

ElektrosmogReport

Fachinformation zur Bedeutung elektromagnetischer
Felder für Umwelt und Gesundheit

Impressum

ElektrosmogReport Ausgabe 01/2024, 30. Jahrgang
Online Veröffentlichung auf www.EMFdata.org
Bestellung Printausgabe:
shop.diagnose-funk.org/Elektrosmogreport, Bestellnr. 52401

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

WLAN- Wirkung auf das Gehirn

Veränderungen in der Histopathologie und in MAPK-Signalweg-Proteinen in Rattengehirnen, die über 4 Generationen prä- und postnatal hochfrequent befeldet wurden

Tan, B., Canturk Tan, F., Yalcin, B., Dasdag, S., Yegin, K., & Yay, A. H. (2022). Changes in the histopathology and in the proteins related to the MAPK pathway in the brains of rats exposed to pre and postnatal radiofrequency radiation over four generations. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 126, 102187. <https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2022.102187>

Neurodegenerative Krankheiten, einschließlich Alzheimer, Multipler Sklerose, Parkinson und Amyotropher Lateralsklerose, sind mit Verlust von Neuronen und Ablagerungen von fehlgefalteten Proteinen im Gehirn assoziiert. Tierstudien haben gezeigt, dass Hochfrequenzbefeldung mit niedriger Intensität Neurodegeneration auslösen kann. Darüber hinaus weisen mehrere epidemiologische Studien darauf hin, dass auch beim Menschen eine höhere Alzheimer-Inzidenz mit hoher Hochfrequenz-Belastung verknüpft ist. Zu den pathologischen Hauptmerkmalen von Alzheimer gehören extrazelluläre A β -Plaques und intrazelluläre Ablagerungen von hyperphosphoryliertem Tau-Protein. Physiologisches Tau-Protein ist löslich und stabilisiert die Mikrotubuli in Axonen. Mitogen-aktivierte Proteinkinasen (MAPK) spielen eine Rolle bei der zellulären Reaktion auf Stress und Hyper-

INHALTSVERZEICHNIS

SEITE

- 01 >** Pränatale WLAN- Wirkung auf das Gehirn

- 03 >** Kognitive Defizite während der Schwangerschaft

- 04 >** HF-Wirkung auf embryonale Leber

- 06 >** Wirkung Elektromagnetischer Impulse (EMP)

- 07 >** HF-EMF und Zecken

- 08 >** Biologischer Interaktion von THz-Wellen

- 09 >** 14 Jahre EMF-Forschung in Bratislava

- 10 >** ELF-EMF und Bienen

- 11 >** EMF-Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen

- 13 >** EMF und circadianer Rhythmus

- 15 >** Studienlage Elektrohypersensibilität

- 16 >** Verlauf Elektrohypersensibilität

phosphorylierung und könnten dadurch einen wichtigen Faktor bei der Neurodegeneration von Alzheimer darstellen. Um möglichen Auswirkungen von 2,45 GHz-Befeldung auf neuropathologische Ereignisse im Gehirn zu untersuchen, erforscht die vorliegende Studie den Effekt von prä- und postnataler Befeldung, über 4 Generationen hinweg, auf die Histologie und MAPK-Signalweg im Gehirn von Ratten.

Studiendesign und Durchführung:

Die Versuchstiere wurden mit 2,45 GHz kontinuierlicher Hochfrequenz, 12 Stunden pro Tag befeldet. Die gemessene Leistungsdichte betrug hierbei $8,5 \pm 0,65 \text{ W/m}^2$, resultierend in einem SAR-Wert von $0,186 \text{ W/kg}$ Ganzkörper-SAR und $0,118 \text{ W/kg}$ Gehirn-SAR bei den erwachsenen Tieren. Der Ganzkörper-SAR der Nachkommen wurde mit $0,287 \text{ W/kg}$, der Gehirn-SAR mit $0,204 \text{ W/kg}$ beziffert. Es wurden vier Versuchsgruppen, bestehend aus vier Ratten (1 männlich, 3 weiblich) gebildet: lediglich Männchen befeldet (Gruppe 1), Männchen und Weibchen befeldet (Gruppe 2), lediglich Weibchen befeldet (Gruppe 3), scheinbefeldete Kontrolle (Gruppe 4). Die Befeldung begann einen Monat vor der Befruchtung. Am 18. Tag der Trächtigkeit wurde eine weibliche Ratte aus den jeweiligen Versuchsgruppen geopfert und ihre Nachkommen wurden untersucht. Die verbleibenden zwei trächtigen Tiere beendeten die Tragezeit. Im Alter von zwei Monaten wurden wiederum 4 Ratten, ein Männchen und drei Weibchen, für die Studie der zweiten Generation ausgewählt, und das Prozedere begann von Neuem. Die Befeldungsperiode endete mit der Opferung der erwachsenen Versuchstiere der vierten Generation. Histopathologische Veränderungen wurden an weiblichen Föten und weiblichen erwachsenen Exemplaren überprüft. Veränderungen der Proteinexpression im Hippocampus wurden an erwachsenen männlichen Exemplaren mittels immuno-gelektrophoretischen Methoden untersucht. Dabei fokussierten sich die Wissenschaftler auf das Tau-Protein bzw. die phosphorylierte Variante des Tau-Proteins (p-Tau), sowie Komponenten der MAPK-Signalweges (ERK1/2, p-ERK1/2, JNK, p-JNK, P38MAPK, p-P38MAPK).

Ergebnisse:

Die kritischsten histopathologischen Befunde bei den weiblichen Föten, Einblutungen und ungewöhnliche zelluläre Lokalisationen im Kortex, beschrieben die Autoren bei Gruppe 1 und 2 der zweiten Generation. Außerdem wurden vaskuläre Strukturen aller befeldeten Gruppen der dritten und vierten Generation beobachtet. Auch bei den erwachsenen weiblichen Ratten wurden die stärksten histopathologischen Auswirkungen, wiederum Einblutungen und irreguläre zelluläre Lokalisationen im Kortex, bei den Exemplaren der 1. und 2. Gruppe dokumentiert. Vaskuläre Dilatationen und veränderte Zell-Lokalisation wurden in der 1. und 2. Gruppe

der dritten und vierten Generation festgestellt. Die histopathologischen Veränderungen der dritten Gruppe waren im Vergleich zur Gruppe 1 und 2 geringer. Bei der Untersuchung der Hippocampi der erwachsenen männlichen Exemplare wurden signifikante Veränderungen der Proteinspiegel der MAPK-Signalweg-Komponenten sichtbar. Sowohl p-Tau als auch pERK waren bei den befeldeten Exemplaren der 1. und 3. Gruppe der zweiten Generation signifikant erhöht. Innerhalb der dritten Generation waren p-ERK, p-JNK und p-Tau bei der 1. Gruppe und p-ERK, p-P38 und gesamt-Tau bei der 2. Gruppe signifikant gesteigert. Bei der vierten Generation waren p-Tau, p-JNK und p-P38 der 1. Gruppe, p-ERK, p-JNK und p-P38 der 2. Gruppe und p-Tau der dritten Gruppe signifikant erhöht.

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass Hochfrequenz-Befeldung mit kontinuierlichen 2,45-GHz-Wellen signifikante Veränderungen von Schlüsselkomponenten des MAPK-Signalweges bei Ratten hervorrufen konnte. Dieser Signalweg ist unter anderem an kognitiven Prozessen wie Lernen und Gedächtnis beteiligt. Auch eines der pathologischen Merkmale der Alzheimer-Krankheit, nämlich phosphoryliertes Tau-Protein, wird durch die Befeldung verändert. Darüber hinaus werden histopathologische Veränderungen des Hirngewebes als Folge der Befeldung festgestellt. (Die Autoren nehmen keinen Bezug zu den unterschiedlichen Schweregraden innerhalb der Gruppen oder der Generationen. Im Allgemeinen scheinen die Auswirkungen in Gruppe 1 und 2, also da wo männliche Elterntiere befeldet wurden, stärker zu sein als die Auswirkungen der Gruppe 3, wo lediglich weibliche Elterntiere befeldet wurden. Die Tatsache, dass die histopathologischen Befunde in den früheren Generationen schwerer ausfallen, könnte einen Hinweis darauf darstellen, dass über die Generationen hinweg nicht kumulative Wirkungen entstehen, sondern eher kompensatorische Mechanismen stärkere Auswirkungen verhindern. Ohne das Detailwissen der Autoren und weitere Versuchsdaten, handelt es sich hierbei allerdings um Aussagen spekulativer Natur, Anm. d. Red.) (RH)

„Es werden histopathologische Veränderungen des Hirngewebes als Folge der Befeldung festgestellt.“



Mobilfunk induziert kognitive Defizite während der Schwangerschaft

Myrtenal verbessert Gedächtnisdefizite von Mäusen, die während der Embryonal- und Neugeborenenentwicklung Hochfrequenz ausgesetzt waren, durch die Verbesserung von Oxido-entzündlichen- und Neurotransmitter-Funktionen

Akefe, I. O., Nyan, E. S., Adegoke, V. A., Lamidi, I. Y., Ameh, M. P., Chidiebere, U., Ubah, S. A., & Ajayi, I. E. (2023). Myrtenal improves memory deficits in mice exposed to radiofrequency-electromagnetic radiation during gestational and neonatal development via enhancing oxido-inflammatory, and neurotransmitter functions. *Heliyon*, 9(4), e15321. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15321>

Vorherige Studien weisen darauf hin, dass das zentrale Nervensystem besonders empfindlich auf hochfrequente Strahlung reagiert, was insbesondere bei schwangeren Frauen bzw. deren Kindern zu negativen Auswirkungen führen kann. Schwangere bzw. ihre ungeborenen Kinder sind auf Grund schwächerer Schutzmechanismen und des höheren Flüssigkeitsgehalt des Körpers anfälliger für Hochfrequenzbelastung. Hochfrequenzbelastung während der Schwangerschaft kann zu neurologischen Störungen der Weibchen und Jungtiere führen, welche durch Beeinträchtigungen der Gedächtnisleistung gekennzeichnet sind. Es wurde festgestellt, dass die Zufuhr von externen Antioxidantien die körpereigenen antioxidativen Schutzmechanismen stärken kann. Dies steigert die Fähigkeit, freie Radikale abzufangen und vermindert damit verbundene Schädigungen des Organismus. (Inzwischen weist eine große Anzahl von Studien darauf hin, dass die gesundheitsschädlichen Wirkungen von Hochfrequenz u.a. durch oxidativen Stress hervorgerufen werden, Anm. d. Redaktion). Ein im Hochfrequenz-Kontext bisher wenig erforschtes Antioxidans ist das bicyclische Monoterpenoid Myrtenal, welches aus zahlreichen Pflanzen extrahiert werden kann. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die Auswirkung von Myrtenal auf hochfrequenz-induzierte kognitive Defizite zu untersuchen, welche durch Befeldung von Mäusen während und nach der Trächtigkeit hervorgerufen wurden.

Studiendesign und Durchführung:

Insgesamt 35 männliche Mäuse ($n = 7$) wurden während der Tragezeit in utero sowie von Tag 7-8 nach Geburt 1/h pro Tag mit 900 MHz-Hochfrequenz befeldet. Als Negativkontrolle dienten nicht-bestrahlte Exemplare. Als Strahlungsquelle diente ein Mobiltelefon mit einer maximalen Aus-

gangsleistung von 2 W/kg, der SAR-Wert wurde mit 1,25 W/kg angegeben. Die höchste gemessene Leistungsdichte betrug $145 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Es wurden 4 experimentelle Gruppen befeldet: Lediglich befeldet (Gruppe II); Befeldung + 100 mg/kg Myrtenal (Gruppe III), Befeldung + 200 mg/kg Myrtenal (Gruppe IV); Befeldung + 0,5 mg/kg Donepezil (Gruppe V). (Bei Donepezil handelt es sich um ein Medikament, welches bei der Alzheimer-Behandlung eingesetzt wird und kognitive Funktionen verbessern soll, Anm. d. Redaktion). An den Tagen 26-28 *post partum* wurde eine Reihe von Verhaltenstests an den Mäusen durchgeführt, anschließend wurden oxidative Stressmarker und Neurotransmitter im Kortex der Maushirne analysiert. Um das Verhalten der Versuchstiere zu untersuchen nutzen die Wissenschaftler den „Offenen Feldtest“ (Vermeidungsverhalten), eine inhibitorische Vermeidungsaufgabe (Gedächtnis), einen „Test zur Erkennung neuartiger Objekte“ (Langzeitgedächtnis) sowie einen „Test zum Auffinden neuer Objekte“ (räumliches Langzeitgedächtnis). Als oxidative Stressmarker wurden MDA (Lipidperoxidation), Stickoxid-Gehalt, der Entzündungsmarker TNF- α sowie die Konzentrationen der antioxidativen Schutzenzyme Glutathion-Peroxidase (GPx), Katalase (CAT) und Superoxid-Dismutase (SOD) bestimmt. Außerdem analysierten die Wissenschaftler den Gehalt verschiedener Neurotransmitter im Kortex (GABA, Dopamin, Glutamat, Noradrenalin & Serotonin).

