fruchtwassers, namentlich Harnstoff, Kreatinin, alkalische Phosphatase, Aspartat-Aminotransferase und Alanin-Aminotransferase waren nach 14-tägiger Hochfrequenzexposition signifikant erhöht. (Die Parameter können Indikatoren für die Funktion der Ausscheidungsorgane Niere und Leber darstellen, Anm. d. Redaktion). Die histopathologischen Untersuchungen der Leber zeigten signifikante Veränderungen des Lebergewebes, wie Einblutungen am venösen Kanal, pyknotische Nuclei und cytoplasmatische Vakuolisierung nach der 14-tägigen Bestrahlung. Die Untersuchung des Hirngewebes offenbarte eine signifikant gesteigerte Anzahl degenerierter Neurone, bei signifikant weniger gesunden Neuronen. Das Lymphgewebe wies nach Befeldung signifikant weniger Lymphozyten auf. Auch die Expression der untersuchten Gene wurde durch die 14-tägige Befeldungsperiode statistisch signifikant verändert. Die VEGF-A-Expression war nach Befeldung ca. 10-fach erhöht. Die Immunsystem-betreffenden Gene hingegen wurden signifikant weniger exprimiert.

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse der Wissenschaftler lassen den Schluss zu, dass der 4G-Mobilfunk zu pathologischen Veränderungen

am Modell Hühnerembryo führte. Diese pathologischen Veränderungen beinhalten Wachstumsstörungen, Anomalien wichtiger Organe und Veränderungen der Genexpression des Immun- und Gefäßsystems. Da es sich bei der Strahlungsquelle um ein kommerzielles Mobiltelefon handelte, stellt sich die Frage, inwiefern die Sicherheitsstandards für Mobilfunkstrahlung ausreichen. Die Autoren fordern die umfassende Untersuchung chronischer Mobilfunkeinwirkung, um die zugrundeliegenden Mechanismen der Zell- und Gewebeschäden zu entschlüsseln. Gleichzeitig seien robuste epidemiologische Studien und kontrollierte Experimente am Menschen nötig, insbesondere unter der Berücksichtigung von Föten und Kindern. Bezüglich der gesundheitlichen Auswirkungen sehen die Autoren sogar eine Parallele zum Tabakkonsum. Nach ihren Ergebnissen seien Mobiltelefone unsicher, insbesondere für Kinder und schwangere Frauen. Es sei notwendig die Forschungslücken zu schließen und mehr über Mobilfunkstrahlung zu lernen, um die Bevölkerung zu schützen und sicherere Technologien zu entwickeln. (RH)



3G-Mobilfunk führt zu DNA-Schäden

Auswirkungen von Mobilfunk-spezifischen elektromagnetischen Feldern auf DNA-Schäden, die durch eine arbeitsplatzrelevante Hochfrequenzdosis verursacht werden: Ergebnisse von ex vivo Experimenten mit peripheren mononuklearen Blutzellen von verschiedenen demographischen Gruppen

Mišík, M., Kundi, M., Worel, N., Ferk, F., Hutter, H. P., Grusch, M., Nersesyan, A., Herrera Morales, D., & Knasmueller, S. (2023). Impact of mobile phone-specific electromagnetic fields on DNA damage caused by occupationally relevant exposures: results of ex vivo experiments with peripheral blood mononuclear cells from different demographic groups. *Mutagenesis*, 38(4), 227-237. <https://doi.org/10.1093/mutage/ead022>

Ergebnisse von epidemiologischen und tierexperimentellen Studien deuten darauf hin, dass die Belastung mit Mobilfunk bzw. hochfrequenten elektromagnetischen Feldern das Krebsrisiko, insbesondere im Nervensystem, erhöhen kann. Es ist bekannt, dass die Schädigung des genetischen Materials eine Schlüsselrolle bei der Krebsentstehung des Menschen spielt. Es wurde wiederholt postuliert, dass die Bildung reaktiver Sauerstoffspezies und die Beeinträch-

tigung von DNA-Reparatursystemen relevante Mechanismen darstellen, durch die Mobilfunk Schäden des Erbguts hervorrufen kann. Das Ziel der vorliegenden Studie war es herauszufinden, ob simulierter 3G-Mobilfunk DNA-Schäden in menschlichen Lymphozyten von Probanden unterschiedlicher demographischer Gruppen verursachen kann. Demographische Parameter wie Alter und BMI können Einfluss auf DNA-Reparatur-Mechanismen und den Redox-Status besitzen. Außerdem wurde eine Kreuzreaktion mit DNA-schädigenden Chemikalien, welche im beruflichen Kontext eine Rolle spielen können, überprüft. Die Experimente wurden in Übereinstimmung mit verschiedenen Qualitätskriterien, welche für Hochfrequenz-Studien definiert wurden, durchgeführt. Darunter zählt verblindete Datenerhebung, adäquate Dosimetrie sowie Einbeziehung von Positivkontrollen und scheinbefeldeten Negativkontrollen.

Studiendesign und Durchführung:

Die Wissenschaftler extrahierten periphere mononukleare Blutzellen (u.a. Lymphozyten und Monozyten) aus dem Blut von insgesamt 35 freiwilligen Probanden, die in Wien akquiriert wurden. Die Probanden wurden in drei Gruppen unterteilt: Jung-Normalgewichtig (n = 7♀; 5♂), Jung-Übergewichtig (n = 11♂) und Alt-Normalgewichtig (n = 6♀; 6♂). Personen, deren Berufe mit DNA-Instabilität in Zusammenhang stehen könnten, wie z.B. Piloten und Flugbegleiter, wurden ausgeschlossen. Die peripheren mononuklearen Blutzellen (PBMC) wurden mit simuliertem UMTS-Mobilfunk bei 1950 MHz ohne Frequenzmodulierung befeldet. Die Befeldungsdauer betrug 16 h, dabei erfolgte die Bestrahlung in einem 5-min-an-/10-min-aus-Intervall. Die Befeldung erfolgte mit drei verschiedenen SAR-Werten von 0,25, 0,5 und 1 W/kg. Neben der Auswirkung der Hochfrequenz alleine untersuchten die Autoren auch eine mögliche Kreuzreaktion mit den genotoxischen Substanzen BPDE, 4NQO, CrO₃ und NiCl₂. Als Endpunkt wurden DNA-Schäden mittels Komet-Test analysiert.

Ergebnisse:

Bei den geringeren Hochfrequenz-Belastungen (0,25 und 0,5 W/kg SAR) wurden keinerlei Auswirkungen gefunden. Die höhere Dosis führte bei den PBMC der älteren Probanden zu einer signifikanten Erhöhung der DNA-Schäden. Bei normal- und übergewichtigen jungen Probanden führte die Befeldung mit einem SAR-Wert von 1,0 W/kg nicht zu signifikanten Veränderungen. Alle verwendeten Chemikalien verursachten DNA-Schäden. Die Reihenfolge der genotoxischen Aktivität wurde folgendermaßen beziffert: BPDE > 4NQO > CrO₃ > NiCl₂. Die Vorbehandlung mit den Chemikalien führte bei keiner der drei Gruppen zu einer gesteigerten Empfindlichkeit der Blutzellen gegenüber dem Mobilfunk. Die kombinierte Belastung mit BPDE und Hochfrequenz führte bei

der Gruppe der jungen übergewichtigen Probanden jedoch zu einer statistisch signifikanten Veränderung. Es wurde eine Verringerung der BPDE-induzierten DNA-Schäden durch die Hochfrequenz beobachtet.

Schlussfolgerungen:

Die Daten der Studie weisen darauf hin, dass 3G-Mobilfunk in der Lage ist, DNA-Schäden in menschlichen Blutzellen hervorzurufen. Auch eine Veränderung von Chemikalien-induzierten DNA-Schäden wurden beobachtet. Möglicherweise könnten DNA-Reparaturmechanismen durch den Mobilfunk angeregt worden sein, was wiederum zu Verringerung der DNA-Schäden führte. (Auch dieser scheinbar positive Effekt spricht für eine Interaktion und damit biologische Wirkung des Mobilfunks mit den DNA-Reparaturmechanismen. In diesem Kontext wäre es interessant gewesen die Resultate weiterer Parameter, wie z.B. oxidativer/zellulärer Stress zu sehen. Auch die Untersuchung von Auswirkungen höherer SAR-Werte (2 W/kg sind für Mobiltelefone zulässig in Europa), Frequenzmodulation oder auf beruflich belastete Gruppen wären spannend gewesen. Anm. d. Redaktion). (RH)



Wirkung von Mikrowellen auf das Gehirn

Ferroptose im Hippocampus ist an der Beeinträchtigung von Lernen und Gedächtnis bei Ratten nach Einwirkung von Mikrowellen in Kombination mit elektromagnetischen Pulsen beteiligt

Lai Y, Wang H, Xu X, Dong J, Song Y, Zhao H, Wu Y, Zhao L, Wang H, Zhang J Yao B, Zou Y, Zhou H, Peng R (2023). Hippocampal ferroptosis is involved in learning and memory impairment in rats induced by microwave and electromagnetic pulse combined exposure. *Environmental Science and Pollution Research*; <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28280-8>

Bisher wurden Experimente mit Kombinationen von Mikrowellen (MW) mit elektromagnetischen Pulsen (EMP) verschiedener Frequenzen durchgeführt, die beide negative Einflüsse auf Lernen und Gedächtnis haben können. Diese Studie untersuchte die Wirkung der Kombination beider Arten, die unterschiedliche physikalische Eigenschaften haben. Der Hippocampus, der an Lernen und Gedächtnis beteiligt ist, reagiert empfindlich auf Strahlung, sichtbar durch oxidativen Stress, Änderung des Energiestoffwechsels und Schädigung der Zellstruktur. Ferroptose ist eine

neue Art von reguliertem Zelltod, der durch Eisen-abhängige Lipidperoxidation charakterisiert ist und einen neuen Weg zum Verständnis der zugrunde liegenden Mechanismen eröffnet. Im Vergleich zu anderen Formen des Zelltods zeigt Ferroptose einzigartige morphologische, biochemische und genetische Eigenschaften: geschwollene oder geschrumpfte Mitochondrien mit verminderten Cristae, Ansammlung von Eisen und Lipidperoxiden, erhöhte Expression von Prostaglandin-Endoperoxid synthase 2 (PTGS2) und Glutathionperoxidase 4 (GPX4). Letzteres fungiert als Regulator für Ferroptose und Reduktion von Lipidhydroperoxiden zu Lipidalkoholen. Das Ziel dieser Arbeit war, die Kombinationswirkung von Mikrowellen und elektromagnetischen Pulsen auf Lernen, Erinnern, Ferroptose und histologische Veränderungen im Vergleich zu den einzelnen Komponenten herauszufinden.

Studiendesign und Durchführung:

Es wurden 4 Gruppen aus 197 Ratten gebildet: Scheinbestrahlung (n = 46), EMP (n = 50), MW (n = 51), EMP + MW (n = 50). Die 15-minütige Ganzkörper-Bestrahlung erfolgte für MW mit 1,5 GHz, 30 mW/cm², Wiederholungsfrequenz 200 pps, Pulsweite 500 ns, oder EMP Peak-Intensität = 400 ± 25 kV/m, Wiederholungsfrequenz = 1 Hz, Anzahl der Pulse = 400. Die beiden Bedingungen wurden sofort nacheinander durchgeführt. Während der Bestrahlung waren die Tiere fixiert. Die Körpertemperatur wurde vor und nach der Bestrahlung gemessen. Im Morris-Wasserlabyrinth wurden je 10 Tiere 6 Stunden nach Bestrahlung, nach Tag 1, 2, 3, 7 und 14 getestet, nachdem sie vor der Bestrahlung 3 Tage trainiert worden waren. Die Hirnaktivität (EEG) wurde an Tag 1, 7 und 14 aufgenommen.

