DEZEMBER 2022

ElektrosmogReport

Fachinformation zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

Impressum

ElektrosmogReport Ausgabe 04/2022, 28. Jahrgang

Online Veröffentlichung auf www.EMFdata.org

Bestellung Printausgabe:
shop.diagnose-funk.org/Elektrosmogreport, Bestellnr. 52204

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:

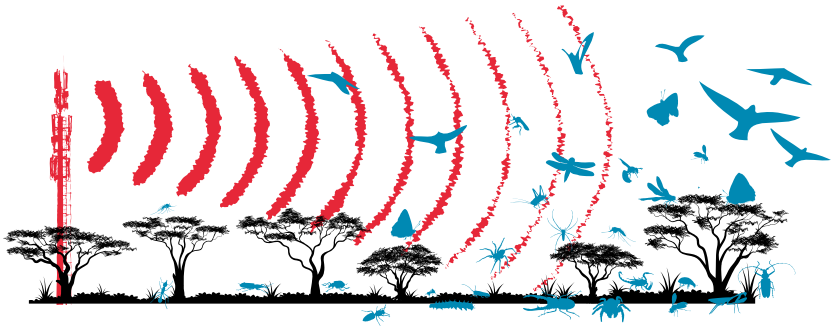
Diagnose-Funk e.V. | IBAN: DE39 4306 0967 7027 7638 00
BIC: GENODEM1GLS | GLS Bank

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

Ökologische Auswirkungen einer Mobilfunkbasisstation

Auswirkungen eines von einem Mobilfunkmast erzeugten elektromagnetischen Strahlungsgradienten auf die Verteilung von Landvögeln und Insekten in einem Savannenschutzgebiet

Nyirenda VR, Namukonde N, Lungu EB, Mulwanda S, Kalezu K, Simwanda M et al (2022): Effects of phone mast-generated electromagnetic radiation gradient on the distribution of terrestrial birds and insects in a savanna protected area. Biologia, 1-13; DOI: 10.1007/s11756-022-01113-8



Die unsachgemäße Errichtung von Infrastrukturen wie Wildschutzzäune, Straßen, Stromleitungen, Gebäude und Mobilfunkmasten kann sich nachteilig auf Wildtiere auswirken. Todesfälle aufgrund von Kollisionen von Wildtieren mit solchen Infrastrukturen sind vielfach dokumentiert. Es gibt jedoch auch nichtphysische und weniger untersuchte Auswirkungen, wie z. B. die „versteckten" negativen ökologischen Auswirkungen elektromagnetischer Strahlung (EMS) auf die terrestrische Fauna. Seit den 1990er Jahren hat es ein beispielloses Wachstum im Telekommunikationssektor gegeben, was zu einer explosionsartigen Zunahme der unterstützenden Infrastruktur, wie z. B. der Mobilfunkmasten, geführt hat, deren Aufstellung nur begrenzt oder gar nicht geregelt ist. Die EMS eines Mobilfunkmasten besteht aus polarisierten elektromagnetischen Feldern, die für die Tierwelt bioaktiver sind als die natürliche nicht-ionisierende EMS. Die fortgesetzte Exposition von Menschen, Wildtieren und der Vegetation gegenüber EMS kann unterschiedliche Aus-

INHALTSVERZEICHNIS

SEITE

01 > Ökologische Auswirkungen von Mobilfunkbasisstation

02 > Magnetsinn der Insekten

04 > Baustein der Magnetorezeption

05 > Review HF-Wirkung auf Neurotransmitter

06 > Kann 5G Depressionen verursachen?

07 > HF-Wirkung auf Hippocampus

08 > Mobilfunk und das menschliche Gehirn

09 > HF-Wirkung auf Nachkommen

10 > HF-Wirkung auf Leber

10 > Krebserregende Wirkung von Radar

12 > Elektrohypersensibilität

13 > Nachruf auf Karl Hecht

14 > Register 2022

wirkungen haben, die von verringerter Produktivität, Verhaltensänderungen und Zellschäden, Neurodegeneration, Missbildungen, erhöhter Anfälligkeit für Krankheitserreger und Parasiten bis hin zu hohen Sterblichkeitsraten gehen. Die unsachgemäße Errichtung von Mobilfunkmasten kann möglicherweise unbeabsichtigte und unerwünschte negative biologische und ökologische Auswirkungen haben.

Studiendesign und Durchführung:

In dieser Studie wurden die Auswirkungen der von Mobilfunkmasten erzeugten EMS auf das Vorkommen (Abundanz) und den Artenreichtum von Landvögeln und Insekten im Kafue-Nationalpark, Sambia, untersucht. Die Beobachtungen im Felde liefen über drei Jahre (2016–2018). Zehn Probeflächen von je 100 m × 100 m wurden an drei Standorten in unterschiedlicher Entfernung (1–12 km) und EMS-Stärken angelegt. Alle drei Standorte befanden sich in einer Savannenumgebung mit ähnlichen Vegetationstypen und unterschieden sich nur durch die Entfernung zum Mobilfunkmasten. Für die Bestandsaufnahme der Vögel wurden Punktzählungen in 15 Probeflächen (5 Probeflächen pro Probenahmestelle) mit Quadraten von 100 m × 100 m durchgeführt. Für die Insekten wurden verschiedene Methoden wie Handsammlung, Kescher und verschiedene Typen von Fallen verwendet. Tausendfüßler, Käfer, Ameisen, Termiten, Spinnen sowie Schmetterlinge und Bienen wurden separat und laut spezifischen Probenahme-Protokollen gezählt und bestimmt. Die Daten wurden anhand von biologischen Indizes der Artenvielfalt (z. B. Shannon-Wiener und Simpson) analysiert.

EMS-Werte sollten insbesondere in biologischen „Hotspots" berücksichtigt werden.

Ergebnisse:

Die Vielfalt der Tierwelt nahm mit zunehmender EMS-Stärke signifikant ab. Am Standort „Heron Camp" in direkter Nähe zum Mobilfunkmasten betrug die durchschnittliche EMS-Stärke 430 µW/m². In 8 km Abstand (Standort „Chunga Camp") wurde eine Leistungsdichte von 135 µW/m² gemessen, in 12 km Abstand (Standort „Hook bridge") 23 µW/m².

Es gab einen signifikanten Unterschied in der Anzahl der Vögel über das EMS-Gefälle hinweg. Das dem Mobilfunkmast am nächsten gelegene Gebiet wies die geringste Anzahl von Arten auf (n = 5). Der Standort mit der geringsten Elektrosmogbelastung wies die höchste durchschnittliche Anzahl an Vögeln auf. Es gab auch signifikante Unterschiede im Artenreichtum der Vögel über den EMS-Gradienten während des Untersuchungszeitraums. Die durchschnittliche Zahl der aktiven Baumhöhlennester nahm mit abnehmender EMS-Stärke deutlich zu.

Es gab signifikante Unterschiede in der Anzahl der Insekten über den EMS-Gradienten hinweg. Der Standort Hook Bridge mit der geringsten Elektrosmog-Belastung (250 µA/m) wies die höchste durchschnittliche Anzahl von Insekten (n = 602) auf, der achtzehn Arten angehörten. Am Standort Chunga mit mäßiger EMS-Belastung (600 µA/m) wurden im Mittel 233 Insekten aus sechs Arten gezählt. Im Heron Camp (1070 µA/m), dem Standort am Mobilfunkmasten, wurden nur 22 Insekten aus drei Arten gefunden.

Schlussfolgerungen:

Die EMS-Stärke korreliert negativ mit der terrestrischen Vogel- und Insektenvielfalt. Die Verringerung der Abundanz und des Reichtums an Vögeln könnte nicht nur auf direkte biologische und ökologische Auswirkungen von EMS zurückzuführen sein, sondern auch auf indirekte Auswirkungen wie den Verlust der Fruchtbarkeit von Bäumen infolge von EMS.

Es besteht ein Bedarf an der Formulierung und Umsetzung von korrespondierenden Maßnahmen, die die Landnutzung im Verhältnis zu den ökologischen Leistungen bewerten und überwachen. Zu den künftigen Maßnahmen sollte auch die Erforschung der psychophysiologischen und kognitiven Reaktionen der Arten gehören, die in dieser Studie nicht untersucht wurden, um das Verständnis darüber zu verbessern, was die Entscheidungen einer Art über die Nutzung ihres Lebensraums beeinflusst, wenn sie mit künstlicher EMS konfrontiert wird. Die Autoren schlagen vor, dass bei der Einrichtung drahtloser Telekommunikationsinfrastrukturen die EMS-Werte berücksichtigt werden sollten, insbesondere in biologischen „Hotspots" wie Naturschutzgebieten. Für ein anpassungsfähiges Management wild lebender Vögel und Insekten plädieren die Autoren für eine Politik, die verlangt, dass vor der Installation von Mobilfunkmasten umfassende biologische Bestandsaufnahmen durchgeführt werden müssen. Die Zusammensetzung, Struktur und Abundanz der Arten zum Zeitpunkt der Installation und die beobachteten Trends nach der Installation sollten als Bedingungen des Betriebs von Mobilfunkmasten legal verankert werden. (AT)

Magnetsinn der Insekten

Genetische Analyse des Cryptochroms bei der Magnetosensitivität von Insekten

Kyriacou CP, Rosato E (2022): Genetic analysis of cryptochrome in insect magnetosensitivity. Frontiers in Physiology, 1522; DOI: 10.3389/fphys.2022.928416

Das Erdmagnetfeld spielt eine wichtige Rolle bei den spektakulären Wanderungen und Navigationsfähigkeiten vieler höherer Tiere, insbesondere der Vögel. Diese Organismen lassen sich jedoch nicht genetisch analysieren, anders als die Fruchtfliege Drosophila melanogaster, die unter Laborbedingungen auf Mag-

netfelder reagieren kann. Die vorliegende Studie gibt einen Überblick über die Magnetosensitivität von Insekten und konzentriert sich dabei auf die Rolle der Cryptochrome (CRY), die zuerst in Arabidopsis und Drosophila identifiziert wurden. Die Auswirkungen von verschiedenen Mutationen auf die Magnetosensitivität haben eine Reihe von Überraschungen zutage gefördert, die nachfolgend zusammengefasst werden.

Einführung:

Ritz schlug 2004 vor, dass eine Klasse von Proteinen, die ursprünglich in Pflanzen und Tieren identifiziert wurden, die Cryptochrome (CRYs), das Potenzial haben, magnetische Reaktionen über einen Radikalpaar-Mechanismus (RPM) zu vermitteln. Die tierischen CRYs lassen sich in drei Hauptklassen einteilen. Die ersten beiden umfassen die Drosophila-ähnlichen CRYs und die vogelspezifischen CRYs, die lichtempfindlich sind. Die dritte Klasse umfasst die wirbeltierähnlichen CRYs, die bei vielen Tieren (einschließlich Vögeln und Insekten) als Repressoren wirken, die die zirkadiane Uhr negativ regulieren.