Ergebnisse:

Alle drei Tests zur Evaluierung der Gedächtnisleistung zeigten eine signifikante Verschlechterung der selbigen nach Hochfrequenzeinwirkung im Vergleich zu nicht-befeldeten Kontrolltieren. Die Verabreichung des Antioxidans Myrtenal konnte der Verschlechterung statistisch signifikant entgegenwirken, wobei ein dosisabhängiger Trend zu beobachten war. Dieser Trend erreichte jedoch keine statistische Signifikanz. In Tendenz bewegten sich jedoch Gruppe I, Gruppe IV und Gruppe V auf einem Niveau, während Gruppe III etwas schlechtere Gedächtnisleistung erzielte. Beim offenen Feldtest wurde an Tag 27 und 28, nicht jedoch an Tag 26 *post partum*, eine signifikante Steigerung des angstähnlichen Verhaltens bei den befeldeten Tieren, im Vergleich zu den Kontrolltieren beobachtet. Wiederum konnte Myrtenal diesen Effekt in einer dosisabhängigen Weise kompensieren, wobei dies Dosis-Wirkungsbeziehung auch hier keine statistische Signifikanz erreichte. Die Analyse aller biochemischen Marker zeigte statistisch signifikant eine schädigende Wirkung der Hochfrequenzbefeldung. Lipidperoxidation, Stickoxid-Gehalt sowie TNF- α waren nach Befeldung signifikant erhöht, während die Aktivitäten der antioxidativen Schutzenzyme GPx, CAT und SOD signifikant vermindert waren. Konsistent mit den Verhaltenstests konnte die Verabreichung von Myrtenal eine signifikante Kompensation

bewirken, im Falle von 200 mg/kg auf das Niveau der unbefeldeten Kontrollen. Die Konzentrationen von vier der fünf untersuchten Neurotransmitter (Dopamin, Serotonin, Glutamat und GABA), waren bei Gruppe II im Vergleich zu den unbefeldeten Kontrollen signifikant verringert. Wiederum erfolgte eine Kompensation dieser Hochfrequenzwirkung durch die Zugabe von Myrtenal.

Schlussfolgerungen:

Die Daten der vorliegenden Studie zeigen, dass die Befeldung von Mäusen während ihrer Embryonal- und Neonatalentwicklung mit 900 MHz-Mobilfunk, kognitive Defizite und Verhaltensänderungen hervorrufen kann. Damit konsistent wurden oxido-entzündliche Prozesse sowie Konzentrationen von Neurotransmittern im Kortex der Maushirne verändert. Auf Grund dieser durchweg signifikant veränderten biochemischen und Verhaltensparameter, folgern die Autoren auf eine Mobilfunk-induzierte Veränderung wichtiger Stoffwechsel- und Zellsignalwege. So könnte der oxidative Stress, belegt durch erhöhte MDA und NO-Werte, zu einer gravierenden Veränderung des Zytokins TNF und einer Veränderung der Neurotransmitter-Homöostase führen. Dies wiederum könnte den Auslöser für das veränderte Verhalten bzw. die verschlechterte Gedächtnisleistung darstellen. Bemerkenswerterweise scheint das über die Nahrung zugenommene Antioxidans Myrtenal, diese gesundheitsschädliche Mobilfunkwirkung zu unterbinden. Das Gehirn wird vor den oxido-inflammatorischen Prozessen geschützt, gleichzeitig erfolgt eine Stabilisierung der Neurotransmitter-Homöostase sowie eine Verbesserung der Gedächtnisleistung. Dementsprechend sprechen die Autoren eine Verzehrempfehlung von myrtenalhaltigen Lebensmitteln für Schwangere bzw. Neugeborene aus, die Mobilfunkbelastung ausgesetzt sind. (RH)

„Die Daten der vorliegenden Studie zeigen, dass die Befeldung von Mäusen während ihrer Embryonal- und Neonatalentwicklung mit 900 MHz-Mobilfunk, kognitive Defizite und Verhaltensänderungen hervorrufen kann.“



HF-Wirkung auf embryonale Leber

Auswirkung von GSM-Elektromagnetischen Wellen auf oxidative Stressmarker in der fötalen Rattenleber

Salameh, M., Zeitoun-Ghandour, S., Sabra, L., Daher, A., Khalil, M., & Joumaa, W. H. (2023). Impact of GSM-EMW exposure on the markers of oxidative stress in fetal rat liver. *Scientific Reports*, 13(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44814-z>

Die Hauptfunktion der Leber, dem größten inneren Organ des menschlichen Körpers, besteht in der Entgiftung des Körpers. Durch den Leberstoffwechsel entstehen freie Radikale, die durch enzymatische und nicht-enzymatische Schutzmechanismen entschärft werden. Eine Überbelastung dieser Schutzmechanismen könnte jedoch den oxidativen Stress in der Leber erhöhen und zu Leberschäden führen. Eine Vielzahl von Studien weist darauf hin, dass Mobilfunk bzw. Hochfrequenz in der Lage ist, oxidativen Stress in diversen Organen zu induzieren. Die vorliegende Studie untersucht die Auswirkung von hochfrequenter (900 MHz) Befeldung auf oxidativen Stress, entzündliche und apoptotische Parameter in der Leber von Ratten-Embryonen bzw. -Föten zu unterschiedlichen Entwicklungszeitpunkten.

Studiendesign und Durchführung:

Die trächtigen Ratten wurden 24h pro Tag vom ersten Tag der Trächtigkeit bis zur Entnahme der Proben mit 900 MHz und $25 \pm 0,4$ V/m befeldet. Der SAR-Wert des Lebergewebes wurde mit 0,768 W/kg angegeben. Die befeldeten Embryos bzw. Föten wurden am Tag 7,5, 11,5, 15,5 und 19,5 **post coitus (pc)** untersucht. Die Kontrollen wurden nicht-befeldet. An Tag 7,5 pc wurden die gesamten Embryonen analysiert, zu den anderen drei Zeitpunkten wurde die Leber extrahiert. Der 7,5te Embryonaltag stellt das Ende des Gastrula-Stadiums dar, 11,5te den Beginn des Embryonalstadiums, 15,5te das Ende der Metamorphose des Embryos und 19,5te das zweite fötale Stadium. Die Wissenschaftler analysierten die Lipidperoxidation (MDA) und Konzentrationen der antioxidativen Schutzenzyme SOD, GPx und CAT. Bei SOD wurde zwischen mitochondrialer und cytosolischer Fraktion differenziert. Auch die relative Enzymaktivität (Aktivität/Gewicht Protein) wurde bestimmt. Außerdem wurde die Proteinexpression auf mRNA-Ebene von SOD1, GPx1, CAT, Nrf-2, ICAM-1 und Akt1 mittels quantitativer real-time PCR (q-RT-PCR) bestimmt. (Der Marker für oxidativen Stress Nrf-2 schützt die Zelle vor oxidativen und entzündlichen Prozessen, der Apoptosemarker Akt-1 ist an einer Reihe von zellulären Prozessen wie z.B. Apoptose und Zellteilung beteiligt und der Entzündungsmarker ICAM-1 stellt ein pro-inflammatori-

schες Zytokin dar, Anm. d. Redaktion). Außerdem wurde die Proteinexpression von Nrf-2 auf Proteinebene mittels Western Blot untersucht.

Ergebnisse:

Die Lipidperoxidation war bei den befeldeten Embryonen lediglich an Tag 15,5 pc erhöht, während in früheren Entwicklungsstadien (Tag 7,5 und 11,5 pc) und dem späten fötalen Entwicklungsstadium (Tag 19,5 pc) eine verminderte Lipidperoxidation im Vergleich zu den unbefeldeten Kontrollen festgestellt wurde. Auch die Proteinkonzentrationen der antioxidativen Schutzenzyme verhalten sich inkonsistent. Beim mitochondrialen SOD wurde eine signifikante Erhöhung der Proteinkonzentration am Tag 11,5 und 19,5 pc festgestellt. An Tag 15,5 pc wurde signifikant weniger mitochondriales SOD-Protein gefunden. Im Gegensatz dazu war die cytosolische SOD-Konzentration in der 15,5-pc-Gruppe signifikant erhöht, während es bei der 19,5-pc-Gruppe signifikant verringert war. Die nicht erwähnten Konstellationen waren statistisch nicht signifikant verändert. Der GPx-Spiegel war lediglich in der 11,5-pc-Gruppe signifikant verringert, alle anderen untersuchten Gruppen wiesen keine signifikanten Veränderungen auf. Der CAT-Spiegel war in der 19,5-pc-Gruppe signifikant verringert, in allen drei anderen Gruppen signifikant erhöht. Die relative Aktivität des mitochondrialen SOD war in allen vier Gruppen im Vergleich zu den Kontrollen signifikant verringert. Die relative cytosolische SOD-Aktivität war ausschließlich in der 15,5-pc-Gruppe dezimiert, in den anderen drei Gruppen erhöht. Die relative GPx-Aktivität war in der 11,5- und 15,5-Gruppe signifikant erhöht, im frühesten und spätesten Entwicklungsstadium jedoch statistisch nicht signifikant verändert. Die relative CAT-Aktivität verhielt sich konsistent mit der CAT-Proteinkonzentration im Lebergewebe: Im Vergleich zu den Kontrollen war sie nur in der 19,5-Gruppe signifikant vermindert, in den anderen drei Gruppen signifikant erhöht. Die mRNA-Expression von SOD1 war ausschließlich bei der 15,5-pc-Gruppe im Vergleich zu den jeweiligen Kontrollgruppen signifikant erhöht, in den anderen drei Gruppen signifikant verringert. Die GPx1-mRNA-Expression, war im ersten Stadium signifikant verringert, bei 11,5 und 15,5 signifikant erhöht und war im letzten Stadium nicht signifikant verändert. Die CAT-mRNA-Expression fluktuierte zwischen verringert-erhöht-verringert-erhöht bei den jeweiligen Entwicklungsstadien und war in allen Fällen signifikant verändert. Nrf-2-mRNA-Expression war in den exponierten Gruppen im Vergleich zu den jeweiligen Kontrollen kontinuierlich signifikant verringert. Die Akt1-Expression auf RNA-Ebene war in der 15,5-pc-Gruppe herunterreguliert, in den anderen drei Gruppen gesteigert. Bei ICAM-1 war die RNA-Expression in den ersten drei Entwicklungsstadien signifikant herabreguliert und im späten Embryonalalter signifikant erhöht. Die Protein-Expression von

Nrf-2 unterschied sich nicht signifikant zwischen befeldeter und Kontrollgruppe.

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, wie komplex das Zusammenspiel zwischen Mobilfunk und Organismus sein kann. Die Autoren interpretieren die nicht-konsistenten Daten der jeweiligen Embryonalalter folgendermaßen: Die Daten wiesen darauf hin, dass eine 24/7 Befeldung mit GSM-Mobilfunk während der Embryonalentwicklung von Ratten, in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums, bestimmte Auswirkungen auf den oxidativen Stress sowie apoptotischen und entzündlichen Status in der Leber haben könnte. Im Falle des 15,5 Tages **post coitus** (Ende der embryonalen Metamorphose) reflektieren diese Auswirkungen oxidativen Stress, verringerte Aktivität von SOD sowie CAT und verringerte Genexpression der untersuchten zellulären Marker Nrf-2, Akt1 und ICAM-1. Außerdem sei eine signifikante Reduktion der mitoSOD und CAT-Aktivitäten in fast allen Entwicklungsstadien zu beobachten gewesen. Die verringerte Lipidperoxidation in den früheren und späteren Altern der Embryonalentwicklung erklären die Autoren über kompensatorische, protektive Effekte der Muttertiere (Tag 7,5 und 11,5 pc). Möglicherweise sei dann im späteren, fötalen Stadium (Tag 19,5 pc) der Embryo selbst in der Lage, die schädlichen Mobilfunkwirkungen zu kompensieren. (RH)

„Die Daten wiesen darauf hin, dass eine 24/7 Befeldung mit GSM-Mobilfunk während der Embryonalentwicklung von Ratten, in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums, bestimmte Auswirkungen auf den oxidativen Stress sowie apoptotischen und entzündlichen Status in der Leber haben könnte.“



Wirkung Elektromagnetischer Impulse (EMP)

Elektromagnetische Impulse rufen Kollaps der Blut-Hirn-Schranke durch Öffnung von „Tight-Junctions“ hervor

