

ElektrosmogReport

Fachinformation zur Bedeutung elektromagnetischer
Felder für Umwelt und Gesundheit



Bluthochdruck durch Mobilfunk

Mobilfunkgespräche, genetische Empfänglichkeit und Bluthochdruck: Ergebnisse von 22 046 Teilnehmern aus der UK-Biobank

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

Bluthochdruck ist ein vermeidbarer Hauptfaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und vorzeitigen Tod. Nach den Daten des Biobank-Projektes in Großbritannien betrug die Prävalenz des gestiegenen Blutdrucks im Jahr 2015 bei Männern 24,1 % und bei Frauen 20,1 %. Daher ist es dringend notwendig, für Vorsorgemaßnahmen rechtzeitig die Risikofaktoren zu ermitteln und schwere Erkrankungen zu vermeiden. Biobank ist eine große prospektive epidemiologische Studie, die etwa 500 000 Teilnehmer von 37–73 Jahren von 2006–2010 mittels Fragebögen auf den Gesundheitszustand und Erkrankungen untersucht hatte. Ob telefonieren mit dem Mobiltelefon ein Bluthochdruck-Risiko darstellt, ist bisher unklar. Bekannt ist, dass Mobilfunkstrahlung oxidativen Stress, vermehrt Entzündungen und DNA-Schäden erzeugen kann, die alle den Blutdruck erhöhen können. Das Ziel dieser Studie war herauszufinden, ob es einen Zusammenhang zwischen Häufigkeit und Dauer der Nutzung eines Mobiltelefons und dem Auftreten von Bluthochdruck in der allgemeinen Bevölkerung gibt.

Impressum

ElektrosmogReport Ausgabe 03/2023, 29. Jahrgang
Online Veröffentlichung auf www.EMFdata.org
Bestellung Printausgabe:
shop.diagnose-funk.org/Elektrosmogreport, Bestellnr. 52303

Redaktion ElektrosmogReport

Dipl.-Biol. Isabel Wilke (IW), Roman Heeren (RH), M.Sc., Alain Thill (AT), M.Sc., Kontakt: emf@katalyse.de

Herausgeber und V.i.S.d.P

Diagnose-Funk e.V. | Postfach 15 04 48 | D-70076 Stuttgart
kontakt@diagnose-funk.de

Spendenkonto:

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

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

INHALTSVERZEICHNIS

SEITE

- 01 > Bluthochdruck durch Mobilfunk

- 03 > Hochfrequenz beeinträchtigt Herzfähigkeit

- 04 > HF-Wirkung auf den Herzmuskel

- 04 > Anomalien bei Embryos und Kleinkindern durch NF und HF

- 06 > HF-Wirkung auf das Gehirn

- 07 > Mobilfunk stört Schilddrüsenfunktion

- 08 > Mobilfunk und Nierenerkrankungen

- 09 > Mobilfunk beeinträchtigt Knochen und Muskeln

- 10 > Niederfrequente EMF und Honigbienen

- 11 > Hochfrequente EMF und Honigbienen

- 13 > Hochfrequente EMF und Wildpflanzen

- 14 > Ökologische Auswirkungen von EMF

Studiendesign und Durchführung:

Untersucht wurden die Auswirkungen der Mobilfunkstrahlung an insgesamt 212 046 Teilnehmern aus dem Biobank-Projekt, die bis dahin keinen Bluthochdruck hatten. Für die Studie wurden Personen einbezogen, die mindestens einmal pro Woche ein Mobiltelefon zum Telefonieren benutzt haben (Anruf oder Annahme und Dauer eines Gesprächs, mit oder ohne Freisprecheinrichtung) und wie viele Jahre sie ein Gerät benutzten. Die Gruppierungen für die Auswertung waren: niemals (Nicht-Nutzer), Nutzung bis 1 Jahr, 2-4 Jahre, 5-8 Jahre oder mehr als 8 Jahre, zusätzlich „weiß nicht“ und „keine Antwort“. Für die Dauer der Gespräche gab es „Nicht-Nutzer“, Nutzung weniger als 5 Minuten, 30-59 Minuten, 1-3 Stunden, 4-6 Stunden oder über 6 Stunden pro Woche und ebenfalls „weiß nicht“ und „keine Antwort“. Diese Einteilung gilt auch für die Nutzung einer Freisprecheinrichtung. Zusätzlich wurde das Risiko durch genetische Veranlagung untersucht, jeweils zu einem Drittel einem geringen, mittleren oder hohen Risiko für Bluthochdruck zugeordnet. Die Auswertung der Untersuchung wurde nach etwa 12 Jahren durchgeführt (zwischen 2018 und 2021) und weiter unterteilt in Altersgruppen, Geschlecht, Lebensstil u. a.

Ergebnisse:

Das durchschnittliche Alter betrug 53,7 Jahre, davon waren 87,6 % Mobilfunknutzer und 37,7 % Männer. Es zeigten sich insgesamt einige Unterschiede zwischen Nutzern und Nicht-Nutzern. Die Mobilfunknutzer waren z. B. jünger, mehr Männer, häufiger Raucher, telefonierten häufiger mit dem Mobiltelefon, hatten höheres Gewicht und es gab Unterschiede im Lebensstil. Im Verlauf von 12 Jahren entwickelten 13 984 (6,6 %) einen Bluthochdruck, das ist im Vergleich zu den Nicht-Nutzern ein signifikant höheres Risiko. Bei Nutzern von Freisprechgeräten gab es keine signifikanten Unterschiede. Teilnehmer, die mehr als 30 Minuten und

mehr pro Woche telefonierten, hatten ein signifikant höheres Risiko für Bluthochdruck als die, die weniger als 30 Minuten pro Woche telefonierten. Je länger ein Mobiltelefon im Gebrauch war (bis 8 Jahre) und je länger Dauer und Häufigkeit der Gespräche waren (bis 6 Stunden), desto höher war das Risiko. Personen mit geringem genetischen Risiko und Mobilfunknutzung unter 30 Minuten wöchentlich hatten ein geringes Risiko, während Personen mit genetischer Veranlagung ab 30 Minuten das höchste Risiko hatten, Bluthochdruck zu entwickeln. Jedoch war der Unterschied nicht-signifikant; auch Alter, Geschlecht, Gewicht, Lebensstil u. a. spielten keine Rolle.

Schlussfolgerungen:

Telefonieren mit dem Mobiltelefon erhöht das Risiko einer Bluthochdruckentwicklung signifikant, besonders hoch ist das Risiko für Personen, die wöchentlich längere Gespräche führen und ein genetisches Risiko für Bluthochdruck haben. Bei Personen, die schon viele Jahre ein Mobiltelefon haben und solche, die eine Freisprecheinrichtung benutzen, konnte kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. So scheint die wöchentliche Häufigkeit und Dauer der Gespräche maßgebend zu sein. Langzeitnutzung scheint kein Risikofaktor zu sein, solange man nicht mehr als 30 Minuten pro Woche telefoniert. Ursachen können in Auswirkungen der Strahlung auf Schlaf, mentale Gesundheit und Zellfunktionen (oxidativer Stress, DNA-Schädigung, Entzündungsreaktionen u. a.) liegen. (IW)

Telefonieren mit dem Mobiltelefon erhöht das Risiko einer Bluthochdruckentwicklung signifikant.



Hochfrequenz beeinträchtigt Herztätigkeit

Elektromagnetische Felder – sind sie ein Herz-Kreislauf-Problem?

Parizek D, Visnovcova N, Hamza Sladicekova K, Misel J, Jakus J, Kohan M, Visnovcova Z, Ferencova N, Tonhajzerova I (2023). Electromagnetic Fields – Do they Pose a Cardiovascular Risk? Physiological Research 72, 199–208; DOI: 10.33549/physiolres.934938

Bisher ist wenig über die Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf das autonome Nervensystem (ANS) bekannt, die heute 24 Stunden, 7 Tage die Woche auf den Körper einwirken. Das ANS reguliert die Körperfunktionen einschließlich des Herz-Kreislauf-Systems, welches extrem reizempfindlich gegenüber den autonomen Vorgängen und entsprechend leicht beeinflussbar durch elektronische Geräte ist. Langzeitstudien haben ergeben, dass Hochfrequenz Symptome wie Kopfschmerzen, Konzentrationsstörungen, Vergesslichkeit, Reflexverlangsamung, Augenentzündungen und Ohrgeräusche, Elektrosensibilität u. a. hervorrufen kann. Die kurzzeitige Herzratenvariabilität (HRV), das ist die Abweichung des Pulses vom Mittelwert, wird beim Menschen hauptsächlich durch den Parasympathikus reguliert. Eine verminderte HRV bedeutet ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Komplikationen. Zurzeit gibt es nur wenige Studien, die die Wirkung von elektromagnetischer Strahlung auf die HRV bei gesunden Personen untersucht haben. Misek et al. haben in einer früheren Studie herausgefunden, dass kurzzeitige intermittierende Strahlung am Kopf im ANS einen signifikanten Anstieg in der HRV und eine Verringerung des Pulses erzeugt. Das bedeutet, dass die Strahlung die Aktivität des Parasympathikus steigert. Andere Studien hatten aufgrund anderer Ansätze der Experimente andere Ergebnisse, sodass weitere Forschung nötig ist. In dieser Studie wurden deshalb die Wechselwirkung der hochfrequenten Felder mit dem menschlichen Körper und die Wirkung auf die autonome Kontrolle der Herzfrequenz (Pulsfrequenz) mittels der linearen und nicht-linearen Herzratenvariabilität (HRV)-Analyse bei gesunden Freiwilligen untersucht.