Radikalpaar-Modell und -Mechanismus:

Dass Radikalpaare (RP) für Magnetfelder empfindlich sein könnten, wurde 1978 von Schulten et al. vorgeschlagen. Für die Bildung von Radikalen ist Energie erforderlich, die durch Licht bereitgestellt wird und einen Elektronentransfer von einem Donor-Molekül (das zu einer Kette organisiert sein kann) auf das angeregte Akzeptor-Molekül in Gang setzt. Auf diese Weise hat der Donor ein Elektron weniger und eine positive Ladung, während der Akzeptor ein zusätzliches Elektron und eine negative Ladung hat, was zu zwei gepaarten Radikalen führt. Gepaarte Elektronen können sich antiparallel (Singulett-Zustand, S) oder parallel (Triplett-Zustand, T) zueinander drehen. Die Umwandlung zwischen S- und T-Zuständen wird erleichtert durch die magnetische Wechselwirkung mit nahegelegenen Atomkernen, die so genannte Hyperfeinkopplung, die eine schnelle Umwandlung von S in T bewirkt.

Die Autoren schlagen vor, dass man sich die Oszillation zwischen S- und T-Zuständen wie einen Elefanten vorstellen kann, der auf einem Ball balanciert, der leicht nach links oder rechts kippen kann. Während ein Elefant, der auf dem Boden steht, nicht leicht bewegt werden kann, braucht der Elefant auf dem Ball nur einen winzigen Stoß, um zu fallen. In dieser Analogie kann eine winzige Kraft wie das Erdmagnetfeld die Dynamik der instabilen S-zu-T-Umwandlung (der Elefant fällt nach links oder rechts) zugunsten des einen oder anderen Spin-Zustands verändern. Dies wirkt sich auf die Halbwertszeit des RP und die damit verbundenen Konformationsänderungen des Moleküls aus.

Ein der Navigation zugrundeliegender RPM lässt sich bei Vögeln nur schwer untersuchen, da sie sich im Gegensatz zu Drosophila nicht so leicht für molekulare und genetische Analysen eignen. Fliegen sind jedoch nicht für ihre Navigations- und Migrationsfähigkeiten bekannt. Könnten sie dennoch ein Modellsystem darstellen, das für die Untersuchung des RPM nützlich und akzeptabel ist?

Man bedenke, dass das CRY des nachtaktiven europäischen Rotkehlchens identische spezifische Merkmale (Tryptophan-Tetrade) mit beiden CRY von Drosophila melanogaster (dCRY) teilt. Zudem wurde wiederholt von verschiedenen Labors gezeigt, dass Drosophila und Monarchfalter verhaltensmäßig auf Magnetfelder reagieren. Die Quantenspinchemie, die der Magnetosensitivität zugrunde liegt, ist bei Vögeln und Insekten wahrscheinlich dieselbe.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen:

Es wurde experimentell nachgewiesen, dass Drosophila-Fliegen auf Magnetfelder reagieren, was bei erwachsenen Tieren Assoziationsaufgaben, zirkadiane Zyklen, Geotaxis, Balzverhalten der Männchen und bei Larven Krampfanfälle, Magnetfeld-Vermeidung und synaptische Reaktionen umfasst, die alle von blauem Licht und CRY abhängig sind.

Diese Phänotypen beruhen auf unterschiedlichen neuronalen Schaltkreisen, so dass eine Schlussfolgerung darin besteht, dass Magnetosensitivität eine allgemeine zelluläre Eigenschaft sein könnte und nicht nur für erregbare Zellen gilt, wie es in der Pflanzenliteratur über Magnetfelder beschrieben wird. Daher ist es wahrscheinlich, dass die Navigation nicht die Evolution von spezialisierten Proteinen und Signalwegen erforderte, sondern die Organisation allgemeiner Eigenschaften in einer sensorischen Kaskade. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass magnetosensitive RP in biologischen Systemen zwar wahrscheinlich Sensoren für Magnetfelder sind, dass es aber möglicherweise mehr als eine Art von magnetosensitiven RP gibt, nicht nur das lichtaktivierte CRY-RP. Radikale sind sehr reaktive chemische Spezies und daher kurzlebig, so dass durch Licht erzeugte RP nicht für einige Minuten (wie bei Pflanzen und Vögeln beschrieben) oder viele Stunden (bei P. apterus) in der Dunkelheit bestehen bleiben können. Die notwendige Schlussfolgerung aus diesen Experimenten ist, dass zumindest in einigen Zellen die Aktivierung von CRY durch Licht Kettenreaktionen auslöst, die für einige Zeit in der Dunkelheit fortbestehen können und alternative magnetosensitive RPs erzeugen.

In Drosophila wurden zwei Wege identifiziert, über die das Magnetosignal von CRY in eine neuronale Reaktion umgewandelt werden kann: Einer davon findet sich in den Uhrneuronen, wo dCRY mit einer Untereinheit („hyperkinetic") des Kaliumkanals Kvβ assoziiert ist. (Dieser Signalweg kann experimentell durch niederfrequente elektromagnetische Felder aktiviert werden, Anm. der Red.). Der zweite Weg ist in der Netzhaut lokalisiert, wo dCRY mit dem Photorezeptor-Gerüstprotein INAD assoziiert ist, das eine Calmodulin-bindende Domäne besitzt. Es wird spekuliert, dass ein magnetosensitives dCRY, das innerhalb dieses Komplexes in der Netzhaut wirkt, den Fliegen ermöglichen könnte, Magnetfelder zu „sehen". (AT)

Magnetsinn

Ein rational entworfener Baustein des mutmaßlichen Magnetorezeptors MagR

Yang P, Cai T, Zhang L, Yu D, Guo Z, Zhang Y. et al (2022): A rationally designed building block of the putative magnetoreceptor MagR. Bioelectromagnetics, 43(5), 317-326; DOI: 10.1002/bem.22413

Der Magnetsinn der Tiere trägt zu ihrer bemerkenswerten Fähigkeit bei, auf gleichbleibenden Routen zu wandern und mit Präzision zurückzukehren. Seit den ersten experimentellen Nachweisen des Magnetsinns bei Zugvögeln in den 1960er und 70er Jahren hat sich das Feld erheblich weiterentwickelt. Zwei Hypothesen, die eine auf Magnetit, die andere auf biochemischen Reaktionen mit Radikalpaaren beruhend, wurden seit Jahrzehnten vorgeschlagen und werden auch heute noch lebhaft diskutiert. Die Radikalpaar-Hypothese ist derzeit das führende Konzept für den Magnetkompass, da es ein gut verstandener Mechanismus ist, wodurch Magnetfelder beobachtbare Auswirkungen auf chemische Reaktionen haben. Eine Klasse von Flavoproteinen, die Cryptochrome (Cry), wurden als mögliche Magnetsensoren vorgeschlagen, in denen Radikalpaare photochemisch gebildet werden und Magnetfelder über die Quantenmechanik der Elektronenspins wahrgenommen werden.

Durch ein genomweites Screening von Cry-bindenden Proteinen wurde IscA1, ein hochkonserviertes Eisen- und Eisen-Schwefel-Cluster-bindendes Protein, identifiziert, das in fast allen Tierarten mit Cry interagiert, und wurde als mutmaßlicher Magnetorezeptor (MagR) vorgeschlagen. MagRs bilden stäbchenförmige Komplexe mit Crys und weisen ein intrinsisches magnetisches Moment auf. Dieses Protein MagR und sein Komplex mit Cry (MagR/Cry) könnten eine Komplettlösung sowohl für die magnetische Neigungs- und Polaritätserkennung als auch für die Kopplung von Licht und Magnetismus in der Magnetorezeption von Tieren und die Wechselwirkung zwischen Magnetorezeption und zirkadianem Rhythmusverhalten bieten. Der Ursprung des magnetischen Moments des MagR- und MagR/Cry-Komplexes ist jedoch von Anfang an Gegenstand lebhafter Debatten gewesen. Meister et al. 2016 argumentierten, dass der Eisengehalt von MagR nicht ausreicht, um eine biologische relevante Wechselwirkung zwischen dem Protein und dem Erdmagnetfeld zu bedingen (um einem Faktor von etwa 105).

Kürzlich wurde die magnetische Empfindlichkeit von Cry4 bei einem wandernden Singvogel, dem Rotkehlchen, eingehend untersucht. Die Gruppe schlug vor, dass es ein weiteres Protein geben könnte, das mit Cry4 assoziiert ist, um die magnetische Empfindlichkeit des Rotkehlchens deutlich zu erhöhen, und MagR ist ein logischer Kandidat hierfür. Die magnetischen Eigenschaften von MagR haben den Weg für (bio-)technische Anwendungen geebnet. MagRs wurden als magnetische Marker für die Reinigung und/oder Immobilisierung rekombinanter Proteine verwendet, und verschiedene MagRs wurden bei verschiedenen Arten, wie Insekten, Fischen und Krebsen, identifiziert und charakterisiert. Interessanterweise zeigte das Expressionsmuster von MagR bei einigen Arten tägliche Oszillationen, und die Expressionsmenge war bei wandernden Populationen höher, was auf eine physiologische Bedeutung hindeutet.

In dieser Studie wurde ein einkettiges MagR-Tetramer-Fusionsprotein („single-chain tetramer MagR", SctMagR) entwickelt, exprimiert und gereinigt, um den dynamischen Assemblierungsprozess von MagR und die Verbindung zwischen MagR-Assemblierung und magnetischer Wahrnehmung zu untersuchen.

Studiendesign und Durchführung:

Proteinexpression und -aufreinigung: Die SctMagR-Gene der Brieftaube Columba livia und des Monarchfalters Danaus plexippus wurden getrennt synthetisiert, kloniert und separat in Escherichia coli exprimiert. Chromatographie: Die vorhergesagten Monomere, Dimere, Trimere, Tetramere und Pentamere von SctMagR wurden berechnet, und die Proteinfraktionen wurden gesammelt und zwei Runden Gel-Filtration unterzogen. Die Struktur der fünf verschiedenen aufgereinigten Fraktionen (Monomer bis Pentamer) wurde per Elektronenmikroskop (EM) bestimmt. Die magnetischen Eigenschaften von SctMagR wurden anhand eines „Quantum Design"-Messsystems bestimmt.

Ergebnisse:

Das Polymerisations- oder Selbstassemblierungspotenzial scheint ein entscheidendes Merkmal von MagR zu sein. Die EM-Struktur und die Modellierung von MagR legten nahe, dass das stäbchenförmige MagR ein 20mer sein könnte und in fünf lineare, helikal gestapelte, scheibenförmige Einheiten unterteilt sein könnte, wobei jede Einheit aus vier MagR-Monomeren besteht. Daher wurde eine Reihe von SctMagR-Konstrukten entworfen. Zunächst wurden vier Wildtyp-MagRs in voller Länge aus der Brieftaube direkt miteinander verbunden, um das SctMagR zu bilden, und eine ähnliche Strategie wurde auch für das Design von SctMagR des Monarchfalters verwendet.

Sequenzanalyse und Sekundärstrukturvorhersage deuteten darauf hin, dass die N-terminalen Sequenzen nicht konserviert und offenbar flexibel sind, und dass diese N-Termini in allen eukaryotischen MagR-Proteinen vorkommen. Daher haben die Autoren die N-terminalen Reste durch einen flexiblen „GS"-Linker ersetzt, um den Carboxylterminus des vorherigen MagR-Proteins mit dem Aminterminus des letzteren Proteins zu verbinden. Erste Versuche, den dynamischen Assemblierungsprozess anhand von MagR-Monomer und -Dimer zu verfolgen, schlugen fehl. Es wurde vorgeschlagen, das Tetramer von MagR als Baustein für den Zusammenbau des Proteins zu verwenden, und so wurde ein SctMagR-Konstrukt entworfen.