Gao, M., Peng, H., Hou, Y., Wang, X., Li, J., Qi, H., Kuang, F., & Zhang, J. (2023). Electromagnetic pulse induced blood-brain barrier breakdown through tight junction opening in rats. *Bioelectromagnetics*, May 2022, 1-8. <https://doi.org/10.1002/bem.22494>

Die Blut-Hirn-Schranke (BHS) ist eine der robustesten Barrieren im menschlichen Körper mit hochselektiver Durchlässigkeit und gewährleistet die Trennung des zirkulierenden Bluts vom Gehirn. Die Aufgabe der BHS ist die Verhinderung des Eindringens von Makromolekülen, wie z.B. Pathogenen, bei Durchlässigkeit gegenüber Nährstoffen, wie z.B. Glucose. Die BHS wird von Endothelzellen der Hirnkapillaren unter der Beteiligung von „Tight-Junctions“ (TJ), Perizyten, Basalmembran und astrozytären Endfüßchen geformt. Die TJ stellen einen spezialisierten Zell-Zell-Kontakt dar, der eine wichtige Rolle bei der Steuerung der BHS-Permeabilität spielt. TJ werden aus Transmembranproteinen, zytoplasmatischen Haftproteinen und Proteinen des Zytoskeletts gebildet. Die BHS kann durch verschiedene endogene und exogene Einflüsse, wie z.B. Alterung oder Umweltbelastungen zusammenbrechen und damit schwere Erkrankungen des zentralen Nervensystems hervorrufen. Insbesondere elektromagnetische Strahlung erhält als Umwelteinfluss große Aufmerksamkeit, da die Bevölkerung durch technologischen Fortschritt zunehmend mit dieser Strahlung belastet wird. Es gibt zunehmend Hinweise darauf, dass Elektromagnetische Impulse (EMP) in der Lage sind, die BHS zu beeinflussen. Es existieren jedoch wenig Studien über den Einfluss der EMP-Feldparameter auf die Permeabilität der BHS. Auch der Mechanismus der BHS-Beeinträchtigung ist zum jetzigen Zeitpunkt unverstanden. Die vorliegende Studie befasst sich mit dem Einfluss von EMP-Feldstärken auf die Öffnung der BHS am Rattenmodell.

Studiendesign und Durchführung:

Die Wissenschaftler befeldeten adulte männliche Sprague-Dawley-Ratten schein, mit 50, 100, 200 und 400 kV/m. Abgesehen von der Spitzen-Feldintensität waren die EMP-Parameter: Pulszahl $n = 200$, Pulsbreite $\tau = 200$ ns bei einer Wiederholungsfrequenz von 1,0 Hz. Die Permeabilität der BHS wurde mittels des fluoreszierenden Stoffes FITC-Dextran ermittelt, welcher mit unterschiedlichen Massen bzw. Größen verabreicht wurde: 4 kDa, 10 kDa, 20 kDa und 70 kDa. Das gesamte Experiment wurde verblindet durchgeführt. Die Autoren untersuchten die Gehirne trans-

missions- und fluoreszenzmikroskopisch sowie immunoelektrophoretisch.

Ergebnisse:

In den Gehirnen der schein-befeldeten Tiere wurde nahezu kein FITC-Dextran gefunden. Im Gegensatz dazu wurde Dextran in unterschiedlichem Ausmaß im Parenchym der befeldeten Exemplare festgestellt. Dabei wurde eine Abhängigkeit zwischen Feldintensität und molekularer Masse des Dextrans festgestellt: die kleinen Tracer-Moleküle passierten die BHS auch bei niedrigen Feldstärken, die größeren Moleküle bei höheren Feldstärken. Die Ultrastruktur der BHS bestätigte diesen Befund. In intensitätsabhängiger Weise wurden die TJ erweitert, wobei die schein-befeldeten Exemplare physiologische TJ aufwiesen. Darüber hinaus verbreiterte sich mit zunehmender Feldintensität die kapillare Basalmembran, die Konturen wurden unscharf und die astrozytären Endfüßchen schwellen an. Die Expression der untersuchten TJ-Proteine ZO-1, Occludin und Claudin-5 war nach Befeldung nicht signifikant verändert. Bei 400 kV/m war jedoch ein abnehmender Trend im Vergleich zur schein-befeldeten Gruppe festzustellen, welcher jedoch keine statistische Signifikanz erreichte.

Schlussfolgerungen:

Anhand der Leckage des Tracer-Moleküls FITC-Dextran ins Parenchym der Gehirne und der BHS-Ultrastruktur kann davon ausgegangen werden, dass EMP die BHS von Ratten durchlässig machen kann. Diese Ergebnisse stimmen mit früheren Studien überein. Bei derselben Feldintensität passierten kleine Dextran-Moleküle die BHS leichter als große, während die BHS für größere Moleküle erst bei höheren Feldintensitäten durchlässig wurde. Dabei beobachteten die Autoren eine annähernd lineare Beziehung. Laut den Wissenschaftlern deuten diese Phänomene auf eine enge Verknüpfung der BHS-Permeabilität mit den TJ hin. Die Expression der TJ-Proteine war bei der stärksten Feldintensität tendenziell rückläufig ohne statistische Signifikanz zu erreichen, was darauf hindeutet, dass die BHS nicht hauptsächlich durch die Expressionsniveaus der TJ-Proteine beeinträchtigt wird. Möglicherweise wird durch die EMP die Funktion der TJ gestört. Die Autoren spekulieren, dass EMP die Verbindung zwischen TJ-Proteinen beeinflussen und damit die BHS stören könnte. Da es sich bei Proteinen um geladene Moleküle handelt könnte man rational daraus schließen, dass diese bei bestimmten Feldstärken in ihrer Position verändert werden. So ist bekannt, dass eine Dissoziation von ZO-1 aus dem TJ-Komplex zu einer erhöhten Permeabilität der BHS führen kann. Der genaue Grund für die Öffnung der TJ müsse zwar noch weiter erforscht werden, aber ihre Ergebnisse würden zum ersten Mal Hinweise auf diesen Mechanismus bei der EMP-induzierten Störung der BHS liefern, so die Wissenschaftler. (RH)



HF-EMF und Zecken

Auswirkungen elektromagnetischer Strahlung auf die Neuropeptid-Transkript-Spiegel im Synganglion von *Ixodes ricinus*

Šofranková L, Bañas M, Pipová N, Majláth I, Kurimský J, Cimbala R, Pavlík M, Mateos-Hernández L, Šimo L, Majláthová V. Effects of Electromagnetic (2023). Radiation on Neuropeptide Transcript Levels in the Synganglion of *Ixodes ricinus*. *Pathogens*. 2023 Nov 28;12(12):1398. <https://doi.org/10.3390/pathogens12121398>

Jüngste Studien, die EMF-vermittelte Veränderungen im Verhalten von Zecken untersuchten, haben eindeutig die Fähigkeit von Zecken gezeigt, elektromagnetische Felder wahrzunehmen. Interessanterweise wurde das Vorhandensein von Bakterien (*Rickettsia spp.*) in Zecken mit einer Verstärkung der Reaktion infizierter Zecken auf Strahlung in Verbindung gebracht (mögliche Verbindung zu EHS, Anmerkung der Red.).

Die physiologische Grundlage der bei bestrahlten Zecken beobachteten Verhaltensreaktionen ist nicht geklärt. Die Konzentration von Neurotransmittern und Neuropeptiden könnte jedoch eine Rolle hierbei spielen. Neuropeptide sind kleine Proteinmoleküle, von denen bekannt ist, dass sie in spezifischen neuronalen oder neuroendokrinen Zellen exprimiert werden und eine Vielzahl physiologischer Prozesse regulieren, z. B. Fütterung, Entwicklung, Fortpflanzung, Homöostase, Wachstum, Verdauung, Diurese, Schlaf oder Stress. Bis heute wurden im zentralen Nervensystem der Zecke, dem Synganglion, 38 verschiedene Neuropeptid-Gene identifiziert. Die hier betrachtete Studie untersuchte den Einfluss verschiedener 900 MHz EMF-Intensitäten auf vier ausgewählte Neuropeptid-Transkripte in männlichen und weiblichen *Ixodes ricinus* Synganglien im Erwachsenenstadium.

Studiendesign und Durchführung:

360 erwachsene Schafszecken (*Ixodes ricinus*), 180 männliche und 180 weibliche, wurden verwendet. Die Zecken wurden im Frühjahr 2022 im Nordosten der Slowakei auf einer Wiese gesammelt. Alle Zecken wurden in 16 bestrahlte und 8 Kontrollgruppen mit jeweils 5 Zecken pro Gruppe eingeteilt. Ein Signalgenerator wurde als Quelle einer kontinuierlichen 900-MHz-Hochfrequenz verwendet und an eine Hohlleiter-Hornantenne angeschlossen, die etwa 2 m von dem Versuchsbehälter mit den Zecken entfernt war. Die bestrahlten Gruppen wurden zwei verschiedenen Intensitäten elektromagnetischer Strahlung (2 V/m und 40 V/m) bei unterschiedlich langen Expositionszeiten (10 min, 1 h, 3 h und

24 h) ausgesetzt. Unmittelbar nach der Befeldung wurden die Zecken unter dem Mikroskop seziiert und die Synganglien entfernt. Die Gesamt-RNA wurde isoliert und unter Verwendung von Oligo-Primern in cDNA umgeschrieben. Um die Veränderung der mRNA-Spiegel zu bestimmen, wurde eine qRT-PCR mit einem Thermocycler durchgeführt. Vier zufällig ausgewählte Neuropeptidgene wurden getestet: Allatotropin (*at*), FGLa-verwandtes Allatostatin (*fgla/ast*), Kinin und Arginin-Vasopressin-ähnliches Peptid (*avpl*). Die relativen Transkriptionsniveaus wurden mit der $\Delta\Delta Ct$ -Verhältnismethode berechnet und als Fold Change-Wert ausgedrückt.

Ergebnisse:

Reduzierte mRNA-Konzentrationen von *at* wurden in den meisten der bestrahlten Gruppen gefunden, signifikant nach einer Stunde Bestrahlung bei beiden Geschlechtern. Bei den Weibchen waren die Werte nach einstündiger Exposition um das 0,53- und 0,21-fache reduziert, bei den Männchen um das 0,26- und 0,14-fache. Bei den Weibchen, die einer 40 V/m-Strahlung ausgesetzt waren, waren die Transkript-Gehalte von *at* nicht nur nach der bereits erwähnten einstündigen Bestrahlung, sondern auch nach 3 (0,06-fach) und 24 Stunden (0,04-fach) signifikant reduziert.

Ein Anstieg der mRNA-Konzentrationen von *fgla/ast* wurde bei allen mit 2 V/m bestrahlten Weibchen festgestellt, wobei die Veränderungen zwischen 2,05 und 10,77 lagen. Der 10,77-fache Anstieg bei den weiblichen Tieren, die 3 Stunden lang mit 2 V/m bestrahlt wurden, war signifikant. In den weiblichen Gruppen, die 1 Stunde oder länger bei 40 V/m exponiert waren, waren die *fgla/ast*-Werte signifikant reduziert: 0,27-fach nach 1 h, 0,21 nach 3 h und 0,14-fach nach 24 h Exposition.

Für die *avpl*-Gruppe wurden statistisch signifikante Wirkungen nur bei Weibchen beobachtet. Bei der Kinin-Gruppe wurden statistisch signifikante Wirkungen nur bei den Weibchen bei der höheren Intensität von 40 V/m beobachtet, und zwar ab 10 Minuten Bestrahlung, die sich aber nach 24 Stunden Bestrahlung wieder normalisierten.

Es wurde eine signifikante Abnahme der Transkript-Konzentrationen in allen weiblichen Gruppen gefunden, die 1 bis 3 Stunden lang bei Hochfrequenz-Befeldung höherer Intensität exponiert wurden. Für zwei der vier getesteten Neuropeptide (*at* und *fgla/ast*) wurden in der niedrigen Befeldungs-Bedingung von 2 V/m nach 1 Stunde Befeldung (aber nicht nach nur 10 min) signifikant verringerte Transkript-Spiegel für beide Geschlechter gefunden.