Studiendesign und Durchführung:

Eine Gruppe 30 junger gesunder Probanden von 20–30 Jahren (je 15 Frauen und Männer, durchschnittliches Alter $24,2 \pm 3,5$ Jahre, BMI $23,3 \pm 3,5$ kg/m²) wurde Hochfrequenzfeldern eines Frequenzgenerators von simulierten, unmodulierten 2400 MHz (WLAN) und 2600 MHz (4G) jeweils für 5 Minuten ausgesetzt, die auf die Brust einwirkten. Die Dipol-Antenne wurde in 1 cm Abstand vom linken Brustmuskel platziert. Die Probanden befanden sich in einem normalen Labor ohne Abschirmung, sie trugen Augenmasken, um äußere optische Reize auszuschließen. Nach Bestimmung

der Basisdaten (Größe, Gewicht, BMI, Blutdruck) erfolgten insgesamt 5 Messungen: zuerst ohne Befeldung als Kontrolle, danach 2. Befeldung mit 2400 MHz, nach der Feldwirkung kam die 2. Kontrollmessung, anschließend die Messung bei 2600 MHz und abschließend wieder eine Kontrollmessung. Das elektrische Feld betrug 58 V/m (unterhalb des Grenzwertes von 61 V/m), jede Person wurde einmal getestet. Die Kurzzeit-HRV wurde zur Beurteilung der komplexen autonomen Kontrolle der Herztätigkeit herangezogen. Gemessen wurden QRS-Komplex und RR-Intervalle, lineare HRV-Analyse für die Vagus-Aktivität (0,15–0,4 Hz), nicht-lineare HRV-Analyse zur Erfassung des sympathovagalen Gleichgewichts und ein symbolisch-dynamischer Index 0V %, der die sympathische Aktivität abbildet.

Ergebnisse:

Die statistische Analyse ergab, dass der parasympathische HF-HRV Index bei 2600 MHz signifikant vermindert war gegenüber der Kontrolle. Dagegen war der vom Sympathikus herrührende HRV-Index 0V % signifikant erhöht nach der 2400-MHz-Befeldung im Vergleich zur simulierten 2600-MHz-Einwirkung. Es gab keine signifikanten Unterschiede in den RR-Intervallen. Die Studie ergab, dass durch Einwirkung der 2400-MHz-Strahlung das sympathovagale Gleichgewicht in Richtung Überaktivität des Sympathikus (höher als 0V %) und Unteraktivität (geringere HF-HRV) bei 2600 MHz verschoben wird. Die Herzratenvariabilität stellt einen chaotischen nicht-harmonischen Teil des autonomen Nervensystems dar. Wenn dessen Komplexität vermindert wird, vermindert sich auch die Regulationsfähigkeit des Systems.

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse zeigen erstmals eine deutliche Verschiebung der autonomen Regulation der Herzrate in Richtung komplexer Sympathikus-Überaktivität durch WLAN und verminderter Parasympathikus-Aktivität durch 4G-Strahlung bei gesunden jungen Menschen. Es scheint, dass die Strahlung zu abnormer komplexer Regulation der autonomen Herzfunktionen führt, was die Anpassungsfähigkeit des physiologischen Systems beeinträchtigt. Das geht mit höherem Risiko für spätere Herz-Kreislauf-Komplikationen einher, das schon bei gesunden Personen auftreten kann. Das sympathische Nervensystem spielt somit eine Schlüsselrolle bei Stressreaktionen. Äußere Einflüsse, wie hier die Strahlung, steigert dessen Aktivität und unterdrückt die Parasympathikus-Aktivität. Deshalb nehmen die Forscher an, dass die auf die Brust einwirkenden Hochfrequenzfelder bei den Probanden Stress für den Körper bedeutet und die elektrische Aktivität des Herzens verändert haben. Die Studie soll mit mehr Teilnehmern und weiteren Parametern (z. B. Blutdruck) überprüft werden. (IW)



HF-Wirkung auf den Herzmuskel

Auswirkungen einer pränatalen Langzeitbefeldung mit 900, 1800 und 2100 MHz Hochfrequenz auf das Herzmuskelgewebe von Ratten

Bozok, S., Karaagac, E., Sener, D., Akakin, D., & Tumkaya, L. (2023). The effects of long-term prenatal exposure to 900, 1800, and 2100 MHz electromagnetic field radiation on myocardial tissue of rats. *Toxicology and Industrial Health*, 39(1), 1–9. DOI: 10.1177/07482337221139586

Die möglichen schädlichen Wirkungen von nicht-ionisierender elektromagnetischer Strahlung, die von drahtloser Kommunikationstechnologie hervorgerufen wird, sollten nicht ignoriert werden. Experimentelle Studien weisen auf histopathologische Auswirkungen von Hochfrequenz hin, die zu schwerwiegenden Missbildungen lebenswichtiger Organe führen können. Auch DNA-Schäden und oxidativer Stress, welcher intrazelluläre Signalwege beeinflussen kann, wurden beschrieben. Da bisher keine vergleichbaren Studien zu den Auswirkungen pränataler Hochfrequenzbefeldung auf das Herzmuskelgewebe von häufig genutzten Bandbreiten (900 – 2100 MHz) existieren, wurde in der vorliegenden Studie das Augenmerk auf histopathologische Veränderungen und oxidativen Stress im Herzmuskelgewebe intrauterin bestrahlter Ratten gelegt.

Studiendesign und Durchführung:

Insgesamt wurden 18 trächtige Sprague-Dawley-Ratten in 6 Gruppen unterteilt (n = 3): Kontrollgruppe (nicht-bestrahlt), 900 MHz/24h-Gruppe, 1800 MHz/6h-Gruppe, 1800 MHz/12h-Gruppe, 1800 MHz/24h-Gruppe, 2100 MHz/24h-Gruppe. Insgesamt wurden die Tiere über einen Zeitraum von 20 Tagen befeldet, die Stunden-Angaben beziehen sich auf die tägliche Bestrahlungsdauer. Bei 900 MHz wurde der SAR-Wert auf 0,087 W/kg, bei 1800 MHz auf 0,12 W/kg und bei 2100 MHz auf 0,17 W/kg beziffert. Nach der Geburt wurden zufällig 6 männliche Jungtiere aus jeder Gruppe ausgewählt (n = 6). Nach 60 Tagen wurden die Jungtiere getötet und das Herzmuskelgewebe histopathologisch und biochemisch untersucht.

Ergebnisse:

Die Wissenschaftler beobachteten atypische Myokardmorphologie in Form von pyknotischen Nuclei, zytoplasmatischer Vakuolisierung, eosinophil gefärbtem Zytoplasma und eine Vergrößerung der myokardialen Muskelfasern. Diese morphologischen Änderungen sind mit Schädigungen des Myokards assoziiert. Die Auswirkungen verschlimmerten

sich mit steigender Frequenz bei gleicher Befeldungsdauer (900 – 1800 – 2100 MHz bei 24h/Tag) bzw. mit steigender Befeldungsdauer bei gleicher Frequenz (6h/Tag – 12h/Tag – 24h/Tag bei 1800 MHz). Dementsprechend kann von einer Dosiswirkungsbeziehung ausgegangen werden. Die biochemischen Analysen zeigten ein ähnliches Bild, die Malondialdehyd-Werte (MDA) stiegen dosiswirkungsabhängig, während die Glutathion-Werte (GSH) dosiswirkungsabhängig sanken. Lediglich 6h/Tag bei 1800 MHz führten nicht zu einer Veränderung des GSH-Spiegels, alle anderen Parameter wiesen auf erhöhten oxidativen Stress hin.

Schlussfolgerungen:

Auf Grundlage der Ergebnisse dieser und anderer experimenteller Studien kann die Hypothese aufgestellt werden, dass Hochfrequenz weit unterhalb von ICNIRP-Grenzwerten Auswirkungen auf biologische Systeme haben kann. Obwohl es sich nicht um eine Studie am Menschen handelt, unterstützen die Ergebnisse der vorliegenden Studie diese Hypothese angesichts der SAR-Werte am Tiermodell. Im Hinblick auf die fötale Gesundheit empfehlen die Autoren die Belastung mit Hochfrequenz so weit wie möglich zu vermeiden. Da die Schädigungen des myokardialen Gewebes sowohl mit steigender Frequenz als auch Befeldungsdauer zunahmten, äußern sich die Wissenschaftler besorgt im Hinblick auf die Auswirkungen von 5G-Technologie auf das Herzgewebe. (RH)



Anomalien bei Kindern durch NF und HF

Review: Einwirkung elektromagnetischer Felder und Missbildungen bei Föten und Kleinkindern: Systematischer Überblick und Meta-Analyse

Kashani ZA, Pakzad R, Fakari FR, Haghparast MS, Abdi F, Kiani Z, Talebi A, Haghgoo SM (2023). Electromagnetic fields exposure on fetal and childhood abnormalities: Systematic review and meta-analysis; *Open Med* 2023; 18 (1): 20230697, DOI: 10.1515/med-2023-0697

Diese Übersichtsarbeit befasst sich mit den Auswirkungen der zunehmenden Belastung von Ungeborenen und kleinen Kindern mit elektromagnetischen Feldern. Das Augenmerk lag auf Missbildungen und Chromosomenanomalien, die vor der Geburt entstehen. Darunter versteht man Veränderungen des Verhaltens, Veränderungen in Struktur und Stoffwechsel sowie funktionelle Störungen. Diese können vor und nach der Geburt festgestellt werden. Jährlich wer-

den weltweit bei 6 % der Neugeborenen Geburtsfehler entdeckt, viele dieser Kinder sterben in den ersten Lebensjahren. In den Industrieländern sind etwa 30 % der Todesfälle von Kindern unter 5 Jahren auf Geburtsfehler zurückzuführen. Eine Studie in England ergab eine signifikante Zunahme solcher Fälle von 1999–2009, eine australische Studie von 2005–2015 beobachtete eine steigende Tendenz von Krankenhauseinweisungen wegen angeborener Fehlbildungen. Einer der wichtigsten Faktoren dafür ist neben den Lebensumständen das Alter der Mutter, meist sind die Ursachen unbekannt. Die zunehmende Umweltbelastung mit nicht-ionisierender Strahlung kann im Gewebe von Lebewesen das physiologische Gleichgewicht verschieben und Zellfunktionen stören. Der hauptsächliche Zweck dieser Studie war zu untersuchen, ob das Einwirken nicht-ionisierender und ionisierender Strahlung während der Schwangerschaft zu Entwicklungsstörungen und erhöhtem Krebsrisiko bei Föten und kleinen Kindern führen kann.

