

# NEUES AUS DER FORSCHUNG

## Forschungsüberblick: EMF-Wirkungen auf Pflanzen und Tiere

Ein Review zu den ökologischen Wirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF). A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). Cucurachi S, Tamis WL, Vijver MG, Peijnenburg WJ, Bolte JF, de Snoo G, Erschienen in: Environ Int 2012; 51 : 116 - 140

Institute of Environmental Sciences (CML), Leiden University, P.O. Box 9518, 2300 RA Leiden, The Netherlands.

Der Überblick gibt Auskunft über wissenschaftliche Arbeiten zu den Auswirkungen von Frequenzen zwischen 10 MHz und 3,6 GHz auf verschiedene Gruppen von Lebewesen. 113 Studienergebnisse wurden zusammengefasst. In zwei Dritteln der Studien wurden signifikante Wirkungen sowohl bei hohen als auch bei niedrigen Dosierungen gefunden. Auch sehr geringe Feldstärken zeigen Wirkungen unter Bedingungen, die in der realen Umwelt vorzufinden sind. Im der Zusammenfassung heißt es:

„Nicht nur eindeutig ökologische Artikel, wie Feldstudien wurden berücksichtigt. Es wurden vielmehr auch biologische Artikel zu Laborstudien einbezogen, bei denen die Wirkungen von elektromagnetischen Hochfrequenzfeldern mit biologischen Endpunkten wie Fruchtbarkeit, Fortpflanzung, Verhalten und Entwicklung berücksichtigt wurden, die von eindeutiger ökologischer Bedeutung sind...“

**Ergebnisse:** Von 113 Studien wurden Informationen gesammelt. Es sind entweder Studien, die ursprünglich in wissenschaftlichen Fachveröffentlichungen erschienen sind, oder relevante aktuelle Untersuchungen. Eine begrenzte Zahl ökologischer Feldstudien wurde ermittelt. Die Mehrheit der Studien wurde in Laborumgebungen an Vögeln (Embryos oder Eier), kleinen Nagetieren und Pflanzen durchgeführt. Bei 65 % der Studien wurden ökologische Wirkungen der elektromagnetischen Hochfrequenzstrahlung (bei 50 % der Tierstudien und ungefähr 75 % der Pflanzenstudien) festgestellt, sowohl bei hohen als auch bei

niedrigen Dosen. Es war keine eindeutige Beziehung zwischen Dosis und Wirkung erkennbar. Bei Studien, in denen Wirkungen festgestellt wurden, fand eine längere Dauer der Bestrahlung statt. Außerdem konzentrierten sie sich stärker auf die GSM-Frequenzbänder.

**Schlussfolgerungen:** Bei etwa zwei Dritteln der überprüften Studien wurde von ökologischen Wirkungen elektromagnetischer Hochfrequenzstrahlung berichtet, sowohl bei hohen als auch bei niedrigen Dosen. Die sehr niedrigen Dosen entsprechen Situationen in realen Umgebungen und können bei den Bedingungen in der Umwelt angetroffen werden. Eine fehlende Normierung und eine begrenzte Zahl von Beobachtungen schränkt jedoch die Möglichkeit ein, aus Ergebnissen für einen Organismus Rückschlüsse für das gesamte Ökosystem zu ziehen. Bei zukünftigen Studien empfehlen wir mehr Wiederholungen der Beobachtungen. Außerdem empfehlen wir die explizite Verwendung verfügbarer Normen für die Aufzeichnung relevanter physikalischer Parameter zu elektromagnetischer Hochfrequenzstrahlung, sowohl bei Labor- als auch bei Feldstudien.“ (Eigene Übersetzung)

Eine ausführliche Besprechung der Studie ist im ElektromogReport Juli 2013 erschienen. Diagnose-Funk empfiehlt den Lesern, die detailliert über neueste Forschungsergebnisse informiert sein wollen, das Abonnement des ElektromogReport.