Einen Tag nach der Bestrahlung wurden die Gehirne entnommen und für die Untersuchungen auf pathologische Veränderungen der Mikro- und Ultrastruktur des Hippocampusgewebes und die molekularen Experimente Eisenbestimmung (Fe²⁺), Lipidperoxidation und Genexpression von GPX4 aufbereitet.

Ergebnisse:

Die Körpertemperatur stieg bei Bestrahlung mit MW und MW+EMP signifikant an, bei EMP allein ergab sich kein Anstieg. Der Wasserlabyrinth-Test ergab nach 6 Stunden sig-

nifikante Unterschiede bei der MW+EMP-Gruppe, bei EMP nicht-signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe. Nach einem Tag waren bei allen 3 Gruppen signifikante Unterschiede zu sehen, ab Tag 2 waren sie teilweise nicht signifikant. Im EEG zeigten nur an Tag 1 alle 3 Gruppen signifikant verminderte Aktivität der α -Welle gegenüber der Kontrollgruppe, dabei war EMP allein weniger vermindert. Die Untersuchung der Mikrostruktur des Hippocampus ergab am Tag 1 sichtbare Schädigungen gegenüber der Kontrollgruppe, Schrumpfung des Zellkerns (Karyopyknose) und unregelmäßige Anordnung der Neuronen um den Bereich des Gyrus

dentatus. Bei der MW+EMP-Gruppe erschienen stark gefärbte Zellkerne, nicht bei den beiden anderen Gruppen. Bei der Analyse der Ultrastruktur waren an Tag 1 in allen 3 Gruppen Schädigungen zu sehen: Abnorme Hippocampuszellen, geschwollene Mitochondrien, verminderte Anzahl von Cristae in den Mitochondrien und unscharfe synaptische Spalte, am häufigsten in der MW+EMP-Gruppe.

Um den Einfluss der mutmaßlichen Biomarker für Ferroptose im Hippocampus zu untersuchen, wurden Fe²⁺, MDA, PTGS2mRNA und GPX4-Protein bestimmt. Bei allen 3 Gruppen kam es zu einem signifikanten Anstieg der Fe²⁺- und MDA-Konzentrationen, zu erhöhter Expression der PTGS2mRNA und verminderter Expression des GPX4-Proteins gegenüber der Kontrollgruppe. Im Vergleich der MW- und der EMP-Gruppen mit der MW+EMP-Gruppe gab es keine signifikanten Unterschiede.

Schlussfolgerungen:

Sowohl einzeln als auch kombiniert können MW und EMP Hippocampuszellen schädigen und die Lernfähigkeit und das Erinnerungsvermögen beeinträchtigen; die Kombination beider Anwendungen führt zu schwereren Schäden. Das könnte eine kumulative Wirkung sein, da die Bestrahlungen nacheinander erfolgten. Bei den biochemischen Untersuchungen gab es signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe in den Ferroptose-Parametern, aber keine Wechselwirkungen zwischen den Bestrahlungsarten. Ferroptose im Hippocampus könnte ein allgemeiner Mechanismus sein, der durch oxidativen Stress hervorgerufen wird und der Lernen und Gedächtnis beeinträchtigt – als Einzelbelastung zweier unterschiedlicher Bestrahlungsarten oder in Kombination der beiden. (IW)

Sowohl einzeln als auch kombiniert können MW und EMP Hippocampuszellen schädigen und die Lernfähigkeit und das Erinnerungsvermögen beeinträchtigen.



EMF und frühe Alzheimererkrankung

Niedrige elektromagnetische Felder erzeugen über die spannungsabhängigen Calciumkanäle das frühe Auftreten der Alzheimererkrankung

Pall ML (2022). Low Intensity Electromagnetic Fields Act via Voltage-Gated Calcium Channel (VGCC) Activation to Cause Very Early Onset Alzheimer's Disease: 18 Distinct Types of Evidence. *Current Alzheimer Research* 19 (2), 119-132; <https://doi.org/10.2174/1567205019666220202114510>

Elektronisch erzeugte elektromagnetische Felder (EMF) von Mobiltelefonen, WLAN und Smartmetern sind kohärent und erzeugen hohe Magnetkräfte, die auf die Spannungssensoren der spannungsgesteuerten Calciumkanäle einwirken, so dass vermehrt Calcium(Ca^{2+})-Ionen in die Zellen einströmen. Die Calciumhypothese der Alzheimer-Erkrankung hat gezeigt, dass die spezifischen und unspezifischen Ursachenelemente durch Überschuss an Ca^{2+} -Ionen entstehen. Calcium wirkt durch übermäßige Calcium-Signalgebung und den Peroxynitrit/oxidativer Stress/Entzündungsweg, welche durch elektromagnetische Felder gesteigert werden. Es entsteht ein Teufelskreis: die Alzheimer-Erkrankung entsteht, weil ein Überschuss an Ca^{2+} einen Überschuss an Amyloid- β -Protein ($\text{A}\beta$) verursacht, das wiederum überschüssiges Ca^{2+} produziert. Aus Tierversuchen weiß man, dass EMFs geringer Intensität Degeneration der Nervenzellen hervorrufen und die Tiere erhöhte Gehalte an Amyloid- β -Protein, Amyloid-Vorläuferprotein und BACE1 (ein Enzym, das den $\text{A}\beta$ -Vorläufer spaltet, die Red.) aufzeigen. Es kann zu früher Alzheimer-Erkrankung kommen. Wenn EMFs geringen Anstieg von Calcium hervorrufen, kann eine schützende, therapeutische Wirkung auftreten. Der therapeutische und der Peroxynitrit-Weg hemmen sich gegenseitig. Der Autor befürchtet, dass die drahtlose Kommunikation vermehrt zu sehr frühem Auftreten der Alzheimer-Erkrankung führen wird. Das Zusammentreffen von 2 wichtigen Ergebnissen führte zu dieser Veröffentlichung. Ein Ergebnis ist, dass erhöhter Anstieg von Ca^{2+} -Ionen zentral und essentiell die Ursache der Alzheimer-Erkrankung ist und dass erhöhte Ca^{2+} -Ionen in Gehirnzellen erhöhte Mengen an Amyloid- β ($\text{A}\beta$)-Protein produzieren. Diese $\text{A}\beta$ -Proteine verklumpen und spielen eine besondere und auch wesentliche Rolle als Ursache für die Alzheimer-Erkrankung. Das 2. wichtige Ergebnis ist, dass viele elektromagnetische Felder geringer Intensität die spannungsgesteuerten Calciumkanäle aktivieren, wodurch erhöhte Konzentrationen an Calcium-Ionen biologische Wirkungen erzielen.

Studiendesign und Durchführung:

15 Übersichtsarbeiten (Reviews) wurden hier herangezogen, jede davon liefert große Mengen an Belegen und Meinun-

gen über die Wichtigkeit von Überschuss an Ca^{2+} -Ionen bei der Erkrankungsursache. 12 dieser Arbeiten sprechen von der „Calciumhypothese der Alzheimer-Erkrankung“ und alle Reviews diskutieren die Rolle des Calciumüberschusses bei der Signalübertragung. Der Autor Martin Pall führt in der sehr umfassenden Arbeit 18 Punkte auf, die aus den 15 Arbeiten abzulesen sind und die Calciumhypothese der Alzheimer-Erkrankung untermauern. Ein Teil der vom Autor aufgezeigten 18 Ergebnisse werden hier kurz zusammengefasst, die starke Beweise für den ursächlichen Zusammenhang zwischen EMFs und der Alzheimer-Erkrankung liefern. Einige sollen hier kurz vorgestellt werden.

Ergebnisse:

Der hauptsächliche Mechanismus der biologischen Wirkung niedriger EMF-Intensitäten ist laut Pall die Aktivierung der spannungsgesteuerten Calciumkanäle. Der Beginn der Alzheimer-Erkrankung und anderer neurodegenerativen Erkrankungen betrifft immer jüngere Personen in den letzten Jahren, schon bei 30-Jährigen. Das ist noch selten, aber das gab es früher nicht. Eine mögliche Ursache könnten die zunehmenden EMFs sein, insbesondere die gepulste Strahlung. Wenn Menschen sehr früh und lange Zeit EMFs ausgesetzt sind, könnte die Alzheimer-Erkrankung schon mit Anfang 20 eingeleitet werden, so die Befürchtung des Autors. Zwei wichtige Stoffwechselwege bei der Entstehung der Alzheimer-Erkrankung sind der Calcium-Signalweg und der Peroxynitrit/Freie Radikal-oxidativer Stress/NF-kappaB/Entzündungsweg. Es gibt viele weitere Belege für Calcium-abhängige Stoffwechselwege, die an der Krankheit beteiligt sind. Die Rolle der bereits erwähnten spannungsabhängigen Calciumkanäle bei der Entstehung der Krankheit ist vielfach nachgewiesen worden, u. a. mit genetischen Experimenten und Calciumkanal-Blockern. Viele epidemiologische Studien haben nachgewiesen, dass in Bevölkerungen mit hoher Strahlenbelastung eine höhere Inzidenz der Alzheimer-Erkrankung vorliegt. Die Latenzzeit liegt meist bei 25 Jahren. Viele Studien berichten von geringerer Latenzzeit, für die die Strahlenbelastung ursächlich sein könnte. Verschiedene Studien ergaben, dass berufliche Feldbelastungen zu erhöhten Fallzahlen führen können. Wenn sehr junge Menschen viele Stunden täglich WLAN oder Mobiltelefone nutzen, kann nach Ansicht des Autors digitale Demenz entstehen.

Schlussfolgerungen:

Der Autor zieht folgenden Schluss: Es sollten mehr wichtige Studien zum Amyloid- β ($\text{A}\beta$)-Protein, zum hyperphosphorylierten Tau-Protein und anderen Markern für die Alzheimer-Erkrankung im Liquor gemacht werden, bei Opfern von digitaler Demenz und anderen Personen mit stark erhöhter Einwirkung von gepulsten elektromagnetischen Feldern. Und wir brauchen auch gute epidemiologische Studien mit Leuten, die erhöhten gepulsten Feldern ausgesetzt sind. (IW)



WLAN-Wirkung auf Nagetiere

Auswirkungen von nicht-ionisierender 2,45-GHz-Strahlung auf Angstverhalten, Genexpression und Corticosteronspiegel von männlichen Ratten

Tarsaei, M., Peyrovan, Z. S., Mahdavi, S. M., Chahardehi, A. M., Vafaei, R., & Haidari, M. H. (2022). Effects of 2.45 GHz Non-Ionizing Radiation on Anxiety-Like Behavior, Gene Expression, and Corticosterone Level in Male Rats. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 13(1), 56. <https://doi.org/10.34172/jlms.2022.56>

Zahlreiche Studien zeigen, dass 2,4-GHz-Hochfrequenz Veränderungen biologischer, physiologischer und verhaltensbezogener Prozesse von Mensch und Tiermodellen hervorrufen kann, einschließlich kognitiver Beeinträchtigungen und Gedächtnisverlust. Auf der anderen Seite scheinen gepulste niederfrequente elektromagnetische Felder in der Lage zu sein, das Nachwachsen von Axonen zu induzieren und das Wachstum regenerativer Neuriten zu beschleunigen. Daher ist es von entscheidender Bedeutung für die breite Masse, insbesondere für Kinder, die während ihrer Entwicklung dauerhaft drahtlosen Kommunikationsgeräten ausgesetzt sind, den Zusammenhang zwischen Hochfrequenz und medizinischen Störungen, einschließlich neurologischen und Verhaltensstörungen zu verstehen. Die vorliegende Studie untersucht die Auswirkungen von kurz- und langfristiger 2,45-GHz-Hochfrequenz anhand eines Rattenmodells.