Studiendesign und Durchführung:

Recherchiert wurde in MEDLINE, PubMed, Scopus, Web of Science, ProQuest, Cochrane Library und Google Scholar zu Studien, die bis zum 1. Januar 2023 erschienen waren. Die Recherche erfolgte durch 2 Forscher unabhängig voneinander, bei Meinungsverschiedenheiten wurde ein 3. Wissenschaftler hinzugezogen. Studien, die nicht in Englisch oder Persisch geschrieben waren, wurden übersetzt. Nach der Vorauswahl kamen 841 Studien über Titel und Zusammenfassung und 63 über Durchsicht in die engere Auswahl. Analysiert wurden schließlich 14 Studien, die zwischen 2001 und 2019 erstellt worden waren, darunter ist der Iran mit 4 Studien stark vertreten. Die Studien wurden auf Änderungen der Genexpression, oxidative Parameter, DNA-Schädigung im Nabelschnurblut von ungeborenen Kindern und Entwicklungsstörungen sowie auf Krebs und Entwicklungsstörungen im Kindesalter untersucht.

Ergebnisse:

In den 14 Studien waren 854 154 Individuen erfasst und analysiert. Waren die Mütter besonders im 1. Trimester der Schwangerschaft erhöhten Feldstärken ausgesetzt im Vergleich zu Müttern mit keiner Feldeinwirkung, wurden im Nabelschnurblut vermehrt oxidativer Stress, Änderungen in der Genexpression, DNA-Schädigung und Anstieg von Abnormalitäten beim Embryo nachgewiesen. Aufgrund der stärkeren Empfindlichkeit der Stammzellen gegenüber ionisieren-

der und nicht-ionisierender Strahlung können zudem in der Kindheit vermehrt Krebszellen und Entwicklungsstörungen wie Sprachprobleme auftreten. Die Analyse ergab, dass Defekte/Abnormalitäten häufiger bei Föten und Kindern von Eltern auftraten, die höheren elektromagnetischen Feldern ausgesetzt waren. Fötale Entwicklungsstörungen waren 1,34-mal höher als bei Kindern von Müttern ohne Feldeinwirkung. Wenn Eltern erhöhten Feldern ausgesetzt waren, hatten die Kinder ein 1,14-fach erhöhtes Risiko, an Krebs zu erkranken, der Risikofaktor für Entwicklungsstörungen betrug 2,10. Bei der Genexpression war er 1,02-fach höher gegenüber keiner Feldeinwirkung. Die Rate der DNA-Schäden betrug bei Föten von belasteten Müttern 1,01 Einheiten mehr. Die Antioxidantien waren bei Strahlenbelastung der Mütter vermindert (Faktor 0,84) gegenüber unbelasteten Müttern, die oxidativen Parameter waren dagegen im Nabelschnurblut von Föten erhöht gegenüber Föten von Müttern, die keine Feldeinwirkung gehabt hatten.

Schlussfolgerungen:

Die Studie ergab Zusammenhänge zwischen der Belastung mit nicht-ionisierender Strahlung der Mütter und Komplikationen bei den Föten. Diese waren signifikante Steigerung der oxidativen und Verminderung der antioxidativen Parameter, Anstieg der DNA-Schäden, Änderungen in der Proteinexpression im Nabelschnurblut. Wenn Mütter vor und nach der Geburt elektromagnetischen Feldern von 1 mG (0,1 µT, 50 Hz) in der Nähe von Hochspannungsleitungen ausgesetzt waren, traten häufiger Anomalien (Defekte im Zentralnervensystem, Spina bifida) und Entwicklungsstörungen beim Embryo und in der Kindheit (z. B. Sprachprobleme) auf. Zudem fand man erhöhtes Krebsrisiko in Kindheit und Jugend. Trotz der umfassenden Analyse der Studien erfordert die noch geringe Anzahl von Studien weitere Forschung zum Schutz von schwangeren Frauen. (IW)

Die Studie ergab Zusammenhänge zwischen der Belastung mit nicht-ionisierender Strahlung der Mütter und Komplikationen bei den Föten.



HF-Wirkung auf das Gehirn

Akute hochfrequente elektromagnetische Befeldung beeinträchtigt die Neurogenese und verursacht neuronale DNA-Schäden im Gehirn junger Ratten

Singh, K. V., Prakash, C., Nirala, J. P., Nanda, R. K., & Rajamani, P. (2023). Acute radiofrequency electromagnetic radiation exposure impairs neurogenesis and causes neuronal DNA damage in the young rat brain. *NeuroToxicology*, 94, 46–58. DOI: 10.1016/j.neuro.2022.11.001

2022 waren weltweit ca. 6,38 Milliarden Smartphone-Mobilfunkverträge abgeschlossen. Jugendliche (8–18 Jahre) gaben an, täglich rund 8h am Smartphone zu verbringen. Erkenntnisse aus epidemiologischen Studien deuten darauf hin, dass die Nutzung von Smartphones insbesondere bei Jugendlichen mit kognitiven, emotionalen und Verhaltensstörungen in Verbindung gebracht werden kann. Das Auslösen von oxidativem Stress, DNA-Schäden, Hemmung der DNA-Reparatur, veränderter Gen- und Proteinexpression, epigenetischen Veränderungen sowie eines veränderten Kalziumstoffwechsels sind Faktoren, die zu Hochfrequenz-induzierten neuronalen Schäden beitragen können. Die hier vorgestellte Studie beschäftigt sich mit der Wirkung kurzfristiger, akuter Hochfrequenzbefeldung auf oxidativen Stress und Redox-sensitive Prozesse im Gehirn jugendlicher Ratten.

Studiendesign und Durchführung:

Insgesamt wurden 26 5-wöchige männliche Wistar-Ratten ($n = 4$) einmalig für 8h mit puls-modulierter 2115-MHz-Hochfrequenz befeldet. Als Kontrollen fungierten scheinbefeldete Tiere. Das Alter der verwendeten Ratten entspricht hierbei dem von jungen Heranwachsenden. Der SAR-Wert im Kopf der Versuchstiere betrug 1,51 W/kg. Die Wissenschaftler führten eine Reihe von Analysen in der Großhirnrinde sowie den verschiedenen Regionen des Hippocampus (*Gyrus dentatus* (DG), *Cornu Ammonis* 1 und 3 (CA1 und CA3)) durch. Es wurden freie Radikale (Elektronenspinresonanz-Spektroskopie) Lipidperoxidation (Malondialdehyd, MDA), Protein-oxidation, Gesamt-Antioxidative-Kapazität, DNA-Strangbrüche (Komet-Test), Zellteilung (BrdU) und histopathologische Veränderungen (Cresyl-Violett Färbung) analysiert. Außerdem wurde der neuronale Marker NeuN sowie der Apoptosemarker Pro-Caspase-3 immunohistochemisch überprüft.

Ergebnisse:

Die Wissenschaftler beobachteten einen statistisch signifikanten Anstieg von freien Radikalen nach der Hochfre-

quenzbefeldung. Insbesondere Kohlenstoff-zentrierte Radikale und Lipidperoxidation, sowohl in der Großhirnrinde als auch den Hippocampus-Regionen waren erhöht. Protein-Carbonylierung und antioxidative Kapazität hingegen wurden durch die Hochfrequenz nicht beeinflusst. Der hohe Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren im Gehirn könnte der Grund sein, warum Kohlenstoff-zentrierte Radikale und peroxidierte Lipide die markanten oxidativen Stressmarker darstellten. Vermutlich wurden keine Veränderungen der Protein-Carbonylierung und der antioxidativen Kapazität beobachtet, da lediglich die akute Hochfrequenzwirkung und keine Langzeitwirkung untersucht wurden. Übereinstimmend mit der Radikalbildung wurden signifikante DNA-Schäden im Cortex und Hippocampus gefunden. Hierbei waren die DNA-Schäden in der Großhirnrinde ausgeprägter, was mutmaßlich mit der Nähe zur Strahlungsquelle zusammenhängt. Die Zellteilung war im DG des Hippocampus signifikant verringert. Die verminderte Anzahl BrdU-positiver Zellen deutet darauf hin, dass die Hochfrequenzbelastung entweder zum Absterben neuronaler Vorläuferzellen oder aber zu Störungen des Zellzyklus in den neuronalen Vorläuferzellen geführt haben könnte. Die histopathologische Untersuchung ergab eine signifikant erhöhte Degeneration von Neuronen im DG, nicht aber in anderen Hippocampus-Regionen oder dem Cortex. Übereinstimmend zeigte die Expressionen des NeuN-Proteins, welches ein Marker für reife Neuronen ist, eine signifikante Abnahme in der DG-Region, nicht aber den anderen Hippocampus-Regionen oder der Großhirnrinde. Dies weist darauf hin, dass die DG-Region anfälliger für Hochfrequenz ist als die anderen untersuchten Hirnregionen. Die Pro-Caspase-3-Analyse zeigte keine statistisch signifikanten Veränderungen. Dies könnte daraufhin deuten, dass die Hochfrequenz-induzierte neuronale Degeneration des DG möglicherweise durch Caspase-unabhängige Zelltod-Signalwege, wie z.B. Ferroptose, Pyroptose oder Parthanatos hervorgerufen wurde.