## Studienergebnis: Basisstationen des Mobilfunks nicht näher als 300 Meter von der Bevölkerung entfernt errichten

**Gesundheitliche Auswirkung des Wohnens in der Nähe der Antennen von Basisstationen:** ein Bericht aus Isfahan, Iran. Health effects of living near mobile phone base transceiver station (BTS) antennae: a report from Isfahan, Iran. Shahbazi-Gahruei D, Karbalae M, Moradi HA, Baradaran-Ghahfarokhi M.; Electromagn Biol Med. 2013 Jun 19. Abteilung für medizinische Physik und Medizintechnik, Fakultät für Medizin, Universität für Medizinwissenschaften, Isfahan, Iran.

**Zusammenfassung:** Hintergrund der Zusammenfassung: In den letzten Jahren hat aufgrund der starken Nutzung des Mobilfunks die Sorge über mögliche Gesundheitsgefahren sowohl in der Bevölkerung als auch bei Wissenschaftlern zugenommen. Es hat sich gezeigt, dass sich die Exposition gegenüber Mobilfunkstrahlung vielfältig auf die Immunfunktion, die Stimulation von Hormonen, das Gehirn von Säugern, die Motilität und Morphologie von Spermien sowie auf neurologische Erkrankungen auswirkt. Das Ziel dieser Studie war es, die psychologischen und psychobiologischen Reaktionen von Menschen zu untersuchen, die in der Nähe einer Antenne einer Basisempfangsstation in Isfahan, Iran, wohnen. Materialien und Methoden: Eine Querschnittstudie an 250 zufällig ausgewählten Einwohnern (133 Frauen und 117 Männer) wurde von Oktober 2012 bis November 2012 durchgeführt. Die Einwohner wurden gebeten, einen standardisierten Fragebogen auszufüllen, der sich auf relevante Parameter psychologischer und psychobiologischer Reaktionen konzentriert. Ein Computerprogramm (SPSS Version 16.0, Chicago, IL) wurde zur statistischen Auswertung verwendet. Dabei wurde der Chi-Quadrat-Test mit Korrektur nach Yates verwendet. Alle Daten wurden anhand einer Kriteriumsebene von  $p = 0.05$  überprüft. Ergebnisse: Die Ergebnisse zeigten, dass die meisten Symptome, wie Übelkeit, Kopfschmerzen, Schwindel, Reizbarkeit, Unwohlsein, Nervosität, Depression, Schlafstörungen, Gedächtnisverlust und Verminderung des Sexualtriebs bei den Bewohnern, die in der Nähe der Antenne der Basissendeempfangsstation wohnen (<300 m Entfernung), statistisch gesehen bedeutsam stärker auftraten, als bei Bewohnern, die weiter von der Antenne der Basissendeempfangsstation entfernt wohnen (> 300 m Entfernung).

**Schlussfolgerung:** Es wird darauf hingewiesen, dass Antennen von Basissendeempfangsstationen des Mobilfunks nicht näher als 300 Meter von der Bevölkerung entfernt errichtet werden sollten, um die Exposition der Anwohner zu minimieren.

(Eigene Übersetzung)

## WLAN, GSM und UMTS führen zu Oxidativem Stress in Hoden

Wi-Fi (2.45 GHz)- und Handy (900 und 1800 MHz)-induzierte Risiken auf oxidativen Stress und Elementen in den Nieren und Hoden von Ratten während der Trächtigkeit und der Entwicklung der Nachkommen. Wi-Fi (2.45 GHz)- and Mobile Phone (900 and 1800 MHz)-Induced Risks on Oxidative Stress and Elements in Kidney and Testis of Rats During Pregnancy and the Development of Offspring. Ozorak Aet al.; Biol Trace Elem Res 2013

