

Im Focus > WLAN

Ergänzung zum WLAN-Review 2018 in umwelt-medizin-gesellschaft



Der Review „*Biologische und pathologische Wirkungen der Strahlung von 2,45 GHz auf Zellen, Fruchtbarkeit, Gehirn und Verhalten*“ von Isabel Wilke, publiziert in umwelt-medizin-gesellschaft 1/2018, ist die bisher umfangreichste Aufarbeitung der WLAN-Studienlage nach dem Review von Naziroglu/Akman (2014). Der Review 2018 basiert auf einer kontinuierlichen, mehrjährigen Auswertung internationaler Studien. Einbezogen wurden mehr als 100 Studien zur Trägerfrequenz 2,45 GHz und zur gepulsten Variante WLAN, die in anerkannten Fachzeitschriften veröffentlicht und ein nachvollziehbares Studiendesign haben. Sie repräsentieren die Gesamtstudienlage. Der Review hat hohe Relevanz. Dipl.- Biol. Isabel Wilke, Redakteurin des ElektromogReport, wertet seit über 20 Jahren die Studienlage zur nicht-ionisierenden Strahlung aus und publiziert monatlich Analysen im Fachinformationsdienst Strahlentelex / ElektromogReport. Sie ist eine der fundiertesten Kennerinnen der Studienlage in Deutschland.

Ergänzend zu diesem Review publiziert diagnose:funk in dieser Studienrecherche ausführliche Einzelbesprechungen, die die Analysemethoden dokumentieren und dem interessierten Leser einen exemplarischen, vertieften und nachvollziehbaren Einblick in Studienergebnisse geben. Diese Analysen wurden bereits vor bzw. während der Erarbeitung des Reviews im Fachmagazin Strahlentelex/ElektromogReport und in den diagnose:funk Studienrecherchen veröffentlicht. Die in dieser Ausgabe enthaltenen 22 Besprechungen zeigen die ganze Bandbreite des Schädigungspotentials von WLAN: Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit (Avendano, Aynali, Oksay, Dasdag, Margaritis, Orendacova, Meena, Sangun), Oxidativer Zellstress (Aynali, Oksay, Cig, Gürlür, Meena, Megha, Sangun, Shahin), Auswirkungen auf Gehirn und Verhalten (Cammaerts, Chartuvedi, Deshmuk, Hassashani, Shahin), DNA-Strangbrüche (Avendano, Chartuvedi, Meena, Megha), Auswirkungen auf Zell- und Herzfunktionen (Orendacova, Saili, Shahin) und auf Pflanzen (Soran). Die Schädigungen treten bei Strahlungsstärken weit unterhalb der Schutzwerte (Grenzwerte, SAR-Wert) auf.

Es gibt Studien zu WLAN, die keine Effekte bei gleichen Endpunkten zeigen. Das kann verschiedene Ursachen haben, z.B. weil andere Zelllinien, Feldstärken genutzt wurden. Im Bereich des Mobilfunks, wo es um Milliardenumsätze geht, hängen die Ergebnisse von drittmittelfinanzierten Studien auch von den Interessen der Finanzgeber ab, wie Studien nachweisen (2). So ist z.B. bekannt, dass einzelne industriefreundliche Studien sogenannte Non-Responder nutzten, also Zelllinien, von denen bekannt ist, dass sie auf Strahlung nicht reagieren (1).

Prof. Franz Adlkofer stellt deshalb in einem Studienüberblick fest: „*Bewusst wird dabei davon Abstand genommen, über die zahlreichen Arbeiten zu berichten, die keinen Hinweis auf HF-EMF-Wirkungen mit Krankheitsrelevanz erbracht haben. Denn noch so viele negative Forschungsergebnisse sind nicht in der Lage, die positiven Befunde auch nur einer einzigen korrekt durchgeführten Studie zu widerlegen. Und natürlich sind negativ verlaufende Wiederholungsversuche unter (scheinbar) vergleichbaren Bedingungen noch lange kein Beweis dafür, dass die Erstbefunde falsch sind.*“ (3)