Schlussfolgerungen:

Zusammenfassend zeigt diese Studie, dass eine einmalige akute Hochfrequenzbefeldung mit einer realitätsnahen Intensität (viele der heutigen Mobiltelefone haben einen maximalen SAR-Wert von ca. 1,5 W/kg für den Kopf, Anm. d Redaktion) oxidativen Stress in den Hirnen „jugendlicher“ Ratten hervorrief. Dies ging einher mit einem deutlichen Anstieg von Radikalen und Lipidperoxidation. Ebenso wurden DNA-Schäden in Form von Einzelstrangbrüchen in Großhirnrinde und Hippocampus dokumentiert. Im Hippocampus wurden außerdem eine beeinträchtigte Neurogenese sowie erhöhte neuronale Degeneration belegt. Da es sich um eine Studie am Tiermodell handelt, können die Ergebnisse nur bedingt auf den Menschen übertragen werden, trotzdem weisen sie auf eine schädliche Wirkung von

Hochfrequenz auf das Gehirn hin. Laut den Autoren könnten die Ergebnisse der vorliegenden Studie nach einer sorgfältigen Validierung dazu beitragen, geeignete Maßnahmen zu entwickeln, um schädliche Auswirkungen beim Menschen zu verhindern. (RH)



Mobilfunk stört Schilddrüsenfunktion

Auswirkungen elektromagnetischer Strahlung von Mobiltelefonen auf Schilddrüsen und Schilddrüsen-Hormone im Gehirn von *Rattus norvegicus*: Eine Analyse der Schilddrüsenfunktion, reaktiver Sauerstoffspezies und des Monocarboxylat-Transporters 8

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

Die häufige Nutzung von Mobiltelefonen führt zu einer nie dagewesenen Exposition des Menschen gegenüber Hochfrequenz, von der angenommen wird, dass sie Auswirkungen auf den menschlichen Körper besitzt und zelluläre Veränderungen, wie die Erhöhung freier Radikale, hervorrufen kann. Die Schilddrüse gilt aufgrund ihrer Lokalisation als eines der am stärksten betroffenen Organe des endokrinen Systems, zumal Mobiltelefone häufig in räumlicher Nähe der Schilddrüse verwendet werden. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die Wirkung von Mobilfunk auf die Schilddrüse und Schilddrüsen-Hormone im Gehirn zu untersuchen.

Studiendesign und Durchführung:

Die Studie wurde an drei bis vier Monate alten Wistar-Ratten durchgeführt (n = 10). Die Versuchstiere wurden über einen Zeitraum von 12 Wochen täglich für 120, 150 oder 180 Minuten 1800 MHz 4G-Mobilfunk (GSM) ausgesetzt, als

Kontrolle dienten scheinbefeldete Tiere. Als Strahlungsquelle wurden Mobiltelefone verwendet, bei denen jeweils 50 % der Zeit Anrufe ein- bzw. ausgingen. Die Wissenschaftler analysierten im Serum der Versuchstiere das Thyreoidea-stimulierende Hormon (TSH), Thyroxin (T₄) und den Marker für oxidativen Stress Malondialdehyd (MDA). Im Gehirn bzw. der Hypophyse wurde der Monocarboxylat-Transporter 8 (MCT8), welcher als wichtiger Marker für die Bestimmung der Schilddrüsenfunktion gilt, untersucht.

Ergebnisse:

Die Serumkonzentrationen von TSH und Thyroxin waren in allen drei Versuchsgruppen im Vergleich zur scheinbefeldeten Kontrolle signifikant vermindert. Im Falle von TSH wurde ein dosisabhängiger Trend beobachtet. Dies deutet darauf hin, dass der Mobilfunk schädliche Auswirkungen auf die Schilddrüsenfunktion und Hormonproduktion haben könnte. Die MCT8-Konzentration war bei den 150- und 180-Minuten-Versuchsgruppen signifikant verringert. Die 120-Minuten-Gruppe wies keine Unterschiede zur Kontrolle auf. Auch hier war ein dosisabhängiger Trend zu beobachten. MCT8 ist als der Transporter mit der höchsten Spezifität für Schilddrüsen-Hormone bekannt und spielt eine Rolle bei der Regulierung der intrazellulären Schilddrüsen-Hormonkonzentration. Ein MCT8-Mangel beeinträchtigt die Hypothalamus-Hypophysen-Schilddrüsen-Achse (HPT). Dass die Verringerung des MCT8-Spiegels mit der Abnahme des TSH- und infolgedessen des Thyroxin-Spiegels einherging, weist darauf hin, dass der Mobilfunk tatsächlich die HPT-Achse beeinträchtigt. Übereinstimmend mit diesem Befund zeigen die 150- und 180-Minuten-Gruppen signifikant erhöhte MDA-Werte. Dies könnte einen Hinweis darauf darstellen, dass der verringerte MCT8-Spiegel durch oxidativen Stress als nicht-thermische Mobilfunkwirkung verursacht wurde.

Schlussfolgerungen:

Die 1800-MHz-Mobilfunkstrahlung verursachte signifikante Veränderungen der TSH-, Thyroxin- und MDA-Spiegel im Serum sowie der MCT8-Konzentration in der Hypophyse von Wistar-Ratten. Die Verringerung des TSH, Thyroxin und MCT8 bzw. die Steigerung des MDA wiesen einen dosisabhängigen Trend auf. Im Falle von MCT8 und MDA lieferten lediglich jene Tiere, welche 150 und 180 Minuten täglich bestrahlt wurden, signifikante Ergebnisse. Insgesamt deuten die Ergebnisse der Wissenschaftler darauf hin, dass die Mobilfunkstrahlung die HPT-Achse direkt oder indirekt negativ beeinflussen könnte. (RH)



Mobilfunk und Nierenerkrankungen

Mobilfunknutzung, genetische Empfänglichkeit und Einsetzen chronischer Nierenerkrankungen

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

Chronische Nierenerkrankungen haben eine große Bedeutung weltweit und sind ein wichtiger Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und frühzeitigen Tod. In 2017 gab es 697,5 Millionen Fälle chronischer Nierenerkrankungen weltweit mit einer Prävalenz von 9,1 %. Diese Erkrankung ist gut vermeidbar, deshalb ist frühzeitige Erkennung von Risikofaktoren wichtig, um Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Angesichts der steigenden Zahl von Mobilfunknutzern (2020 weltweit 8,2 Milliarden Verträge) stellt sich die Frage, ob die Nutzung eines Mobilfunkgeräts (Gespräche führen und empfangen) möglicherweise schädliche Auswirkungen bei Vielnutzern hat. Bekannte Symptome bei sehr häufigem Telefonieren mit dem Mobiltelefon sind Depressionen, Stress und Schlafstörungen, die auch Risikofaktoren für Nierenschädigung sind. Zell- und Tierexperimente haben gezeigt, dass Mobilfunkstrahlung oxidativen Stress, Entzündungsreaktionen, Kreatinin im Blut und DNA-Schädigung erhöht und so zur Entstehung von chronischer Nierenerkrankung beiträgt. Diese Studie sollte dazu klären, ob es einen Zusammenhang zwischen der Nutzungshäufigkeit von Mobiltelefonen und chronischer Nierenerkrankung gibt und ob genetische Faktoren das Risiko erhöhen.

Studiendesign und Durchführung:

In dieser Studie wurden 408 743 Teilnehmer ausgewählt, die in der Britischen Biobank (UK Biobank) erfasst sind, anfangs keine chronischen Nierenerkrankungen aufwiesen (Kreatinin, Albumin, geschätzte glomeruläre Filtrationsrate = eGFR) und von denen die gesamten Daten zum Telefonieren mit dem Mobiltelefon vorlagen. Die Fragen bezogen sich immer auf Gespräche führen und Gespräche annehmen. Die UK Biobank ist eine umfangreiche Kohortenstudie, die Daten zur Verfügung stellen soll, um untersuchen zu können, welche Faktoren aus den Bereichen Genetik, Umwelt und Lebensstil zu Gesundheitszustand bzw. Erkrankungen führen. Die Studie sammelte Daten von über 500 000 Menschen zwischen 37 und 73 Jahren aus England, Wales und Schottland von 2006–2010.

Die Daten zur Mobilfunknutzung – seit wann und wie häufig das Gerät zum Telefonieren pro Woche genutzt wird,

ob Kopfhörer/Freisprecheinrichtung verwendet wird – beruhen auf der Selbsteinschätzung der Teilnehmer beim ersten Fragebogen. Nach Abgleich verschiedener Daten wurden für die Untersuchung zur Mobilfunknutzung 101 816 Personen ausgewählt, je 50 908 für die beiden Gruppen Nutzer/Nichtnutzer und chronische Nierenerkrankung. Die Unterteilung erfolgte in 6 Kategorien über die Jahre von „Kein Mobiltelefon oder zumindest einmal pro Woche“ bis „weiß nicht“ oder „will nicht antworten“. Die Frage zur Dauer der wöchentlichen Gespräche in den letzten 3 Monaten unterteilte sich in 8 Kategorien von „weniger als 5 Minuten“ über „mehr als 6 Stunden“ bis „will nicht antworten“. Zur Nutzung von Kopfhörer/Freisprecheinrichtung gab es ebenfalls mehrere Antwortmöglichkeiten in ähnlicher Weise. Die genetischen Risikofaktoren der Nierenfunktion wurden anhand von 263 Einzelnukleotid-Polymorphismen (SNPs, das sind erblich veränderte Basenpaare, die Red.) berechnet, wobei die Teilnehmer in „hohes“, „mittleres“ oder „geringes“ genetisches Risiko für chronische Nierenerkrankungen eingestuft wurden. Andere Faktoren wie Alter, Geschlecht, Ethnie, Bildung, Einkommen, Rauchen, Alkohol, BMI, Diabetes, Blutdruck, Cholesteroll, Medikamente u. a. wurden ebenfalls einbezogen.

Ergebnisse:

Von den 408 743 Teilnehmern waren 348 602 Mobiltelefonnutzer und 60 141 Nichtnutzer, das Durchschnittsalter betrug 56,3 Jahre und 46,2 % waren männlich. Die Nutzer waren jünger, häufiger Raucher, BMI, eGFR und Einkommen waren höher, sie hatten niedrigeren Blutdruck und nahmen Medikamente. Die Vieltelefonierer waren jünger, häufiger männlich, mehr Raucher und Nutzer von Kopfhörern/Freisprecheinrichtungen, hatten niedrigeren Blutdruck, weniger Medikamente, höheres Einkommen, höheren BMI und längere Mobiltelefongespräche.