Es wurden die Wirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf den oxidativen Stress und den Gehalt an Spurenelementen in den Nieren und Hoden von Ratten untersucht. 32 trächtige Ratten und nach dem Werfen 96 männliche Junge (weibliche Junge wurden aus der Studie ausgeschlossen) wurden gleichmäßig auf 4 Gruppen aufgeteilt: 1.) Käfig-Stress (Schein-Exposition und/oder Käfigkontrolle, widersprüchliche Angaben), 2.) Exposition bei 2,45 GHz, 3.) Exposition bei 900 MHz und 4.) Exposition bei 1800 MHz. Der Gehalt an Spurenelementen wurde gemessen, weil diese oft als Co-Faktoren für antioxidative Enzyme fungieren und in Prozesse involviert sind, die oxidativen Stress verhindern. Ergebnisse nach 6-wöchiger Exposition: "Im Alter von 6 Wochen zeigten die exponierten Ratten im Vergleich zu Ratten der Kontrollgruppe eine signifikant erhöhte Konzentration an Eisen in der Niere und in den Hoden, jedoch war der Gehalt an Kupfer und reduziertem Glutathion sowie der Gesamt-Antioxidantien-Status signifikant verringert. Die Autoren schlussfolgern, dass die Exposition bei hochfrequenten elektromagnetischen Feldern oxidativen Stress verursachte und den Gehalt an Antioxidantien verringerte." (EMF-Portal)

[www.emf-portal.de/viewer.php?aid=23656&sid=6b7ddadecbde7d518d7530f2ac78ae2e&sform=8&pag\\_idx=0&l=g](http://www.emf-portal.de/viewer.php?aid=23656&sid=6b7ddadecbde7d518d7530f2ac78ae2e&sform=8&pag_idx=0&l=g)

## DECT-Schnurlostelefone können Herzfrequenzvariabilität verändern

Replikationsstudie zur Herzfrequenzvariabilität bei einem 2,4 GHz-Schnurlostelefon bestätigt die ursprünglichen Ergebnisse. Replication of heart rate variability provocation study with 2.4-GHz cordless phone confirms original findings. Havas M, Marrongelle J; Electromagn Biol Med 2013; 32 (2): 253 - 266

Prof. Magda Havas konnte ihre vorherigen Ergebnisse reproduzieren: "Ein erheblicher Prozentsatz der Testpersonen reagierte moderat sensitiv bis sehr sensitiv auf die Exposition bei einem Schnurlostelefon, wie die Herzfrequenzvariabilität zeigte. Diese

Reaktionen waren nicht psychosomatisch. Unter Expositions-Bedingungen wurden im Vergleich zur Schein-Exposition eine signifikant höhere Herzfrequenz, eine veränderte Herzfrequenzvariabilität und Veränderungen in der sympathischen und der parasympathischen Kontrolle des autonomen Nervensystems festgestellt. Die Ergebnisse dieser Studie sind ähnlich denen der vorherigen Studie (Havas et al., 2010). Die Autoren schlussfolgern, dass die Exposition bei einem 2,4 GHz-Schnurlostelefon das autonome Nervensystem des Menschen beeinflussen könnte." (Zusammenfassung des EMF-Portal)

## Gepulste Strahlung der DECT-Basisstation ruft die Bildung von freien Radikalen hervor

Erhöhung reaktiver Sauerstoffspezies im Körper und in den Ovarien von Drosophilafliegen nach kurzfristiger und langfristiger Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern einer DECT-Basisstation und Erholung nach der Exposition. Reactive oxygen species elevation and recovery in Drosophila bodies and ovaries following short-term and long-term exposure to DECT base EMF.

Manta AK, Stravopodis DJ, Papassideri IS, Margaritis LH; Electromagn Biol Med 2013.

**Zusammenfassung:** Das Ziel dieser Studie war, die Grundmechanismen zu untersuchen, die dem berichteten apoptotischen Tod von Eizellen und der Abnahme der Fruchtbarkeit bei *Drosophila melanogaster* zugrunde liegen, hervorgerufen durch nicht-ionisierende Strahlung. Die Konzentration von ROS (Reaktiven Sauerstoffspezies) wurde in den Körpern und Ovarien von (geschlechtsreifen) 4-Tagealten Fliegen gemessen, nach einer Exposition von 0,5, 1, 6, 25, und 96 Stunden gegenüber einer drahtlosen DECT-Basisstation (Digital Enhanced Cordless Telephone) (bei 1,88 - 1,90 GHz). Die Intensität des elektrischen Felds betrug 2,7 V/m, gemessen innerhalb der Glasfläschchen, in denen sich die Fliegen befanden, und als SAR-Wert (spezifische Absorptionsrate) wurde ein Wert von 0,009 W/Kg errechnet. Bei den männlichen und weiblichen Körpern zeigte sich eine Verdoppelung der ROS-Konzentration ( $p < 0,001$ ) nach einer Exposition von 6 Stunden. Diese erhöhte sich bei weiterer Bestrahlung (24 und 96 Stunden) leicht. Bei Ovarien von bestrahlten weiblichen Fliegen gab es eine schnelle Reaktion in Form einer ROS-Zunahme nach 0,5 Stunden (1,5-fach,  $p < 0,001$ ), schließlich wurde eine 2,5-fache Zunahme nach 1 Stunde erreicht. Nach 6, 24 und 96 Stunden fand keine weitere Zunahme mehr statt. Die ROS-Werte in den Körpern der männlichen