Der hierarchische Aufbau der stäbchenförmigen MagR-Struk-

tur wurde unter EM sichtbar gemacht, und fünf scheibenförmige MagR-Tetramere schienen übereinander gestapelt zu werden, um die stäbchenförmige Struktur des MagR-Polymers zu bilden, was die von Qin et al. 2016 vorgeschlagene stäbchenförmige Struktur des MagR-Polymers bestätigt. Somit dient SctMagR als einzigartiges Werkzeug, das die Komplexität von 20-Meren auf Pentamere während des Proteinaufbaus reduziert.

Schlussfolgerungen:

Die magnetische Eigenschaft von MagR wurde als magnetische Markierung in Anwendungen genutzt, und das Expressionsmuster in wandernden Populationen deutete auf eine physiologische Bedeutung für die Navigation hin. Die spezielle stäbchenförmige Struktur von MagR hat viel Interesse geweckt, aber der Zusammensetzungsprozess war nach wie vor unbekannt; daher wurde ein SctMagR entworfen, um den hierarchischen Zusammenbau zu erforschen. Die EM-Analyse des SctMagR-Monomers zeigte deutlich die Anordnung von vier MagR-Molekülen an den Ecken einer scheibenförmigen Tetramerstruktur, was mit dem hier beschriebenen rationalen Design übereinstimmt. Eine Reihe von EM-Aufnahmen von aufgereinigtem SctMagR-Protein zeigten den dynamischen MagR-Polymer-Assemblierungsprozess auf. Somit kann SctMagR vermutlich als Prototyp für magnetische Biomaterialien dienen. (Es scheint nun wahrscheinlich, dass MagR in Verbindung mit Cry an der lichtabhängigen Magnetorezeption über Radikalpaare beteiligt ist und hierbei vermutlich eine stabilisierende und richtungsweisende Rolle spielt bei der Anordnung des MagR/Cry-Komplexes im Raum, wobei die Aufklärung aller Zusammenhänge noch weiterer Forschung bedarf, Anm. der Red.).(AT)

Review zur HF-Wirkung auf Neurotransmitter

Auswirkungen von hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung auf Neurotransmitter im Gehirn

Hu C, Zuo H, Li Y (2021): Effects of Radiofrequency Electromagnetic Radiation on Neurotransmitters in the Brain. Front Public Heal. 2021;9 (August):1-15; DOI: 10.3389/fpubh.2021.691880

Die biologischen Auswirkungen von Hochfrequenz haben weltweit große Aufmerksamkeit erregt. Eine mögliche Wechselwirkung mit dem Gehirn steht derzeit im Fokus der Untersuchungen. In den letzten Jahren hat sich eine zunehmende Anzahl von Studien mit der neurobiologischen Wirkung von hochfrequenter Strahlung befasst, einschließlich des Stoffwechsels und Transports von Neurotransmittern. Neurotransmitter sind eine Schlüsselkomponente der Reizweiterleitung unserer Neuronen. Durch Aktionspotentiale wird die Freisetzung der Transmitter an den synaptischen Endigungen der Nervenzellen über Kalzium-Kanäle vermittelt. Die Neurotransmitter diffundieren anschließend durch den synaptischen Spalt und wirken auf spezifische Rezeptoren der nachfolgenden Nervenzelle, wodurch Informationen von Nervenzelle zu Nervenzelle weitergeleitet werden. Die vorliegende Übersichtsarbeit fasst die Auswirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf Neurotransmitter im Gehirn zusammen.

Studiendesign und Durchführung:

Die Autoren recherchierten experimentelle Studien in der NCBI PubMed Datenbank und analysierten 21 Artikel zur kurzfristigen Hochfrequenzwirkung und 19 Artikel zur Langzeitwirkung auf Neurotransmitter.

Ergebnisse:

Zur Gliederung der Ergebnisse wurde die Hochfrequenzwirkung auf verschiedene Neurotransmittergruppen einzeln betrachtet: Dopamin, Adrenalin und Noradrenalin, Serotonin, erregende Aminosäuren-Neurotransmitter, hemmende Aminosäuren-Neurotransmitter, Acetylcholin und „Andere". Bei den Hochfrequenzwirkungen auf die Neurotransmitter wurden keine offensichtlichen Unterschiede zwischen Kurz- und Langzeitbefeldung festgestellt.

Der Neurotransmitter Dopamin ist unter anderem eng mit dem Belohnungssystem verknüpft. Die analysierten Studien weisen darauf hin, dass in Abhängigkeit der Intensität der Hochfrequenz Stoffwechselstörungen bei Dopamin auftreten können, was theoretisch zu abnormalem Verhalten führen kann. Ähnliche Ergebnisse wurden bei Adrenalin und Noradrenalin beobachtet. In Abhängigkeit der Strahlendosis kann Hochfrequenz zu einem abnormalen Gehalt dieser beiden Neurotransmitter im Gehirn führen. Die Resultate der Studien zur HF-Wirkung auf Serotonin sind kontrovers, manche beschreiben Einschränkungen kognitiver Funktionen bis hin zu morphologischen Veränderungen des Gehirns, andere finden keine Auswirkungen. Bei den erregenden Aminosäure-Neurotransmittern Glutamat und Aspartat werden Veränderungen der jeweiligen Spiegel im Gehirn dokumentiert, was zu Verschlechterungen im Bereich Lernen und Gedächtnis führen kann. Häufiger jedoch werden Veränderungen der jeweiligen Rezeptoren beobachtet, z.B. eine modifizierte Zusammensetzung der Rezeptoruntereinheiten, was ebenfalls die Reizweiterleitung beeinflussen kann. Bei den hemmenden Aminosäure-Neurotransmittern GABA und Glycin deuten die Resultate der Studien auf eine Stoffwechselstörung nach Hochfrequenzeinwirkung hin, was zu einer neuronalen Dysfunktion führen kann, da die Erregungs-Hemmungs-Balance beeinträchtigt wird. Acetylcholin ist als Schlüsselkomponente des cholinergen Systems entscheidend für verhaltensbezogene Intelligenz und andere kognitive Fähigkeiten. Die überwiegende Mehrheit der analysierten Publikationen beschreibt Störungen

der Acetylcholin-Synthese und des -Metabolismus nach Hochfrequenzbefeldung, welche in Mängeln der kognitiven Funktionen resultieren kann.

Die Autoren gehen auch auf mögliche Mechanismen ein, wie Hochfrequenz Veränderungen der Neurotransmitter hervorrufen könnte. Denkbar wären veränderte elektrophysiologische Eigenschaften und damit verbundene abnormale elektrische Hirnaktivitäten, welche wiederum in einer Veränderung der Neurotransmitter resultieren. Andere Möglichkeiten wären durch HF modifizierte intrazelluläre Kalziumspiegel, die synaptische Aktionen auslösen oder Signalwege aktivieren, welche z.B. Apoptose auslösen und dadurch die Neurotransmitter beeinflussen. Auch veränderte Membrandynamiken, z.B. durch HF-verursachte Lipidperoxidation, könnten zu einem Ungleichgewicht der Neurotransmitter führen.

Schlussfolgerungen:

Die Auswirkungen von Hochfrequenz auf den Metabolismus und den Transport von Neurotransmittern zu bestimmen, gestaltet sich schwierig, da die experimentellen Parameter der einzelnen Studien inkonsistent und somit schwer zu vergleichen sind. Außerdem sind die Neurotransmitter miteinander eng vernetzt, sodass die Unterscheidung zwischen primären und sekundären Veränderungen mitunter eine große Herausforderung darstellt. Eine Möglichkeit, wie die beobachteten Veränderungen der Neurotransmitter im Gehirn zu erklären sind, wäre, dass die Hochfrequenzbefeldung den intrazellulären Kalziumspiegel und ROS-Bildung erhöht, was die Zellfunktionen verändert und zu zahlreichen biologischen Wirkungen, einschließlich eines Ungleichgewichts der Neurotransmitter führt. (RH)

Kann 5G Depressionen verursachen?

Auswirkungen von 5G-Hochfrequenz auf das räumliche Gedächtnis und Emotionen bei Mäusen

Qin TZ, Wang X, Du JZ et al. (2022): Effects of radiofrequency field from 5G communications on the spatial memory and emotionality in mice. Int J Environ Health Res. 2022;00(00):1-12; DOI: 10.1080/09603123.2022.2149708

Nach Angaben des chinesischen Ministeriums für Industrie und Informationstechnologie betrug die Anzahl der Mobilfunknutzer in China im November 2021 1,642 Milliarden, darunter 496 Millionen 5G-Nutzer. Auf Grund hoher Übertragungsraten wird die 5G-Technologie von vielen als nützlich angesehen, andererseits bietet sie Anlass zur Sorge über mögliche Gesundheitsrisiken. 4,9 GHz-Hochfrequenz wird in der chinesischen 5G-Kommunikationstechnologie häufig verwendet, die biologischen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt sind allerdings noch nicht geklärt. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die Auswirkungen von 4,9 GHz-Hochfrequenz auf Verhalten und Gedächtnisleistung von Mäusen zu untersuchen. Außerdem wurde das Gehirn der Versuchstiere untersucht. So soll eine experimentelle Grundlage zu Bewertung und Prävention von Gesundheitsrisiken, ausgehend von 5G-Kommunikationstechologie, geschaffen werden.

Studiendesign und Durchführung:

Die Studie wurde an erwachsenen C57BL/6 Mäusen (n = 12) durchgeführt. Die Versuchstiere wurden über einen Zeitraum von 21 Tagen, 1 h pro Tag mit 4,9 GHz und einer Leistungsdichte von 50 W/m^2 befeldet. Der Abstand zur Hochfrequenzantenne betrug dabei 70 cm. Die Kontrolltiere wurden schein-bestrahlt. Nach der Bestrahlungsperiode wurden Verhalten bzw. Gedächtnisleistung mittels offenen Feldtests, Y-Labyrinth und Schwanzaufhängungstest bewertet. Nach den Verhaltenstests wurde das Gehirn der Tiere untersucht. Dies Autoren untersuchten Hippocampus und Amygdala histologisch und immunohistochemisch (Gasdermin D, gespaltene Caspase-1). Außerdem wurde die Apoptose in diesen Hirnregionen mittels TUNEL-Assay analysiert. Des Weiteren wurde im Blut der Versuchstiere die Neuronenspezifische Enolase (NSE), sowie das S100 Kalziumbindeprotein B (S100B) mittels ELISA untersucht. NSE und S100B sind zwei wichtige Biomarker für das ZNS, welche erhöht sind, wenn neuronale Zellen geschädigt werden. Gasdermin D (GSDMD) und gespaltene Caspase-1 werden als Biomarker für Pyroptose verwendet. (Pyroptose, die sich von Apoptose und Nekrose unterscheidet, ist ein Caspase-1 abhängiger programmierter Zelltod, Anm. d. Redaktion).

Ergebnisse:

Beim offenen Feldtest und dem Y-Labyrinth wurden keine Unterschiede zwischen befeldeten und schein-befeldeten Mäusen festgestellt. Beim Schwanzaufhängungstest hingegen wurden signifikante Unterschiede in Form von erhöhter immobiler Zeit nach Befeldung festgestellt. Der Bluttest ergab signifikant erhöhte NSE und S100B Konzentrationen bei den bestrahlten Versuchstieren. Das 4,9-GHz-Feld verursachte keine morphologischen Veränderungen im Hippocampus. In der Amygdala hingegen wurden strukturelle Schäden (Karyopyknose, Nekrose) und signifikante Verringerung der Neuronenanzahl beobachtet. Der TUNEL-Test blieb unauffällig, weder in Hippocampus noch Amygdala wurden Hinweise auf Apoptose gefunden. Die immunohistochemischen GSDMD und gespaltene Caspase-1 Analysen zeigten signifikant erhöhte Immunreaktivität und weisen damit auf Pyroptose hin.