Bei der Folgestudie nach 12,1 Jahren trat bei 10 797 (2,6 %) Personen eine chronische Nierenerkrankung auf. Im Vergleich mit Nichtnutzern ergab sich bei den Nutzern ein signifikant erhöhtes Risiko für eine chronische Nierenerkrankung. Zudem hatten diejenigen Mobilfunknutzer, die das Mobiltelefon weniger als 30 Minuten pro Woche nutzten, ein signifikant geringeres Risiko als Nutzer von 30 Minuten oder mehr. Hatten die Nutzer zudem ein erhöhtes genetisches Risiko für Nierenerkrankungen, war das Risiko bei häufiger wöchentlicher Mobilfunknutzung (über 30 Minuten) am höchsten; die wöchentliche Nutzungszeit ergab dabei keine signifikanten Unterschiede. Die Länge der Gespräche und die Nutzung von Kopfhörern/Freisprecheinrichtungen ergaben ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mobilfunknutzern. Die Ergebnisse wurden mit anderen Berechnungsmethoden bestätigt.

Schlussfolgerungen:

Mobilfunknutzung (Gespräche führen und empfangen) stand in dieser Studie im Zusammenhang mit einem signifikant höheren Risiko, eine Nierenerkrankung zu erwerben, besonders bei Personen mit häufiger wöchentlicher Nutzung. Die Autoren liefern eine biologisch plausible Erklärung für den Zusammenhang zwischen Mobilfunk und chronischen Nierenerkrankungen. Sie beziehen sich auf die vielen Studien, die Auswirkungen des Mobilfunks auf den Sympathikus und den Blutdruck, dass Stress, Schlafstörungen und Depressionen entstehen können und dass auf Zellebene neben vielen Veränderungen oxidativer Stress, Entzündungsvorgänge und DNA-Schädigung auftreten.

Die Ergebnisse und die zugrunde liegenden Mechanismen sollten weiter untersucht werden. Wenn die Ergebnisse bestätigt werden, ist es für die Vermeidung von chronischer Nierenschädigung wichtig, die Dauer des Telefonierens mit dem Mobiltelefon zu reduzieren. (IW)



Mobilfunk beeinträchtigt Knochen und Muskeln

Schädliche Auswirkungen von 900, 1800 und 2100 MHz Hochfrequenz-Mobilfunk auf Knochen und Skelettmuskulatur

Bektas, H., Nalbant, A., Akdag, M. B., Demir, C., Kavak, S., & Dasdag, S. (2023). Adverse effects of 900, 1800 and 2100 MHz radio-frequency radiation emitted from mobile phones on bone and skeletal muscle. *Electromagnetic Biology and Medicine*, 1–9. DOI: 10.1080/15368378.2023.2179065

Forschungsergebnissen zufolge könnte Hochfrequenz auf nicht-thermische Weise eine Gefährdung darstellen, da sie eine Veränderung der Durchlässigkeit von Ionenkanälen in Zellmembranen verursachen kann. Es ist außerdem bekannt, dass Mobilfunk die übermäßige Produktion reaktiver Sauerstoffspezies (ROS) sowie oxidativen Stress hervorrufen kann. ROS-Produktion und der damit verbundene oxidative Stress können Knochen und Skelettmuskulatur sowohl auf physiologische als auch auf pathologische Weise beeinflussen. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die biomechanischen und morphologischen Veränderungen in den rechten Schienbeinknochen sowie oxidative Stressparameter in der Skelettmuskulatur von diabetischen und gesunden Ratten zu untersuchen, welche mit Hochfrequenz befeldet wurden.

Studiendesign und Durchführung:

Die Autoren unterteilten 28 diabetische und 28 gesunde männliche Wistar-Ratten in jeweils 4 Gruppen (n = 7). Die Versuchstiere wurden über einen Zeitraum von 30 Tagen 2h täglich mit 900, 1800 oder 2100 MHz GSM-modulierter Hochfrequenz befeldet bzw. scheinbefeldet. Die durchschnittlichen SAR-Werte des Mobilfunks betragen für die 900, 1800 und 2100 MHz Frequenzen respektive 0,026, 0,164 und 0,173 W/kg. Die biomechanischen Eigenschaften des Schienbeins wurden mittels Drei-Punkt-Biegeversuch untersucht. Dabei wurden folgende Parameter erfasst: Maximale Spannung, maximale Belastung, Dehngrenze, Elastizitätsmodul, Auslenkung und Dauer (bis zum Bruch, vgl. Drei-Punkt-Biegeversuch, Anm. d. Redaktion). Es handelt sich hierbei um wichtige intrinsische Parameter, die die Knochenfestigkeit bestimmen und mit der Mineral- bzw. Kollagenstruktur des Knochengewebes zusammenhängen. Die Maße des lateralen Kortex, des medialen Kortex und der Medulla des Schienbeins wurden durch radiologische Aufnahmen ermittelt. Als oxidative Stressparameter im Skelettmuskelgewebe wurden Katalase-Aktivität (CAT), Glutathion-Spiegel (GSH), Malondialdehyd-Gehalt (MDA) und Ischämie-modifiziertes Albumin (IMA) bestimmt.

Ergebnisse:

Die Autoren zeigen eine statistisch signifikante Veränderung des Elastizitätsmoduls, sowohl der diabetischen als auch der gesunden befeldeten Gruppen, im Vergleich zu den jeweiligen scheinbestrahlten Kontrollen, mit Ausnahme der gesunden 2100-MHz-Gruppe. Dies weist darauf hin, dass der Mobilfunk die Flexibilität der Knochen erheblich reduziert. Im Vergleich zwischen den beiden 2100-MHz-Gruppen (diabetisch und gesund) wurden signifikante Unterschiede bei dem Elastizitätsmodul, der maximalen Spannung, der maximalen Belastung und der Auslenkung festgestellt. Diese Daten deuten darauf hin, dass der Mobilfunk die diabetologisch verursachte Verringerung der Knochenwiderstandsfähigkeit weiter verstärkt. Bei den 2100-MHz-Gruppen war im Vergleich zu den jeweiligen Kontrollen auch die Dauer signifikant vermindert. Außerdem war im Vergleich zwischen den beiden befeldeten 900-MHz-Gruppen die Dauer der diabetischen Gruppe signifikant verringert. Die Auslenkung war bei allen diabetischen Mobilfunk-Gruppen im Vergleich zur Kontrolle signifikant verringert. Bei den gesunden befeldeten Tieren war die Auslenkung lediglich bei 1800 und 2100 MHz signifikant vermindert. Diese Daten weisen ebenfalls auf eine verringerte Flexibilität der Knochen nach Befeldung hin. Die Befunde der radiologischen Aufnahmen könnten einen Hinweis dafür darstellen, dass die Hochfrequenz das Knochengewebe schädigt oder dass das Knochengewebe nicht ernährt werden kann. Die mobilfunkbedingten Veränderungen sind bei den gesunden Tieren deutlicher zu

beobachteten als bei den diabetischen. Auch bei der Überprüfung der oxidativen Stressmarker ist die Hochfrequenzwirkung bei den gesunden Tieren deutlich zu beobachten. Im Vergleich zu ihren scheinbestrahlten Kontrollen zeigen alle gesunden befeldeten Gruppen signifikante Unterschiede der Stressparameter: CAT und GSH waren signifikant verringert, MDA und IMA signifikant erhöht. Bei den diabetischen Tieren war im Vergleich zur scheinbefeldeten Kontrolle lediglich der GSH-Wert signifikant vermindert.

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Mobilfunk verschiedener Frequenzen (900, 1800 und 2100 MHz) nachteilige Auswirkungen auf die Gesundheit von Knochen und Skelettmuskulatur haben kann. Mitunter wird die schädliche Wirkung des Diabetes durch die Hochfrequenz verschlimmert. Die Veränderungen der biomechanischen Parameter können auf verschiedene Gesundheitsrisiken, wie veränderte Mineralisierung, Kristallisierung oder Kollagen-Denaturierung hinweisen, wobei es sich um Vorläufer diverser Knochenkrankheiten handelt. Auch die morphologischen und biochemischen Analysen zeigen signifikante schädliche Auswirkungen der Hochfrequenz. Im Falle der Skelettmuskulatur ist oxidativer Stress mit Muskeldystrophie und -degeneration assoziiert. Die Autoren fordern eine weiterführende Untersuchung der Hochfrequenz-Wirkung auf Knochen- und Muskelgewebe. (RH)



Niederfrequente EMF und Honigbienen

Elektromagnetische Felder stören die Bestäubungsleistung der Honigbienen

Molina-Montenegro MA, Acuña-Rodríguez IS, Ballesteros GI, Balledomar M, Torres-Díaz C, Broitman BR, Vázquez DP (2023). Electromagnetic fields disrupt the pollination service by honeybees. *Science Advances*. 2023 May 12;9(19):eadh1455. DOI: 10.1126/sciadv.adh1455

Die Bestäubung gehört zu den Ökosystemleistungen, die durch menschliche Aktivitäten bedroht sind. Bei Insekten können EMF die Entwicklung, das Überleben und die Navigation direkt beeinträchtigen. Honigbienen sind zunehmend künstlichen, niederfrequenten EMF (NF-EMF) z.B. von Hochspannungsleitungen ausgesetzt. Bisherige Studien haben sich nicht mit den Folgen der EMF-Exposition auf die Bestäubung und Fortpflanzung von Pflanzen befasst. Die vorliegende Studie verwendete eine Kombination aus Feld- und Laborexperimenten, um die Auswirkungen der

von Hochspannungsmasten ausgehenden NF-EMF auf die Physiologie, das Verhalten und die Bestäubungsleistung der Honigbiene an Kalifornischem Mohn (*Eschscholzia californica*) zu erfassen. Bei den für diese Studie ausgewählten Türmen handelte es sich um Masten, die zur Aufhängung einer Hochspannungsfreileitung dienten, mit einem Energiespeicher im oberen Teil des Turms. Diese Geräte erzeugen ein EMF mit einem Spitzenwert von annähernd 10 μ T, der zwischen 12 und 17 m vom Fuß des Turms zu verzeichnen ist und in 200 m Entfernung fast völlig verschwindet. Darüber hinaus wurden die Expressionslevels ausgewählter Kandidatengene, die an der antioxidativen Abwehr, der Futtersuche, dem räumlichen Lernen und der Magnetorezeption beteiligt sind, untersucht.