und weiblichen Fliegen kehrten 24 Stunden nach einer 6stündigen Exposition der Fliegen ( $p < 0,05$ ) wieder zum Normalwert zurück. In den Ovarien kehrten sie 4 Stunden nach einer 1 stündigen Exposition der weiblichen Fliegen wieder zum Normalwert zurück ( $p < 0,05$ ). Es wird die These vertreten, dass die gepulste Strahlung (bei einer 100-Herz-Rate mit einer Dauer von jeweils 0,08 Minuten) der DECT-Basisstation im Standby dazu in der Lage ist, die Bildung von freien Radikalen hervorzurufen. Dabei führt der niedrige SAR-Wert schnell zu einer Häufung von ROS in der Art einer stetigen Sättigung bei Dauerexposition sowie zu einer Erholung nach Unterbrechung der Exposition, möglicherweise durch die Aktivierung des antioxidanten Mechanismus im Organismus. (Eigene Übersetzung)

## Zusammenhang zwischen Alzheimer und gepulsten elektromagnetischen Feldern

Elektromagnetische Puls-Exposition induziert eine Überexpression des Beta-Amyloid-Proteins bei Ratten. Electromagnetic pulse exposure induces overexpression of beta amyloid protein in rats.

Jiang DP et al., Arch Med Res. 2013 Mar 19. pii: S0188-4409(13)00076-3. doi: 10.1016/j.arcmed.2013.03.005.

**Zusammenfassung:** Hintergrund und Ziele: Mit der Entwicklung und verbreiteten Nutzung von Technik mit elektromagnetischen Feldern (EMF) konzentrieren sich immer mehr Studien auf den Zusammenhang zwischen EMF und der Alzheimerkrankheit. Der elektromagnetische Puls (EMP) ist eine Art der verbreitet genutzten elektromagnetischen Felder. Diese Studie soll klären, ob die Exposition gegenüber EMP eine Beeinträchtigung der kognitiven Funktion und des Gedächtnisses bewirken kann, was ein möglicher Zusammenhang zwischen EMP und der Alzheimerkrankheit wäre.

**Methoden:** 40 gesunde, männliche Sprague-Dawley-Ratten wurden wahllos in vier Gruppen eingeteilt. Die Tiere wurden im Alter von zwei Monaten jeweils 100, 1000 und 10.000 elektromagnetischen Pulsen (Feldstärke 50 kV/m, Wiederholungsrate von 100 Hz) sowie einer Scheinexposition ausgesetzt. Monatlich wurde ein Morris-Wasserlabyrinth (MWL) verwendet, um Veränderungen bei den kognitiven Fähigkeiten und Gedächtnisfähigkeiten zu testen. Die Superoxiddismutase-(SOD)-Aktivität sowie der Glutathiongehalt wurden als Anzeichen für oxidativen Stress verwendet. Die Expression von bestimmten Arten von Hormonen, die mit der Alzheimerkrankheit in Zusammenhang stehen, wurde auch festgestellt.