Studiendesign und Durchführung:

Die Autoren untersuchten die Hochfrequenzwirkung auf klinische Parameter (Körpergewicht und Verhalten), den Plasma-Spiegel des Stresshormons Corticosteron und die Expression der Apoptosemarker Bcl-2 und Bax im Hippocampus von insgesamt 56 männlichen Wistar-Ratten. Dabei wurde zwischen kurz- (7 Tage) und langfristiger (30 Tage) Befeldung unterschieden. In beiden Fällen wurden die Ratten 1 h pro Tag mit gepulster 2,45-GHz-Hochfrequenz und einer Leistungsdichte von 4 mW/cm^2 befeldet bzw. scheinbefeldet. Für die Untersuchung der klinischen Parameter sowie des Corticosteron-Spiegels standen 32 Ratten zur Verfügung ($n = 8$), die Expressionsanalysen wurden an 24 Tieren durchgeführt ($n = 6$). Das Verhalten wurde mittels erhöhtem Plus-Labyrinth-Test und offenem Feld-Test bewertet. Plasma-Corticosteron und Expressionsanalyse wurden mittels ELISA bzw. quantitativer RT-PCR analysiert.

Ergebnisse:

Im Vergleich zu den scheinbefeldeten Kontrolltieren wiesen sowohl die kurz- als auch langfristig langzeitig befeld-

eten Exemplare ein signifikant verringertes Körpergewicht auf. Auch der Verhaltenstest am erhöhten-Plus-Labyrinth wies bei den kurzzeitig befeldeten Exemplaren im Vergleich zu deren Kontrollen signifikante Unterschiede auf. So wurden die offenen Arme des Labyrinths von den Nagetieren gemieden, während die geschlossenen Arme bevorzugt wurden.

Die Langzeit-Befeldung hingegen führte nicht zu signifikanten Unterschieden beim erhöhten-Plus-Labyrinth. Beim offenen Feldtest wurden signifikante Unterschiede nach der Befeldung bei beiden Gruppen im Vergleich zu den jeweiligen Kontrollen beobachtet, diese waren jedoch inkonsistent. So sprach das Verhalten der kurzzeitig befeldeten Gruppen für eine angst-induzierende Wirkung der Hochfrequenz, während bei der langfristig befeldeten Gruppe der gegenteilige Effekt beobachtet wurde. Der Plasma-Corticosteron-Spiegel war lediglich nach kurzzeitiger Befeldung signifikant erhöht, die Langzeitbefeldung wies keine signifikante Veränderung auf. Die Analyse der Apoptosemarker lieferte weitestgehend keine statistisch signifikanten Daten. Allerdings war bei der Langzeitbefeldung die Expression des anti-apoptotischen Bcl-2 im Vergleich zur scheinbefeldeten Kontrolle statistisch signifikant vermindert.

Schlussfolgerungen:

Die Resultate der vorliegenden Studie weisen darauf hin, dass die 2,45-GHz-Hochfrequenz in der Lage war, molekulare Stressreaktionen und Verhaltensänderungen hervorzurufen. Die Autoren schlussfolgern, dass die Hochfrequenz als externer Stimulus wirken könnte, der die Aktivierung von Stress-verbunden Genen verändern und eine Angstreaktion im Hippocampus von Ratten auslösen kann. (Leider diskutieren die Autoren nicht ausführlich, was dazu geführt haben könnte, dass eine scheinbar paradoxe Hochfrequenzwirkung beim offenen Feldtest auftrat. Möglicherweise könnten überschießende kompensatorische Effekte der Auslöser sein. Zusammengefasst werden bei den gewählten Versuchsbedingungen bei kurzzeitiger Befeldung stärkere Auswirkungen beobachtet, mit Ausnahme der Apoptosemarker. In jedem Fall weisen die Ergebnisse auf eine biologische Wirkung der Hochfrequenz hin, Anm. d. Redaktion). (RH)

Die Resultate der vorliegenden Studie weisen darauf hin, dass die 2,45-GHz-Hochfrequenz in der Lage war, molekulare Stressreaktionen und Verhaltensänderungen hervorzurufen.



HF induziert Angststörung bei Mäusen

Biologische Wirkung von 2650-MHz-Befeldung auf das Verhalten, Lernen und Gedächtnis von Mäusen

Zheng, R., Zhang, X., Gao, Y., Gao, D., Gong, W., Zhang, C., Dong, G., & Li, Z. (2023). Biological effects of exposure to 2650 MHz electromagnetic radiation on the behavior, learning, and memory of mice. *Brain and Behavior*, 13(6), 1–13. <https://doi.org/10.1002/brb3.3004>

Im Zuge der Nutzung drahtloser Kommunikationstechnologie sind Menschen unweigerlich hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung ausgesetzt. Auf Grund der exponentiellen Zunahme dieser Kommunikationstechnologie hat sich die Hochfrequenzbelastung im 1-GHz-Bereich ca. um das 10^{18} -fache der niedrigen, natürlichen Werte erhöht. Bislang fokussierte sich die Forschung zum Thema Hochfrequenz oftmals auf den Frequenzbereich von 900–1800 MHz, was 2G- und 3G-Kommunikationstechnologie entspricht. Es existieren wenig relevante Studien zur Aufklärung möglicher Gesundheitsrisiken von 5G-Mobilfunk. Die vorliegende Studie untersucht die Auswirkung von 2650 MHz (simulierte 5G-Mobilfunkfrequenz) auf das Verhalten, räumliche Gedächtnis und assoziierte molekulare Marker von männlichen Mäusen.

Studiendesign und Durchführung:

Insgesamt 60 männliche Mäuse ($n = 10$) wurden in einer Absorberkammer mit einer synthetischen 5G-Mobilfunkfrequenz (2650 MHz) befeldet. Die Tiere wurden über einen Zeitraum von 28 Tagen 4 h pro Tag mit einem Ganzkörper-SAR-Wert von 2,06 W/kg befeldet. Die elektrische Feldstärke betrug hierbei 78,9 V/m. Die Kontrollen wurden scheinbefeldet. Anschließend wurde das Verhalten der Tiere im offenen Feldtest, erhöhtem-Plus-Labyrinth, Morris Wasserlabyrinth und Schwanzhängetest untersucht. Außerdem erfolgte eine histopathologische Analyse des Hippocampus. Als Stressmarker wurde der Corticosteron-Spiegel im Plasma bestimmt. Mit immunohistochemischen Methoden wurde die Expression der Verhaltens-assoziierten Moleküle BDNF („brain-derived neurotrophic factor“), GABA (γ -Aminobuttersäure) und GR (Glucocorticoid-Rezeptor) bestimmt.

Ergebnisse:

Die Hochfrequenzbefeldung führte zu einer signifikanten Verhaltensänderung beim offenen Feldtest und erhöhtem Plus-Labyrinth. Diese Änderungen beinhalteten eine Verrin-

gerung der Gesamtaktivität, der verbrachten Zeit im Zentrum des offenen Feldes sowie der zurückgelegten Distanz im Zentrum. Beim erhöhten Plus-Labyrinth wurden signifikant weniger Eintritte in die offenen Arme und verbrachte Zeit in den offenen Armen beobachtet. Dies zeigt, dass die Hochfrequenzbefeldung unter den oben genannten experimentellen Bedingungen mit einem angstähnlichen Verhalten der Mäuse assoziiert ist. Im Gegensatz dazu wurden keine signifikanten Verhaltensänderungen bei Morris-Wasserlabyrinth (räumliches Gedächtnis) oder dem Schwanzhängetest (depressions-ähnliches Verhalten) beobachtet. Der Corticosteron-Spiegel im Plasma der Mäuse war nach der Befeldung im Vergleich zu den scheinbefeldeten Kontrollen signifikant erhöht.

Die histopathologische Untersuchung hingegen war ohne Befund, das heißt es wurden keine pathologischen Veränderungen des Hippocampus beobachtet. Es wurden keine Hinweise für eine erhöhte Apoptose als Konsequenz der Hochfrequenzbelastung gefunden. Im Vergleich zu den scheinbefeldeten Kontrollen, war die Expression des GR-Proteins in der befeldeten Gruppe signifikant vermindert. Auch bei BDNF fanden die Wissenschaftler eine signifikant verringerte Expression nach Befeldung. Die Konzentration von GABA hingegen war nicht signifikant verändert.

Schlussfolgerungen:

Die Resultate der vorliegenden Studie weisen auf eine biologische Wirksamkeit des 5G-Mobilfunks hin. Die beobachteten Verhaltensänderungen lassen den Rückschluss zu, dass die Hochfrequenz ein angstähnliches Verhalten der Nagetiere hervorrufen kann. Übereinstimmend mit den Verhaltenstests, führte die Hochfrequenz zu einer Veränderung der Expression von Schlüsselkomponenten der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HPA-Achse), welche unmittelbar an der Regulierung von Stressreaktionen beteiligt ist. Die Verminderte GR-Bildung könnte auf eine Schwächung der negativen Feedback-Schleife zurückzuführen sein. Dies würde in einer kontinuierlichen Hyperaktivität der HPA-Achse resultieren. Übereinstimmend wäre der erhöhte Plasma-Corticoid-Spiegel zu erklären. BDNF ist im Gehirn weit verbreitet und seine Expression im Hippocampus ist eng mit angstähnlichen Symptomen assoziiert. Die Verringerung der BDNF-Expression könnte daher in engem Zusammenhang zu den beobachteten Verhaltensweisen stehen. Die Autoren finden jedoch keine Hinweise auf ein depressions-ähnliches Verhalten oder eine Verminderung des räumlichen Gedächtnisses. Sie hoffen, dass die Forschungsergebnisse dazu beitragen, einen Anhaltspunkt zum Schutze der Bevölkerung zu finden. Es seien jedoch weitere Untersuchungen erforderlich, um ihre Ergebnisse zu bestätigen. (RH)



Wirkung von 915 MHz

Die Kapazität des Herzmuskels nach mitochondrialer oxidativer Phosphorylierung als Reaktion auf andauernden elektromagnetischen Stress

Savchenko L, Martinelli I, Marsal D, Zhdan V, Tao J, Kunduzova O (2023). Myocardial capacity of mitochondrial oxidative phosphorylation in response to prolonged electromagnetic stress. *Frontiers in Cardiovascular Medicine* 10:1205893; <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1205893>

Mitochondrien sind im Herzmuskel außerordentlich stark vorhanden, sie produzieren als zentrale Energieerzeuger ATP (Adenosintriphosphat) durch oxidative Phosphorylierung (Atmungskette) und regulieren außerdem wichtige Zellentscheidungen und -reaktionen auf Stressoren in der Umgebung. In Herzzellen sorgen die Mitochondrien für eine gute Energieversorgung des schlagenden Herzens. Für die oxidative Phosphorylierungsmaschinerie sind mehrere Komplexe (I–V) im Einsatz, bis ATP entstanden ist. Außerdem müssen ROS, Entzündungsprozesse und Apoptose überwacht werden. Deshalb können Schäden in diesem System viele Erkrankungen zur Folge haben, darunter Herzfehler, Herzrhythmusstörungen und Bluthochdruck.