Studiendesign und Durchführung:

Die Studie wurde in Quinamavida, Chile, durchgeführt. *E. californica* ist eine mehrjährige, selbstinkompatible Pflanze, die hauptsächlich von Bienen der Gattungen *Apis* und *Bombus* bestäubt wird, wobei Honigbienen mit 88 % aller Besucher am häufigsten sind. Zur Abschätzung der EMF-Intensität wurden Messungen von der Basis jedes Hochspannungsturms (n = 3) aus in jede der acht Himmelsrichtungen durchgeführt. Um die Auswirkungen von EMF auf die Physiologie, den Stress und das Verhalten von Honigbienen sowohl unter Feld- als auch unter Laborbedingungen zu bewerten, wurden die unterschiedliche Synthese von Hitzeschockproteinen (Hsp70) und zwei Gruppen von Genen untersucht. Verhaltensgene: Futtersuche (For1), HR38, CaMKII, Cryptochrom (CRY2), EGR1, FTH1 und Vg; Stressreaktionsgene: HSP70, HSP40, Superoxiddismutase (SOD), Katalase (CAT), Glutathion-S-Transferase D1 (GstD1), TXNRD1 und GLOD4. Einzelne Bienen (n=72) wurden im Felde exponiert mithilfe kleiner Plastikkäfige, 36 in direkter Nähe der Hochspannungsmasten (~ 20 m), 36 weiter entfernt (~ 220 m Entfernung). Diese Vorgehensweise wurde wiederholt an 3 aktiven Hochspannungsmasten sowie an 3 Kontrollmasten (außer Betrieb). Die Exposition im Felde betrug jeweils 15 Minuten; anschließend wurden die Bienen im Labor untersucht. Um mögliche Auswirkungen der Umweltbedingungen im Feld auszuschließen, wurden Honigbienen im Labor mit zwei speziell angefertigten Solenoiden (Zylinderspulen) exponiert, über 10 Sekunden (n=25) und 3 Minuten (n=25), entsprechend der minimalen und maximalen beobachteten Pollinationsdauer (50 Bienen als Kontrollen). Die Expression von HSP70 und die Menge des HSP70-Proteins wurden per ELISA bestimmt. Die relative Genexpression der Kandidatengene wurde durch Bestimmung mit qPCR durchgeführt. Die Auswirkung auf die Bestäubungsleistung wurde mit ausführlichen Beobachtungen im Felde ermittelt. Es wurden insgesamt 1080 Beobachtungszeiträume (von je 20 Minuten) für jede EMF-Bedingung (an-aus) durchgeführt. Während jedes

Beobachtungszeitraums wurden alle Parzellen (3x3 Meter, 8 pro Tag) gleichzeitig von einem erfahrenen Team beobachtet. Die Beobachtungen wurden 2015 durchgeführt.

Ergebnisse:

Bei den für diese Studie ausgewählten Hochspannungstürmen handelt es sich um hohe Bauwerke (20 m Höhe), die eine Hochspannungsfreileitung tragen, mit einem Energiespeicher im oberen Teil des Turms. Im Felde, in der Nähe der Hochspannungsmasten wurden durchschnittlich 7,3 μT gemessen. Die im Labor verwendete Zylinderspule erzielte ein Magnetfeld von 7,8 μT . Die Synthese des Stress-Biomarkerproteins Hitzeschockprotein 70 (Hsp70) war bei Honigbienen, die in der Nähe aktiver Hochspannungsmasten (20 m) gehalten wurden, signifikant höher als bei Bienen in größerer Entfernung (220 m). Die Expression von Hsp70 verdoppelte sich nach 5 Minuten bei den Bienen in der Nähe der aktiven Hochspannungsmasten. Für 12 der 14 bewerteten Gene wurde ein signifikanter Unterschied in der Expression zwischen nicht exponierten und exponierten Honigbienen festgestellt. Die meisten verhaltensbezogenen Gene schienen signifikant unterdrückt (sechs von sieben Genen), und die meisten Stressreaktionsgene waren durchweg überexprimiert (sechs von sieben Genen). Bei den Honigbienen des Solenoid-Experiments war die durchschnittliche Hsp70-Konzentration um 52 % höher als bei den nicht exponierten Honigbienen und entsprach dem im Feld festgestellten Spitzenwert. Die Abundanz der Honigbienen änderte sich nicht signifikant mit der Entfernung zu den Masten. Allerdings war die Besuchshäufigkeit von Honigbienen an Blüten des Kalifornischen Mohns, die 220 m weit vom aktiven Masten entfernt wachsen, um 16 % geringer als bei inaktiven Masten; in 20 m Nähe aktiver Türme sogar ~308 % geringer. Anschließend wurden die nachgelagerten ökologischen Auswirkungen durch Manipulation und Quantifizierung der Samenproduktion im Feld untersucht. Die negative Auswirkung der Nähe zu den Türmen auf die Pflanzenreproduktion war nur bei der natürlichen Bestäubung offensichtlich, jedoch nicht bei manueller Bestäubung per Pinsel. In Bezug auf die Population von *E. californica* und die mit ihr verbundene Pflanzengemeinschaft wurde festgestellt, dass EMF die drei bewerteten räumlichen Muster signifikant beeinflussten: die Verteilung des Artenreichtums, die Gesamtabundanz und die relative Abundanz von *E. californica* waren eng mit der Aktivität der Sendemasten verbunden.

Schlussfolgerungen:

Die Autoren konnten zeigen, dass das Vorhandensein von EMF unter Feldbedingungen die Bestäubungsleistung der Honigbienen erheblich beeinträchtigt. Die Auswirkungen auf der Ebene der Organismen schlugen sich in einer geringeren Anzahl von Blütenbesuchen nieder, die die Samenproduk-

tion verringerten, was wiederum zu einer geringeren Vielfalt und einem geringeren Pflanzenreichtum führte. Die negativen Auswirkungen, von Genen bis hin zu Pflanzengemeinschaften, hingen vor allem mit der Entfernung zur Quelle zusammen. Die Experimente zeigten, dass die Exposition von Honigbienen gegenüber EMF ihre Fähigkeiten zur Futtersuche beeinträchtigt, wahrscheinlich durch die Beeinflussung der magnetischen Navigation, des Lernens, der Kognition, des Flugverhaltens und der Futtersuche, wodurch die Bestäubungsleistung beeinträchtigt wird. Bei den Blüten, die von Hand bestäubt wurden, wurden keine signifikanten Unterschiede in der Samenproduktion zwischen den Behandlungen festgestellt. Es wären weitere Forschungsarbeiten unter Verwendung eines transkriptomischen/proteomischen und biochemischen Ansatzes erforderlich, um das Ausmaß der Auswirkungen von EMF auf Bestäuberinsekten aufzudecken. (AT)



Hochfrequente EMF und Honigbienen

Definierte Exposition von Honigbienen-völkern bei simulierten hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF): Negative Auswirkungen auf das Heimfindervermögen, aber nicht auf die Brutentwicklung oder Langlebigkeit

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

Die Verstädterung und die zunehmende Nutzung drahtloser Technologien führen zu höheren Emissionsraten hochfrequenter elektromagnetischer Felder (HF-EMF) in besiedelten Gebieten. Diese anthropogene elektromagnetische Strahlung ist eine Form der Umweltverschmutzung und ein potenzieller Stressfaktor für Bienen und andere Fluginsekten. In Städten gibt es häufig eine hohe Dichte an drahtlosen Geräten, die auf Mikrowellenfrequenzen arbeiten und elektromagnetische Frequenzen erzeugen, z. B. 2,4 und 5,8 GHz. Aufgrund der zunehmenden Nutzung dieser Technologien sind diese Felder in Europa allgegenwärtig geworden. Diese Technologien und die möglichen Gefahren für die menschliche Gesundheit und die Tierwelt werden jedoch intensiv diskutiert, da es immer noch große Wissenslücken über die

akuten oder langfristigen Auswirkungen gibt, einschließlich der fast unbekanntenen Auswirkungen auf die Vielfalt oder den Bestand von Wirbellosen und Wirbeltieren wie Bienen oder Vögeln. Bislang sind die Auswirkungen nichtionisierender elektromagnetischer Strahlung auf die Vitalität und das Verhalten von Insekten nur unzureichend bekannt. In einer ausführlichen Übersichtsarbeit von Vanbergen et al. (2019) wurden die gesammelten Belege für negative Auswirkungen und die aktuellen Wissenslücken von EMF auf Bestäuber dargestellt, wobei hervorgehoben wurde, dass viele Auswirkungen ungeklärt sind und dass die in künftigen Studien verwendeten Methoden dringend verbessert werden müssen. Zu den Empfehlungen gehören die Erhöhung der Anzahl der Wiederholungen, die Verwendung geeigneter Kontrollen, realistische Expositionsszenarien und realistische Feldbedingungen. Im vorliegenden Experiment verwendeten die Autoren Honigbienen als Modellorganismen und analysierten die Auswirkungen definierter Expositionen bei 2,4 und 5,8 GHz auf die Entwicklung der Brut, die Langlebigkeit und das Heimfindervermögen unter Feldbedingungen.

Studiendesign und Durchführung:

Die Versuche wurden von Juli bis September 2020 und erneut von Juli bis Oktober 2021 an der Landesanstalt für Bienenkunde, Universität Hohenheim (DE), durchgeführt. Für den Versuchsaufbau wurden 16 Bienenvölker verwendet. In der EMF-Gruppe wurden 8 Bienenvölker in einem Abstand von 2 m zur Strahlungsquelle aufgestellt. Die 8 Kontrollkolonien wurden nach dem gleichen Muster in einem Abstand von 5 m zu den EMF-Kolonien aufgestellt. Es wurde eine hochwertige Strahlungsquelle verwendet, die eine gleichmäßige, definierbare und realistische elektromagnetische Strahlung erzeugt und für dieses Experiment vom Karlsruher Institut für Technologie entwickelt wurde. Diese Strahlungsquelle erzeugt Pakete, die identisch mit denen sind, die für die Übertragung von WLAN bei den Frequenzen 2,4 und 5,8 GHz verwendet werden und die lizenzfrei simulierbar sind. Es wurde Software Defined Radio (SDR)-Technologie verwendet und ein Tastverhältnis von 100 % über einen Zeitraum von 100 ms als Sendeparameter ausgewählt, um einen stark belasteten WLAN-Zugangspunkt zu simulieren. Zu Beginn der Brutbewertung wurden von jedem Bienenvolk eine Brutwabe mit Eiern ausgewählt und etwa 200 Zellen markiert. Um die Auswirkungen auf den Heimkehrerfolg zu bewerten, wurden zwei verschiedene Ansätze verwendet, um langfristige und kurzfristige Auswirkungen getrennt zu untersuchen.