**Ergebnisse:** Nach der EMP-Exposition konnte man feststellen, dass diese im Vergleich zur scheinexponierten Gruppe eine deutliche Beeinträchtigung der kognitiven Funktionen und des Gedächtnisses hervorrief ( $p < 0,05$ ). Die Bestimmung der Oxidationsanzeichen zeigte eine verringerte SOD-Aktivität und einen verringerten Glutathiongehalt bei den exponierten Gruppen im Vergleich zur scheinexponierten Gruppe. Die immunhisto-chemische Färbung (IHF) zeigte eine Zunahme der Beta-Amyloid-Proteine (A $\beta$ ) bei den gegenüber EMP exponierten Gruppen im Gegensatz zur scheinexponierten Gruppe. Western-blot-Experimente zeigten eine Zunahme bei den Expressionen von A $\beta$ -Oligomern und den Beta-Amyloid-Präkursor-Proteinen (APP) bei den EMP-exponierten Gruppen. Eine erhöhte Expression der mit Mikrotubuli zusammenhängenden Protein-1-Leichtkette 3-II (LC3-II) wurde auch gefunden.

**Schlussfolgerungen:** Die vorliegenden Ergebnisse zeigten, dass die EMP-Exposition eine langfristige Beeinträchtigung bei den kognitiven Fähigkeiten und dem Gedächtnis von Ratten auslösen kann, was zu Symptomen der Alzheimerkrankheit führt. Dies wird möglicherweise durch verstärkten oxidativen Stress hervorgerufen und hängt mit einer Fehlfunktion der Autophagie zusammen. (Eigene Übersetzung)

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23523687?dopt=Abstract>

## Auswirkungen von LTE auf die Hirnaktivität

**Die Änderung spontaner Niederfrequenzschwankungen, verursacht durch akute Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern.** The alteration of spontaneous low frequency oscillations caused by acute electromagnetic fields exposure.

Lv B et al., Clin Neurophysiol. 2013 Sep 4. pii: S1388-2457(13)00976-0. doi: 10.1016/j.clinph.2013.07.018

Chinesische Akademie für Telekommunikationsforschung des Ministeriums für Industrie und Informationstechnologie, Peking, China; Universität der chinesischen Akademie der Wissenschaften

**Zusammenfassung.** ZIEL: Die Absicht dieser Studie ist die Bewertung möglicher Veränderung der regionalen Hirnaktivität im Ruhezustand, die durch die akute Exposition gegenüber elektromagnetischen Hochfrequenzfeldern (30 Minuten) gegenüber einem LTE-Signal (Long Term Evolution) ausgelöst wird.

**Methoden:** Wir haben eine kontrollierbare LTE - Nahfeld - Expositionsumgebung ent-

worfen. 18 Probanden haben an einem Doppelblind-, Doppelcrossover-, randomisierten und Ausgleichsexperiment teilgenommen, das aus zwei Sitzungen bestand (reale Exposition und Scheinexposition). Die Strahlungsquelle war nahe am rechten Ohr. Die Signale des menschlichen Gehirns im Ruhezustand wurden dann durch eine funktionelle Magnetresonanztomographie vor und nach der Exposition bei beiden Sitzungen aufgenommen. Wir haben die Amplitude der Niederfrequenzfluktuation (ANFF) und die fraktionelle Amplitude der Niederfrequenzfluktuation (fANFF) gemessen, um die spontane Gehirnaktivität zu bestimmen.

**Ergebnisse:** Wir haben den verringerten ANFF-Wert im linken Gyrus temporalis superior, im linken Gyrus temporalis medius, im rechten Gyrus temporalis superior, im rechten Gyrus frontalis medius und im Lobulus paracentralis nach der realen Exposition festgestellt. Der verringerte fANFF-Wert wurde auch im rechten Gyrus frontalis medius und im rechten Lobulus paracentralis festgestellt.

**Schlussfolgerungen:** Die Studie liefert die Hinweise, dass eine 30minütige Exposition gegenüber LTE-Hochfrequenzstrahlung die spontanen Niederfrequenzschwankungen in manchen Hirnregionen moduliert.