Schlussfolgerungen:

Die Autoren stellten Unterschiede in den Konzentrationen von Neuropeptid-mRNAs im Synganglion der Zecken nach Exposition mit elektromagnetischer Strahlung unterschiedlicher Intensität fest. Frühere Studien an Drosophi-

la und Honigbienen berichteten über unterschiedliche Wirkungen hochfrequenter Strahlung auf den Organismus, die von den verwendeten Strahlungsparametern abhängen. Modulation, gepulste Felder, Intensität und spezifische Absorptionsrate wurden als Faktoren angeführt, die die biologischen Wirkungen der Exposition verstärken. Über die Auswirkungen von EMF auf das Nervensystem von Gliederfüßern liegen nur wenige Informationen vor. In bereits veröffentlichten Arbeiten über *Drosophila* wird vermutet, dass EMF die Signalwege der Ecdysteroid-Produktion und den Gehalt an biogenen Aminen im Gehirn beeinflussen können. Die in dieser Arbeit untersuchten Neuropeptidgene wurden willkürlich ausgewählt, da bisher keine früheren Studien über Neuropeptidgene bei Arthropoden unter dem Einfluss von EMFs veröffentlicht wurden. Leider sind die spezifischen Funktionen der untersuchten Neuropeptide in Zecken noch nicht bekannt, so dass eine umfassendere Studie erforderlich ist, um die Auswirkungen von EMF auf die beobachteten Neuropeptide zu verstehen. (AT)



Hinweise für biologische Interaktion von THz-Wellen

Terahertz-Befeldung verbessert kognitive Einschränkungen und mildert die Alzheimer-Neuropathologie in der APP^{SWE}/PS1^{DE9}-Maus: Eine neuartige therapeutische Möglichkeit zur Behandlung von Alzheimer

Zhang, J., Chen, Y., Zhao, Y., Wang, P., Ding, H., Liu, C., Lyu, J., & Le, W. (2023). Terahertz Irradiation Improves Cognitive Impairments and Attenuates Alzheimer's Neuropathology in the APP^{SWE}/PS1^{DE9} Mouse: A Novel Therapeutic Intervention for Alzheimer's Disease. *Neuroscience Bulletin*. <https://doi.org/10.1007/s12264-023-01145-3>

Alzheimer ist eine neurodegenerative Erkrankung, die durch zunehmende Gedächtnisdefizite und kognitiven Leistungsabfall gekennzeichnet ist. Auf zellulärer bzw. histologischer Ebene ist Alzheimer durch Amyloid- β (A β)-Ablagerungen, Tau-Hyperphosphorylierung, erhöhtem oxidativem Stress, Neuroinflammation, mitochondrialer Dysfunktion, synaptischem Verlust und Neurodegeneration im Gehirn charakterisiert. Terahertz (THz)-Wellen besitzen eine hohe Durchdringungsfähigkeit für eine Vielzahl von Materialien und besitzen ein großes Potenzial im Bereich der Biotechnik. (Es ist angedacht zukünftig im Zuge der 6G-Drahtlos-

kommunikation das D-Band mit einem Frequenzspektrum von 110-170 GHz zu nutzen, Anm. d. Redaktion). In der vorliegenden Studie untersuchten die Autoren die Auswirkungen von 0,14 THz-Wellen (140 GHz) auf die Neuropathologie von Alzheimer anhand des doppelt-transgenen Alzheimer-Mausmodells APP^{SWE}/PS1^{DE9}.

Studiendesign und Durchführung:

Die von der Strahlungsquelle emittierten THz-Wellen (0,14 THz) wurden in eine Hornantenne eingespeist und mit einer TPX-Linse gebündelt um einen Richtstrahl zu erhalten. Dieser wurde mit einem optischen Kabel auf die Stirn der Versuchstiere übertragen. Die endgültige Leistungsdichte betrug 25 mW/cm². Zunächst überprüften die Autoren die Schädel-Durchdringungsfähigkeit der THz-Wellen, sowie die gesundheitliche Unbedenklichkeit der gewählten Signalstärke an wildtypischen C57BL/6-Mäusen. Die darauffolgenden Experimente wurden am Alzheimer-Mausmodells APP^{SWE}/PS1^{DE9} (AD) durchgeführt. Als Kontrolle dienten altersgleiche wildtypische (WT) Exemplare desselben Wurfs. Sowohl AD- als auch WT-Mäuse wurden in zwei Untergruppen mit je 18 Exemplaren (n = 18) unterteilt: WT-Kontrolle, WT-THz, AD-Kontrolle, AD-THz. Die Kontrollen wurden nicht befeldet. Die Befeldungsperiode betrug 3 Monate, vom 5ten bis zum 8ten Lebensmonat. Die Versuchstiere wurden 10 min pro Tag, 5 Tage die Woche über 12 Wochen befeldet. Die Autoren untersuchten Verhalten bzw. kognitive Funktion der AD-Mäuse mittels Y-Labyrinth (räumliches Lernen und Gedächtnis), Morris-Wasserlabyrinth (räumliches Lernen und Gedächtnis) und dem „Neuen-Arm-Erkundungstest“ (Erkundungsverhalten). Anschließend wurden die Gehirne der Mäuse mikroskopisch, enzymatisch-immunadsorptiv, gelelektrophoretisch und immunohistochemisch analysiert. Hierbei wurden pathologische Kennzeichen von Alzheimer (A β -Plaques, Tau-Hyperphosphorylierung), Marker für neuronaler Degeneration (NeuN, MAP-2, Synaptophysin), Marker für Neuroinflammation (Anzahl Mikroglia-Zellen und Astrozyten, pro-inflammatorische Cytokine) und Marker für mitochondriale Funktion (Morphologie, COX) untersucht.

Ergebnisse:

Wie zu erwarten besaßen die 8-monatigen AD-Mäuse im Vergleich zu ihren wildtypischen Kontrollen signifikant verschlechterte Gedächtnisleistungen bzw. kognitive Fähigkeiten. Dies wurde in allen drei Verhaltenstests bestätigt. Bemerkenswerter Weise führte die Hochfrequenz-Befeldung zu signifikanten Verbesserungen der kognitiven Fähigkeiten bei den AD-Mäusen (AD-Kontrolle vs AD-THz). Bei den wildtypischen Mäusen war keine statistisch signifikante Auswirkung der Befeldung festzustellen. Im Vergleich der AD-Mäuse führte die Hochfrequenz nicht nur zu einer signifikanten Unterdrückung der A β -Plaque-Bildung im Kortex und im Hip-

pocampus, sondern auch zu signifikant niedrigeren Konzentrationen von A β 42, A β 40 oder löslichen neurotoxischen A β -Oligomeren in Hirn-Homogenaten. Es wurden jedoch keine Hinweise auf eine erhöhte A β -Aufnahme der Mikrogliazellen gefunden. Außerdem wurde im Vergleich der AD-Kontrolle zur AD-THz-Gruppe im Kortex, nicht jedoch im Hippocampus, signifikant weniger phosphoryliertes Tau-Protein (p-tau-231 und p-tau396) nach der Befeldung festgestellt. Im Vergleich zu den wildtypischen Kontrollen beobachteten die Autoren bei den AD-Kontrollen signifikante neuronale Degeneration in Form von signifikanten Verlusten von Neuronen und Dendriten. Dies wurde bei den AD-Mäusen durch Befeldung signifikant verbessert. Bei den wildtypischen Mäusen wurden keine signifikanten Veränderungen durch die Hochfrequenz beobachtet. Ein ähnliches Bild wurde auch bei der Neuroinflammation bzw. mitochondrialen Dysfunktion sichtbar. Im Vergleich AD-Kontrolle gegenüber Wildtyp-Kontrolle wurde signifikant erhöhte Neuroinflammation und mitochondriale Dysfunktion erkennbar. Dieser AD-Phänotyp wurde durch die Befeldung signifikant verbessert.

Schlussfolgerungen:

Die Daten der vorgelegten Studie weisen darauf hin, dass Hochfrequenz-Befeldung im sub-THz-Bereich (140 GHz) kognitive Defizite im Alzheimer-Kontext verbessern können. Es wurde eine verminderte A β /Tau-Pathologie sowie eine Wiederherstellung von neuronalen Verlusten, Neuroinflammation und mitochondrialen Funktionen als Konsequenz der Befeldung festgestellt. Da keine erhöhte Mikroglia-Aktivität festgestellt werden konnte, hypothesieren die Wissenschaftler, dass die Hochfrequenz die Wasserstoffbrücken innerhalb der A β -Fibrillen zerstören, und so die enge Konformation der β -Faltblätter aufheben könnte. (Abseits dieses durchaus vielversprechenden therapeutischen Ansatzes zur Alzheimerbekämpfung mittels Hochfrequenz, weisen die Daten zusätzlich auf 2 weitere Faktoren hin: 1) sub-THz-Wellen sind imstande mit ~70 % den Schädel zu durch- und damit ins Gehirn vorzudringen. 2) Es kann von einer biologischen, nicht-thermischen Wirkung von sub-THz-Feldern ausgegangen werden. Inwiefern diese auf einen physiologischen Organismus wirken müssen zukünftige Untersuchungen zeigen. In jedem Fall wurden die Mäuse mit einer geringen Hochfrequenzdauer (5 Tage die Woche, 10 min pro Tag) befeldet. Die Tatsache, dass die Ergebnisse auf eine Interaktion der Hochfrequenz mit Protein-Sekundärstrukturen hinweisen, ist jedoch als höchst bedenklich einzustufen. Als Therapeutikum für Alzheimer scheint sub-THz-Befeldung jedoch einen vielversprechenden Ansatz darzustellen, Anm. d. Redaktion). (RH)



Übersichtsstudie zu 14 Jahren EMF-Forschung Elektromagnetische Felder als Risikofaktor für die Gesundheit

Jakusova, V., & Hamza Sladicekova, K. (2022). Electromagnetic Fields as a Health Risk Factor. *Clinical Social Work and Health Intervention*, 13(6), 49–57. https://doi.org/10.22359/cswghi_13_6_10

Der massive Ausbau von Wissenschaft und Technik in den letzten Jahrzehnten hat zu einer progressiven Zunahme künstlicher elektromagnetischer Strahlungsquellen geführt, die natürliche Strahlung in Menge und Intensität um ein Vielfaches übertreffen. Praktisch die gesamte Weltbevölkerung ist einer Vielzahl von hochfrequenten Feldern, beispielsweise Mobilfunk, ausgesetzt. Ein kritischer Aspekt dabei ist, dass die Bevölkerung keine Kenntnisse über die Belastung oder die Parameter der Hochfrequenz besitzt. Chronische Hochfrequenz-Befeldung des menschlichen Körpers bei Intensitäten, die zu gering sind, um thermische Wirkungen zu erzeugen, können in elektromagnetischer Hypersensibilität (EHS) sowie Verringerung der Spermienanzahl, Fruchtbarkeit und Immunantwort resultieren. In diesem Kontext hervorzuheben sind insbesondere Kinder, da diese eine besondere Anfälligkeit gegenüber gesundheitsschädlichen Umweltfaktoren aufweisen. Auch niederfrequente elektromagnetischer Felder können gesundheitsschädliche Wirkungen erzeugen. Mögliche Quellen von Niederfrequenz beinhalten Hochspannungsleitungen aller Art, aber auch medizinische Geräte oder sogar Mobiltelefone. Die Niederfrequenzwirkungen umfassen Kindheits-Leukämie und im Falle von langjähriger berufsbedingter Exposition Stress, Angst, Depressionen sowie Schlaf-, Herzschlag- und Gehirnstörungen. Sowohl Hochfrequenz als auch Niederfrequenz werden jedoch auch in der therapeutischen sowie diagnostischen medizinischen Behandlung angewendet. Das Ziel der vorliegenden Übersichtsarbeit war es, die wichtigsten Forschungsergebnisse der Arbeitsgruppe, von der auch diese Publikation stammt, zu möglichen gesundheitsschädlichen Auswirkungen zu evaluieren.

Studiendesign und Durchführung:

Die Arbeit besteht aus wissenschaftlichen, im Volltext publizierten Studien, welche in den vergangenen 14 Jahren am „Department of Medical Biophysics JFM CU“ entstanden sind. Alle Studien wurden in wissenschaftlichen Journalen „peer-reviewed“ und veröffentlicht, hauptsächlich in den Plattformen „Scopus“ und „Web of Science“. Insgesamt handelt es sich um 13 Publikationen, wobei 11 GSM-Mobilfunk (900 und 1800 MHz), 1 Niederfrequenz und eine die Konstruktion eines Befeldungssystems behandelten. In dem elek-

tromagnetischen Labor wurden zum Thema Hochfrequenz hauptsächlich Untersuchungen an Studenten, Versuchstieren sowie Computermodelle des Gehirns genutzt.

Ergebnisse:

Die bedeutsamsten Ergebnisse der Arbeitsgruppe in Bezug auf Mobilfunk beinhalten Beeinflussung der Herzfrequenz bei Kaninchen; die Hochfrequenz erhöhte die Parasympathikus-Aktivität bei Befeldung des Kopfes und die Sympathikus-Aktivität bei Befeldung des Brustkorbs. Ähnliche Wirkungen wurden auch beim Menschen beobachtet. Außerdem analysierte die Arbeitsgruppe physikalische Parameter von Hochfrequenzfeldern in realitätsnahen Szenarien: Elektrische Feldstärken von 1,85 V/m wurden in Wohngebieten gemessen und ein signifikanter Anstieg der Leistungsdichte wurde regelmäßig in abgeschirmten Arealen (vergleichbar mit der Wirkung eines Faradayschen Käfigs) nachgewiesen. Die Ergebnisse weisen klar auf eine mögliche schädigende Wirkung des Mobilfunks in abgeschirmten Arealen hin. Bei allen in dieser Übersicht angegebenen Studien, bei denen eine Dosimetrie erfolgte, wurden ICNIRP-Grenzwerte eingehalten. Bei zwei Studien wurden jedoch die vom „BioInitiative Report“ vorgeschlagenen Grenzwerte (0,1 - 0,15 V/m in einem Frequenzbereich von 400 - 2000 MHz) überschritten. Die ICNIRP-Grenzwerte liegen zum Vergleich bei 58,354 V/m. Die Studie, welche sich mit den Auswirkungen von Niederfrequenz beschäftigte, dokumentierte eine hemmende Wirkung auf das Wachstum von Hefen.