Gefälligkeitsgutachter präsentieren Entwarnungsstudien, so wie es bei Tabak, Asbest, Atomkraft, Holzschutzmittel, Glyphosat oder PCB üblich war und ist. "Doubt is there product" - Zweifel schüren - ist eine bekannte Taktik der Industrie. Mit Hilfe der Entwarnungsstudien wird versucht, Risiken zu widerlegen und zu entsorgen. Dies hat die Europäische Umweltagentur in ihren zwei Bänden von "Späte Lehren aus frühen Warnungen" eindrucksvoll nachgewiesen. Auch die Harvard Professorin Naomi Oreskes analysiert in ihrem Buch "Die Machiavellis der Wissenschaft. Das Netzwerk des Leugnens", diese Taktik: "Die Händler des Zweifels bekämpfen Tatsachen, die beweisen, dass diese Erzeugnisse

STUDIEN RECHERCHE

2018 – 1

Diagnose-Funk e.V.

Umwelt – und
Verbraucherorganisation
zum Schutz vor
elektromagnetischer Strahlung e.V.

Postfach 15 04 48
70076 Stuttgart

www.diagnose-funk.org
www.EMFData.org
kontakt@diagnose-funk.org

Ihr Ansprechpartner

Ressort Wissenschaft
Peter Hensinger
peter.hensinger@diagnose-funk.de

Diagnose-Funk e.V. ist eine Umwelt- und Verbraucherorganisation, die sich für den Schutz vor elektromagnetischen Feldern und Strahlung einsetzt. Das Ziel von diagnose:funk ist es, über die gesundheits- und umweltschädigenden Wirkungen elektromagnetischer Felder verschiedenster Quellen unabhängig von Industrie und Politik aufzuklären, dadurch Verhaltensweisen von Verbrauchern und Politik zu ändern und Lösungen für zukunftsfähige und umweltverträgliche Technologien durchzusetzen.

oder Stoffe schädlich sind.“ (S. 280) In der Süddeutschen Zeitung wird sie gefragt: *„Was sind die nächsten Ziele für Zweifler?“* Ihre Antwort: *„Die Mobilfunkindustrie gibt sich große Mühe, gegen wissenschaftliche Arbeiten vorzugehen und Zweifel zu wecken.“* (03.11.2014)

Ein aktuelles Beispiel ist der Versuch der Landesregierung von Südtirol, mit einem Gutachten, das die Studienlage verfälscht, WLAN an Schulen durchzusetzen. Die Verbraucherzentrale Südtirol hat die Manipulationen mit Hilfe von diagnose:funk aufgedeckt und dazu ein Gutachten veröffentlicht, dessen Lektüre wir als Lehrbeispiel für die WLAN-Debatte empfehlen (s.u.).

Die vorliegenden Studienergebnisse zu den Risiken von WLAN sind so schlüssig, dass sie nicht nur eine Vorsorgepolitik, sondern eine Gefahrenabwehr u.a. mit der Konsequenz erfordern: Kein WLAN an Schulen! Oder wie es die Telekom in der Bedienungsanleitung zu ihren Routern treffend schreibt: *„Die integrierten Antennen Ihres Speedport senden und empfangen Funksignale bspw. für die Bereitstellung Ihres WLAN. Vermeiden Sie das Aufstellen Ihres Speedport in unmittelbarer Nähe zu Schlaf-, Kinder- und Aufenthaltsräumen, um die Belastung durch elektromagnetische Felder so gering wie möglich zu halten.“* (2017, Speedport Smart, S.21)

Für die Debatte um die Einführung von WLAN, nicht nur an Schulen, stellt diagnose:funk weitere Informationsmaterialien zur Studienlage zur Verfügung, abrufbar auf den Homepages www.diagnose:funk.org und www.EMFData.org :

- Wilke, I (2018): *Biologische und pathologische Wirkungen der WLAN/ WiFi-Strahlung von 2,45 GHz auf Zellen, Fruchtbarkeit, Gehirn und Verhalten*, erschienen als Beilage in umwelt-medizin-gesellschaft 1/2018
- Naziroğlu M, Akman H (2014): Effects of Cellular Phone - and Wi-Fi-Induced Electromagnetic Radiation on Oxidative Stress and Molecular Pathways in Brain.. I. Laher