**Bedeutung:** Bei der funktionellen Magnetresonanztomographie im Ruhezustand fanden wir die Änderung spontaner Niederfrequenzfluktuationen, ausgelöst durch die akute Exposition gegenüber LTE-Hochfrequenzstrahlung. (Eigene Übersetzung)

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24012322>

## Querschnittsstudie: Zusammenhang zwischen dem Wohlbefinden von Jugendlichen und dem Gebrauch von Mobiltelefonen

Im WIK-Newsletter 115 (Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste) wird über die Studienergebnisse von Redmayne et al. berichtet:

"Die Exposition von Jugendlichen gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF-EMF) hat sich in den letzten Jahren mit dem verstärkten Einsatz von Mobiltelefonen und der Verwendung von schnurlosen Telefonen und WLAN erhöht.

Ziel dieser Studie war es, den Zusammenhang zwischen dem subjektiven Wohlbefinden von neuseeländischen Jugendlichen und der selbstberichteten Nutzung oder Exposition gegenüber schnurlosen Telefonen und Internet-Technologien zu ermitteln.

In dieser Querschnittsstudie beantworteten die Teilnehmer in ihren Schulklassen Fragebögen über die Nutzung ihres Mobil- und Schnurlostelefonen, über ihr Wohlbefinden und über Informationen zu möglichen Störfaktoren wie z. B. ob sie kurz zuvor eine Grippeerkrankung hatten oder ob sie ein Fernsehgerät im Schlafzimmer haben. Mit Hilfe von Fragebögen an die Eltern konnten zusätzlich Daten über das Vorhandensein von WLAN und Schnurlostelefonen sowie auch deren Modellbezeichnung ermittelt werden. Die Daten wurden mit Hilfe einer ordinalen logistischen Regression, korrigiert für allgemeine Störfaktoren, analysiert. Odds Ratios (OR) und 95%-Konfidenzintervalle (KI) wurden berechnet.

Die Anzahl und Dauer der Mobil- und Schnurlostelefonengespräche wurden mit einem erhöhten Risiko von Kopfschmerzen assoziiert ( $> 6$  Mobiltelefonengespräche über 10 Minuten pro Woche, OR 2,4, KI 1,2-4,8;  $> 15$  Minuten tägliche Nutzung eines Schnurlostelefonen OR 1,74, KI 1,1-2,9). Das Schreiben von Textnachrichten und die ausgedehnte Verwendung von Mobiltelefonen war verbunden mit einem schmerzhaften 'SMS' Daumen. Die Nutzung eines kabelgebundenen Headsets für Mobiltelefone wurde mit Tinnitus assoziiert (OR 1,8, KI 1,0-3,3), während schnurlosen Headsets Kopfschmerzen (OR 2,2, KI 1,1-4,5), seelische Abgeschlagenheit (OR 2,0, KI 1,1-3,8), und das Aufwachen in der Nacht (OR 2,4, KI 1,2-4,8) zugeordnet wurden. Mehrere Schnurlostelefon-Frequenzbänder waren mit Tinnitus, seelischer Abgeschlagenheit und Müdigkeit in der Schule verbunden, während letztere auch mit der Modulation in Zusammenhang stand. Ein Einfluss von WLAN auf das nächtliche Erwachen war weniger wahrscheinlich (OR 0,7, KI 0,4-0,99). In der Nacht von einem Mobiltelefon geweckt zu werden, stand stark im Zusammenhang mit der Müdigkeit in der Schule (OR 3,49, KI 1,97-6,2). Es gab mehr statistisch signifikante Zusammenhänge (36%) als durch Zufall (5%) erwartet werden konnten. In mehreren Fällen handelte es sich um dosisabhängige Beziehungen.

Zur Sicherung des Wohlbefindens junger Menschen empfehlen die Wissenschaftler, die Nutzung von Mobiltelefonen und schnurlosen Telefonen auf weniger als 15 Minuten täglich zu begrenzen und für längere tägliche Gespräche eine Freisprech-einrichtung zu verwenden. Außerdem empfehlen sie den Eltern, Maßnahmen zu treffen, die verhindern, dass junge Menschen von ihren Mobiltelefonen geweckt werden."

Bibliographie: Redmayne et al., Environ Health 2013; 12 (1): 90.

Volltext: <http://www.ehjournal.net/content/pdf/1476-069X-12-90.pdf>