Elektromagnetische Felder, d. h. Telekommunikationsnetzwerke, Radiowellen, Mobilfunk, WLAN, medizinische Anwendungen u. a., stellen eine zunehmende Herausforderung für biologische Systeme dar. Durch 900-MHz-Strahlung besteht ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, was durch ROS-Bildung in den Mitochondrien verursacht werden kann. ROS sind beteiligt an wichtigen Zellentscheidungen, sind aber im Übermaß hochtoxisch für die Zell-Homöostase. Solchen oxidativen Vorgängen wird mit antioxidativen Mechanismen wie Superoxid-Dismutase (SOD), Glutathionperoxidase (GPX) und Katalase (CAT) begegnet.

Bisherige Arbeiten haben sich meistens mit kurzzeitigen Einwirkungen der elektromagnetischen Feldern befasst, diese Studie untersuchte, ob andauernder elektromagnetischer Stress das oxidative System in den Mitochondrien verändert und ob strukturelle Veränderungen im Herzmuskel entstehen durch Einwirkung des Stressors elektromagnetische Felder. In Anbetracht der zentralen Bedeutung des Stoffwechsels in den Mitochondrien für die Gesunderhaltung der Herzzellen wurde in diesem Experiment die Wirkung langzeitiger Einwirkung von 915-MHz-Strahlung auf die Atmungskette und den oxidativen Stress in Bezug zur Intaktheit des Herzmuskels untersucht.

Studiendesign und Durchführung:

Zwei Gruppen von erwachsenen männlichen Mäusen – Kontrollgruppe 7, bestrahlte Gruppe 8 Tiere, wurden 28 Tage lang 9 Stunden täglich über einen Generator mit 915 MHz befeldet oder scheinbehandelt. Der SAR-Wert betrug etwa 40 W/kg. Den Tieren wurde das Herz entnommen und das Herz- und Körpergewicht bestimmt. Im Herzgewebe wurden der Gesamtprotein- und der SOD2-Gehalt sowie der Sauerstoffverbrauch im gefrorenen Gewebeschnitt gemessen, MDA im Blutplasma bestimmt und gefrorene Schnitte des Herzgewebes im Lichtmikroskop untersucht.

Ergebnisse:

Es traten viele Defekte im oxidativen Phosphorylierungssystem der Mitochondrien auf. Die Analyse der Atmungskettenkapazität deutete bei den bestrahlten Mäusen auf signifikanten Anstieg der Expression der Proteine von Komplex I, II, III und IV hin, während die Expression der α -Untereinheit der ATP-Synthase (Komplex V) keine Unterschiede zwischen den Gruppen ergab. Weiterhin wird die respiratorische Kapazität in isolierten Mitochondrien durch elektromagnetische Felder nicht verändert, auch blieben die Lipidperoxidation (MDA) im Plasma als Indikator für oxidativen Stress und die Superoxid-Dismutase 2, das in den Herzmuskelzellen enthaltene antioxidative Enzym, unverändert gegenüber den Kontrollen. Struktur und Funktion der linken Herzkammern wiesen keine Schädigungen nach Bestrahlung auf.

Schlussfolgerungen:

Diese Daten lassen den Schluss zu, dass andauernde Einwirkung (28 Tage) von elektromagnetischen Feldern von 915 MHz den oxidativen Stoffwechsel der Mitochondrien beeinflusst durch Modulation des oxidativen Phosphorylierungssystem im Herzgewebe, aber dass der Stoffwechsel der Mitochondrien in Herzzellen den Stress ausgleichen kann. Das heißt, langanhaltende Veränderungen des Stoffwechsels können Gewebeschädigungen hervorrufen oder Zellen können sich schlecht anpassen, aber der oxidative Stoffwechsel im Herzmuskel kann sehr dynamisch auf elektromagnetische Felder reagieren. Die Ergebnisse sind eine Herausforderung für die Suche zum Verständnis der Zellbiologie des Herzens im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern. (IW)

Kommentar:

Der Ansatz und die Ergebnisse dieses Experiments sind interessant. Allerdings scheint mir der hohe SAR-Wert und die Bestrahlung der beiden Feldarten MW und EMP hintereinander (statt gleichzeitig) nicht besonders realistisch gewählt worden zu sein. Fraglich ist auch, ob die Dauer der Bestrahlung von 28 Tagen als Langzeitbestrahlung anzusehen ist.



Wirkung von WLAN auf Pflanzen

Nicht-thermische 2,45-GHz-Einwirkung verursacht rasche Veränderungen im Stoffwechsel von *Arabidopsis thaliana*

Porcher A, Girard S, Bonnet P, Rouveure R, Guérin V, Paladian P, Vian A (2023): Non thermal 2.45 GHz electromagnetic exposure causes rapid changes in *Arabidopsis thaliana* metabolism. *Journal of Plant Physiology* 286; <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2023.153999>

Pflanzen sind in der Natur aufgrund der zunehmenden Dichte an Basisstationen immer mehr hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ausgesetzt, die den ICNIRP-Standards entsprechen. Viele Studien mit verschiedenen Pflanzen ergaben, dass hochfrequente Felder im nicht-thermischen Bereich den Pflanzenstoffwechsel verändern, was sich auf Keimung, Wachstum von Spross und Wurzeln sowie Blüten- und Samenbildung auswirken kann. Bei Pflanzen spielen reaktive Sauerstoffmoleküle (ROS) eine wichtige Rolle für die Wahrnehmung der Umweltbedingungen und als Signalgeber, in den Zellen und von Zelle zu Zelle, vor allem Wasserstoffperoxid (H_2O_2). Die Autoren gehen davon aus, dass elektromagnetische Felder ROS- und Calcium-Konzentrationen in den Zellen verändern können, wodurch nachfolgend Veränderungen in Genexpression und Enzymaktivitäten auftreten. In der vorliegenden Arbeit wurde an der Modellpflanze Ackerschmalwand (*Arabidopsis thaliana*) überprüft, ob kurzzeitige nicht-thermische Bestrahlung rasche Veränderungen (bis 60 Minuten) im Stoffwechsel auslösen kann.

Studiendesign und Durchführung:

Zwei Gruppen mit je 12 Pflanzen von *Arabidopsis thaliana* (4 Wochen alte Rosetten) wurden in einem abgeschirmten Raum 30 Minuten zum einen mit 2,45 GHz (100 kHz moduliert) an der Pflanze bestrahlt (Winkel 45°, 60 cm Abstand, zwischen 99 und 110 V/m an den Ecken und 125 V/m in der Mitte des Tablett), die andere Gruppe erhielt Scheinbestrahlung. Nach drei unabhängigen Bestrahlungsansätzen erfolgte eine dreifache Probenentnahme. Die Temperatur wurde während des gesamten Experimentes an den Oberflächen der Blätter mit 2 Methoden gleichzeitig gemessen. Nach 15, 30 und 60 Minuten wurden Blätter für biochemische und molekularbiologische Analysen geerntet. Untersucht wurde auf Genexpression der Calmodulin-Transkripte (TCH1 und ZAT12-Transkriptionsfaktor), CAT2 und RBOHF Isoformen D und F (NADPH oxidase/respiratory burst oxidase homolog) und APX1 (Ascorbatoxidase, reguliert die

H_2O_2 -Konzentration) sowie die Konzentrationen der biochemischen Parameter H_2O_2 , Glutathion, oxidierte Formen von GSH/GSSG und Ascorbinsäure (AsA/DHA) und Lipidperoxidation (MDA).

Ergebnisse:

Man fand kaum Erwärmung des Blattgewebes, es waren $20,3 \text{ °C} \pm 0,1\text{-}0,2 \text{ °C}$ gegenüber ca. 20 °C vor und nach Bestrahlung. Aus dem maximalen Anstieg um $0,1 \text{ °C}$ während der 30-minütigen Bestrahlung wurde ein entsprechender SAR-Wert von $0,21 \text{ W/kg}$ berechnet. Die Transkripte der stressbezogenen Gene TCH1 und ZAT12-Transkriptionsfaktor zeigten raschen Anstieg schon nach 15 Minuten, der bis 60 Minuten anhielt gegenüber den Kontrollen, ebenso stiegen die Genexpressionswerte des ROS-Stoffwechsels (RBOHF und APX1) bis 60 Minuten signifikant an, während RBOHD nahezu konstant blieb. CAT2 nahm nach 30 Minuten Bestrahlung signifikant ab und stieg wieder leicht an. Die Konzentration von H_2O_2 war nach 60 Minuten signifikant höher als bei der Kontrolle, die betrug $293,9$ gegenüber $213,8 \text{ nMol/g}$ Frischgewicht (+37,4 %). Gleichzeitig stiegen H_2O_2 und Dehydroascorbinsäure signifikant an, während Glutathion (reduzierte und oxidierte Form) und Ascorbinsäure nicht-signifikant anstiegen und die Lipidperoxidation stabil blieb. Die Expression von CAT2 und der Ablauf der H_2O_2 -Entgiftung waren nach 60 Minuten nicht verändert. Der signifikante Anstieg von Dehydroascorbinsäure deutet auf die Aktivität des Ascorbinsäure/Glutathion-Signalwegs hin, im Zusammenwirken mit Calcium, worauf der Anstieg von Calmodulin schließen lässt.

Schlussfolgerungen:

Die Wirkung elektromagnetischer Strahlung ist laut IEEE und ICNIRP als nicht-thermisch definiert, wenn sie weniger als 1 °C innerhalb von 30 Minuten ansteigt. Pflanzen reagieren, anders als menschliche Zellen, schon bei diesen Verhältnissen mit Stoffwechselveränderungen. Die Ergebnisse hier zeigen eindeutig, dass molekulare und biochemische Reaktionen in Pflanzen sehr schnell (innerhalb von 60 Minuten) nach Einwirken elektromagnetischer Felder von 2,45 GHz auftreten, ohne dass das Gewebe erwärmt wird. Verändert exprimiert werden Gene, die an der Signalübertragung oder dem ROS-Stoffwechsel, an der Produktion von H_2O_2 und dessen Entgiftung beteiligt sind. Aus den Ergebnissen kann man schließen, dass die geringe, aber signifikant erhöhte H_2O_2 -Produktion nach Bestrahlung eher für den Mechanismus der Signaltransduktion spricht als für eine Stressreaktion. Weil Pflanzen im Gegensatz zu Tieren große Oberflächen haben und unbeweglich sind, haben sie andere Strategien zum Überleben entwickelt. (IW)



5G und Honigbienen

Eine Untersuchung der Auswirkungen von 5G-EMFs auf Honigbienen

Jeladze V, Shoshiashvili L, Partsvania B. An Investigation into the Impact of 5G EMFs on a Honey Bee. In: 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW) [Internet]. Ukraine: IEEE; 2022 [cited 2023 Oct 4]. p. 477-81. <https://doi.org/10.1109/UkrMW58013.2022.10037045>

Die Basisstationen der drahtlosen Telekommunikation tragen wesentlich zu den hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF) im Freien bei, welche ständig auf biologische Objekte einwirken: Menschen, Vögel und andere Tiere. Da die Nachfrage nach Bandbreite steigt, wird erwartet, dass sich die Kommunikationsfrequenzen der nächsten Generation (5G-Netze) auf Millimeterwellenlängen (30–300 GHz) verlagern werden. Die in 5G-Systemen verwendeten Wellenlängen werden nahe an den Körpermaßen von kleinen biologischen Objekten, insbesondere Insekten, liegen. Ein alternativer Ansatz zur Untersuchung des Einflusses der EMF-Exposition auf Bio-Objekte sind numerische Simulationen zur Bestimmung der Absorption von HF-EMFs. In den jüngsten Studien von Thielens und de Borre werden Insekten als homogene dielektrische Objekte modelliert, während sie in Wirklichkeit heterogen sind. Außerdem wurden die spezifischen Absorptionsraten (SAR-Werte) und der Temperaturanstieg nicht berechnet. Das Fehlen dieser Werte macht es unmöglich, die biologischen Auswirkungen vollständig zu verstehen.