(ed.), *Systems Biology of Free Radicals and Antioxidants*, 2431–2449; Springer-Verlag, 2014

- Hensinger P, Gutbier J (Mai, 2017): Analyse des Gutachtens der Südtiroler Landesregierung zum Einsatz mobiler digitaler Medien und WLAN an Schulen, Stuttgart/Bozen; Download: <https://tinyurl.com/y9kgucvh>
- Scheler K (2016): Die Polarisierung: Ein wesentlicher Faktor für das Verständnis biologischer Effekte von gepulsten elektromagnetischen Wellen niedriger Intensität, Beilage in umg 3/2016, <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail?newsid=1170>
- GEMEINSAMES POSITIONSPAPIER der Zyprischen Ärztekammer, der Österreichischen Ärztekammer und der Ärztekammer für Wien sowie des Zyprischen Nationalen Komitees für Umwelt und Kindergesundheit (2017) <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1242>
- Appell von Reykjavik zu kabelloser Technik in Schulen: <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1181>

(1) siehe dazu diagnose:funk Brennpunkt „Deutsche Strahlenschutzgremien versuchen Abgeordnete zu manipulieren“ (2013) und die Ergebnisse der AUVA-Studie „Athem-Report II“ (2016), <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail?newsid=1115>

(2) Source of funding and results of studies of health effects of mobile phone use: systematic review of experimental studies. Von: Huss A, Egger M, Hug K, Huwiler-Müntener K, Rösli M ; Veröffentlicht in: *Environment Health Perspectives* 2007; 115 (1): 1-4. Prasad M et al. (2017): Mobile phone use and risk of brain tumours: a systematic review of association between study quality, source of funding, and research outcomes. *Neurosci* 2017

Ausführliche Analyse von Louis Slesin: "Radiation Research" and The Cult of Negative Results. A Microwave News Investigation" steht auf: <http://microwavenews.com/RR.html>

(3) Adlkofer u.a (2008): Wie empfindlich reagieren die Gene auf Mobilfunkstrahlung“, S.8, Schriftenreihe der Kompetenzinitiative

Was ist WLAN?

Drahtlose Computernetzwerke nach dem WLAN-Standard (Wireless Local Area Network, deutsch: „drahtloses lokales Netzwerk“) dienen als Funknetz zur Datenübertragung zwischen Geräten und zur Internetanbindung. Es wird auch verwendet in Routern, PCs, Notebooks, Pads, Smartphones, Druckern, TV-Geräten, Multimediaplays, Spielzeugen und in immer mehr Haushaltsgeräten. Drahtlose Netzwerke senden über den sog. Access-Point / Router im Ruhezustand ständig gepulste Mikrowellenstrahlung im Takt von 10 Hertz (= 10 Impulse pro Sekunde) aus. Zusätzlich sind der Nutzer und seine Umgebung über die Sendeantenne des Computers, Tablets, Smartphones usw. einer zusätzlichen, aufgrund des geringen Abstandes oft wesentlich stärkeren Strahlenexposition ausgesetzt. WLAN nutzt das 2,4 GHz-ISM-Band, sowie die Frequenzbereiche 5,150 bis 5,350 und 5,470 bis 5,725 GHz. Die maximal zugelassene Strahlungsleistung ist vom Frequenzbereich abhängig:

- > 100 mW im 2,4 GHz-ISM-Band,
- > Bis zu 200 mW von 5,15 bis 5,35 GHz (Nutzung ist nur innerhalb geschlossener Räume z. B. Gebäude, Luftfahrzeug gestattet),
- > Bis zu 1000 mW von 5,470 bis 5,725 GHz. In Deutschland sind nur 200 mW für die Nutzung im öffentlichen Raum zulässig. Frequenzen über 5,25 GHz dürfen nur mit automatischer Leistungsregelung genutzt werden, ansonsten gelten um 50% niedrigere Höchstwerte.