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse dieser Studie liefern Hinweise auf biologische Wirkungen von 5G-Mobilfunk im Gehirn von Mäusen. Die 5G-Strahlung induzierte zwar kein Angstverhalten (offener Feld-

test) oder verringerte Gedächtnisleistung (Y-Labyrinth), wohl aber depressionsähnliches Verhalten (Schwanzaufhängungstest). Die Resultate auf Gewebeebene weisen auf eine Abnahme von Neuronen und damit übereinstimmend programmierten Zelltod (Pyroptose) sowie morphologische Veränderungen in der Amygdala hin. Die Autoren mutmaßen, dass die veränderten Emotionen der Tiere mit den Veränderungen der Neuronen in der Amygdala in Verbindung stehen. (Obwohl das allgemeine Studiendesign positiv zu bewerten ist, besitzt die Studie auch Limitationen. So wurde beispielsweise nicht untersucht, ob die 5G-Wirkung reversibel ist. Außerdem wäre eine detaillierte Beschreibung des Befeldungssystems sowie die Berechnung des SAR-Wertes wünschenswert gewesen, Anm. d. Redaktion). (RH)

HF-Wirkung auf Hippocampus

Wirkung von elektromagnetischer Strahlung auf den Redox-Status, die Acetylcholinesteraseaktivität und zelluläre Schädigung, die zur Verminderung des Arbeitsgedächtnisses im Gehirn von Ratten beiträgt

Sharma S, Shukla S (2020): Effect of Electromagnetic Radiation on Redox Status, Acetylcholine Esterase Activity and Cellular Damage Contributing to the Diminution of the Brain Working Memory in Rats. J Chem Neuroanat. 2020;106(106):101784; DOI:10.1016/j.jchemneu.2020.101784

Die Auswirkungen elektromagnetischer Strahlung von Mobiltelefonen auf die menschliche Gesundheit sind aufgrund der rasanten Zunahme der Mobilfunknutzung zum Gegenstand intensiver Forschungsarbeiten geworden. Mobilfunkstrahlung scheint nicht nur in der Lage, das Organ Gehirn zu beeinträchtigen, sondern auch zu einer Veränderung von kognitiven und Verhaltensprozessen zu führen. Immer mehr Studien weisen darauf hin, dass oxidativer Stress ein Hauptfaktor bei der Vermittlung der Mobilfunkwirkung zu sein scheint. Das menschliche Gehirn ist aufgrund seines hohen Sauerstoffverbrauchs und der hohen Konzentration an mehrfach ungesättigten Fettsäuren in den neuronalen Membranen besonders anfällig für oxidativen Stress. Die vorliegende Studie überprüft in vivo an einem Rattenmodell, ob ein Zusammenhang zwischen oxidativem Stress in Verbindung mit dem Redox-Glutathion-Stoffwechsel, Zellschädigung im Hippocampus und Veränderungen des Arbeitsgedächtnisses existiert.

Studiendesign und Durchführung:

Die männlichen Wistar-Ratten (n = 6) wurden 1, 2, oder 4 h pro Tag (Gruppe 2, 3 und 4) über einen Zeitraum von 90 Tagen mit einem SAR-Wert von 0,231 W/kg im Gehirn befeldet. Die Frequenz des hochfrequenten elektromagnetischen Feldes betrug 900 MHz, die maximale Leistungsdichte 7,737 µW/m². Die Kontrolltiere wurden schein-bestrahlt. Nach der Befeldungsperiode wurde das Arbeitsgedächtnis der Versuchstiere in einem T-Labyrinth bewertet. Anschließend wurde das Hippcampusgewebe untersucht. Die Wissenschaftler analysierten eine ganze Reihe von biochemischen Parametern, darunter Lipidperoxidation, Aktivität antioxidativer Schutzenzyme (SOD, CAT, G-6-PDH), Enzyme des Redox-Glutathion-Stoffwechsels (GR, GPx, GST) bzw. Glutathion (GSH), Aktivität der Acetylcholinesterase (Schlüsselenzym zur Synthese des Neurotransmitters Acetylcholin, Amn. d. Redaktion) und DNA-Schäden (Komet-Test). Außerdem wurden histopathologische Auswirkungen der 900-MHz-Befeldung bestimmt.

Ergebnisse:

Das Arbeitsgedächtnis der Versuchstiere war bei allen drei Gruppen (1, 2 oder 4 h Befeldung täglich) im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant verschlechtert. Wie auch bei allen anderen untersuchten Parametern, wurde ein dosisabhängiger Trend deutlich. Je länger die tägliche Hochfrequenzeinwirkung, desto deutlicher die Wirkung. Alle überprüften biochemischen Parameter (s.o.) zeigten signifikante Veränderungen nach Hochfrequenzeinwirkung. Der oxidative Stress im Hippocampus war erhöht, einhergehend mit verringerter Aktivität der Redox-Enzyme und der Acetylcholinesterase. Des Weiteren wurden DNA-Strangbrüche als Hochfrequenzwirkung festgestellt. Die histopathologische Untersuchung zeigte eine neuronale Degeneration im Hippocampus der befeldeten Tiere im Vergleich zu den Kontrollen. Wie bereits erwähnt, wurde auch in allen biochemischen bzw. histopathologischen Analysen ein Dosis-Wirkungs-Beziehung deutlich.

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse dieser Studie weisen auf eine gesundheitsschädliche Wirkung von Hochfrequenz auf das Gehirn der Versuchstiere hin. Die Autoren beobachten oxidativen Stress, vermittelt durch erhöhte Lipidperoxidation und erschöpften Redox-Stoffwechsel, verminderte Acetylcholinesterase-Aktivität und zelluläre Degeneration im Hippocampus. Diese Hochfrequenzwirkung auf Zell- bzw. molekularer Ebene führen letztendlich zu einer verschlechterten Gedächtnisleistung der Versuchstiere. Es seien allerdings weitere Forschungen nötig, die helfen, den Grad der pathologischen Veränderungen bzw. Hirnstörungen zu erfassen. (RH)

Mobilfunk und das menschliche Gehirn

Mögliche gesundheitliche Auswirkungen auf das menschliche Gehirn durch verschiedene Generationen der mobilen Telekommunikation: eine überblicksartige Einschätzung der Auswirkungen von 5G

Hinrikus H, Koppel T, Lass J, Orru H, Roosipuu P, & Bachmann M (2022). Possible health effects on the human brain by various generations of mobile telecommunication: a review based estimation of 5G impact. International Journal of Radiation Biology, 1-12; DOI: 10.1080/09553002.2022.2026516

In den letzten Jahrzehnten wurden in Tausenden von Studien biologische Wirkungen von HF EMF bei Menschen, Tieren und Zellen festgestellt. Studien haben gezeigt, dass die Exposition gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF) den oxidativen Stress erhöht und Veränderungen in der Gehirnphysiologie und im Verhalten verursacht.

Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) hat HF-EMF als möglicherweise krebserregend für den Menschen eingestuft. Diese Schlussfolgerungen wurden auf der Grundlage von Daten aus Studien abgeleitet, in denen die charakteristische HF-EMF-Exposition der früheren Mobilfunk-Generationen (2G, 3G, 4G) verwendet wurden.

Vor kurzem hat das Europäische Parlament Berichte über die Auswirkungen von 5G auf Gesundheit und Umwelt veröffentlicht. Die 5G-Technologie unterscheidet sich von den vorherigen Generationen vor allem durch die Verwendung höherer HF-EMF-Bänder und neuartiger, komplexerer Signalstrukturen. Die Auswirkungen der höheren Frequenzen und der veränderten Signalstruktur könnten mögliche Gründe für Unterschiede bei den gesundheitlichen Auswirkungen von 5G im Vergleich zu früheren Generationen sein.

Studiendesign und Durchführung:

Für die Suche nach Veröffentlichungen wurde die EMF-Portal-Datenbank verwendet. Zunächst wurden die Studien der letzten fünfzehn Jahre ausgewertet, um die experimentellen Daten zu bewerten. Zweitens wurde eine Diskussion über die Mechanismen und Faktoren geführt.

Verwendete Einschlusskriterien bei der Auswahl der Studien:

- 1. Mehr als 10 Probanden pro Versuchsgruppe.
- 2. Die Studie muss mindestens einen Schein- oder Kontrollvergleich enthalten.
- 3. Die Studie muss zumindest einfach verblindet sein.
- 4. Angabe der Expositionsbedingungen wie Feldstärke oder Leistungsdichte.
- 5. Korrekte statistische Auswertung und statistische Signifikanz $p < 0{,}05$.

Ergebnisse:

Insgesamt wurden 73 Publikationen in die Überprüfung einbezogen. Die Studien wurden in vier Kategorien eingeteilt: Ruhe-Elektroenzephalographie (EEG), Schlaf-EEG und Schlafqualität, ereigniskorrelierte Potentiale sowie Kognition-Verhalten und Hirnstoffwechsel. Statistisch signifikante Veränderungen in einem untersuchten Parameter zwischen Schein- und Expositionsbedingungen wurden als Effekt betrachtet.

Die Mehrheit der Studien (68 von 73) wurde bei Expositionsniveaus durchgeführt, die unterhalb des offiziellen ICNIRP-Grenzwerts von 2 W/kg liegen (nicht-thermisch).

Die Mehrheit der Studien (69 von 73) berichtete nur über beobachtete Veränderungen, nicht über quantitative Veränderungen der aufgezeichneten Parameter. Nur einige Studien gaben quantitative Ergebnisse an: das Ausmaß der Veränderungen in den EEG-Bändern oder die Anzahl der betroffenen Personen. Es lässt sich eine allgemeine Tendenz feststellen: eine langsame Abnahme des Ausmaßes des Effekts mit der Erhöhung der Modulationsfrequenz. Der Anstieg der EEG-Leistung wird bei einer Modulation von 217 Hz und mehr statistisch unbedeutend.

Trotz der großen Unterschiede zwischen den verschiedenen HF-EMF-Effekten ist der Ursprung der Effekte vermutlich derselbe: ein externes elektrisches Feld wirkt auf freie und gebundene Ladungen im Gewebe und verursacht eine dielektrische Polarisierung des Gewebes. Bei hohen HF-EMF führt die absorbierte elektromagnetische Energie zu einem Anstieg der Gewebetemperatur und damit zu einer thermischen Wirkung. Bei einer niedrigen Strahlungsintensität tritt ein nicht-thermischer Feldeffekt auf. Lebendes Gewebe besteht bis zu 80 % aus Wasser. Es dominiert die Orientierungspolarisation, die mit der Rotation der dipolaren Wassermoleküle durch das elektrische Feld zusammenhängt, gegenüber der Polarisation, die mit der Verschiebung der Moleküle und Ionen zusammenhängt. Aufgrund der Trägheit der Wassermoleküle nimmt die Orientierungspolarisation mit der Frequenz ab.

Nach der Theorie der parametrischen Anregung tritt die maximale Intensität der Anregung bei Frequenzen auf, die doppelt so hoch sind wie die Modulationsfrequenz Experimente haben gezeigt, dass die wirksamsten Frequenzen für die Erregung des Gehirns 14–40 Hz sind; bei einer Modulation von 1000 Hz wurde keine Wirkung festgestellt.