Im Gegensatz dazu wurde in der hier besprochenen Studie ein realistisches 3D-Modell einer Honigbiene entwickelt und die Ganzkörper-SAR-Werte sowie die SAR-Werte für das Gehirngewebe berechnet. Ziel dieser Studie ist es, die möglichen gefährlichen Auswirkungen von HF-EMFs auf Honigbienen im Bereich von 2,5 bis 100 GHz durch Computersimulationen zu untersuchen.

Studiendesign und Durchführung:

Die Forscher zielten darauf ab, die Auswirkungen von HF-EMF auf Honigbienen mithilfe der Finite-Difference Time-Domain (FDTD)-Modellierung zu untersuchen. Die FDTD-Technik wurde für elektromagnetische (EM)-Simulationen verwendet, um die Absorption von EMF-Energie (SAR) im Körpergewebe von Honigbienen zu berechnen. FDTD ist die am besten geeignete numerische Technik für die Analyse komplexer Körper und heterogener Objekte wie die Körper von Insekten. Die ITIS-Datenbank, die EM-Parameter für

alle biologischen Gewebe enthält, wurde zum Ermitteln der Gewebeeigenschaften verwendet. In dieser Datenbank sind frequenzabhängige EM-Parameter (Permittivität und Leitfähigkeit) für den Frequenzbereich von 10 Hz bis 100 GHz verfügbar. Das Honigbienenmodell wurde anhand von drei verschiedenen Geweben dargestellt: die Hülle (Korsett), das Hauptgewebe unter dem Korsett und die Hirnsubstanz. Die EMF-Exposition wurde mit einer sinusförmigen (kontinuierlichen) Wellenform ebener Wellen bei einer einzigen Frequenz modelliert.

Es wurden 9 harmonische Frequenzen von sinusförmigen ebenen Wellen ausgewählt: 2,5 GHz, 3,7 GHz, 6, 12, 25, 40, 60, 85 und 100 GHz. Für jede Frequenz werden 6 aus drei Richtungen auf das Insektenmodell einfallende ebene Wellen (von vorne und hinten, von oben und unten, von der Seite) modelliert. Zwei einfallende E-Feld-Polarisationen wurden für jede Richtung gewählt, horizontal und senkrecht (wie dies bei echten HF-Signalen der Fall ist, Anm. der Red.).

Ergebnisse:

Die Ganzkörper-SAR-Spitzenwerte sind im Frequenzbereich von 2,5 bis 100 GHz sehr unterschiedlich und hängen von der Frequenz und der E-Feld-Polarisation ab. Die SAR-Werte sind bei den Frequenzen 2,5 GHz und 3,7 GHz niedriger und bei den Frequenzen 6 GHz und 12 GHz maximal. Für die verschiedenen Frequenzen liegen die SAR-Werte meist im Bereich von 1 bis 10 W/Kg, und über 10 W/Kg bei 6 und 12 GHz. Die SAR-Werte im Hirngewebe für die Frequenzen 2,5 GHz und 3,7 GHz liegen um 0,01 W/kg, etwa 0,1 W/kg für 6 GHz und etwa 0,85 W/kg für 25 GHz. High-Band 5G bei 26 GHz könnte also zu einem etwa 100-fachen Anstieg der absorbierten Energie im Gehirn der Honigbiene führen, im Vergleich zu den derzeit typischen Frequenzen um 1 bis 3 GHz. Für die übrigen Frequenzen und die E-Feld-Polarisationen liegen die SAR-Werte meist im Bereich von 0,1–1,0 W/kg.

Schlussfolgerungen:

In dieser Studie wurde ein Versuch unternommen, die Auswirkungen hochfrequenter EMF zukünftiger 5G-Technologien auf Honigbienen vorherzusagen. Die erzielten Ergebnisse zeigten, dass die SAR-Werte im Körpergewebe der Honigbiene von der Richtung der einfallenden EM-Welle und der E-Feld-Polarisation sowie von der Frequenz abhängen. Die höchsten SAR-Werte wurden beobachtet, wenn eine ebene Welle von oben auf die Honigbiene eintrifft. Aus den Ergebnissen könnte man schließen, dass die Exposition von Honigbienen mit hochfrequenten EMF negative Auswirkungen haben könnte. (AT)



Hochfrequente EMF und Gesundheitsschutz

Begrenzung der Exposition gegenüber hochfrequenter Strahlung: Grundsätze und mögliche Kriterien für den Gesundheitsschutz

Hinrikus H, Koppel T, Lass J, Roosipuu P, Bachmann M. Limiting exposure to radiofrequency radiation: the principles and possible criteria for health protection. *International Journal of Radiation Biology*. 2023 Aug 3;99(8):1167-77. <https://doi.org/10.1080/09553002.2023.2159567>

Heutzutage sind Menschen permanent hochfrequenter Strahlung ausgesetzt. Daher sollten die Grenzwerte für den Gesundheitsschutz die langfristige, lebenslange Exposition berücksichtigen. Die Grenzwerte, die auf den Richtlinien der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) beruhen, gelten in den meisten Ländern. Die Empfehlungen der Europäischen Union sind von den ICNIRP-Richtlinien abgeleitet. Strengere Grenzwerte als die von der ICNIRP festgelegten gelten in Bulgarien, Griechenland, Luxemburg, einigen Bezirken in Belgien, Italien, der Schweiz, Slowenien, China, Indien und Russland. Lange Zeit lag das Hauptaugenmerk bei der Erforschung der biologischen und gesundheitlichen Wirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF) auf der thermischen Wirkung. Die ICNIRP-Richtlinien basieren auf der thermischen Wirkung und die Grenzwerte sollen eine Erwärmung des Gewebes verhindern. Ob es sich bei der Wirkung von Mikrowellenstrahlung ausschließlich um eine thermische Wirkung handelt, wurde jedoch bereits vor mehr als einem halben Jahrhundert hinterfragt.

Thermische und nicht-thermische Wirkung:

Lokale Erwärmung ist die erste physiologische Wirkung von elektromagnetischen Wechselfeldern, die 1889 von d'Arsonval entdeckt wurde und bis heute erfolgreich in der Physiotherapie eingesetzt wird. Die thermische Wirkung entsteht durch Absorption der HF-Strahlung, was zu einer erhöhten Zufallsbewegung der Teilchen, d. h. zu einer erhöhten Temperatur führt. Ist das Niveau der HF-EMF hoch genug, um die natürliche Temperaturregelung zu überwinden, steigt die Körpertemperatur an. Gleichzeitig finden aufgrund des kohärenten Charakters technischer HF-Strahlung periodische Veränderungen statt (nicht-thermische Wirkung). Die durch kohärente Strahlung verursachte thermische Wirkung unterscheidet sich von der herkömmlichen thermischen Erwärmung und ist stärker. Die Erwärmung ist ein kumulativer Prozess, die Wärmemenge nimmt mit der Dauer der Exposition zu. Der Schwellenwert des thermischen

Modells wird in den ICNIRP-Leitlinien beschrieben als diejenige spezifische Absorptionsrate (SAR), bei der die Körpertemperatur in sechs Minuten um 1 °C ansteigt. Das thermische Modell berücksichtigt weder die Langzeitexposition noch mögliche kumulative Auswirkungen auf die Gesundheit. Die Erwärmung ist ein deterministischer Prozess. Die Wärmeerzeugung ist proportional zur absorbierten HF-EMF-Energie. Das thermische Modell geht davon aus, dass die Wirkung mit steigendem SAR-Wert zunimmt. SAR ist kein messbarer Parameter und nicht geeignet für die Bewertung der Höhe der HF-EMF in der Umgebung.

Nicht-thermische Wirkung:

Die nicht-thermische Wirkung wird durch kohärente Strahlung erzeugt, die eine gleichzeitige periodische Bewegung der Teilchen bewirkt, und kann bei konstanter Temperatur auftreten. Mit zunehmender Temperatur verringert die zufällige thermische Bewegung den Effekt, indem sie die regelmäßige Bewegung stört. Das elektrische Feld von HF-EMF bewirkt eine Rotation dipolarer Moleküle, was zu einer dipolaren Polarisierung führt und die intermolekulare Bindung beeinflusst. Die dielektrische Polarisierung, der Ursprung des nicht-thermischen Effekts, nimmt nicht mit der Dauer der Exposition zu. Die dielektrische Polarisierung wird faktisch augenblicklich durch eine angelegte elektrische Feldstärke verursacht. Das physikalische Modell des nicht-thermischen Effekts sagt den sofortigen und nicht-kumulativen Charakter der Wirkung voraus. Die Abhängigkeit von der Expositionsdauer wird nur bei den biologischen Folgen deutlich, die durch die Exposition gegenüber schwachen HF-EMF verursacht werden. Die natürliche Fähigkeit, strahleninduzierte Störungen zu reparieren, kann sich mit der Dauer der Exposition verändern. Langfristige Exposition kann entweder zu einer Anpassung an die Exposition oder zu progressiver Schädigung führen. Der Prozess ist nichtlinear und chaotisch; daher sind die Ergebnisse (bislang) nicht vorhersehbar. Die Dielektrizitätskonstante, der Parameter, der den Polarisationsprozess beschreibt, hängt nicht vom Pegel, sondern von der Frequenz der HF-EMF ab. Aufgrund der Trägheit nimmt die dielektrische Polarisierung mit der Frequenz der HF-EMF ab und wird bei Frequenzen über 10 GHz klein und bei etwa 100 GHz vernachlässigbar. Es gibt keine ausreichenden Kenntnisse über die Wirkungen von HF-EMF bei Frequenzen über 10 GHz. Deshalb wurde in der vorliegenden Studie nur der Frequenzbereich von 10 MHz bis 10 GHz betrachtet.