Schutzvorschriften: Die geltenden Schutzvorschriften in Deutschland für nicht-ionisierende Strahlung nach der 26. BImSchV gelten nur für stationäre Sendeanlagen mit einer Leistung größer 10 W maximale Abstrahlleistung. Sie gelten nicht für Endgeräte, Langzeitnutzung und sensible Personen (Schwangere, Babys, Kinder, Alte, Kranke). Es bestehen für WLAN keine gesonderten Schutzvorschriften, weil argumentiert wird, dass die Router nur mit 100 oder 200 Milliwatt EIRP (Abstrahlleistung) arbeiten und von daher nie der Schutzstandard SAR oder der thermische Anlagengrenzwert überschritten werden kann.

Inhaltsverzeichnis

- Avendaño C**, Mata A, Sanchez Sarmiento CA, Doncel GF (2012): Use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreases human sperm motility and increases sperm DNA fragmentation. Die Nutzung von Laptop-Computern, die mit dem Internet über WiFi verbunden sind, vermindert die menschliche Spermienmotilität und erhöht die Spermien-DNA-Fragmentierung. *Fertil Steril* 97 (1), 39–45.e2 S. 6
- Aynali G**, Naziroğlu M, Celik Ö, Doğan M, Yarıktas M, Yasan H (2013): Modulation of wireless (2.45 GHz)-induced oxidative toxicity in laryngotracheal mucosa of rat by melatonin. Modulierung drahtlos-induzierter (2,45 GHz) oxidativer Toxizität in der laryngotrachealen Mucosa von Ratten durch Melatonin. *European Archive of Oto-Rhino-Laryngology* 270, 1695–1700
- Oksay T**, Naziroğlu M, Doğan S, Güzel A, Gümral N, Koçar PA (2014): Protective effects of melatonin against oxidative injury in rat testis induced by wireless (2.45 GHz) devices. Schützende Wirkung von Melatonin vor oxidativer Schädigung im Ratten-Hoden, die durch drahtlose Geräte (2,45 GHz) ausgelöst wurde. Erschienen in: *Andrologia* 2014; 46 (1): 65-72 doi: 10.1111/and.12044 S. 7
- Cammaerts MC**, Johansson O: Ants can be used as bio-indicators to reveal biological effects of electromagnetic waves from some wireless apparatus. Ameisen können als Bioindikatoren genutzt werden, um biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder von einigen drahtlosen Geräten aufzudecken. Erschienen in: *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (4): 282–288 S. 8
- Chaturvedi CM**, Singh VP, Singh P, Basu P, Singaravel M (2011): 2.45 GHz (CW) Microwave Irradiation Alters Circadian Organization, Spatial Memory, DNA Structure in the Brain Cells and Blood Cell Counts of Male Mice, *Mus Musculus*. 2.45 GHz (CW) Mikrowellen-Befeldung verändert die zirkadiane Organisation, das räumliche Gedächtnis, die DNA-Struktur in den Gehirnzellen und Blutzellen-Zählungen von männlichen Mäusen. Erschienen in: *Mus musculus. Progress In Electromagnetics Research B*, 29, 23–42 S. 9
- Çiğ B**, Naziroğlu M (2015): Investigation of the effects of distance from sources on apoptosis, oxidative stress and cytosolic calcium accumulation via TRPV1 channels induced by mobile phones and Wi-Fi in breast cancer cells. Untersuchung der Wirkung des Abstands von Quellen auf Apoptose, oxidativen Stress und Calcium-Anreicherung im Cytosol über TRPV1-Kanäle, hervorgerufen durch Mobiltelefone und Wi-Fi bei Brustkrebs-Zellen. Erschienen in: *Biochimica et Biophysica Acta* 1848, 2756–2765 S. 10
- Dasdag S**, Tas M, Akdag MZ, Yegin K: Effect of long-term exposure of 2.4 GHz radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi equipment on testes functions. Wirkung von Langzeitbestrahlung mit 2,4-GHz-WLAN-Geräten auf die Funktionen der Hoden. Erschienen in: *Electromagn Biol Med* 2015; 34 (1): 37–42 S. 11