Schlussfolgerungen:

Bedauerlicherweise haben wissenschaftliche, medizinische und Gesundheitsbehörden nach mehr als 25 Jahren Diskussion keine einheitliche Meinung zu der Frage, ob und inwiefern Mobilfunk eine Gefahr für die öffentliche Gesundheit darstellt. Trotzdem wird 5G-Mobilfunk flächendeckend eingeführt. Die ICNIRP-Grenzwerte berücksichtigen lediglich thermische Mobilfunk-Wirkungen, obwohl eine Vielzahl von Arbeitsgruppen die Existenz von nicht-thermischen biologischen Wirkungen dokumentiert haben. Diese biologischen Wirkungen scheinen von einer Vielzahl physikalischer Größen wie z.B. Polarisierung, Richtung, Frequenzmodulation und Ausbreitung des Signals in abgeschirmten oder nicht-abgeschirmten Objekten abhängig zu sein. Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe deuten darauf hin, dass eine Mobilfunkbefeldung in abgeschirmten Bereichen die Flussdichte der elektrischen Intensität erheblich erhöhen und somit stärkere gesundheitsschädliche Wirkungen hervorrufen kann. Laut den Autoren erfordert eine seriöse Forschung im Bereich elektromagnetischer Felder die Untersuchung der komplexen Zusammenhänge physikalischer, biologischer und sozialer Phänomene, um eine wirksame Kontrolle zum Schutze der öffentlichen Gesundheit zu etablieren. (RH)



ELF-EMF und Bienen

Extrem niederfrequentes elektromagnetisches Feld beeinträchtigt die Entwicklung der Honigbiene (*Apis cerana*)

Li Y, Sun C, Zhou H, Huang H, Chen Y, Duan X, Huang S, Li J (2022). Extremely low-frequency electromagnetic field impairs the development of honeybee (*Apis cerana*). *Animals*. 2022 Sep 14;12(18):2420. <https://doi.org/10.3390/ani12182420>

Mit der wirtschaftlichen Entwicklung haben die Erzeugung und Übertragung von elektrischer Energie und die Nutzung einer Vielzahl von Geräten im Haushalt und von Maschinen in Fabriken rasch zugenommen. Diese Aktivitäten erzeugen zusätzliche elektromagnetische Felder und führen so zu einer allgegenwärtigen elektromagnetischen Verschmutzung der Umwelt. Extrem niederfrequente elektromagnetische Felder (ELF-EMF, unter 300 Hz), die von Hochspannungsleitungen, Haushaltskabeln, Elektromotoren in Autos, elektrischen Zügen und Straßenbahnen sowie Schweißgeräten erzeugt werden, gehören zu den häufigsten starken elektromagnetischen Quellen. Der Bedarf an Bestäubung in der Landwirtschaft steigt weltweit kontinuierlich an. Die Population der Bestäuber, einschließlich der Honigbienen, nimmt jedoch ab, was eine ernsthafte Bedrohung für die landwirtschaftliche Produktion und die Lebensmittelsicherheit der Menschen darstellt. Die zunehmende ELF-EMF-Belastung in der Umgebung könnte die kognitiven Fähigkeiten und die Lernfähigkeit der Honigbienen beeinträchtigen, was eine Gefahr für die Honigbienenpopulation und ihre Bestäubungsleistung darstellt. In einem Honigbienenenvolk hängt die Zahl der erwachsenen Bienen von der erfolgreichen Aufzucht von Larven und der kontinuierlichen Eklosion neuer Bienen ab. Es gibt jedoch bislang keine Studien über den Einfluss von ELF-EMFs auf Honigbienenlarven.

Studiendesign und Durchführung:

Die Versuchskolonien von *Apis cerana* wurden in der Versuchsimkerei des College of Animal Science (College of Bee Science) der Fujian Agriculture and Forestry University aufgezogen. Es wurden insgesamt sechs 24-Well-Platten mit jeweils vierundzwanzig 2 Tage alten Honigbienenlarven aufgestellt. Davon wurden 72 Larven als Kontrollgruppe verwendet. Die restlichen drei Platten mit 72 Larven wurden in den ELF-EMF-Generator (Spulensystem) eingesetzt und erhielten eine Exposition mit einer Feldstärke von 3 mT (50 Hz) für den Zeitraum vom Tag des Schlüpfens bis zum Ende der Verpuppung. Die Larven wurden für die Verpuppung in neue 24-Well-Platten umgesetzt und dann für das Puppen-

stadium im Inkubator gehalten. Sowohl die weißäugigen Puppen als auch die frisch geschlüpften Erwachsenen wurden gewogen, um die Auswirkungen von ELF-EMF auf das Gewicht der Honigbienen zu bestimmen.

Die Wissenschaftler untersuchten die Überlebensrate, das Körpergewicht und die Entwicklungsdauer der Larven des ersten Larvenstadiums. Darüber hinaus wurde das Transkriptom von Larven des fünften Stadiums sequenziert, um die Unterschiede in den exprimierten Genen zu analysieren. Das fünfte Larvenstadium ist das maximale Fressstadium der Larven. Es wurden jeweils drei Larven im fünften Stadium für die RNA-Extraktion und die anschließende Transkriptom-Sequenzierung und bioinformatische Analyse entnommen, um die Reaktion auf ELF-EMF auf der Ebene der Genexpression zu untersuchen. Die Expressionsniveaus jedes einzelnen Gens wurden mit der RPKM-Methode analysiert (Reads per Kilobase des Transkripts pro Million kartierter Lesungen). Um die Zuverlässigkeit der Transkriptom-Sequenzierungsdaten zu validieren, wurden die Expressionen von sechs Genen aus der „Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes“ (KEGG)-Anreicherung, die mit der Energieproduktion und der Nährstoffaufnahme und -verwertung in Zusammenhang stehen, mittels qRT-PCR quantifiziert.

Ergebnisse:

Die Überlebenskurve der Honigbienenlarven wurde anhand der täglichen Anzahl toter Honigbienen erstellt. Das Ergebnis zeigte, dass 68 % der Larven in der Kontrollgruppe ihre Entwicklung beenden konnten, während es in der EMF-Expositionsgruppe nur 22 % waren. Die ELF-EMF-Exposition verringerte signifikant die Überlebensrate der Honigbienen-Larven und sowohl das Gewicht der Puppen mit weißem Auge als auch das der frisch geschlüpften Erwachsenen, erhöhte die Entwicklungsdauer und beeinträchtigte ernsthaft den Prozess der Metamorphose und Verpuppung. Die unterschiedlich exprimierten Gene (DEGs, „differentially expressed genes“) in den Honigbienenlarven der Kontrollgruppe und der EMF-Gruppe wurden analysiert. Unter 10.972 Unigenen zeigten insgesamt 422 Unigene unterschiedliche Ausprägungen, darunter 153 hochregulierte Unigene und 269 herunterregulierte Unigene in der EMF-Gruppe. Es wurden KEGG Anreicherungsanalysen durchgeführt, um die Wege der DEGs zu identifizieren. Insgesamt wurden zwölf Pfade identifiziert, von denen zehn Pfade herunterreguliert waren. Dabei handelte es sich um die Fettsäureelongation, die Biosynthese ungesättigter Fettsäuren, den Fettsäurestoffwechsel, den Tyrosinstoffwechsel, den Arzneimittelstoffwechsel, den Glutathionstoffwechsel, den Ascorbat- und Aldaratstoffwechsel, den Arachidonsäurestoffwechsel, das Phagosom und den Etherlipidstoffwechsel. Alle diese herunterregulierten Stoffwechselwege sind hauptsächlich am Stoffwechsel von Kohlenhydraten, Fettsäuren und Amino-

säuren beteiligt, was mit dem Prozess der Energieproduktion und der Aufnahme und Verwertung von Nährstoffen zusammenhängt. Das Profil der herunterregulierten Expression in der qRT-PCR war identisch mit dem in der RNA-seq-Analyse gezeigten Expressionsmodus. Dies bestätigte die Genauigkeit der RNA-seq-Ergebnisse.

Schlussfolgerungen:

Die zunehmende ELF-EMF-Umweltverschmutzung bedroht das Überleben der Honigbienen. Gesunde Larven und die kontinuierliche Eklosion neuer erwachsener Bienen im Bienenvolk bestimmen grundlegend die Bestäubungsleistung. Daher sollte die Auswirkung von ELF-EMF auf Honigbienenlarven untersucht werden, da bestehende Infrastrukturen wie Stromleitungen schädliche Auswirkungen haben könnten. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass die ELF-EMF-Exposition die Überlebensrate und das Körpergewicht der Honigbienen verringerte, die Dauer ihrer Entwicklungszeit verlängerte und den Prozess der Metamorphose und Verpuppung ernsthaft störte. Die KEGG-Anreicherung zeigte, dass die Pfade der Synthese und des Metabolismus von Fettsäuren und des Metabolismus von Aminosäuren und Kohlenhydraten am stärksten angereichert waren. Die ELF-EMF-Exposition verringert den Nährstoff- und Energiestoffwechsel und beeinträchtigt den Prozess der Metamorphose und Verpuppung. (AT)



EMF-Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen

Welche Erkenntnisse gibt es über die Auswirkungen anthropogener hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Tiere und Pflanzen in der Umwelt: eine systematische Übersicht

Karipidis K, Brzozek C, Mate R, Bhatt CR, Loughran S, Wood AW. What evidence exists on the impact of anthropogenic radiofrequency electromagnetic fields on animals and plants in the environment: a systematic map (2023). *Environmental Evidence*. 2023 May 11;12(1):9. <https://doi.org/10.1186/s13750-023-00304-3>

Die Exposition durch hochfrequente elektromagnetische Felder (HF-EMF) ist einer der häufigsten und am schnellsten wachsenden anthropogenen Faktoren in der Umwelt. In vielen Ländern werden die Menschen durch Sicherheitsnormen, die auf den Richtlinien der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) beruhen,

vor schädlicher HF-EMF-Exposition geschützt (so zumindest die offizielle Position, Anm. der Red.). Die ICNIRP-Richtlinien beruhen auf den Erkenntnissen über die Auswirkungen von HF-EMF auf den menschlichen Körper, doch gibt es derzeit keine anerkannten internationalen Richtlinien, die auch Tiere und Pflanzen schützen. Die Frage, ob die ICNIRP-Richtlinien ausreichen, um die Umwelt zu schützen, ist Gegenstand aktiver Diskussionen. Die Intensität von HF-EMF nimmt mit der Entfernung von der HF-Quelle sehr schnell ab. Obwohl es viele HF-Quellen in der Umwelt gibt, ist es die unmittelbare Nähe zu einer bestimmten Quelle (z. B. direkt neben einer Rundfunkantenne), die zu deutlich erhöhter Exposition führt. Die Öffentlichkeit ist besorgt, dass neue Telekommunikationstechnologien, wie 5G, die natürliche Umwelt beeinträchtigen könnten. Um dieses Risiko besser einschätzen zu können, haben nun eine Gruppe australischer Forscher eine systematische Karte erarbeitet, die eine grobe und breite Übersicht des Forschungsstandes darstellt. Das Ziel dieser systematischen Karte ist es, alle relevanten Beweise für die Auswirkungen von HF-EMF auf Tiere und Pflanzen in der Umwelt zu identifizieren, zu sammeln und zu kategorisieren. Diese Karte bietet eine durchsuchbare Datenbank mit allen verfügbaren Belegen dafür, ob anthropogene HF-EMF Auswirkungen auf Pflanzen und Tiere in der Umwelt haben. Die Karte zeigt auch Wissenslücken auf, empfiehlt zukünftige Forschung und informiert Umwelt- und Strahlenschutzbehörden. Sie wurde von der „Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency“ (ARPANSA) in Zusammenarbeit mit der „Swinburne University of Technology“ erstellt. Die ICNIRP bereitet derzeit eine Stellungnahme zu den Auswirkungen von EMF auf die Umwelt vor und prüft, ob die derzeitigen Expositionsrichtlinien für Menschen auch Pflanzen und Tiere in ihrer natürlichen Umgebung ausreichend schützen. Die hier beschriebene systematische Karte wird in das ICNIRP-Projekt einfließen und auch anderen Umwelt- und Strahlenschutzbehörden zur Verfügung gestellt werden.