Schlussfolgerungen:

Die Berücksichtigung nicht nur der energetischen, sondern auch der kohärenten Eigenschaften von HF-EMF führt zu zwei verschiedenen Modellen zur Bestimmung der Auswirkungen nichtionisierender Strahlung auf die menschl-

che Gesundheit. Das thermische Modell hat einen Schwellenwert, der die Erwärmung des Gewebes begrenzt. Das nicht-thermische Modell, das auf der Fähigkeit kohärenter elektrischer Felder beruht, bei konstanter Temperatur biologische Wirkungen hervorzurufen, hat keinen Schwellenwert. Daher kann die Auswirkung von HF-EMF auf die menschliche Gesundheit nicht ausgeschlossen, aber durch Begrenzung der Strahlungsstärke minimiert werden. Diesbezügliche Grenzwerte können auf der Grundlage indirekter Kriterien ausgewählt werden. Die geringsten Werte des elektrischen Feldes, die eine Wirkung hervorrufen, betragen 1,7 V/m in einer zellulären und 1,4 V/m in einer In-vitro-Tierstudie, und stimmen mit dem Wert von 2,45 V/m überein, der in einer In-vivo-Humanstudie eine Wirkung hervorruft. Im Falle von Grenzwerten für den Gesundheitsschutz ist eher das Niveau in Humanstudien angemessen. Ein Wert von etwa 2 V/m ($\sim 10 \text{ mW/m}^2$) könnte als möglicher Grenzwert für HF-EMF beim Menschen angesehen werden. Der Pegel der Langzeit-Rundfunkstrahlung liegt bei 6 V/m, und es kann davon ausgegangen werden, dass Menschen an diesen Pegel ohne erkennbare gesundheitliche Probleme angepasst sind (wobei es fraglich ist, ob Rundfunk und moderne HF-Signale wie 4G oder WiFi vergleichbar sind, Anm. der Red.). Eine Begrenzung der HF-EMF-Niveaus auf Spitzenwerte von 6 V/m sollte Gesundheitsrisiken im Vergleich zur alleinigen Einhaltung der ICNIRP-Grenzwerte verringern. Die dynamischen Beziehungen zwischen der Wirkung und der Intensität oder Dauer der HF-EMF-Exposition sind noch unbekannt. Weitere Untersuchungen zu langfristigen HF-EMF-Effekten und im Frequenzbereich oberhalb von 6000 MHz sind dringend erforderlich. (AT)



EMF-Grenzwerte

Grenzwerte für die Strahlenbelastung durch Mobiltelefone und technische Lösungen

Héroux P, Belyaev I, Chamberlin K, Dasdag S, De Salles AAA, Rodriguez CEF, et al. Cell Phone Radiation Exposure Limits and Engineering Solutions. IJERPH. 2023 Apr 4;20(7):5398. <https://doi.org/10.3390/ijerph20075398>

Die rasche Verbreitung von Mobiltelefonen in einem großen Teil der Bevölkerung setzt Kopf und Körper hohen Werten von Hochfrequenzen (HF) aus. Die vom Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) und der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierender

Strahlung (ICNIRP) empfohlenen Sicherheitsgrenzwerte wurden von vielen Ländern übernommen, obwohl diese Grenzwerte nur darauf abzielen, vor akuten Erwärmungseffekten zu schützen. Diese Grenzwerte ignorieren die nicht-thermischen Wechselwirkungen zwischen HF-Feldern und den freien elektrischen Ladungen in lebendem Gewebe. Bei der Erörterung der potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen von HF konzentriert sich die IEEE auf die „nicht-ionisierende“ Eigenschaft, um die Unbedenklichkeit zu betonen. Dies ist höchst irreführend, da noch andere Mechanismen am Werk sind, die schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit haben.

Sieben blinde Flecken:

In den 1990er Jahren schränkte das IEEE seine Risikobewertung für die Exposition des Menschen gegenüber HF in sieben Punkten ein:

1. Unangemessener Fokus auf Wärme, Vernachlässigung subthermischer Effekte: Die IEEE-Richtlinien konzentrierten sich in erster Linie auf die Erhitzung, eine Variable, die nur bei extremen HF-Intensitäten relevant ist, und beschränkten die Anerkennung „echter“ gesundheitlicher Auswirkungen auf den akuten Bereich. Das IEEE ging davon aus, dass eine einzelne Verhaltensänderung (das Nichtdrücken eines Hebels für Nahrung bei Ratten und Affen) die empfindlichste und einzige reproduzierbare Auswirkung der HF-Exposition ist und alle anderen Mechanismen ausgeschlossen sind.
2. Expositionsversuche, die über sehr kurze Zeiträume durchgeführt wurden (40 bis 60 Minuten). Diese Kurzzeitdaten akuter HF-Experimente wurden unangemessen ausgeweitet, in gesetzliche Richtlinien aufgenommen, statt HF-Experimente, die auf die typische Lebenslänge von Menschen (75 Jahre) ausgelegt sind.
3. Übersehen der Zeit-/Amplitudeneigenschaften von HF-Signalen. Zur Quantifizierung der gesetzlich zulässigen Dosis von HF-Emissionen werden Expositionen über Zeiten gemittelt, die viel länger sind (6 und 30 Minuten) als die Pulse der Telekommunikationssignale (Millisekunden). Biologische Reaktionen, die bei Spitzenintensitäten auftreten, bleiben bei der Mittelwertbildung unberücksichtigt.
4. Ignorieren von Karzinogenität, Hypersensibilität und anderen Gesundheitszuständen im Zusammenhang mit HF. Dies führt dazu, dass das tatsächliche Leiden geleugnet wird, das HF-Expositionen in der menschlichen Bevölkerung hervorruft.
5. Messung der spezifischen Absorptionsraten (SAR) von Mobiltelefonen in beliebigen Abständen vom Kopf.

6. Mittelwertbildung der SAR-Dosen auf einer für die Gesundheit irrelevanten Volumen- / Massenskala.
7. Verwendung unrealistischer Simulationen für die Abschätzung der SAR-Werte von Mobiltelefonen.

Die IEEE-ICNIRP hat eine begrenzte Sichtweise der wichtigen Wechselwirkungen von elektromagnetischer Strahlung mit biologischen Systemen und der Gesundheit gefördert. Die sieben blinden Flecken spiegeln ein tiefes Missverständnis von Toxikologie, Biologie und Medizin wider. Die absichtliche Festlegung und Förderung von Sicherheitsgrenzwerten auf der Grundlage von Wärme ist ein Ablenkungsmanöver, das die Anerkennung wichtiger toxischer Wirkungen von HF verhindert.

Lösungen:

Hier werden kostengünstige Software- und Hardware-Modifikationen zur Minderung der HF-Exposition von Mobiltelefonen vorgeschlagen:

1. Blockierung der HF-Emissionen des Telefons, aber nicht des Empfangs, wenn es sich in direkter Nähe des Kopfes/Körpers befindet. Diese Softwareanpassung ist im Wesentlichen ein automatischer „Flugzeugmodus“, der die Nutzer vor Strahlung schützen soll. Derzeit gibt es mindestens sieben „Apps“, die verschiedene Techniken anwenden, um das Schreiben von SMS während der Fahrt zu verhindern.
2. Änderung des Antennenabstrahlungsmusters (halbkugelförmig) durch Anbringen eines einseitigen Strahlenblockers oder Reflektors, um vom Kopf und vom Körper weg zu strahlen. Dadurch verringert sich der Prozentsatz der im Kopf und im Körper absorbierten Leistung und erhöht sich der Prozentsatz der für die Kommunikation abgestrahlten Leistung.
3. Begrenzung der Gesprächsdauer auf der Grundlage einer Schätzung der von der Antenne über einen bestimmten Zeitraum abgestrahlten Leistung. Es gibt Apps, die die Strahlenbelastung in Echtzeit anzeigen, sie kumuliert aufzeichnen und sogar Übertragungen in Gebieten mit hoher Strahlenbelastung kontrollieren.

Diese kostengünstigen Maßnahmen verändern die Funktionen des Mobiltelefons oder die Qualität der Kommunikation nicht grundlegend. Die wirksamsten Maßnahmen zur Verringerung der Exposition umfassen die Kontrolle an der Quelle oder durch die Quelle, im Gegensatz zum Vertrauen auf persönliche Gewohnheiten. Technische Kontrollen sind wirksam, während persönliche Gewohnheiten weniger zuverlässig sind und häufig erinnert werden müssen.

Schlussfolgerungen:

Die Schutzmaßnahmen gegen HF-Expositionen müssen aufgrund der engstirnigen Positionen in den IEEE-ICNIRP-Risikobewertungen erheblich verbessert werden. Softwarebasierte Lösungen zur Kontrolle von Emissionen sowie Hardware-Änderungen an Antennendesigns sollten nicht teuer zu implementieren sein und würden die Gewohnheiten der Handynutzer nur geringfügig beeinflussen. Obwohl diese Lösungen zur Verfügung stehen, hat die Industrie sie im Allgemeinen entweder nicht umgesetzt oder in einigen Fällen sogar die Verringerung der Exposition bekämpft, indem sie die Aufklärung der Öffentlichkeit über HF-Expositionen verhindert hat. Die Autoren sind der festen Überzeugung, dass HF-Expositionen in lebendem Gewebe nach Möglichkeit vermieden werden sollten und dass die vom Körper des Benutzers absorbierte HF-Energie verschwendet und gesundheitsschädlich ist. (AT)



Gesundheitliche Auswirkungen von EMF Probleme bei der Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen von Hochfrequenzstrahlung

Ishai PB, Davis D, Taylor H, Birnbaum L. Problems in evaluating the health impacts of radio frequency radiation. *Environmental Research*. 2023 Feb 28;115038. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935122023659>

Allein in den USA schätzt die Branche, dass für die Einführung von 5G bis zu einer Million neuer Antennen erforderlich sein werden. Entgegen den Behauptungen der Industrie wird eine Zunahme der Zahl der Sendeanlagen voraussichtlich zu einer wesentlich höheren Belastung der Bevölkerung führen. Seit fast einem Jahrhundert bilden bewährte kontrollierte Bioassay-Protokolle die Grundlage für die Vorhersage und Festlegung von Grenzwerten für die menschliche Exposition gegenüber Arzneimitteln, Pestiziden und radioaktiver Strahlung. Im Bereich der Bioeffekte von EMF scheinen jedoch Laborergebnisse und offizielle Expositionsgrenzwerte im Widerspruch zueinander zu stehen. Forschung und Ausbildung auf dem Gebiet des Bioelektromagnetismus sind derzeit keine Finanzierungspriorität (außer in China, Anm. der Red.). Darüber hinaus sind Studien am Menschen besonders problematisch angesichts der weit verbreiteten Nutzung dieser Technologien, des Mangels an geeigneten Kontrollgruppen und der jüngsten Veröffentlichung einiger grundlegend fehlerhafter, aber weit verbreiteter Berichte.

Für die Untersuchung der Verursachung von multikausalen, chronischen Krankheiten wie Krebs passte Sir Austin Bradford das Koch-Paradigma an, um Prinzipien für das Schließen auf das Vorhandensein einer kausalen Beziehung einzubeziehen: Stärke, Konsistenz, Spezifität, Zeitlichkeit und biologischer Gradient für den Nachweis eines erhöhten Risikos. In mehreren neueren Bewertungen wurden diese Überlegungen auf epidemiologische und experimentelle Beweise für die potenzielle Karzinogenität von hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung, d.h. Hochfrequenz (HF) angewandt, und man kam zu dem Schluss, dass die Befunde zwingende Hinweise auf einen Kausalzusammenhang liefern. Diese Schlussfolgerungen in Bezug auf schädliche Auswirkungen von HF werden nicht von allen Forschern geteilt, und eine Reihe von der Industrie nahestehenden Wissenschaftlern widerspricht ihnen vehement.

Diskussion:

Die Autoren fassen aktuelle Erkenntnisse über die Mechanismen, wie HF biologisch wirkt, zusammen. In diesem Kontext werden erwähnt: oxidativer Stress, Störung der spannungsgesteuerten Ionenkanäle, Störung der Genexpression oder -regulation, Hemmung von Enzymen. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass alle diese experimentell beobachteten Vorgänge durch erzwungene Oszillation von Ionen erklärbar sind. Es folgt eine lange Liste von kommentierten Studien aus dem Bereich Epidemiologie, Bevölkerungskohorten und Tierstudien, die alle eindeutig schädliche Auswirkungen von HF dokumentieren.