Ausgewachsene Arbeitsbienen, die auf Futtersuche waren, wurden in Probenbehältern direkt am Eingang des Bienenstocks von vier verschiedenen Völkern jeder Gruppe (EMF, Kontrolle) gesammelt. Insgesamt wurden etwa

160 einzelne Bienen in 8 Wiederholungsversuchen getestet. Die Bienen jedes Versuchs wurden einzeln markiert. Für die Kurzzeitexposition wurden 9 zusätzliche Bienenvölker verwendet, die sich nicht in der Nähe der Strahlungsquelle befanden. Mit insgesamt etwa 200 einzelnen Bienen wurden 11 Versuche mit paarweisen Vergleichen durchgeführt. Die Bienen in den Probenbehältern wurden zu einem 500 m entfernten Freilassungsort transportiert. Ein Beobachter zählte alle zurückkehrenden Bienen am Eingang des Bienenstocks, notierte die individuelle Kennzeichnung und hielt die Flugdauer fest. Um die Auswirkungen auf die Langlebigkeit zu testen, wurden 675 neu geschlüpfte Arbeitsbienen in 9 Gruppen (5 EMF, 4 Kontrolle) mit jeweils 75 Bienen in einer der 16 Versuchsstöcke eingesetzt und auf ihre Lebensdauer hin beobachtet (28 Tage lang).

Ergebnisse:

Die Exposition wurde mit simuliertem WLAN einer äquivalenten isotropen Strahlungsleistung (EIRP) von 177 mW bei 2,45 GHz und 10 mW bei 5,8 GHz vorgenommen, simultan abgestrahlt. Dies entspricht einer Leistungsflussdichte von $3,54 \text{ mW/m}^2$ bei 2,45 GHz und $0,2 \text{ mW/m}^2$ bei 5,8 GHz in 2 Meter Abstand der Antenne.

Die endgültige Brutabbruchrate am Tag 16 nach der Eiablage unterschied sich nicht signifikant ($p = 0,862$) zwischen der exponierten (33,5 %) und Kontrollgruppe (35,4 %).

Die Langzeit-HF-EMF-Exposition hatte einen deutlich negativen Einfluss auf die Orientierungsfähigkeit der Honigbienen bei der Futtersuche ($p = 0,0064$). Die Anzahl der Bienen, die erfolgreich zu ihren Bienenstöcken zurückfanden, unterschied sich signifikant: 95,2 % der Bienen in der Kontrollgruppe kehrten erfolgreich zurück, verglichen mit nur 78,6 % der Bienen in der EMF-Gruppe. Wenn Honigbienen nur kurz bestrahlt wurden (40 min), hatte die Strahlung keinen Einfluss auf die Anzahl der erfolgreich zurückkehrenden Bienen (Mittelwert: EMF 90,0 %, Kontrolle 86,6 %; $p = 0,4696$).

Die Bienen in den mit HF-EMF behandelten Bienenstöcken lebten im Durchschnitt $17,7 \pm 0,61$ Tage im Vergleich zu den etwas länger lebenden Kontrollen mit $19,0 \pm 0,68$ Tagen. Die Überlebensanalyse über die gesamte Lebensdauer von 28 Tagen zeigte jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen.

Die Autoren verglichen auch das Überleben während des normalen Zeitfensters, in dem die Bienen mit der Futtersuche beginnen (Tag 11 bis 29) und fanden hier signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ($p = 0,042$).

Schlussfolgerungen:

Anthropogene elektromagnetische Strahlung ist eine Form der Umweltverschmutzung, die im Verdacht steht, negative Auswirkungen auf Fluginsekten einschließlich Bienen zu

haben. Viele frühere Forschungen zu EMF verwendeten unvorhersehbare und unregelmäßige Strahlungsquellen, was die Auswertung der Ergebnisse erschwert. In dieser Studie zeigte sich eine deutliche signifikante negative Auswirkung auf das Heimfindeverhalten der Sammelbienen. Es ist erwähnenswert, dass moderne Mobilfunktechnologien wie 4G/5G-Systeme, die auf demselben Frequenzband wie WLAN arbeiten, wahrscheinlich ähnliche Auswirkungen haben werden. Die vorliegende Studie verfolgte jedoch nicht die möglichen langfristigen Folgen einer kontinuierlichen Exposition auf die Entwicklung der Bienenvölker während des gesamten Jahres. Dieses Thema sollte in Langzeitstudien untersucht werden. Aufgrund der Komplexität der Arbeit mit HF-EMF sind interdisziplinäre Kooperationen sehr erwünscht. (AT)



Hochfrequente EMF und Wildpflanzen

Beeinflussen elektromagnetische Felder, die in der Telekommunikation eingesetzt werden, wildlebende Pflanzenarten? Eine Feldstudie zur Kontrolle der Auswirkungen

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

In den letzten drei Jahrzehnten haben sowohl die Reichweite drahtloser Kommunikationsnetze als auch die daraus resultierende Belastung durch hochfrequente elektromagnetische Felder (HF-EMF) in nie dagewesenem Maße zugenommen. Bestehende Forschungen an Pflanzen haben gezeigt, dass HF-EMF-Strahlung ihr Wachstum und ihre Entwicklung, ihre Genexpression und verschiedene Stoffwechselaktivitäten beeinflussen kann. Da diese Ergebnisse jedoch überwiegend auf kontrollierten Laboruntersuchungen beruhen, bleibt unklar, inwieweit Pflanzen, die in realen Ökosystemen wachsen, beeinflusst werden. Somit sind die potenziellen weiterreichenden Folgen von HF-EMF auf ganze Ökosysteme nach wie vor unbekannt. Diese Frage muss in Feldstudien mit Pflanzen, die unter Freilandbedingungen wachsen, geklärt werden.

Studiendesign und Durchführung:

Die Autoren untersuchten die Auswirkungen einer HF-EMF-Exposition von der Keimung bis zur Reifung von zehn

gängigen krautigen Pflanzenarten über einen Zeitraum von vier Monaten. Die ausgewählten Pflanzenarten gehören zu verschiedenen Familien und haben unterschiedliche funktionelle und morphologische Eigenschaften. Das Experiment wurde in einer Gärtnerei 80 km östlich von Wrocław, Polen, durchgeführt.

Die Fläche wurde in zwei gleich große Teile (je 2,5 x 1,5 m) unterteilt, die im Folgenden als „Bestrahlung“ und „Kontrolle“ bezeichnet werden. Die Pflanzen auf der Bestrahlungsfläche wurden HF-EMF ausgesetzt, die von einer Richtantenne ausgestrahlt wurden, welche an ein handelsübliches RFID-Lesegerät als Sender angeschlossen war, bei einem Abstand von 3 Metern und einer Frequenz von etwa 866 MHz. Die mittlere Leistungsflussdichte (im „Max hold“-Modus) in der bestrahlten Fläche betrug 12,4 mW/m² und 16,7 mW/m² in 20 bzw. 40 cm über dem Boden. Die gleichen Messungen auf den Kontrollflächen ergaben 0,003 mW/m² und 0,005 mW/m².

Es ist erwähnenswert, dass das RFID-Expositionssystem, das hier verwendet wurde, die gleichen technischen Eigenschaften wie von LTE, GSM und anderen gängigen zellularen Kommunikationssystemen aufweist, die am meisten zur EMF-Feldexposition in der Umwelt beitragen. Die Autoren haben einjährige Pflanzenarten ausgewählt, die im Frühjahr oder Frühsommer keimen, so dass ihre Beobachtungen in einer Vegetationsperiode über den gesamten Lebenszyklus der Pflanze, vom Samen bis zur reifen Pflanze, abgeschlossen werden konnten. Wild vorkommende Samen der ausgewählten Pflanzenarten wurden in der Nähe des Versuchsgeländes gesammelt. Die Arten wurden gleichmäßig verteilt, so dass die durchschnittliche Lichtverfügbarkeit, der HF-EMF-Expositionspegel, die Windgeschwindigkeit und andere Wachstumsbedingungen für jede Art gleich waren. Die Pflanzen wurden während ihres Wachstums dreimal fotografiert: zwei Monate nach der Aussaat, als die Pflanzen in Multitopfschalen wuchsen, und drei und vier Monate nach der Aussaat, als sie in Einzeltöpfen wuchsen. Die Pflanzenhöhe und -form sowie die Blattfläche und -ausrichtung wurden anhand der Fotos bestimmt.

Ergebnisse:

Alle für diese Studie ausgewählten Arten keimten und erreichten ihre Reife als normal entwickelte Pflanzen. Bei den meisten der untersuchten Arten waren die Reaktionen auf HF-EMF nicht nachweisbar oder nur schwach. Allerdings wurden bei vier von zehn Arten mehrere Unterschiede zwischen den EMF-behandelten und den Kontrollpflanzen festgestellt. So war die Keimlingsaufbaufrate bei *Myosotis arvensis* in EMF-behandelten Pflanzen um 12 % höher als in Kontrollpflanzen ($p = 0,065$). Der Unterschied zeigte sich viel später bei EMF-behandelten *Thlaspi arvense*-Pflanzen, die um 60 % höher waren ($p = 0,048$), und bei EMF-behandelten

Avena fatua-Pflanzen, die um 55 % weniger verfärbte Blattflächen aufwiesen ($p = 0,085$). Nur bei einer Art, *Trifolium arvense* (Hasen-Klee), wurden Auswirkungen in verschiedenen Pflanzenentwicklungsstadien und für verschiedene Pflanzenmerkmale beobachtet: Die verfärbte Blattfläche war bei den EMF-behandelten Pflanzen im Vergleich zu den Kontrollpflanzen nach einem Monat Wachstum signifikant geringer; im zweiten Wachstumsmonat wurde sie jedoch bei den EMF-behandelten Pflanzen deutlich größer; im dritten Monat nahm dieser Unterschied weiter zu. Bei dieser Art stimulierte HF-EMF das Wachstum. Allerdings traten die HF-EMF-exponierten Pflanzen von *Trifolium arvense* im Laufe der Vegetationsperiode früher in die Phase der Seneszenz ein, was sich durch eine Verringerung der grünen Blattfläche und eine Zunahme der Fläche verfärbter Blätter zeigte.