Studiendesign und Durchführung:

Die angewandte Methode wurde in einem A-priori-Protokoll veröffentlicht. Es wurden die Datenbanken EMF-Portal, PubMed und Web of Science durchsucht, und die daraus resultierenden Artikel wurden in drei Stufen geprüft: Titel, Zusammenfassung und Volltext. Eingeschlossen wurden alle Studien, die Tiere oder Pflanzen zum Gegenstand hatten und die eine Exposition durch HF-EMF (bei 100 kHz–300 GHz) untersuchten. Alle Laborstudien an Nagetieren oder Primaten wurden jedoch ausgeschlossen, mit der Rechtfertigung, dass diese Studien das Ziel hatten, Auswirkungen beim Menschen zu modellieren. Für jede eingeschlossene Studie wurden Metadaten zu Schlüsselvariablen von Interesse extrahiert, welche zur Darstellung der Verteilung der verfügbaren Evidenz verwendet wurden.

Ergebnisse:

Die Suche ergab 24 432 Artikel, von denen 334 Artikel (237 über Fauna und 97 über Flora) relevant waren und in die systematische Karte aufgenommen wurden. Bei der überwiegenden Mehrheit der Studien handelte es sich um Laborexperimente und nicht um Beobachtungsstudien von Tieren und Pflanzen in der natürlichen Umgebung. Die Mehrzahl der Studien untersuchte Expositionen bei Frequenzen zwischen 300 und 3000 MHz, und obwohl die Expositionsstärke variierte, war sie meist niedrig und lag unter den ICNIRP-Grenzwerten. In den meisten Tierstudien wurden Insekten (n=101) und Vögel (n=86) untersucht, während Getreide (n=21) und Hülsenfrüchte (n=19) die am häufigsten untersuchten Pflanzen waren. Bei den Tieren wurden vor allem die Entwicklung der Fortpflanzung und das Verhalten, bei den Pflanzen die Keimung und das Wachstum untersucht. In der überwiegenden Mehrheit der Studien wurden Methoden von schlechter Qualität verwendet (zumindest im interdisziplinären Vergleich, Anm. der Red.).

Diskussion und Schlussfolgerungen:

Diese systematische Karte sammelte und katalogisierte die Originalforschung, die sich mit den Auswirkungen anthropogener HF-EMF auf Tiere und Pflanzen in der Umwelt befasst. Es gibt eindeutige Evidenzcluster: für die Fauna zu Fortpflanzung, Entwicklung und Verhalten von Insekten und Vögeln und für die Flora zu Keimung und Wachstum von Getreide und Hülsenfrüchten, die von spezifischen systematischen Reviews profitieren würden. Die systematische Karte zeigt auch die klare Notwendigkeit, die Auswirkungen von HF-EMF auf mehr Arten bei mehr Frequenzen zu untersuchen, und eine Verbesserung der Qualität der Studien anzustreben. Die systematische Karte hat eine Reihe von Unterthemen identifiziert, die von einer weiteren Analyse profitieren würden. Die Cluster zu Fortpflanzung, Entwicklung und Sterblichkeit von Vögeln und Insekten könnten speziell untersucht und möglicherweise in einer großen systematischen Übersicht zusammengefasst werden. Angesichts der hohen Wahrscheinlichkeit einer direkten Bestrahlung von Vögeln und Insekten, sowie der möglichen Exposition von Eiern in Nestern in der Nähe von Telekommunikationsantennen, sind diese Fragen relevant für politische Entscheidungsträger. Die Auswirkung von HF-EMF auf das Verhalten von Vögeln und Insekten ist ein weiteres Thema, zu dem es eine ganze Reihe von Arbeiten gibt, die von einem Review profitieren würden. Mit diesem Thema verbunden sind Studien zur Untersuchung der Magnetrezeption und Orientierung von Zugvögeln und bestimmten Insekten. Eine Synthese der Erkenntnisse zu letzteren Themen wird wahrscheinlich durch die besonders niedrige Qualität jener Studien erschwert, so dass eine sorgfältige Analyse des Risikos der Verzerrung erforderlich ist.

Ein besonderes öffentliches Anliegen im Zusammenhang mit der Einführung des 5G-Mobilfunknetzes sind die möglichen Auswirkungen auf Bienenvölker. Ein systematisches Review, welches alle Studien zusammenführt, welche das Verhalten und die Orientierung von exponierten Bienen untersucht haben, wäre für die politischen Entscheidungsträger sehr nützlich. Bei der Flora ist das offensichtliche Unterthema, zu dem es zahlreiche Studien gibt, die Thema einer systematischen Übersicht werden könnten, die Keimung und das Wachstum, hauptsächlich bei Getreide und Hülsenfrüchten. Es gibt nur eine kleine Anzahl von Beobachtungsstudien über die Abundanz bzw. den Rückgang von Populationen bestimmter Vögel und Insekten, und es besteht ein großer Bedarf an weiteren Beobachtungsstudien zur Untersuchung der ökologischen Auswirkungen von EMF. (AT)



EMF und circadianer Rhythmus

Einfluss von elektromagnetischen Feldern auf den circadianen Rhythmus: Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und Krankheit

Martel J, Chang SH, Chevalier G, Ojcius DM, Young JD (2023). Influence of electromagnetic fields on the circadian rhythm: implications for human health and disease. *biomedical journal*. 2023 Jan 19. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2023.01.003>

In den 1920er Jahren beobachtete Alexander Chizhevsky, dass eine hohe Sonnenaktivität - gemessen an der Anzahl der Sonnenflecken, die die magnetische Aktivität der Sonne widerspiegeln - mit sozialen Unruhen, kardiovaskulärer Sterblichkeit, psychischen Erkrankungen und Schwankungen in der Ernte einherging. Diese Perioden mit Sonnenfleckenmaxima traten alle 11 Jahre auf. Inzwischen gibt es zahlreiche Hinweise darauf, dass solare Störungen die menschliche Gesundheit beeinträchtigen können.

Auswirkungen von Sonnenstörungen auf die menschliche Gesundheit:

So wurde etwa eine hohe Sonnenaktivität mit einer verringerten Herzfrequenzvariabilität (HRV) und einem Anstieg der kardiovaskulären Sterblichkeit um 5 % in Verbindung gebracht. Auch ergab eine große internationale Studie, dass während Sonnenstürmen eine 19 %ige Erhöhung der Schlaganfälle auftritt. Robert E. Hope-Simpson beobachtete, dass

Grippepandemien zyklisch auftreten und mit Zeiten hoher Sonnenfleckenaktivität zusammenfallen. Später zeigte sich, dass Pandemien allgemein in Zeiten niedriger oder hoher Sonnenfleckenaktivität auftreten, so auch die Covid-19-Pandemie. Die Beobachtung, dass dies auch für nicht-infektiöse Krankheiten zutrifft, deutet darauf hin, dass der Grund hierfür möglicherweise die Störung der physiologischen Funktionen des Wirts ist. Allerdings reagieren nur geschätzt 10-15 % der Bevölkerung auf solare und geomagnetische Störungen.

Schumann-Resonanzen als Taktgeber und das geomagnetische Feld der Erde als Zeitgeber:

1952 sagte Winfried Otto Schumann voraus, dass schwache elektromagnetische Wellen zwischen der Ionosphäre und der Erdoberfläche abprallen. Die Schumann-Resonanzen (SR) wurden später entdeckt und den Blitzen zugeschrieben, die 50 bis 100 Mal pro Sekunde auf die Erde treffen und eine Grundfrequenz von 7,8 Hz erzeugen, mit zusätzlichen Spitzen bei 15, 21, 30 und 45 Hz. Elektrische Schwingungen von 8 Hz wurden bei verschiedenen Lebewesen wie Zooplankton, Insekten, Schlangen, Haien und Säugetieren beobachtet. Herbert L. König untersuchte Elektroenzephalogramme (EEG) des Gehirns und stellte Ähnlichkeiten zwischen der Grundschwingung der SR und Alphawellen fest, die das (entspannte) menschliche Gehirn erzeugt und die in den Bereich von 7-14 Hz fallen. In ähnlicher Weise wird geistige Konzentration mit Gehirnwellen von 14-30 Hz assoziiert, die den höheren SR-Frequenzen entsprechen. Auf den ersten Blick scheinen die Gehirnströme ein Epiphänomen der neuronalen Aktivität zu sein und die Ähnlichkeiten zwischen EEG und SR ein reiner Zufall. Durch die Erzeugung künstlicher Frequenzen im Bereich von 3-5 Hz war König jedoch in der Lage, die geistige Leistungsfähigkeit zu verringern und die Reaktionszeit bei Freiwilligen zu beeinträchtigen, während 10 Hz diese Funktionen verbesserten.

Elhalel et al. zeigten kürzlich, dass ein sehr schwaches Magnetfeld bei einer Frequenz von 7,8 Hz positive Auswirkungen auf Herzmuskelzellen der Ratte hat, indem es oxidative Schädigung um etwa 40 % reduziert (die Wirkung wird durch spannungsgesteuerte Kalziumkanäle vom Typ SERCA vermittelt, Anm. der Red.).

Rütger Wever zeigte, dass Freiwillige, die für mehrere Wochen in einem unterirdischen Bunker gehalten wurden, der von den SR abgeschirmt war und in dem es kein Außenlicht gab, eine gestörte circadiane Periode von 12 bis 56 Stunden hatten, anstatt der üblichen 24 Stunden. Die Desynchronisierung des Schlaf-Wach-Zyklus konnte behoben werden, indem ein elektrischer Feldgenerator mit einer Frequenz von 10 Hz im Raum platziert wurde (M. Persinger entwickelte später tragbare SR-Generatoren für die NASA, die Weltraumaufenthalte für Astronauten erträglicher machen, Anm. der Red.). Der circadiane Rhythmus (CR) spielt eine

entscheidende Rolle bei der Synchronisierung von Körperfunktionen wie unter anderem hormonelle, metabolische, kardiovaskuläre, neurologische und immunologische Funktionen. Umweltreize wie Licht, die elektromagnetischen Felder (EMF) der Erde, Temperatur und Nahrungsaufnahme sind die wichtigsten Zeitgeber, die die Rhythmik des Zyklus beeinflussen. Sonnenstürme beeinflussen die SR-Frequenzen und stören somit möglicherweise die Resonanz zwischen der Erde und dem menschlichen Gehirn. Variationen der SR korrelieren mit Veränderungen der Gehirnströme. So beobachteten Pobachenko et al. eine Echtzeitkohärenz zwischen Schwankungen der SR und der Gehirnaktivität.

Darüber hinaus sind viele Tiere in hohem Maße auf das geomagnetische Feld (GMF) angewiesen, um sich in Raum und Zeit zu orientieren. Experimente, die in abgeschirmten Umgebungen durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass lebende Organismen das GMF benötigen, da es für die Regulierung verschiedener zellulärer Prozesse erforderlich ist, z.B. für die Genexpression, den Zellzyklus, die Funktion von Enzymen und Mitochondrien sowie die Zellmigration und -differenzierung. Während das Magnetfeld oft als statisch beschrieben wird, wird es tatsächlich von der Sonne moduliert und variiert in seiner Intensität im Tagesverlauf. Dementsprechend wurde vorgeschlagen, dass das geomagnetische Feld ähnlich wie Licht und Temperatur als Zeitgeber wirken könnte. Einer der möglichen Mechanismen hierfür ist ein Protein namens Kryptochrom in der Netzhaut. Kryptochrom reagiert empfindlich auf die tageszeitlichen Schwankungen des GMF und reguliert indirekt ~40 % des Genoms.

Saisonalität von Infektionskrankheiten und chronischen Krankheiten:

Eine Störung des circadianen Rhythmus kann sich auf die Immunfunktionen auswirken und Entzündungen hervorrufen. So treten beispielsweise bei Nachtschichtarbeitern häufiger Erkältungen mit schwereren Symptomen auf. In der nördlichen Hemisphäre schwanken die SR und das GMF über das Jahr hinweg und zeigen in den Wintermonaten eine geringere Amplitude. Dieser Rückgang fällt mit Schwankungen in der Expression von ~23 % der proteinkodierenden Gene im Genom zusammen, einschließlich der Gene des CR. Bemerkenswert ist, dass Immunzellen während des Winters spontan ein entzündungsförderndes Profil erzeugen, das möglicherweise zur Entstehung von Grippe und grippeähnlichen Symptomen sowie zur Verschlimmerung chronischer Krankheiten beitragen kann.

Auswirkungen des Elektrosmogs:

Neben den natürlichen EMF der Erde können der menschliche Körper und der CR auch durch anthropogene Quellen elektromagnetischer Verschmutzung beeinflusst werden.