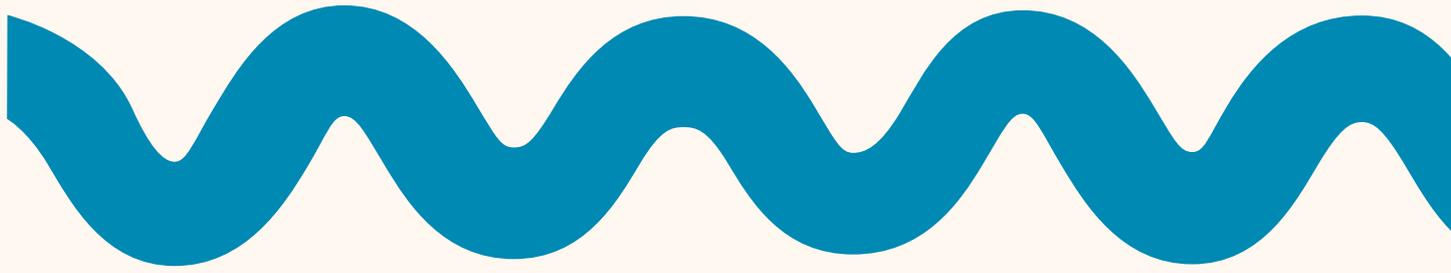
Für die Industrie und die Regulierungsbehörden sollte die Sicherheit der Öffentlichkeit an erster Stelle stehen. Die Grenzen zwischen den Regulierungsbehörden und den Regulierten sind jedoch häufig fließend. Das Vorsorgeprinzip wurde auf dem UNO-Gipfel in Rio 1992 wie folgt definiert: „Zum Schutz der Umwelt wird das Vorsorgeprinzip von den Staaten entsprechend ihren Möglichkeiten umfassend angewandt. Droht ein ernsthafter oder irreversibler Schaden, so darf das Fehlen vollständiger wissenschaftlicher Gewissheit nicht als Grund dafür dienen, kostenwirksame Maßnahmen zur Verhinderung von Umweltschäden aufzuschieben.“

Schlussfolgerungen:

Die Autoren stellen in Frage, ob derzeitige Grenzwerte wirklich dem öffentlichen Wohl dienen, wenn man sie unter dem Gesichtspunkt des Vorsorgeprinzips und der von Bradford Hill aufgestellten Grundsätze für die Ableitung von Kausalitäten betrachtet. Sie kommen zu dem Schluss, dass es

erhebliche wissenschaftliche Beweise dafür gibt, dass HF Krebs, endokrinologische, neurologische und andere schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit hat. In Anbetracht dieser Beweise ist die primäre Aufgabe öffentlicher Einrichtungen, die öffentliche Gesundheit zu schützen, nicht erfüllt worden. Es hat den Anschein, dass die Interessen der Industrie im Vordergrund stehen und die Öffentlichkeit dadurch vermeidbaren Risiken ausgesetzt wird. Es gibt eine Fülle von experimentellen und epidemiologischen Beweisen für einen kausalen Zusammenhang zwischen EMF und Krebs und anderen gesundheitsschädlichen Auswirkungen. Eine Zunahme biochemischer Veränderungen wie DNA-Schäden, eine erhöhte Produktion freier Radikale und andere Signale, die als Vorboten von Krebs und anderen degenerativen Krankheiten gelten, wurden eindeutig nachgewiesen. Die Beweise sind zwar nicht einheitlich, aber die Gründe für diese Uneinheitlichkeit sollten von unabhängiger Seite überprüft und bewertet werden. Die unbestreitbare Komplexität der Technologie kann leicht dazu führen, dass die Angelegenheit eher verwirrt als geklärt wird. Es ist die Aufgabe von Experten, den Stand des Wissens in einer klaren und prägnanten Sprache darzustellen, die auch Laien verstehen können. Die Medizin und die öffentliche Gesundheit verdienen die ganze Geschichte, egal wie kompliziert oder unangenehm sie auch sein mag. Es gibt eine Fülle von Beweisen, die auf schädliche Auswirkungen der HF-Exposition auf die menschliche Gesundheit hindeuten. Es ist zwingend erforderlich, auf einem vollständigen Bild der Fakten zu bestehen und nicht auf der beschönigten oder verzerrten Version, die derzeit propagiert wird. Die Notwendigkeit, bei der Ausarbeitung von Regulierungsmaßnahmen das gesamte Gewicht der Beweise zu berücksichtigen, wird weitgehend ignoriert. Es ist an der Zeit, dass das Vorsorgeprinzip bei HF-Exposition angewendet wird. (AT)

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass es erhebliche wissenschaftliche Beweise dafür gibt, dass HF Krebs, endokrinologische, neurologische und andere schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit hat.



Register

ElektrosmogReport 2023

Jahrgang 29

Register ElektrosmogReport 2023, Jahrgang 29

A

Adelaja OJ, Ande AT, Abdulraheem GD, Oluwakorode IA, Oladiipo OA, Oluwajobi AO (2021): Distribution, diversity and abundance of some insects around a telecommunication mast in Ilorin, Kwara State, Nigeria. *Bulletin of the National Research Centre*. 2021 Dec;45(1):1-7. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00683-y> [ElektrosmogReport 1-2023](#)

Asl JF, Goudarzi M, Shoghi H (2020): The radio-protective effect of rosmarinic acid against mobile phone and Wi-Fi radiation-induced oxidative stress in the brains of rats. *Pharmacological Reports*, 72(4), 857-866. <https://doi.org/10.1007/s43440-020-00063-9> [ElektrosmogReport 2-2023](#)

Auvinen A, Feychting M, Ahlbom A, Hillert L, Elliott P, Schüz J, Kromhout H, Toledano MB, Johansen C, Poulsen AH, Vermeulen R (2019): Headache, tinnitus and hearing loss in the international Cohort Study of Mobile Phone Use and Health (COSMOS) in Sweden and Finland. *International journal of epidemiology*. 2019 Oct 1;48(5):1567-79. <https://doi.org/10.1093/ije/dyz127> [ElektrosmogReport 1-2023](#)

B

Bektas H, Nalbant A, Akdag, MB, Demir C, Kavak S, Dasdag S (2023): Adverse effects of 900, 1800 and 2100 MHz radiofrequency radiation emitted from mobile phones on bone and skeletal muscle. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 1-9. <https://doi.org/10.1080/15368378.2023.2179065> [ElektrosmogReport 3-2023](#)

Belpomme D, Irigaray P (2022): Why Electrohypersensitivity and related symptoms are caused by non-ionizing man-made electromagnetic fields: An overview and medical assessment. *Environmental Research*. 2022 May 7:113374. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113374> [ElektrosmogReport 1-2023](#)

Bozok S, Karaagac E, Sener D, Akakin D, Tumkaya L (2023): The effects of long-term prenatal exposure to 900, 1800, and 2100 MHz electromagnetic field radiation on myocardial tissue of rats. *Toxicology and Industrial Health*, 39(1), 1-9. <https://doi.org/10.1177/07482337221139586> [ElektrosmogReport 3-2023](#)

C

Cappucci U, Casale AM, Proietti M, Marinelli F, Giuliani L, Piacentini L (2022): WiFi Related Radiofrequency Electromagnetic Fields Promote Transposable Element Dysregulation and Genomic Instability in *Drosophila melanogaster*. *Cells*. 2022 Jan;11(24):4036. <https://doi.org/10.3390/cells11244036> [ElektrosmogReport 1-2023](#)

Coronado LM, Stoute JA, Nadovich CT, Cheng J, Correa R, Chaw K, González G, Zambrano M, Gittens RA, Agrawal DK, Jemison WD (2023): Microwaves can kill malaria parasites non-thermally. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2023 Feb 2;13:67. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.955134> [ElektrosmogReport 2-2023](#)

Czerwiński M, Vian A, Woodcock BA, Goliński P, Virto LR, Januszkiwicz Ł (2023): Do electromagnetic fields used in telecommunications affect wild plant species? A control impact study conducted in the field. *Ecological Indicators*. 2023 Jun 1;150:110267. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110267> [ElektrosmogReport 3-2023](#)

H

Hasan I, Amin T, Alam MR, Islam MR (2021): Hematobiochemical and histopathological alterations of kidney and testis due to exposure of 4G cell phone radiation in mice. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(5), 2933-2942. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.028> [ElektrosmogReport 2-2023](#)

Héroux P, Belyaev I, Chamberlin K, Dasdag S, De Salles AAA, Rodriguez CEF, et al. (2023): Cell Phone Radiation Exposure Limits and Engineering Solutions. *IJERPH*. 2023 Apr 4;20(7):5398. <https://doi.org/10.3390/ijerph20075398> [ElektrosmogReport 4-2023](#)

Hinrikus H, Koppel T, Lass J, Roosipuu P, Bachmann M (2023): Limiting exposure to radiofrequency radiation: the principles and possible criteria for health protection. *International Journal of Radiation Biology*. 2023 Aug 3;99(8):1167-77. <https://doi.org/10.1080/09553002.2023.2159567> [ElektrosmogReport 4-2023](#)

I

Ishai PB, Davis D, Taylor H, Birnbaum L (2022): Problems in evaluating the health impacts of radio frequency radiation. *Environmental Research*. 2023 Feb 28;115038. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935122023659> [ElektrosmogReport 4-2023](#)

Islam MS, Islam MM, Rahman MM, Islam K (2023): 4G mobile phone radiation alters some immunogenic and vascular gene expressions, and gross and microscopic and biochemical parameters in the chick embryo model. *Veterinary Medicine and Science*, 1-12. <https://doi.org/10.1002/vms3.1273> [ElektrosmogReport 4-2023](#)

J

Jeladze V, Shoshiashvili L, Partsvania B (2022): An Investigation into the Impact of 5G EMFs on a Honey Bee. In: 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW) [Internet]. Ukraine: IEEE; 2022 [cited 2023 Oct 4]. p. 477-81. <https://doi.org/10.1109/UkrMW58013.2022.10037045> [ElektrosmogReport 4-2023](#)

Joumaa W, Salameh M, Zeitoun-Ghandour S, Sabra L, Ismail L, Daher A, Bazzi A, Khalil M (2022): Effects of Continuous Prenatal and Postnatal Global System for Mobile Communications Electromagnetic Waves (Gsm-Emw) Exposure on the Oxidative Stress Biomarkers in Female Newborn Rat's Liver. *SSRN Electronic Journal*, 8(May), e12367. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4059779> [ElektrosmogReport 1-2023](#)

K

Kashani ZA, Pakzad R, Fakari FR, Haghparast MS, Abdi F, Kiani Z, Talebi A, Haghgoo SM (2023): Electromagnetic fields exposure on fetal and childhood abnormalities: Systematic review and meta-analysis; <https://doi.org/10.1515/med-2023-0697> [ElektrosmogReport 3-2023](#)

Kaur P, Rai U, Singh R (2023): Review. Genotoxic Risks to Male Reproductive Health from Radiofrequency Radiation. *Cells*, 12(4), 1-20. <https://doi.org/10.3390/cells12040594> [ElektrosmogReport 2-2023](#)

Kazemi E, Mortazavi SMJ, Ali Ghanbari A, Mozdarani H et al. (2015): The effect of superposition of 900 MHz and incoherent noise electromagnetic fields on the induction of reactive oxygen species in SP2/O cell line (2015). *Int. J. Radiat. Res.*, Vol. 13 No. 3, July 2015. <https://doi.org/10.7508/ijrr.2015.03.012> [ElektrosmogReport 2-2023](#)

Klimek A, Kletkiewicz H, Siejka A, Wyszowska J, Maliszewska J, Klimiuk M, Jankowska M, Seckl J, Rogalska J (2022): New view on the impact of the low-frequency electromagnetic field (50 Hz) on stress responses—hormesis effect. *Neuroendocrinology*. 2022 Nov 2. <https://doi.org/10.1159/000527878> [ElektrosmogReport 1-2023](#)