Schlussfolgerungen:

Die experimentellen Studien über die Auswirkungen von HF-EMF auf das menschliche Gehirn durch 2G, 3G und 4G bei Frequenzen von 450 bis 2500 MHz waren für die Analyse verfügbar. Die Suche nach Veröffentlichungen ergab keine experimentellen

Studien zu 5G oder zu HF-EMF-Frequenzen über 2500 MHz. Die Ergebnisse der aktuellen Überprüfung zeigen keine konsistente Beziehung zwischen der Art der HF-EMF-Wirkungen und den Expositionsparametern der verschiedenen Mobilfunk-Generationen (2G, 3G, 4G). Bei den HF-EMF-Frequenzen unter 10 GHz sollten die Auswirkungen von 5G keine wesentlichen Unterschiede im Vergleich zu den vorherigen Generationen aufweisen. Die in 5G verwendeten Funkfrequenzen sind teilweise noch höher und die Eindringtiefe der Felder ist somit geringer, daher sollte die Auswirkung eher geringer als bei früheren Generationen sein. Bei HF-EMF-Frequenzen von mehr als 10 GHz könnte sich der Mechanismus der Auswirkungen unterscheiden, und die Auswirkungen von 5G werden unvorhersehbar. Das vorhandene Wissen über den Mechanismus von HF-EMF-Effekten bei Millimeterwellen umfasst nicht genügend experimentelle Daten und theoretische Modelle, um zuverlässige Schlussfolgerungen zu ziehen. Das unzureichende Wissen über die möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von Millimeterwellen und das Fehlen experimenteller In-vivo-Studien zu 5G unterstreichen den dringenden Bedarf an theoretischen und experimentellen Untersuchungen der gesundheitlichen Auswirkungen von 5G. (AT)

HF-Wirkung auf Nachkommen

Väterliche Hochfrequenzbefeldung verursacht geschlechtsspezifische Veränderungen in der Gewichtsentwicklung und dem Glukosestoffwechsel bei Nachwuchs von Mäusen

Yan S, Ju Y, Dong J, Lei H, Wang J, Xu Q, May, Wang J, Wang X (2022): Paternal Radiofrequency Electromagnetic Radiation Exposure Causes Sex-Specific Differences in Body Weight Trajectory and Glucose Metabolism in Offspring Mice. Frontiers in Public Health, 10(May), 1-11; DOI: 10.3389/fpubh.2022.872198

Nicht-ionisierende hochfrequente elektromagnetische Strahlung ist heutzutage allgegenwärtig, insbesondere bei der drahtlosen Kommunikation. Mögliche negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sowie die Entwicklung unserer Nachkommen haben ein hohes Maß an öffentlichem Interesse erregt. Da es sich bei den Hoden bekanntermaßen um sensible Organe gegenüber Hochfrequenz handelt, ist es von Bedeutung, die Auswirkungen von hochfrequenter Strahlung auf die männliche Fruchtbarkeit zu ermitteln. Es existieren Hinweise aus epidemiologischen Studien, dass eine berufliche Hochfrequenzbelastung des Vaters mit negativen Schwangerschaftsereignissen (wie z.B. Frühgeburten) und angeborenen Behinderungen assoziiert ist. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die Hochfrequenzwirkung auf Schädigung von Hoden, Spermienparameter und die männliche Fortpflanzungsfähigkeit anhand eins Mausmodells in vivo zu untersuchen. Außerdem wurde der Glukosestoffwechsel analysiert.

Studiendesign und Durchführung:

Männlichen Mäuse (n = 8) wurden mit 2,0 GHz bei einer Leistungsdichte von 2,5 W/m², resultierend in einem SAR-Wert von 0,125 bis 0,5 W/kg 3 h täglich befeldet bzw. schein-befeldet. Nach 10 Wochen wurden die männlichen Mäuse verpaart, um Rückschlüsse auf die männliche Fruchtbarkeit ziehen zu können. Nach 4 weiteren Wochen Bestrahlung (14 Wochen insgesamt) wurden Hoden und Spermienparameter untersucht. Die Nachkommen (F1) aus der Verpaarung wurden bis zu einem Alter von 12 Wochen gehalten und analysiert. Bei den Vätern wurde die Morphologie der Hoden, Keimzellen (Apoptose, Zellteilung), Blut-Hoden-Barriere und Spermienqualität (Anzahl, Apoptose, Überlebensfähigkeit, ROS) untersucht. Bezüglich der Fruchtbarkeit wurde zunächst die Anzahl an Nachkommen überprüft. Bei den Nachkommen wurde Gewicht und Zusammensetzung (Körperfettanteil), Glukosestoffwechsel (Nüchtern-Glose, Glucose-Toleranztest, Pyruvat-Toleranztest) und Expression von Schlüsselproteinen der Glycolyse, Gluconeogenese und Glykogenolyse auf mRNA-Ebene in der Leber untersucht.

Ergebnisse:

Die Wissenschaftler fanden keine signifikanten Schädigungen des Hodengewebes, der Spermienqualität oder Schwangerschaftsrate der befeldeten Tiere im Vergleich zu den schein-befeldeten Tieren. Allerdings wurde eine signifikant gesteigerte Apoptose in den Hodenkeimzellen festgestellt. Die Nachkommen der bestrahlten Männchen zeigten geschlechtsspezifische Unterschiede in der Gewichtsentwicklung und dem Glukosestoffwechsel. So wiesen die männlichen, nicht aber weiblichen Nachkommen ein signifikant verringertes Körpergewicht und veränderten Körperfettanteil ab der vierten Woche auf, was sich jedoch bis zur 12. Woche wieder normalisierte. Auch der Glukosestoffwechsel der Nachkommen bestrahlter Männchen war verändert. Sie zeigten geringere Nüchternglukose sowie einen veränderten Glukose-Toleranztest. Außerdem war die Expression des für die Glykolyse wichtigen Enzyms Glucokinase signifikant vermindert.

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse dieser Studie weisen darauf hin, dass sich die Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder nicht auf bestrahlte Individuen beschränkt, sondern auch die Nachkommen betreffen kann. So führte die Befeldung erwachsener männlicher Mäuse zu erhöhten Apoptoseraten der Keimzellen. Morphologie der Hoden, Spermienparameter und Fruchtbarkeitsraten waren jedoch nicht negativ beeinflusst. Die männlichen Nachkommen zeigten jedoch eine veränderte

Gewichtsentwicklung, zu welcher mutmaßlich ein modifizierter Glukosestoffwechsel beitrug. Die weiblichen Nachkommen erfuhren keine Beeinträchtigung durch die Befeldung ihrer Väter. (RH)

HF-Wirkung auf Leber

Auswirkungen von Hochfrequenz niedriger Intensität auf Oxidantien-Antioxidantien-Parameter und DNA-Schäden in der Leber von Ratten

Alkis ME, Akdag MZ, Dasdag S (2021): Effects of Low-Intensity Microwave Radiation on Oxidant-Antioxidant Parameters and DNA Damage in the Liver of Rats. Bioelectromagnetics. 2021;42(1):76-85; DOI: 10.1002/bem.22315

Mobiltelefone, deren Anzahl und Nutzer praktisch täglich steigen, senden hochfrequente Mobilfunkstrahlung aus, die im Verdacht steht, negative gesundheitliche Auswirkungen zu besitzen. Infolgedessen nimmt auch die Besorgnis über die möglichen Gefahren, die von der Mobilfunkstrahlung ausgehen, zu. Eine mögliche Wirkung von Mobilfunkstrahlung ist übermäßige Produktion reaktiver Sauerstoffspezies, welche diverse Makromoleküle innerhalb von Zellen schädigen können. Die Leber ist sehr empfindlich gegenüber den Einflüssen reaktiver Sauerstoffspezies. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Studie die Auswirkung einer Langzeitexposition mit schwacher Hochfrequenz auf oxidative und antioxidative Parameter, DNA-Schäden und Lipidperoxidation in der Leber von Ratten untersucht.

Studiendesign und Durchführung:

Die männlichen Sprague-Dawley Ratten (n = 6) wurden mit 1800 MHz und 2100 MHz befeldet, die Kontrollen schein-befeldet. Die Parameter der Befeldung betrugen 0,127± 0,04 mW/cm², 22,44± 4.02 V/m bei 1800 MHz und 0,038± 0,03 mW/cm², 11.52 ± 3.64 V/m bei 2100 MHz. Daraus resultierte ein SAR-Wert von 0,62 W/kg bei 1800 MHz und 0,20 W/kg bei 2100 MHz. Die Intensität des hochfrequenten Feldes war damit weit unterhalb der ICNIRP-Richtlinien. Die Versuchstiere wurden 2 h pro Tag über einen Zeitraum von 7 Monaten bestrahlt. Die Wissenschaftler untersuchten biochemisch die oxidativen Stressparameter TAS (Totaler-Antioxidantien-Status), TOS (Totaler-Oxidantien-Status), den Quotienten von TOS/TAS OSI (oxidativer Stressindex) und Lipidperoxidation im Lebergewebe. Ebenfalls im Lebergewebe wurden DNA-Strangbrüche (Komet-Test) und oxidative DNA-Schäden (8-OHdG) bewertet.

Ergebnisse:

Die Autoren konnten signifikante Auswirkungen der Hochfrequenzen niedriger Intensität belegen. Die Indikatoren für oxidativen Stress, TOS, OSI und Lipidperoxidation waren bei beiden Hochfrequenzen im Vergleich zur schein-bestrahlten Kontrolle signifikant erhöht, während der TAS signifikant verringert war. Außerdem wurden Hinweise für DNA-Brüche beim Komet-Test in Form einer erhöhten Schweifintensität, nicht aber eines erhöhten Schweifmomentums gefunden. Auch die 8-OHdG-Konzentration war bei beiden Hochfrequenz-Gruppen signifikant erhöht im Vergleich zur scheinbestrahlten Kontrolle. Die beiden befeldeten Gruppen unterschieden sich bei den Parametern TOS und MDA statistisch signifikant, die 1800 MHz-Gruppe wies höhere Werte als die 2100 MHz-Gruppe auf.