Die Belastung durch hochfrequente elektromagnetische Strahlung (HFS) im 1-GHz-Band, das hauptsächlich für drahtlose Geräte verwendet wird, ist im Vergleich zu den natürlichen Ausgangswerten um das 1018-fache gestiegen. Unzählige Studien haben gezeigt, dass HFS niedriger Intensität, wie sie von Mobiltelefonen erzeugt wird, biologische Wirkungen hat, welche durch Kalziumkanal-Hemmer abgeschwächt werden. Die mangelnde Akzeptanz der schädlichen Auswirkungen von EMF in der Öffentlichkeit könnte darauf zurückzuführen sein, dass diese bei der großen Mehrheit der jungen und gesunden Menschen keine offensichtlichen Symptome hervorrufen. In ländlichen Gebieten wird eine höhere SR-Amplitude festgestellt als in Industriegebieten, was auf gewisse Formen von Interferenzen aufgrund von Abschirmung oder anthropogenen EMF schließen lässt. Der städtische Lebensstil ist daher mit einer Abschwächung oder Maskierung der natürlichen EMF verbunden.

Schlussfolgerungen:

Zyklische und spontane Schwankungen der Sonnenaktivität und des GMFs können den circadianen Rhythmus des Menschen stören und zur Entstehung von Infektionskrankheiten und chronischen Erkrankungen beitragen. Allerdings reagiert in der Regel nur ein Bruchteil der Bevölkerung auf Veränderungen der solaren und geomagnetischen Aktivität; Ihre Anfälligkeit kann auf das Alter, bestehende chronische Krankheiten oder eine geringere Stressresistenz zurückzuführen sein. Geeignete elektromagnetische Hygienemaßnahmen zu Hause, im Büro und bei täglichen Aktivitäten könnten dazu beitragen, die Gesundheit zu erhalten oder wiederzuerlangen. Große menschliche Pandemien treten in Zeiten von Sonnenfleckenminima und -maxima auf, was darauf schließen lässt, dass elektromagnetische Faktoren bei der Covid-19-Pandemie eine Rolle gespielt haben könnten. Da der menschliche Körper empfindlich auf natürliche und anthropogene EMF reagiert, können Fortschritte auf dem Gebiet des Bioelektromagnetismus und der circadianen Rhythmen sowie ein besseres Verständnis der Schädlichkeit von Elektrosmog dazu beitragen, eine optimale Gesundheit zu erhalten und die Entwicklung chronischer Krankheiten zu verringern. (AT)



Studienlage Elektrohypersensibilität

Überprüfung der wissenschaftlichen Erkenntnisse über die individuelle Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern

Leszczynski D (2023). Review of the scientific evidence on the individual sensitivity to electromagnetic fields (EHS). *Reviews on Environmental Health*. 2022;37(3): 423-450. <https://doi.org/10.1515/reveh-2021-0038>

Individuelle Überempfindlichkeiten für radioaktive Strahlung, für UV-Strahlung oder auch für Ultraschall sind gut belegt. Logischerweise erwartet man daher, auch eine individuelle Hypersensibilität gegenüber drahtloser Strahlung oder elektromagnetischen Feldern (EMF) vorzufinden. Personen, die angeben, von einer elektromagnetischen Hypersensibilität (EHS) betroffen zu sein, sind in der Regel stärker von der Strahlungsexposition durch Basisstationen und Wi-Fi-Geräte betroffen, da die Strahlungsexposition hier unfreiwillig ist und rund um die Uhr anhält. Die Exposition durch Mobiltelefone wird von EHS-Personen oft fälschlicherweise als weniger besorgniserregend angesehen, da der Benutzer selbst entscheiden kann, wie und wann er das strahlende Mobiltelefon benutzt. Die Empfindlichkeit ist durch eine Vielzahl von unspezifischen Symptomen (etwa 70) gekennzeichnet, die die empfindlichen Personen angeben, wenn sie EMF ausgesetzt sind. Bislang konnten Wissenschaftler keinen kausalen Zusammenhang zwischen den Symptomen empfindlicher Personen und der EMF-Exposition feststellen. Wie in dieser Übersicht dargestellt, sind die bisher durchgeführten wissenschaftlichen Studien zur Untersuchung der EMF-Empfindlichkeit allgemein von zu schlechter Qualität, um einen Zusammenhang zwischen der EMF-Exposition und den Symptomen von EHS-Personen zu finden. Es ist logisch anzunehmen, dass EHS existiert, der wissenschaftliche Beweis konnte aber noch nicht erbracht werden.

Studiendesign und Durchführung:

Die folgenden wissenschaftlichen Datenbanken wurden für die Studiensuche verwendet: PubMed, EMF-Portal und ORSAA. Es wurden nur von Experten begutachtete experimentelle Studien berücksichtigt, die bis März 2021 veröffentlicht wurden. Die wissenschaftliche Erforschung von EHS basiert auf drei Studientypen:

- > Erhebungsstudien, bei denen die untersuchten Personen nicht experimentell EMF ausgesetzt sind.
- > Provokationsstudien, bei denen Personen mit selbst diagnostiziertem EHS oder Kontrollpersonen experimentell

einer bestimmten Art von EMF in bekannter Menge ausgesetzt werden.

- > Biochemische und physiologische Studien, bei denen nach biochemischen Markern für EHS gesucht wird, die bei Personen mit selbst diagnostiziertem EHS ausgeprägt sind.

Ergebnisse:

In Bezug auf Erhebungsstudien wurde eine interessante Beobachtung gemacht: es zeigte sich, dass die von NGOs rekrutierten Personen viel stärkere EHS-Symptome aufwiesen als Personen, die über einen Internetaufruf rekrutiert wurden. Dieser Unterschied könnte zu einer Verzerrung führen, die sich auf die Ergebnisse von Studien auswirkt, wenn Forscher unterschiedliche Methoden zur Rekrutierung von EHS-Patienten verwenden.

Eine Studie kam zum Schluss, dass für die Durchführung einer qualitativ hochwertigen EHS-Studie ein interdisziplinäres Forscherteam erforderlich ist. Wissenschaftler maßen die Exposition von Patienten in ihren Wohnungen und stellten fest, dass die Strahlungswerte zwar innerhalb der geltenden Sicherheitsnormen lagen, dass aber bei einigen Teilnehmern (etwa einem Drittel) einige der angegebenen Gesundheits-symptome mit der EMF-Exposition zusammenhingen. Eine Fallstudie aus Australien hat gezeigt, dass die Analyse eines Einzelfalles bei korrekter Durchführung zuverlässige Beweise für das Vorliegen von EHS liefern kann. Das Auffinden und Untersuchen solcher Einzelfälle, die konsequent auf EMF-Expositionen reagieren, könnte bei der Suche nach dem Beweis für das Vorhandensein von EHS und für den Kausalzusammenhang zwischen EHS und EMF-Expositionen helfen. Forschungsstudien, die verschiedene Biomarker bei EHS-Personen untersuchten, von denen die meisten von der Belpomme-Gruppe in Paris stammen, haben das Problem, dass es bislang keine Beweise für eine Korrelation zwischen der EMF-Exposition und den Biomarkern gibt, die als charakteristisch für EHS erwähnt werden. Die Auswahl der Studienteilnehmer stützte sich ausschließlich auf die Meinung von selbst diagnostizierten EHS-Erkrankten. Die Wissenschaftler wissen nicht, ob die Selbstdiagnosen von EHS korrekt sind oder nicht. Wie von Dahmen et al. vorgeschlagen, handelt es sich bei EHS möglicherweise nicht um eine einzelne Störung, sondern um eine komplexe Mischung verschiedener Ätiologien. Aus diesem Grund ist es wichtig zu bestimmen, ob einer der untersuchten Biomarker in irgendeiner Weise mit früheren oder gegenwärtigen EMF-Expositionen korreliert. Ohne dieses Wissen könnte es sehr schwierig sein, EHS-Biomarker zu entdecken, wenn Wissenschaftler gleichzeitig mehrere verschiedene Ätiologien untersuchen.

Schlussfolgerungen:

In den letzten 30 Jahren hat eine beträchtliche Anzahl von Forschungsstudien den Kausalzusammenhang zwi-

schen EMF-Expositionen und EHS-Symptomen untersucht, aber die Mehrheit der Studien hat keinen Zusammenhang gefunden (wobei die Mehrheit dieser Studien auch industriellen waren, und die Psychiatrisierung von EHS als bevorzugte Hypothese vorstellten, Anmerkung der Redaktion). Frühere EHS-Studien haben akute Effekte untersucht (d. h. Minuten nach einer Exposition), waren aber nicht in der Lage, verzögerte EMF-Reaktionen zu untersuchen. Es ist an der Zeit, psychologisch motivierte Provokationsstudien, die nach gefühlsbasierten, unspezifischen Symptomen fragen, die von Freiwilligen unter EMF-Exposition erlebt werden, aufzugeben. Ein solcher Forschungsansatz liefert nur subjektive und daher höchst unzuverlässige Daten, die nicht ausreichen, um den Kausalzusammenhang zwischen EHS und EMF zu beweisen oder zu widerlegen.

Der Autor nennt vier wesentliche Schwächen der derzeitigen EHS-Forschung:

1. Es ist nicht bekannt, ob die Probanden tatsächlich an EHS leiden, da die meisten Studien sich auf Personen stützen, die sich selbst als EHS-Patienten bezeichnen, während es immer noch keinen objektiven klinischen Test gibt, um EHS definitiv zu diagnostizieren. Daher könnten die Versuchsgruppen in einem unbekanntem Ausmaß durch Personen durchsetzt und verfälscht sein, die nicht an EHS leiden.
2. Es gibt zwei Arten von Selektionsverzerrungen in den bisher durchgeführten EHS-Studien. Die erste wird dadurch verursacht, dass Wissenschaftler Personen mit bereits bestehenden Gesundheitsproblemen ausschließen. Der zweite Selektionsfehler wird durch EHS-Erkrankte verursacht, die sich entweder weigern, an Studien teilzunehmen oder die sich zunächst bereit erklären, teilzunehmen, ihre Zustimmung aber später zurückziehen, entweder aus Angst vor möglichen Gesundheitsrisiken durch Expositionen oder weil sie dem wissenschaftlichen Team misstrauen.
3. Psychologische Untersuchungsmethoden, die in Provokationsstudien verwendet werden, wurden nicht auf ihre Eignung zum Nachweis von EHS untersucht und nachgewiesen.
4. Die Schlussfolgerungen der mit psychologischen Methoden durchgeführten Provokationsstudien könnten durch das Vorhandensein von Placebo- und Nocebo-Effekten beeinflusst und/oder sogar entkräftet werden.

Der Autor empfiehlt, dass zukünftige Provokationsstudien mit Hochdurchsatztechnologien der Transkriptomik und Proteomik kombiniert werden (Ansätze, die in Tierversuchen sehr gut funktionieren, Anm. der Red.), zur Gewinnung objektiver Daten, um biochemische Reaktionen des menschlichen Körpers auf EMF auf molekularer Ebene zu ermitteln. (AT)



Verlauf Elektrohypersensibilität

Zeitlicher Verlauf von Gesundheitsbeschwerden, die auf HF-EMF-Exposition zurückgeführt werden, und Prädiktoren für elektromagnetische Hypersensibilität über 10 Jahre in einer prospektiven Kohorte von niederländischen Erwachsenen.

Traini E, Martens AL, Slottje P, Vermeulen RC, Huss A (2023). Time course of health complaints attributed to RF-EMF exposure and predictors of electromagnetic hypersensitivity over 10 years in a prospective cohort of Dutch adults. *Science of the Total Environment*. 2023 Jan 15;856:159240. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159240>

Einige Personen führen gesundheitliche Beschwerden auf hochfrequente elektromagnetische Felder (HF-EMF) zurück. Dieser Zustand ist als idiopathische, auf hochfrequente EMF zurückzuführende Umweltintoleranz (IEI-HF) oder elektromagnetische Hypersensitivität (EHS) bekannt. IEI-EMF wird verwendet für Personen, die gesundheitliche Beschwerden wie Kopfschmerzen, Schlafstörungen oder Konzentrationsprobleme auf EMF-Exposition zurückführen. EHS für Personen, die angeben, überempfindlich gegenüber EMF zu sein, aber nicht unbedingt aktuell über Gesundheitsbeschwerden berichten. Möglicherweise sind IEI-EMF und EHS unterschiedliche Ausprägungen des gleichen Themas. Die diagnostischen Kriterien für diese Erkrankungen sind noch nicht vollständig festgelegt, und psychosoziale Faktoren spielen vermutlich auch eine Rolle. Die Begriffe IEI-EMF und EHS werden häufig synonym verwendet, was sich wahrscheinlich auf die Bandbreite der geschätzten Prävalenz auswirkt, die in Industrieländern zwischen 1,5 % und 21 % liegt. Interessanterweise wurde in einigen Studien ein ähnlicher Prozentsatz an IEI-EMF zu Beginn und bei der Nachuntersuchung Jahre später beobachtet, bei einer hohen Fluktuationsrate der als IEI-EMF eingestuften Teilnehmer. Dies bedeutet, dass die Zuordnung von Gesundheitsbeschwerden zur EMF-Exposition oft nur vorübergehend ist. Daher wäre es aufschlussreich, die Prädiktoren für das Auftreten und den Verlauf von IEI-EMF zu untersuchen.