Schlussfolgerungen:

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Auswirkungen einer HF-EMF-Exposition bei umweltrelevanten Werten bei Pflanzen, die in der freien Natur wachsen, dauerhaft und irreversibel sein können, dass diese Auswirkungen jedoch auf bestimmte Arten beschränkt sind. Dies wiederum legt nahe, dass zukünftige Studien untersuchen sollten, ob die hier beobachteten Wirkungen auch bei häufigeren Trifolium-Arten oder anderen Leguminosen auftreten, die eine Schlüsselkomponente im europäischen Grasland sind. *Trifolium arvense* könnte ein möglicher Indikator für vom Menschen verursachte HF-EMF in der Umwelt sein. Die Empfindlichkeit von *Trifolium arvense* gegenüber HF-EMF könnte durch den Einfluss natürlicher Umweltstressoren erhöht worden sein.

Diese Studie gibt keine Antwort auf die Frage, ob die HF-EMF-Exposition durch Mobilfunk-Basisstationen Veränderungen bewirkt, die sich auf breitere trophische Interaktionen in Ökosystemen auswirken. Es ist möglich, dass die bei *Trifolium arvense* beobachtete Reaktion ein gemeinsames Merkmal anderer Arten innerhalb der Gattung Trifolium ist. Wenn dies der Fall ist, könnten HF-EMF spürbare Auswirkungen auf das Funktionieren ganzer Graslandgemeinschaften haben, insbesondere in städtischen oder vorstädtischen Gebieten. Unter den verschiedenen Fabaceae-Gattungen gilt Trifolium als Schlüsselkomponente im europäischen Grünland, da diese Pflanzen besonders effiziente N₂-Fixierer sind. Diese Studie ist der erste Versuch, die Auswirkungen von HF-EMF auf verschiedene Wildpflanzenarten in einem Experiment zu untersuchen, das in offener natürlicher Umgebung durchgeführt wurde. (AT)



Ökologische Auswirkungen von EMF

Auswirkungen schwacher EMF auf Wildtiere und Pflanzen: Was uns die Forschung über einen Ökosystemansatz sagt

Levitt BB, Lai HC, Manville AM (2022). Low-level EMF effects on wildlife and plants: What research tells us about an ecosystem approach. *Frontiers in Public Health*. 2022 Nov 25;10:4654. DOI: 10.3389/fpubh.2022.1000840

Es gibt genügend Anhaltspunkte dafür, dass wir nicht-menschliche Arten auf Ökosystem- und Biosphären-Ebene durch steigende Hintergrundpegel anthropogener elektromagnetischer Felder (EMF) von 0 Hz bis 300 GHz schädigen. In der Forschung wurden vor allem Mäuse und Ratten verwendet, aber auch Kaninchen, Hunde, Katzen, Hühner, Schweine, nichtmenschliche Primaten, Amphibien, Insekten, Nematoden, verschiedene Mikroben, Hefezellen, Pflanzen und andere. Bei allen Taxa wurden Auswirkungen bei verschiedenen Frequenzen, Intensitäten und Expositionsparametern festgestellt. Die gemessenen steigenden EMF-Werte in der Umgebung geben Anlass zur Besorgnis, vor allem im Hinblick auf das bevorstehende 5G-Netz, das höhere Frequenzen und neuartige Signalmerkmale/Wellenformen verwendet, die insbesondere Insekten beeinträchtigen könnten, was sich auf das gesamte Biom auswirken könnte. Bereits jetzt sind einige der ungewöhnlichen Aspekte von 5G (z. B. deutlich höhere Emissionsspitzen) vor dem Hintergrund anderer Expositionen zu erkennen.

Studiendesign:

Der Schwerpunkt dieser Perspektivstudie liegt auf der einzigartigen Physiologie nicht-menschlicher Arten, ihrer außerordentlichen Empfindlichkeit gegenüber natürlichen und anthropogenen EMF und der Wahrscheinlichkeit, dass künstliche EMF im statischen, extrem niederfrequenten (ELF) und hochfrequenten (HF) Bereich des nicht-ionisierenden elektromagnetischen Spektrums in der Lage sind, bei sehr geringen Intensitäten Fauna und Flora bei allen untersuchten Arten zu beeinträchtigen. Es gibt heute zwei weit verbreitete Missverständnisse darüber, inwiefern schwache EMF nicht-menschlichen Arten beeinflussen: (1) Es besteht kein Grund zur Besorgnis für die Umwelt, da die derzeit geltenden Expositionen zu gering sind, um Auswirkungen zu verursachen; und (2) die bestehenden Expositionsnormen für Menschen reichen aus, um auch nicht-menschliche Arten zu erfassen. Beide Annahmen sind nicht zutreffend.

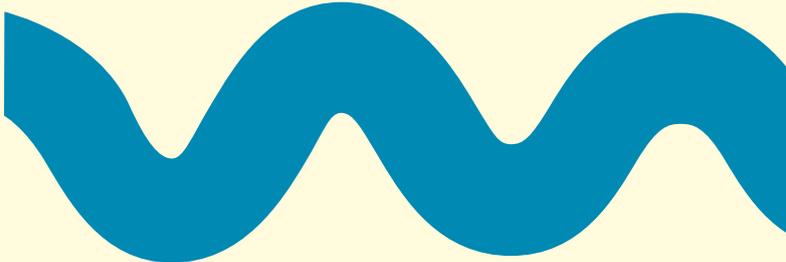
Ergebnisse:

In der Umwelt gibt es viele Faktoren, die die Absorption nicht-ionisierender elektromagnetischer Energie beeinflussen können, darunter die Luftfeuchtigkeit und/oder der Partikelgehalt, die Bodenbeschaffenheit, natürliche und/oder künstliche Hindernisse (Bäume/Gebäude) und das Vorhandensein anderer Wellenformen, die die Exposition verstärken und/oder vermindern können. Jedoch sollte die Vielzahl an Faktoren und komplexen Zusammenhängen nicht als Entschuldigung dafür dienen, nichts zu tun. Die Ausarbeitung von Richtlinien für alle Arten ist eindeutig eine Fleißarbeit, die weit mehr erfordert als nur das Herunterfahren des Stroms; es könnte eine erhebliche Umgestaltung der elektrischen und HF-Technik, Änderungen bei der Frequenzzuweisung und auch gesellschaftliche Veränderungen erforderlich machen.

Die Exposition von Wildtieren ist heute nur noch eine Frage des Grades. Viele Wildtierarten durchqueren ständig unterschiedliche künstliche Felder, wobei viele fliegende Arten – wie Vögel, Fledermäuse und Insekten – extrem nahe an Übertragungsquellen herankommen, denen der Mensch nur selten, wenn überhaupt, ausgesetzt ist. Einige der Gebiete mit der höchsten Leistungsdichte, z. B. in der Nähe von Sendeantennenfarmen, sind speziell von menschlichen Populationen entfernt, in der Annahme, dass Wildtiere im Falle einer Beeinträchtigung solche Standorte meiden würden. Aufgrund der komplexen Magnetwahrnehmung von Vögeln kann die HF-erzeugende Infrastruktur jedoch stattdessen als Anziehungspunkt fungieren. Viele solcher Expositionen können Wildtiere einfach schädigen und unbemerkt bleiben, was unter anderem auf thermische Effekte im Nahfeld und nicht-thermische Effekte im Fernfeld zurückzuführen sein dürfte. Selbst einst unberührte Wildnisgebiete sind heute HF-belastete Umgebungen.

Schlussfolgerungen:

Alle bestehenden Expositionsnormen gelten nur für Menschen; wildlebende Tiere sind ungeschützt, auch innerhalb der Sicherheitsmargen der bestehenden Leitlinien, die für die Empfindlichkeiten verschiedener Arten und die unterschiedliche Physiologie nicht-menschlicher Tiere ungeeignet sind. Es ist klar, dass nicht-menschliche Spezies EMF als Umweltstressoren empfinden und biologische Wirkungen in unserer heutigen Umwelt auftreten können. Diese weitgehend unerkannte Variable kann empfindliche Ökosysteme verändern, darunter wohl auch die Biosphäre, in der alle lebenden Organismen beheimatet sind – und sie tut dies möglicherweise auch schon. Bislang waren die Auswirkungen von ELF/HF-EMF auf die Umwelt für die Regulierungsbehörden, abgesehen von kleinen, lokal begrenzten Situationen, z. B. in der Nähe von Stromleitungskorridoren oder Rundfunkantennen, nicht von ernsthafter Bedeutung. Mit dem bevorstehenden 5G-Projekt muss diesem Thema nun jedoch sofortige Aufmerksamkeit gewidmet werden, ebenso wie einer erneuten Prüfung der chronisch steigenden Umgebungspegel in allen nicht-ionisierenden elektromagnetischen Frequenzbereichen. Hochfrequenzstrahlung ist eine Form der energetischen Luftverschmutzung und sollte als solche reguliert werden. Im Gegensatz zu den klassischen chemischen/toxikologischen Schadstoffen, bei denen ein Verursacher typischerweise identifiziert und quantifiziert werden kann, kann Hochfrequenzstrahlung als ein „Prozess“-Schadstoff in der Luft funktionieren. Dies ist vergleichbar mit endokrinen Disruptoren, welche in Lebensmitteln und Wasser als Schadstoff funktionieren, bei denen der Stressor eine Kaskade unvorhersehbarer systemischer Wirkungen verursacht. Langfristige chronische EMF-Expositionsrichtlinien auf niedrigem Niveau, die derzeit nicht existieren, sollten für Wildtiere entsprechend festgelegt werden. (AT)



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#1511872381824-902b5256-2d98>,
<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