Schlussfolgerungen:

Die Resultate der Studie weisen darauf hin, dass eine Langzeitbefeldung mit 1800 oder 2100 MHz-Mobilfunkstrahlung oxidativen Stress, oxidative DNA-Schäden und DNA-Strangbrüche in der Leber von Ratten verursachen kann. Obwohl die Energie der Hochfrequenz nicht ausreicht, um direkte DNA-Schäden zu verursachen, werden genotoxische Wirkungen beobachtet. Möglicherweise könnten beschädigte DNA-Reparaturmechanismen oder freie Radikale eine Rolle dabei spielen. Die Aussage der Autoren, dass 2100 MHz gefährlicher scheinen als 1800 MHz, ist höchstens unter Beachtung der SAR-Werte nachvollziehbar. In diesem Kontext sei erwähnt, dass zwar der TAS-Wert der 1800 MHz-Gruppe signifikant erhöht war, nicht aber der OSI. Die Autoren bezeichnen das Wissen über die Auswirkungen von Mobilfunkstrahlung als noch unzureichend und unschlüssig, weswegen weitere Forschungen nötig seien. (RH)

Krebserregende Wirkung von Radar

Radar- bzw. Funkbelastung und Krebs im militärischen Umfeld

Peleg M, Berry EM, Deitch M, Nativ O, Richter E (2022): On radar and radio exposure and cancer in the military setting. Environ Res. 2023;216(P2):114610; DOI:10.1016/j.envres.2022.114610

Im militärischen Bereich wird hochfrequente Strahlung für Kommunikation, Radar und elektronische Kriegsführung eingesetzt. Da epidemiologische Studien auf eine kanzerogene Wirkung von Hochfrequenz hinweisen, empfehlen Forscher eine Neueinstufung von Hochfrequenz als Humankarzinogen (IARC-Gruppe 1) anstatt der bisherigen Einstufung als möglicherweise krebserregend (IARC-Gruppe 2 B). Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf eine berufliche Belastung im militärischen Kontext,

bei der die Hochfrequenzexposition typischerweise hoch ist, den ganzen Körper betrifft und über einen Zeitraum von mehreren Jahren auftritt. Nichtsdestotrotz bewegen sich die Strahlungswerte in den meisten Fällen innerhalb der ICNIRP-Strahlungsgrenzwerte für berufliche Belastungen. Die Studie ist eine Aktualisierung der Studie von 2018 (Peleg et al. 2018), welche sich ebenfalls mit den Auswirkungen von Hochfrequenzbelastung auf Krebs im militärischen Umfeld befasste. In beiden Arbeiten wurden Daten von Krebspatienten, welche an oder mit Radareinrichtungen arbeiteten, mit Daten des israelischen Krebsregisters verglichen. Die Daten wurden anhand prozentualer Häufigkeiten verschiedener Krebsarten, d.h. Anteilen der jeweiligen Krebsarten, analysiert.

Studiendesign und Durchführung:

Die vorliegende Studie bezieht sich auf 46 Krebspatienten, welche im Zeitraum von 2002 – 2021 (Median 2017) diagnostiziert wurden. Die 25 Männer und 21 Frauen dienten alle in den israelischen Verteidigungskräften und bedienten Radar- und/oder Funksender bzw. erfüllten ihren Dienst in der Nähe der Anlagen. Das Durchschnittsalter bei der Diagnose betrug 23,7 Jahre. Die Latenzzeit zwischen Zeitpunkt der Rekrutierung und der Diagnose betrug durchschnittlich 5,4 Jahre. Die Soldaten dienten in Einheiten, die die folgenden Systeme operierten: Iron Dome (20 Patienten), Arrow (4 Patienten), Hawk (1 Patient), Patriot (4 Patienten), David Sling (1 Patient), Luftwaffe (11 Patienten), Marine (4 Patienten) und „andere" (2 Patienten). Ein Patient diente bei zwei Luftabwehrsystemen. Genaue Hochfrequenzmessungen der Radaranlage waren auf Grund von Klassifizierung durch das Militär nicht verfügbar. Die folgenden Aussagen zu den hochfrequenten Feldern, denen die Soldaten ausgesetzt waren, stammen aus Internet-Referenzen. Iron Dome, Hawk und David Sling benutzen ein ELM-2084 Radar. Dabei handelt es sich um ein aktives Festkörper-Phasenradar, welches im S-Band zwischen 2 und 4 GHz operiert. Die Spitzensendeleistung kann 1 Millionen Watt (1 MW) betragen. Die Spitzenwerte der äquivalenten isotropen Strahlungsleistung (EIRP) liegen in der Größenordnung einer Milliarde Watt (1 GW). Eine solche Sendeleistung führt zu einer Belastung von 7900 W/m² im Hauptstrahl bei einer Entfernung von 100 m. Die Belastung außerhalb des Hauptstrahls ist geringer, doch durch die Neben- und Rückkeulen immer noch sehr hoch. Das Arrow-System benutzt ein „Green-Pine"-Radar, welches im L-Band (1-2 GHz) operiert, das Radar des Patriot-Systems operiert im C-Band (4 – 8 GHz). Zu den anderen Waffensystemen liegen keine Angaben bezüglich der Sendeleistungen oder Frequenzen vor, jedoch gaben alle Patienten an, ihren Dienst in der Nähe von Radar- oder Kommunikationsantennen verrichtet zu haben. Die Autoren analysierten die prozentuale Häufigkeit von hämatolymphoiden Krebsarten, Hodgkin Lymphomen (Unterart der hämatolymphoiden Krebsarten) und Sarkomen. Die Daten wurden mit dem israelischen Krebsregister verglichen, wobei nach Geschlecht und Alter differenziert wurde. Bei einer Untergruppe von 6 Patienten standen genug Daten (Gruppengröße, Alter) zu Verfügung, um das Risikoverhältnis für Krebserkrankungen im Allgemeinen, im Verhältnis zur erwarteten Anzahl von Krebsfällen ohne Strahlenbelastung, zu berechnen. Außerdem wurden die Ergebnisse mit 5 früheren Studien verglichen, bei denen in ähnlicher Weise Gruppen von Krebspatienten aus dem beruflichen/militärischen Umfeld untersucht wurden.

Die Subgruppenanalyse zeigt ein 8-fach erhöhtes Risiko, an Krebs zu erkranken.

Ergebnisse:

Die prozentuale Häufigkeit aller untersuchten Krebsarten stieg ungefähr um den Faktor 2, die Daten wiesen statistische Signifikanz auf. Ebenfalls statistisch signifikant ergab die Subgruppenanalyse eine 8-fache Erhöhung des Risikoverhältnisses. (Verglichen mit krebserkrankten aus der allgemeinen Bevölkerung traten bei den Soldat*innen also ca. 2-mal häufiger hämatolymphoide Krebsarten, Hodgkin Lymphome und Sarkome auf. Die Subgruppenanalyse zeigte ein 8-fach erhöhtes Risiko an Krebs zu erkranken, Anm. d. Redaktion). Dies sind die Hauptergebnisse der vorgestellten Studie. Die Latenzzeit bis zum Ausbruch von Krebs war meist kurz, 0,85 – 15 Jahre, im Mittel 4,6 Jahre. Auch die 5 älteren Studien aus dem Zeitraum von 1996-2018 zeigen eine statistisch signifikante, atypische Zunahme der prozentualen Häufigkeit von hämatolymphoiden Krebsarten. In 4 der 5 Studien werden Hinweise auf eine starke Erhöhung des Risikoverhältnisses für Krebs im Allgemeinen gefunden.

Schlussfolgerungen:

Obwohl sich die Belastungswerte der Patienten innerhalb von ICNIRP-Grenzwerten für berufliche Szenarien befanden, weisen die Ergebnisse der Studie auf ein verändertes Krebsprofil sowie ein erhöhtes Risiko, an Krebs zu erkranken, hin. Übereinstimmend mit früheren Arbeiten zu Hirntumoren von Mobilfunknutzern, Tiermodellstudien und physikalischen Mechanismen sei laut den Autoren mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass eine langzeitige, intensive Hochfrequenzbelastung ein erhöhtes Krebsrisiko bei beruflich exponierten jungen Menschen verursache. Die Wissenschaftler vermuten, dass die hohe Spitzenleistung der Radarimpulse ein beitragender Faktor sein könnte. Die Ergebnisse der Studie, so die Autoren, ergänzen die umfangreichen Belege, die eine Neueinstufung von Hochfrequenz als Humankarzinogen IARC-Gruppe 1 rechtfertigen. Die Tatsache, dass sich die Hochfrequenzbelastung der Patienten innerhalb der ICNIRP-Richtwerte befand, weist darauf hin, dass die Grenzwerte weder stringent noch protektiv sind. (RH)

Elektrohypersensibilität

Welche Quellen von elektromagnetischen Feldern sind für elektrosensible Personen besonders besorgniserregend?

Kacprzyk A, Kanclerz G, Rokita E, Tatoń G. (2021): Which sources of electromagnetic field are of the highest concern for electrosensitive individuals?–Questionnaire study with a literature review. Electromagnetic Biology and Medicine, 40(1), 33-40; DOI: 10.1080/15368378.2020.1839489

Studiendesign und Durchführung:

Diese Studie zur Erfassung und Analyse der EHS-Population wurde mithilfe eines webbasierten Fragebogens durchgeführt, der vier Monate lang im Jahr 2018 zugänglich war. Die vollständige Umfrage umfasste 32 Fragen. Die Teilnehmer wurden als EHS eingestuft, wenn sie auf die Frage „Beeinträchtigen elektrische/elektronische/telekommunikative Geräte Ihr Wohlbefinden?" bejahten und mindestens ein Gerät angaben, das ihrer Meinung nach einen solchen Einfluss hat.

Ergebnisse:

Etwa 1028 Personen füllten den Fragebogen der Umfrage aus und 408 wurden als elektrosensibel identifiziert (EHS-Personen). Von ihnen waren 288 (70,7 %) weiblich und 120 (29,3 %) männlich. Das Durchschnittsalter der gesamten Gruppe betrug 33 Jahre (24–45). Die Mehrheit der untersuchten Personen litt an keiner chronischen Krankheit (287, 70,3 %) und lebte oder arbeitete in städtischen Gebieten (297 (72,8 %) bzw. 295 (72,3 %)). Die Analyse der 408 EHS-Personen ergab, dass Mobiltelefone, gefolgt von Laptops, Computern und Wi-Fi-Routern die wichtigsten elektrischen Geräte waren, die ihr Wohlbefinden beeinflussten.

Die Mehrheit der Probanden klagte über unspezifische körperliche Symptome wie Erschöpfung, Kopfschmerzen, Gereiztheit, Konzentrations- und Schlafstörungen, Angstzustände und Schläfrigkeit. Zudem gab ein relativ hoher Prozentsatz der Probanden Augenschmerzen als ein Symptom an (68 %), was auf die Exposition gegenüber EMF zurückgeführt wurde und ein Indikator dafür sein kann, dass nicht alle Teilnehmer, die als EHS eingestuft wurden, tatsächlich EHS haben. Augenschmerzen, insbesondere nach längerer Exposition gegenüber Computer- oder Fernsehbildschirmen, sind ein weit verbreitetes Phänomen, das als „Computer-Vision-Syndrome" bekannt ist und nicht mit den gesundheitlichen Auswirkungen von EMF zusammenhängt.

Die Untergruppenanalyse ergab, dass ältere Erwachsene und Personen, die nach eigenen Angaben in der Nähe von Mobilfunkbasisstation (MFBS) leben, stärker über die gesundheitlichen Auswirkungen von MFBS besorgt waren. Die Analyse zeigte auch, dass EHS-Personen, die nach eigenen Angaben näher am MFBS wohnen, sich mehr Sorgen über dessen gesundheitliche Auswirkungen machen als Personen, die in größerer Entfernung davon leben. In einer bevölkerungsbasierten Querschnittsstudie (Blettner et al. 2009) mit mehr als 30.000 Teilnehmern zeigte sich, dass die Besorgnis über die Nähe von MFBS mit vermehrten Gesundheitsbeschwerden und Schlafstörungen verbunden ist. Dennoch wurde in der zweiten Phase der Studie kein Zusammenhang zwischen negativen gesundheitlichen Auswirkungen und dem gemessenen EMF-Niveau festgestellt, was auf eine mögliche Rolle einer negativen Attribution hinweist.

Erhöhte Sorgen von Menschen, die in der Nähe von MFBS leben, sind sowohl für Wissenschaftler als auch für politische Entscheidungsträger von besonderem Interesse, da sie zu einem Nocebo-Effekt führen können und als Folge davon zu erhöhten Gesundheitsbeschwerden der Bewohner, die in der Nähe von MFBS leben. Ob die in Umfragen geäußerten Beschwerden durch rein psychologische Faktoren (Nocebo) erklärt werden können oder ob diese Befunde durch reale biologische Effekte bedingt sind (oder eine Kombination von beiden), sollte methodisch erforscht werden. (Zu oft in der Vergangenheit wurden von Menschen geäußerte Beschwerden und Symptome als psychosomatisch eingestuft, wobei diese sich späterhin doch als reale biologische Wirkungen entpuppten, Anm. der Redaktion).