Studiendesign und Durchführung:

Die Daten stammen aus der bevölkerungsbasierten prospektiven Arbeits- und Umweltgesundheits-Kohortenstudie (AMIGO, 2011, NL). AMIGO-Teilnehmer (n = 892, Durchschnittsalter 50 Jahre bei Studienbeginn, 52 % Frauen) füllten 2011 (T0), 2013 (T1) und 2021 (T4) Online-Fragebögen aus, in denen Informationen zur wahrgenommenen HF-

EMF-Exposition und -Risiko, zu unspezifischen Symptomen, Schlafproblemen, IEI-HF und EHS erfasst wurden. Die Teilnehmer füllten zu Beginn der Studie (2011; T0) und im Jahr 2015 (T3) einen Online-Fragebogen aus. Eine Untergruppe von Teilnehmern, mit großen Unterschieden zwischen der wahrgenommenen und der geschätzten HF-EMF-Exposition, füllte 2013 (T1) und 2014 (T2) zwei zusätzliche Follow-up-Fragebögen aus.

Zu Beginn der Studie (T0, 2011) wurden folgende Fragen gestellt: „Haben Sie derzeit Gesundheitsbeschwerden, die Sie auf die Umwelt zurückführen“ und „Wenn ja, auf welche Umweltfaktoren/-quellen?“. Aus der Liste von Quellen wurden ausgewählt: (1) EMF von Mobilfunk-Basisstationen, Radio oder Fernsehen; (2) EMF von Mobiltelefonen; (3) EMF von Schnurlostelefonen; (mögliche Antworten „ja“ oder „nein“).

Zum Zeitpunkt T4 (2021) wurden die gleichen Fragen gestellt und aus der Liste von Quellen wurden ausgewählt: (1) EMF von Mobilfunk-Basisstationen, Radio oder Fernsehen; (2) EMF von Mobiltelefonen, Schnurlostelefonen und anderen drahtlosen Geräten (z.B. Laptop, Tablet); (3) EMF der 5G-Technologie.

Teilnehmer wurden zu jedem Zeitpunkt als IEI-HF betrachtet, wenn mindestens eine HF-EMF-Kategorie in den jeweiligen Fragebögen angekreuzt wurde. Die Autoren passten Markov-Modelle mit mehreren Zuständen an, um darzustellen, wie die Personen zwischen den Zuständen („ja“, „nein“) des IEI-HF wechselten. Das Multi-Zustands-Markov-Modell ist eine Methode zur Beschreibung eines Prozesses, bei dem sich eine Person durch eine diskrete Reihe von Zuständen bewegt, wobei davon ausgegangen wird, dass den Daten ein kontinuierlicher Prozess zugrunde liegt.

Ergebnisse:

Zu jedem Zeitpunkt berichteten etwa 1 % der Studienteilnehmer über gesundheitliche Beschwerden, die sie auf die HF-EMF-Exposition zurückführten. Während dieser Prozentsatz stabil blieb, veränderten sich die Personen, die solche Beschwerden angaben, im Laufe der Zeit. Die Wahrnehmung der HF-EMF-Belastung und -Risikos zeigte im Laufe der Zeit eine steigende Tendenz, mit etwa 5 % und 7 % der Teilnehmer, die bei T0 in die Gruppe mit hoher Wahrnehmung eingestuft wurden. Diese Werte stiegen bei T4 auf 20 % und 14 % an. 12 % der Befragten gaben bei T4 an, EHS zu haben, während der Prozentsatz der Personen, die IEI-HF angaben, geringer war und sich im Laufe der Zeit nicht wesentlich veränderte (zwischen 1,0 % bei T0 und 1,2 % bei T4). Von neun Befragten, die zu T0 einen IEI-HF angaben, gaben drei zu T4 immer noch dasselbe an, aber nur einer von ihnen gab sowohl zu T1 (2013) als auch zu T4 dasselbe an. Teilnehmer hatten eine 95 %ige Chance, über einen Zeitraum von 10 Jahren von „ja“ zu „nein“ zu wechseln (46 % in 2 Jahren), und

eine 1- %ige Chance, von „nein“ zu „ja“ zu wechseln (0,6 % in 2 Jahren). Teilnehmer, die bei T0 eine hohe Wahrnehmung von HF-EMF-Exposition aufwiesen, hatten bei T4 eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, EHS zu haben (OR = 4,17, 95 % CI: 2,1-8,0). Ebenso auch bzgl. des HF-EMF-Risikos bei T0 (OR = 4,08, 95 % CI: 2,3-7,2).

Schlussfolgerungen:

Die Autoren beobachteten eine niedrige Prävalenz von IEI-HF (~1 %). Jedoch gab es über 10 Jahre eine hohe Wahrscheinlichkeit (95 %), dass die Symptome nicht mehr auf die HF-EMF-Exposition zurückzuführen waren, und eine 1- %ige Wahrscheinlichkeit, dass diejenigen, die dies zu Beginn der Studie nicht taten, eine solche Zuschreibung erhielten. IEI-HF scheint öfters ein vorübergehender Zustand zu sein als bisher angenommen.

Ein Schwachpunkt dieser Studie ist, dass es nicht möglich war, die tatsächliche Exposition zu messen. Eine frühere Studie zeigte, dass nur eine Minderheit der Teilnehmer, die gesundheitliche Beschwerden auf HF-EMF-Exposition zurückführten (27 %), nach einem Jahr die gleiche Erklärung abgaben. Eine deutsche Studie ergab einen Anteil von 31 %. Diese Ergebnisse stimmen mit dem überein, was hier gefunden wurde, nämlich eine starke Umwälzung in der Bevölkerung, die über Symptome berichtet, die auf die HF-EMF-Exposition zurückgeführt werden. Die Prävalenz von EHS sowie von IEI-HF und IEI-EMF in der Allgemeinbevölkerung ist unsicher. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Teilnehmer die Begriffe „IEI-HF“ und „EHS“ unterschiedlich interpretierten, was darauf hindeutet, dass künftige Studien ihre Erhebungen und Fragebögen sorgfältig gestalten sollten (da ungenaue Einordnung der Teilnehmer trotz bester Statistik zu unklaren Befunden führt – „garbage in, garbage out“, Anmerkung der Redaktion). Der Unterschied in der geschätzten Prävalenz von EHS (12 %) und IEI-HF (1 %) sollte mit Vorsicht interpretiert werden.

Es wurden drei Hauptwege zur Erklärung der Ursachen von EHS oder IEI-HF vorgeschlagen: Der erste, biologische Weg beschreibt, dass die HF-EMF-Exposition der Teilnehmer Symptome verursacht. Damit die Symptome verschwinden, müsste die Exposition vermutlich verringert werden (falls es keine Anpassung gibt, Anm. der Red.). Die tatsächliche HF-EMF-Exposition der Teilnehmer im Laufe der Zeit wurde nicht gemessen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Exposition in erster Linie durch die Nutzung von Geräten bestimmt wird, insbesondere das Mobiltelefon. Personen, die Symptome zu T0, aber nicht zu T4, auf die HF-EMF-Exposition zurückführten, gaben jedoch zu T4 tendenziell eine höhere Expositionswahrnehmung an als zu den beiden vorherigen Zeitpunkten, was nicht zu diesem hypothetischen Muster passt.

Zweitens geht der kognitive Weg davon aus, dass wahrgenommene Belastung und Risiko eine Nocebo-Reaktion

auslösen, die zu Symptomen führt. Es gibt zahlreiche experimentelle Belege für Nocebo-Effekte, obwohl das Andauern selten untersucht wurde. In dieser Studie waren Teilnehmer mit einer höheren Risiko- und Expositionswahrnehmung eher geneigt, Symptome zuzuordnen, was darauf hindeutet, dass Nocebo-Effekte relevant sein könnten. Eine kürzlich durchgeführte qualitative Studie an IEI-EMF-Teilnehmern ergab jedoch, dass Symptombenachrichten der Wahrnehmung des EMF-Risikos vorausgingen, was dem kognitiven Pfad widerspricht.

Als dritter hypothetischer Pfad könnten Symptome fälschlicherweise der HF-EMF-Exposition zugeschrieben werden, z. B. um Gesundheitsprobleme unbekannter Ätiologie zu erklären (Attributionshypothese). Die Prävalenz des Berichtens unspezifischer Symptome lag bei 91 % der Teilnehmer oder mehr, was darauf hindeutet, dass es sich bei den (etwas seltsamen) Befunden dieser Studie möglicherweise um eine Fehlzuweisung handelt (ob seitens der Teilnehmer oder seitens der Forscher, sei dahingestellt, Anm. der Redaktion). (AT)

Hinweis: Alle Ausgaben des ElektromogReport und das Gesamtregister finden Sie online auf www.EMFdata.org

658

Studien dieser Datenbank zeigen Effekte durch Funkstrahlung

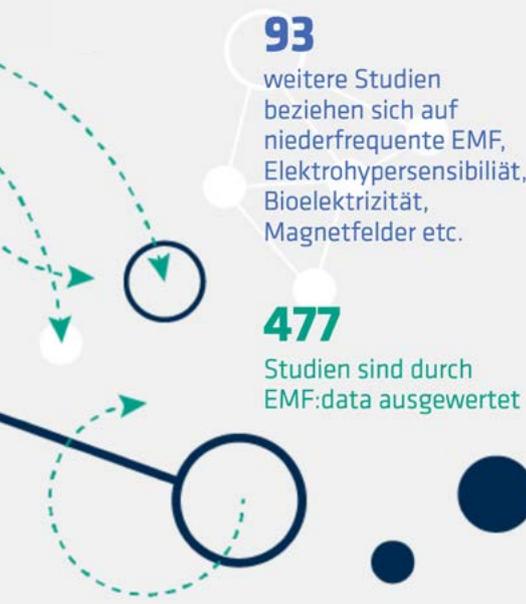
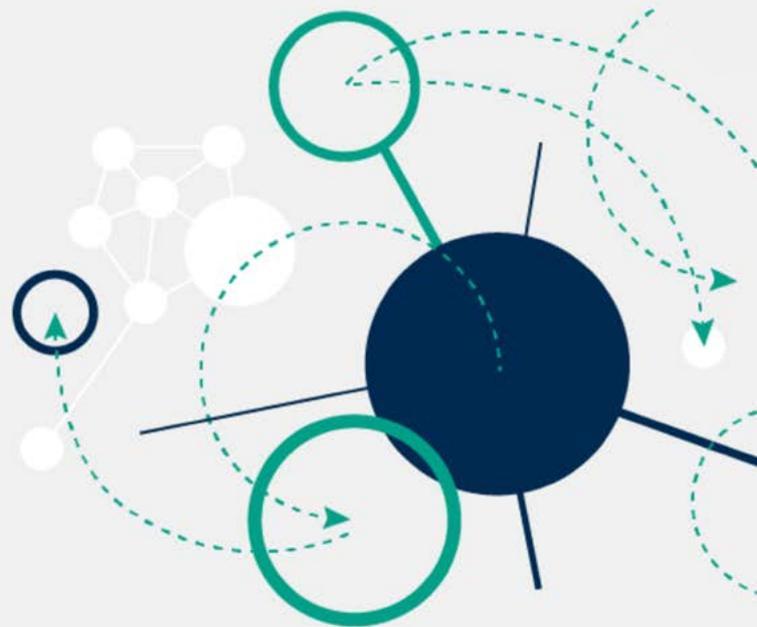
(hochfrequente elektromagnetische Felder)

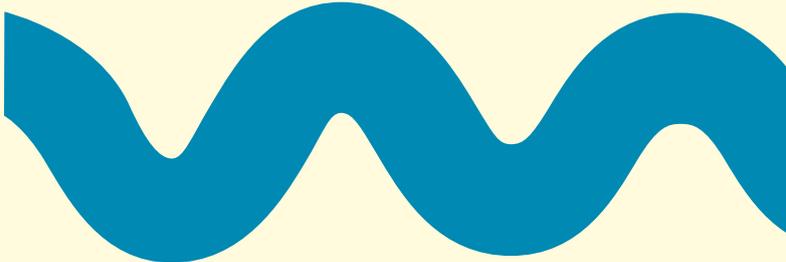
93

weitere Studien beziehen sich auf niederfrequente EMF, Elektrohypersensibilität, Bioelektrizität, Magnetfelder etc.

477

Studien sind durch EMF:data ausgewertet





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