Klitzing v. L (2023): The Problem of ICNIRP (Safety-Guidelines). *British Journal of Healthcare and Medical Research* 10 (2), 283-286. <https://doi.org/10.55920/2771-019X/1422> [ElektrosmogReport 2-2023](#)

L

Lai H, Levitt BB (2023): Review. Cellular and molecular effects of non-ionizing electromagnetic fields. *Reviews on Environmental Health* 2023, <https://doi.org/10.1515/reveh-2023-0023> [ElektrosmogReport 2-2023](#)

Lai Y, Wang H, Xu X, Dong J, Song Y, Zhao H, Wu Y, Zhao L, Wang H, Zhang J Yao B, Zou Y, Zhou H, Peng R (2023): Hippocampal ferroptosis is involved in learning and memory impairment in rats induced by microwave and electromagnetic pulse combined exposure. *Environmental Science and Pollution Research*; <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28280-8> [ElektrosmogReport 4-2023](#)

Levitt BB, Lai HC, Manville AM (2022): Low-level EMF effects on wildlife and plants: What research tells us about an ecosystem approach. *Frontiers in Public Health*. 2022 Nov 25;10:4654. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1000840> [ElektrosmogReport 3-2023](#)

Lin JC (2022): Carcinogenesis from chronic exposure to radio-frequency radiation. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1042478> [ElektrosmogReport 1-2023](#)

M

McCredde JE, Cook N, Weller S, Leach V (2022): Wireless technology is an environmental stressor requiring new understanding and approaches in health care. *Frontiers in Public Health*. 2022 Dec 20;10:4893. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.986315> [ElektrosmogReport 1-2023](#)

Misek J, Jakus J, Hamza Sladicekova K, Zastko L, Veternik M, Jakusova V, Belyaev I (2023): Extremely low frequency magnetic fields emitted by cell phones. *Frontiers in Physics* 11:1094921. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1094921> [ElektrosmogReport 2-2023](#)

Mišík M, Kundi M, Worel N, Ferk F, Hutter HP, Grusch M, Nersesyan A, Herrera Morales D, Knasmueller S (2023): Impact of mobile phone-specific electromagnetic fields on DNA damage caused by occupationally relevant exposures: results of ex vivo experiments with peripheral blood mononuclear cells from different demographic groups. *Mutagenesis*, 38(4), 227–237. <https://doi.org/10.1093/mutage/gead022> [ElektrosmogReport 4-2023](#)

Molina-Montenegro MA, Acuña-Rodríguez IS, Ballesteros GI, Baldelomar M, Torres-Díaz C, Broitman BR, Vázquez DP (2023): Electromagnetic fields disrupt the pollination service by honeybees. *Science Advances*. 2023 May 12;9(19):eadh1455. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh1455> [ElektrosmogReport 3-2023](#)

N

Nyberg NR, McCredden JE, Weller SG, Hardell L (2022): The European Union prioritises economics over health in the roll-out of radiofrequency technologies. *Reviews on Environmental Health*. 2022 Sep 22. <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0106> [ElektrosmogReport 2-2023](#)

O

Olejárová S, Moravčík R, Herichová I (2022): 2.4 GHz Electromagnetic Field Influences the Response of the Circadian Oscillator in the Colorectal Cancer Cell Line DLD1 to miR-34a-Mediated Regulation. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(21), 13210. <https://doi.org/10.3390/ijms232113210> [ElektrosmogReport 1-2023](#)

P

Pall ML (2022): Low Intensity Electromagnetic Fields Act via Voltage-Gated Calcium Channel (VGCC) Activation to Cause Very Early Onset Alzheimer's Disease: 18 Distinct Types of Evidence. *Current Alzheimer Research* 19 (2), 119–132; <https://doi.org/10.2174/1567205019666220202114510> [ElektrosmogReport 4-2023](#)

Parizek D, Visnovcova N, Hamza Sladicekova K, Misel J, Jakus J, Kohan M, Visnovcova Z, Ferencova N, Tonhajzerova I (2023): Electromagnetic Fields – Do they Pose a Cardiovascular Risk? *Physiological Research* 72, 199–208; <https://doi.org/10.33549/physiolres.934938> [ElektrosmogReport 3-2023](#)

Porcher A, Girard S, Bonnet P, Rouveure R, Guérin V, Paladian P, Vian A (2023): Non thermal 2.45 GHz electromagnetic exposure causes rapid changes in *Arabidopsis thaliana* metabolism. *Journal of Plant Physiology* 286; <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2023.153999> [ElektrosmogReport 4-2023](#)

S

Savchenko L, Martinelli I, Marsal D, Zhdan V, Tao J, Kunduzova O (2023): Myocardial capacity of mitochondrial oxidative phosphorylation in response to prolonged electromagnetic stress. *Frontiers in Cardiovascular Medicine* 10:1205893; <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1205893> [ElektrosmogReport 4-2023](#)

Shaheen W, Amer NM, Hafez SF, Nasser S, Ghobashi M, Morcos G, Helmy MA (2021): Effect of antioxidants intake on oxidative stress among mobile phone users. *Egyptian Journal of Chemistry*. 2021 Jul 1;64(7):3903-12. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2021.69368.3521> [ElektrosmogReport 2-2023](#)

Singh KV, Prakash C, Nirala JP, Nanda, RK, Rajamani P (2023): Acute radiofrequency electromagnetic radiation exposure impairs neurogenesis and causes neuronal DNA damage in the young rat brain. *NeuroToxicology*, 94, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2022.11.001> [ElektrosmogReport 3-2023](#)

T

Tarsaei M, Peyrovan ZS, Mahdavi SM, Chahardehi AM, Vafaei R, Haidari MH (2022): Effects of 2.45 GHz Non-Ionizing Radiation on Anxiety-Like Behavior, Gene Expression, and Corticosterone Level in Male Rats. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 13(1), 56. <https://doi.org/10.34172/jlms.2022.56> [ElektrosmogReport 4-2023](#)

Tran NT, Jokic, L, Keller J, Geier JU, Kaldenhoff R (2023): Impacts of Radio-Frequency Electromagnetic Field (RF-EMF) on Lettuce (*Lactuca sativa*)—Evidence for RF-EMF Interference with Plant Stress Responses. *Plants* 2023, 12, 1082. <https://doi.org/10.3390/plants12051082> [ElektrosmogReport 2-2023](#)

Treder M, Müller M, Fellner L, Traynor K, Rosenkranz P (2023): Defined exposure of honey bee colonies to simulated radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF): Negative effects on the homing ability, but not on brood development or longevity. *Science of The Total Environment*. 2023 Jun 28:165211. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165211> [ElektrosmogReport 3-2023](#)

W

Wang H, Song L, Zhao L, Wang H, Xu X, Dong J, Zhang J, Yao B, Zhao X, Peng R (2022): The dose-dependent effect of 1.5-GHz microwave exposure on spatial memory and the NMDAR pathway in Wistar rats. *Environmental Science and Pollution Research*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24850-4> [ElektrosmogReport 1-2023](#)

Y

Ye Z, Zhang YJ, Zhang YY, Yang S, Liu M, Wu Q, Zhou C, He PP, Gan X, Qin X (2023): Mobile phone calls, genetic susceptibility, and new-onset hypertension: results from 212 046 UK Biobank participants. *European Heart Journal – Digital Health* 00, 1–10; <https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztad024> [ElektrosmogReport 3-2023](#)

Yu G, Zhu Y, Song C, Chen L, Tang Z, Wu T (2023): The ZIP9-centered androgen pathway compensates for the 2605 MHz radiofrequency electromagnetic radiation-mediated reduction in resistance to H₂O₂ damage in Sertoli cells of adult rats. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 254(March), 114733. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114733> [ElektrosmogReport 2-2023](#)

Z

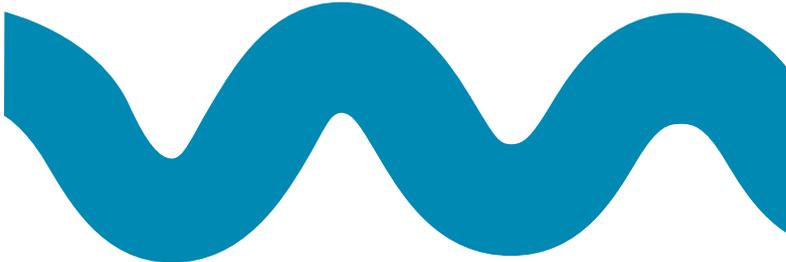
Zhang YY, Zhang YJ, Ye Z, Yang S, Liu M, Wu Q, Zhou C, He PP, Qin XH (2023): Mobile Phone Use and New-Onset Chronic Kidney Diseases. *International Journal of Public Health* 68, 1605358; <https://doi.org/10.3389/ijph.2023.1605358> [ElektrosmogReport 3-2023](#)

Zhao L, Yao C, Wang H, Dong J, Zhang J, Xu X, Wang H, Yao B, Ren K, Sun L, Peng R (2022): Immune Responses to Multi-Frequencies of 1.5 GHz and 4.3 GHz Microwave Exposure in Rats: Transcriptomic and Proteomic Analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(13), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijms23136949> [ElektrosmogReport 1-2023](#)

Zheng R, Zhang X, Gao Y, Gao D, Gong W, Zhang C, Dong G, Li Z (2023): Biological effects of exposure to 2650 MHz electromagnetic radiation on the behavior, learning, and memory of mice. *Brain and Behavior*, 13(6), 1–13. <https://doi.org/10.1002/brb3.3004> [ElektrosmogReport 4-2023](#)

Zhu R, Wang H, Xu X, Zhao L, Zhang J, Dong J, Yao B, Wang H, Zhou H, Gao Y, Peng R (2021): Effects of 1.5 and 4.3 GHz microwave radiation on cognitive function and hippocampal tissue structure in Wistar rats. *Scientific Reports*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89348-4> [ElektrosmogReport 1-2023](#)

Zufry H, Rudijanto A, Soeatmadji D, Sakti S, Munadi K, Sujuti H, Mintaroem K (2023): Effects of mobile phone electromagnetic radiation on thyroid glands and hormones in *Rattus norvegicus* brain: An analysis of thyroid function, reactive oxygen species, and monocarboxylate transporter 8. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 14(2), 63. https://doi.org/10.4103/japtr.japtr_680_22 [ElektrosmogReport 3-2023](#)



Adressen für weitere seriöse Informationen

Diagnose-Funk e.V. - Umwelt und Verbraucherorganisation zum Schutz vor elektromagnetischer Strahlung e.V., Deutschland:

www.diagnose-funk.org, info@diagnose-funk.de

Microwavenews, USA:

www.microwavenews.com, louis@microwavenews.com

Prof. Joel Moskowitz, Director of the Center for Family and Community Health at the School of Public Health, Berkeley (USA):

Institutshomepage: <https://publichealth.berkeley.edu/people/joel-moskowitz/>

EMF-Homepage: <https://www.saferemr.com/>

Prof. Devra Davis (USA):

<https://ehtrust.org/>, info@ehtrust.org

Prof. Igor Belyaev, Biomedical Research Center of the Slovak Academy of Science, Department of Radiobiology:

<http://www.biomedcentrum.sav.sk/research-departments/department-of-radiobiology/?lang=en#1511872382060-6857c1c8-f447>,

<https://kurzelinks.de/jmi4>

Blog von Prof. Darius Leszczynski (Finnland):

www.betweenrockandhardplace.wordpress.com

Datenbanken

www.emfdata.org

www.emf-portal.de

www.orsaa.org