Schlussfolgerungen:

Die vorliegende Studie ist durch mehrere Einschränkungen gekennzeichnet. Der Fragebogen wurde webbasiert durchgeführt. Trotz der Bemühungen der Autoren, das gesamte Spektrum der EHS-Betroffenen durch entsprechende Ankündigungen in den sozialen und allgemeinen Medien zu erreichen, konnte ein Selektionsfehler möglicherweise nicht vermieden werden. Außerdem wurden die Angaben zum Standort des nächstgelegenen MFBS von den Befragten in Metern angegeben. Eine solche Selbstauskunft kann mit einer erheblichen Verzerrung behaftet sein, da die Teilnehmer die genaue Lage des nächstgelegenen MFBS möglicherweise nicht kennen. In künftigen Studien sollte eine verbesserte Methode zur Definition von EHS-Personen in Betracht gezogen werden, um eine falsche Klassifizierung von Personen zu vermeiden, die über Symptome klagen, die direkt mit der Nutzung des Geräts zusammenhängen (z. B. Computer-Vision-Syndrom nach längerer Computernutzung) und nicht mit den von diesem Gerät ausgehenden EMF.

Telefone, insbesondere mobile Geräte, sind die wichtigste Quelle von EMF, die sich negativ auf elektrosensible Personen auswirken, gefolgt von Laptops, PCs und Wi-Fi-Routern. Personen, die nach eigenen Angaben in der Nähe von MFBS leben, und ältere Menschen scheinen besonders besorgt über die gesundheitlichen Auswirkungen von MFBS zu sein. Dennoch zeigt eine Analyse der verfügbaren Literatur zu diesem Thema eine erhebliche Diskrepanz bei den Quellen von EMF, die das Wohlbefinden von EHS-Personen beeinträchtigen, was auf die heterogene Natur der Erkrankung hinweist. (AT)

Wir trauern um Prof. Dr. Karl Hecht

Ein kämpferischer Humanist, Arzt und Wissenschaftler ist von uns gegangen

Prof. Karl Hecht ist im Alter von 98 Jahren gestorben. Wir trauern mit seiner Familie, besonders mit seiner Frau Elena. Über 70 Jahre wirkte Karl Hecht als Arzt und Wissenschaftler, für den die Gesundheit der Menschen im Mittelpunkt stand. Sein großes Wissen über die Gesetzmäßigkeiten der Natur, den Menschen als ihrem Teil, tiefe Einblicke und Erfahrungen in mehreren Gebieten der Medizin, eigene Forschung und die heilende Arbeit mit Menschen ließen ihn ganzheitliche Methoden für eine gesunde Lebensweise und zur Behandlung von Krankheiten entwickeln.

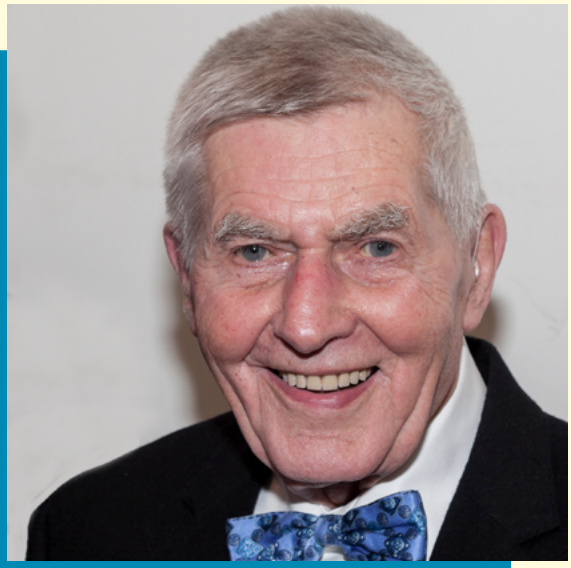
An der Charité in Berlin leitete Karl Hecht das Institut für Chronobiologie und Stressforschung, er war Mitarbeiter im Kosmonauten- und Marsprogramm der ehemaligen Sowjetunion und behandelte als Arzt unzählige Patienten. In der Weltraummedizin forschte er über die Überlebensbedingungen der Kosmonauten und wurde so zum Fachmann für die Auswirkungen von Strahlung. Er entwickelte ein tiefes Verständnis für die Bedeutung der elektromagnetischen Felder für alles Leben. „Wir schwimmen in einem elektromagnetischen Ozean" – diese Erkenntnis vertiefte er in vielen Untersuchungen. Als intimer Kenner der sowjetischen Forschung – er war ausländisches Mitglied der Russischen Akademie der Wissenschaften – wusste er aber auch um die Gefahren der ionisierenden und nicht-ionisierenden Strahlung. In den 1960er- bis 1980er-Jahren war er auf vielen internationalen Konferenzen Zeitzeuge des Disputs zwischen Ost und West zu den Wirkungen der nicht-ionisierenden Strahlung.

Vor der flächendeckenden Einführung des Mobilfunks im Jahr 1996 beauftragte ihn das damalige Bundesministerium für Telekommunikation, die Ergebnisse der sowjetischen Forschung aufzuarbeiten. Sein Abschlussbericht warnte: Diese Strahlung schädigt die Gesundheit. Der Bericht verschwand im Archiv. Von da an wurde Karl Hecht zu einem der schärfsten Kritiker des Ausbaus der Mobilfunktechnologie. Seine Analysen und Artikel ermöglichten den Bürgerinitiativen und diagnose:funk, die Kritik auf wissenschaftlicher Grundlage zu führen. Elektrohypersensiblen stand er mit seinem Rat zur Seite, und als Gutachter unterstützte er die strahlungsgeschädigten Radarsoldaten vor Gerichten. Auch diagnose:funk begleitete er mit seinem Rat.

In der DDR war Karl Hecht ein hoch angesehener Wissenschaftler, der frei forschen konnte. Dieses Privileg habe er gehabt, so sagte er uns bei einem Besuch, weil er für den „großen Bruder" in der Weltraummedizin arbeitete. Durch dieses Privileg sah er sich verpflichtet, sein Wissen den Menschen zur Verfügung zu stellen, und so führte er am Wochenende kostenlos Sprechstunden für Patienten durch. Wenn man ihn in den letzten Jahren in Berlin-Köpenick am Müggelsee in seiner bescheidenen Plattenbauwohnung besuchte, erkundigte er sich zuerst nach der Lebensweise, dem Gesundheitszustand, führte Blutdruckmessungen durch, mahnte, man solle doch täglich mindestens zwei Stunden spazieren gehen, bevor es zur Diskussion um Strahlung und Politik ging. Es war beeindruckend.

Karl Hechts Vermächtnis ist groß. Nicht nur, dass viele seiner Artikel bis heute die Mobilfunkdebatte prägen. Seine ganzheitlichen Methoden zu einer natürlichen Lebensweise und Behandlung von Krankheiten hat er in den letzten Jahren in mehreren Büchern niedergeschrieben. Mögen sie vielen Menschen und vor allem Ärzten zum Leitfaden für eine vorsorgende und heilende Medizin werden.

Mehr dazu in einem der letzten Video-Interviews mit Karl Hecht auf: www.diagnose-funk.org/1905



Prof. Dr. Karl Hecht

Register Elektrosmogreport 2022 Jahrgang 28

A

Akakin D, Tok OE, Anil D, Akakin A, Sirvanci S, Seber G, Ercan F (2021): Electromagnetic Waves from Mobile Phones may Affect Rat Brain During Development. Turkish Neurosurgery 31 (3), 412–421; DOI: 10.5137/1019-5149 JTN.31665-20.2 ElektrosmogReport 2-2022

Alkis ME, Akdag MZ, Dasdag S (2021): Effects of Low-Intensity Microwave Radiation on Oxidant-Antioxidant Parameters and DNA Damage in the Liver of Rats. Bioelectromagnetics. 2021;42(1):76-85; DOI: 10.1002/bem.22315 ElektrosmogReport 4-2022

Andrašková S, Holovská K, Zuzana Ševčíková, Zuzana Andrejčáková, Štefan Tóth, Marcela Martončíková, Račeková E, Almášiová V (2022): The potential adverse effect of 2.45 GHz microwave radiation on the testes of prenatally exposed peripubertal male rats. Histology and Histopathology; DOI: 10.14670/HH-18-402 ElektrosmogReport 1-2022

B

Balmori A (2022): Evidence for a health risk by RF on humans living around mobile phone base stations: From radiofrequency sickness to cancer. Environmental Research 214, 113851; DOI: 10.1016/j.envres.2022.113851 ElektrosmogReport 3-2022

Bartosova K, Neruda M, Vojtech L (2021): Methodology of Studying Effects of Mobile Phone Radiation on Organisms: Technical Aspects. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(23),12642. MDPI AG; DOI: 10.3390/ijerph182312642 ElektrosmogReport 1-2022

Bonato M, Dossi L, Gallucci S, Benini M, Tognola G. Parazzini M (2022): Assessment of Human Exposure Levels Due to Mobile Phone Antennas in 5G Networks. Int. J. Environ. Res. Public Health 2022, 19, 1546; DOI: 10.3390/ijerph19031546 ElektrosmogReport 2-2022

C

Chae KS, Kim SC, Kwon HJ, Kim Y (2022): Human magnetic sense is mediated by a light and magnetic field resonance-dependent mechanism. Scientific Reports, 12(1), 1-11; DOI: 10.1038/s41598-022-12460-6 ElektrosmogReport 3-2022

D

Dasgupta S, Leong C, Simonich MT, Truong L, Liu H, Tanguay RL (2022): Transcriptomic and Long-Term Behavioral Deficits Associated with Developmental 3.5 GHz Radiofrequency Radiation Exposures in Zebrafish.Environmental Science and Technology Letters, 9(4), 327–332; DOI: 10.1021/acs.estlett.2c00037 ElektrosmogReport 3-2022

Ding Z, Xiang X, Li J, Wu S (2022): Molecular Mechanism of Malignant Transformation of Balb/c-3T3 Cells Induced by Long-Term Exposure to 1800 MHz Radiofrequency Electromagnetic Radiation (RF-EMR). Bioengineering 9, 43; DOI: 10.3390/bioengineering9020043 ElektrosmogReport 2-2022

E

Echchgadda I, Cantu JC, Tolstykh GP, Butterworth JW, Payne JA, Ibey BL (2022): Changes in the excitability of primary hippocampal neurons following exposure to 3.0 GHz radiofrequency electromagnetic fields. ScientificReport 12, 350; DOI: 10.1038/s41598-022-069 ElektrosmogReport 3-2022

F

Foster KR, Garrett DC, Ziskin MC (2021): Can the Microwave Auditory Effect Be "Weaponized"? Frontiers in public health, 9; DOI: 10.3389/fpubh.2021.788613 ElektrosmogReport 2-2022

G

Gao Y, Wen P, Cardé RT, Xu H, Huang Q (2021): In addition to cryptochrome 2, magnetic particles with olfactory co-receptor are important for magnetic orientation in termites. Communications biology, 4(1), 1-12;DOI: 10.1038/s42003-021-02661-6 ElektrosmogReport 1-2022

Gökçek-Saraç Ç, Akçay G, Karakurt S, Ateş K, Özen Ş, Deri N (2021): Possible effects of different doses of 2.1 GHz electromagnetic radiation on learning, and hippocampal levels of cholinergic biomarkers in Wistar rats. Electroma-gnetic Biology and Medicine 40 (1), 179–190; DOI: 10.1080/15368378.2020.185125 ElektrosmogReport 2-2022

Guo L, Bo W, Wang K, Wang S, Gong Y (2022): Theoretical investigation on the effect of terahertz wave on Ca 2+ transport in the calcium channel. iScience 25 (1); DOI: 10.1016/j.isci.2021.103561 ElektrosmogReport 3-2022

Guo Y, Liu Y, Wang X (2020): Electromagnetic activity: a possible player in epilepsy, Acta Epileptologica, 2(1), 1-6;DOI: 10.1186/s42494-020-00019-9 ElektrosmogReport 2-2022

H

Hasan I, Jahan MR, Islam MN, Islam MR (2022): Effect of 2400 MHz mobile phone radiation exposure on the behavior and hippocampus morphology in Swiss mouse model. Saudi Journal of Biological Sciences 29 (1), 102–110; DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.08.063 ElektrosmogReport 1-2022

Hassanzadeh-Taheri M, Khalili MA, Hosseininejad Mohebati A, Zardast M, Hosseini M, Palmerini MG, Doostabadi, MR (2022): The detrimental effect of cell phone radiation on sperm biological characteristics in normozoospermic. Andrologia, 54(1), e14257; DOI: 10.1111/and.14257 ElektrosmogReport 3-2022

Hinrikus H, Lass J, Bachmann M (2021): Threshold of radiofrequency electromagnetic field effect on human brain. International journal of radiation biology, 97(11), 1505–1515; DOI: 10.1080/09553002.2021.1969055 ElektrosmogReport 1-2022

Hinrikus, H., Koppel, T., Lass, J., Orru, H., Roosipuu, P., & Bachmann, M. (2022). Possible health effects on the human brain by various generations of mobile telecommunication: a review based estimation of 5G impact. International Journal of Radiation Biology, 1-12; DOI: 10.1080/09553002.2022.2026516 ElektrosmogReport 4-2022

Holovská K, Almášiová V, Andrašková S, Demčišáková Z, Račeková E, Cigánková V (2021): Effect of electromagnetic radiation on the liver structure and ultrastructure of in utero irradiated rats. Acta Veterinaria Brno 90 (3), 315–319; DOI: 10.2754/avb202190030315 ElektrosmogReport 1-2022

Hu C, Zuo H, Li Y (2021): Effects of Radiofrequency Electromagnetic Radiation on Neurotransmitters in the Brain. Front Public Heal. 2021;9(August):1-15; DOI: 10.3389/fpubh.2021.691880 ElektrosmogReport 4-2022

I

Ikeya, N, Woodward, JR (2021): Cellular autofluorescence is magnetic field sensitive. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(3), e2018043118; DOI: 10.1073/pnas.2018043118 ElektrosmogReport 3-2022

J

Jaffar FHF, Osman K, Hui CK, Zulkefli A F, Ibrahim SF (2022): Long-Term Wi-Fi Exposure From Pre-Pubertal to Adult Age on the Spermatogonia Proliferation and Protective Effects of Edible Bird's Nest Supplementation. Frontiers in Physiology, 13; DOI: 10.3389/fphys.2022.828578 ElektrosmogReport 3-2022

K

Kacprzyk A, Kanclerz G, Rokita E, Tatoń G. (2021): Which sources of electromagnetic field are of the highest concern for electrosensitive individuals?–Questionnaire study with a literature review. Electromagnetic Biology and Medicine, 40(1), 33-40; DOI: 10.1080/15368378.2020.1839489 ElektrosmogReport 4-2022

Kim JH, Jeon S, Choi HD, Lee JH, Bae JS, Kim N, Kim HG, Kim KB, Kim HR (2021): Exposure to long-term evolution radiofrequency electromagnetic fields decreases neuroblastoma cell proliferation via Akt/mTOR- mediatedcellular senescence. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 84:20, 846-857; DOI: 10.1080/15287394.2021.1944944 ElektrosmogReport 2-2022

Kim S, Han D, Ryu J, Kim K, Kim YH (2021): Effects of mobile phone usage on sperm quality – No time-dependent relationship on usage: A systematic review and updated meta-analysis. In Environmental Research (Vol. 202). Academic Press Inc.; DOI: 10.1016/j.envres.2021.111784 ElektrosmogReport 3-2022

Kyriacou CP, Rosato E (2022): Genetic analysis of cryptochrome in insect magnetosensitivity. Frontiers in Physiology, 1522; DOI: 10.3389/fphys.2022.928416 ElektrosmogReport 4-2022

L

Leberecht B, Kobylkov D, Karwinkel T, Döge S, Burnus L, Wong SY, Apte S, ... Mouritsen H (2022): Broadband 75–85 MHz radiofrequency fields disrupt magnetic compass orientation in night-migratory songbirds consistent with a flavin-based radical pair magnetoreceptor. Journal of Comparative Physiology A, 1-10; DOI: 10.1007/s00359-021-01537-8 ElektrosmogReport 2-2022

Li Y, Deng P, Chen C, Ma Q, Pi H, He M, Lu Y, Gao P, Zhou C, He Z, Zhang Y, Yu Z, Zhang L (2021): 1800 MHz Radiofrequency Electromagnetic Irradiation Impairs Neurite Outgrowth With a Decrease in Rap1-GTP in Primary Mouse Hippocampal Neurons and Neuro2a Cells. Front Public Heal. 2021;9 (November):1–13; DOI: 10.3389/fpubh.2021.771508 ElektrosmogReport 1-2022

M

McFadden, J. (2021): The Electromagnetic Will. NeuroSci, 2(3), 291–304; DOI: 10.3390/neurosci2030021 ElektrosmogReport 1-2022

N

Nyirenda, V. R., Namukonde, N., Lungu, E. B., Mulwanda, S., Kalezu, K., Simwanda, M. et al (2022): Effects of phone mast-generated electromagnetic radiation gradient on the distribution of terrestrial birds and insects in a savanna protected area. Biologia, 1–13; DOI: 10.1007/s11756-022-01113-8 ElektrosmogReport 4-2022

Ö

Özdemir E, Çömelekoglu Ü, Degirmenci E, Bayrak G, Yildirim M, Ergenoglu T, Yılmaz BC, Engiz BK, Yalin S, Koyuncu DD, Ozbay E (2021): The effect of 4.5 G (LTE Advanced-Pro network) mobile phone radiation on the optic nerve. Cutaneous and Ocular Toxicology; DOI: 10.1080/15569527.2021.1895825 ElektrosmogReport 2-2022

Ozel HB, Cetin M, Sevik H, Varol T, Isik B, Yaman B (2021): The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in Pinus brutia Ten. Biologia Futura, 72(3), 359-365; DOI: 10.1007/s42977-021-00085-1 ElektrosmogReport 2-2022

P

Pall ML (2021): Millimeter (MM) wave and microwave frequency radiation produce deeply penetrating effects: the biology and the physics. Rev Environ Health. 2021;(Mm); DOI:10.1515/reveh-2021-0090 ElektrosmogReport 2-2022

Panagopoulos, DJ (2019): Comparing DNA damage induced by mobile telephony and other types of man-made electromagnetic fields. Mutation Research/Reviews in Mutation Research, 781, 53-62; DOI: 0.1016/j.mrrev.2019.03.003 ElektrosmogReport 2-2022

Peleg M, Berry EM, Deitch M, Nativ O, Richter E (2022): On radar and radio exposure and cancer in the military setting. Environ Res. 2023;216(P2):114610; DOI:10.1016/j.envres.2022.114610 ElektrosmogReport 4-2022

Pooam M, Jourdan N, Aguida B, Dahon C, Baouz S, Terry C, Raad H, Ahmad M (2022): Exposure to 1.8 GHz radiofrequency field modulates ROS in human HEK293 cells as a function of signal amplitude. Communicative & Integrative Biology, 15:1, 54–66; DOI: 10.1080/19420889.2022.2027698 ElektrosmogReport 1-2022

Price C, Williams E, Elhalel G, Sentman D (2021): Natural ELF fields in the atmosphere and in living organisms. International Journal of Biometeorology, 65(1), 85-92; DOI: 10.1007/s00484-020-01864-6 ElektrosmogReport 3-2022

Q

Qin TZ, Wang X, Du JZ et al. (2022): Effects of radiofrequency field from 5G communications on the spatial memory and emotionality in mice. Int J Environ Health Res. 2022;00(00):1-12; DOI: 10.1080/09603123.2022.2149708 ElektrosmogReport 4-2022

S

Sharma S, Shukla S (2020): Effect of Electromagnetic Radiation on Redox Status, Acetylcholine Esterase Activity and Cellular Damage Contributing to the Diminution of the Brain Working Memory in Rats. J Chem Neuroanat. 2020;106(106):101784; DOI:10.1016/j.jchemneu.2020.101784 ElektrosmogReport 4-2022

T

Touitou Y, Selmaoui B, Lambrozo J (2022): Assessment of cortisol secretory pattern in workers chronically exposed to ELF-EMF generated by high voltage transmission lines and substations. Environment International 161, 107103; DOI: 10.1016/j.envint.2022.107103 ElektrosmogReport 2-2022

W

Wardzinski EK, Jauch-Chara K, Haars S, Melchert UH, Scholand-Engler HG, Oltmanns KM (2022): Mobile Phone Radiation Deflects Brain Energy Homeostasis and Prompts Human Food Ingestion. Nutrients 14, 339; DOI: 10.3390/nu14020339 ElektrosmogReport 1-2022

X

Xie W, Xu R, Fan C, Yang C, Chen H, Cao Y (2021): 900 MHz Radiofrequency Field Induces Mitochondrial Unfolded Protein Response in Mouse Bone Marrow Stem Cells. Front Public Heal. 2021;9(August):1-8; DOI: 10.3389/fpubh.2021.724239 ElektrosmogReport 1-2022

Y

Yadav H, Rai U, Singh R (2021): Radiofrequency radiation: A possible threat to male fertility. Reprod Toxicol. 2021;100:90-100; DOI: 10.1016/j.reprotox.2021.01.007 ElektrosmogReport 1-2022

Yan S, Ju Y, Dong J, Lei H, Wang J, Xu Q, May, Wang J, Wang X (2022): Paternal Radiofrequency Electromagnetic Radiation Exposure Causes Sex-Specific Differences in Body Weight Trajectory and Glucose Metabolism in Offspring Mice. Frontiers in Public Health, 10(May), 1–11; DOI: 10.3389/fpubh.2022.872198 ElektrosmogReport 4-2022

Yang H, Zhang Y, Wu X, Gan P, Luo X, Zhong S, Zuo W (2022): Effects of Acute Exposure to 3500 MHz (5G) Radiofrequency Electromagnetic Radiation on Anxiety-Like Behavior and the Auditory Cortex in Guinea Pigs. Bio-electromagnetics. 2022;43(2):106-118; DOI: 10.1002/bem.22388 ElektrosmogReport 1-2022

Yang P, Cai T, Zhang L, Yu D, Guo Z, Zhang Y. et al (2022): A rationally designed building block of the putative magnetoreceptor MagR. Bioelectromagnetics, 43(5), 317-326; DOI: 10.1002/bem.22413 ElektrosmogReport 4-2022