- Del Vecchio GD**, Giuliani A, Fernandez M, Mesirca P, Bersani F, Pinto R, Ardoino L, Lovisolo GA (2009): Continuous exposure to 900 MHz GSM-modulated EMF alters morphological maturation of neural cells. Dauer-Exposition bei 900 MHz GSM-modulierten elektromagnetischen Feldern verändert die morphologische Reifung von Nervenzellen. Erschienen in: *Neuroscience Letters* 455, 173–177
- Orendacova J**, Racekova E, Orendac M, Martoncikova M, Saga-nova K, Lievajova K, Abdiova H, Labun J, Galik J (2009): Immunohistochemical Study of Postnatal Neurogenesis After Whole-body Exposure to Electromagnetic Fields: Evaluation of Age- and Dose-related Changes in Rats. *Cell Mol Neurobiol* 29 (6-7), 981–990. Immunhisto-chemische Untersuchung der postnatalen Neurogenese nach Ganzkörper-Exposition bei elektromagnetischen Feldern: Bewertung der Alter- und Dosis-verbundenen Veränderungen in Ratten. Erschienen in: *Cell Mol Neurobiol* 2009; 29 (6-7): 981-990. doi: 10.1007/s10571-009-9385-3 S. 11
- Deshmukh PS**, Megha K, Nasare N, Banerjee BD, Ahmed RS, Abegaonkar MP, Tripathi AK, Mediratta PK. Effect of Low Level Subchronic Microwave Radiation on Rat Brain. Wirkung von subchronischer Mikrowellenstrahlung niedriger Intensität auf das Rattenhirn. Erschienen in: *Biomed Environ Sci*, 2016; 29 (12), 858–867 S. 12
- Gürler HS**, Bilgici B, Akar AK, Tomak L, Bedir A: Increased DNA oxidation (8-OHdG) and protein oxidation (AOPP) by Low level electromagnetic field (2.45 GHz) in rat brain and protective effect of garlic. Verstärkte DNA-Oxidation (8-OHdG) und Protein-Oxidation (AOPP) durch ein schwaches elektromagnetisches Feld (2,45 GHz) im Gehirn von Ratten und die schützende Wirkung von Knoblauch. Erschienen in: *Int J Radiat Biol* 2014; 90 (10): 892–896 S. 13
- Hassanshahi A**, Shafeie SA, Fatemi I, Hassanshahi E, Allahtavakoli M, Shabani M, Roohbakhsh A, Shamsizadeh A (2017): The effect of Wi-Fi electromagnetic waves in unimodal and multimodal object recognition tasks in male rats. Die Wirkung von Wi-Fi elektromagnetischen Wellen bei unimodalen und multimodalen Objektwiedererkennungsaufgaben bei männlichen Ratten. Erschienen in: *Neurological Sciences* 38 (6), 1069–1076 S. 14

- Margaritis LH**, Manta AK, Kokkaliaris KD, Schiza D, Alimisis K, Barkas G, Georgiou E, Giannakopoulou O, Kollia I, Kontogianni G, Kourouzidou A, Myari A, Roumelioti F, Skouroliakou A, Sykioti V, Varda G, Xenos K, Ziomas K: Drosophila oogenesis as a bio-marker responding to EMF sources. Eireifung bei Drosophila als ein Biomarker für die Reaktion auf elektromagnetische Feldquellen. Erschienen in: *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (3): 165–189 **S.14**
- Meena R**, Kumari K, Kumar J, Rajamani P, Verma HN, Kesari KK: Therapeutic approaches of melatonin in microwave radiations-induced oxidative stress mediated toxicity on male fertility pattern of Wistar rats. Therapeutische Ansätze mit Melatonin bei Toxizität, die von Mikrowellen-induziertem oxidativen Stress vermittelt wurde, auf die männliche Fertilität von Wistar-Ratten. Erschienen in: *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (2): 81–91 **S.15**
- Megha K**, Deshmukh PS, Banerjee BD, Tripathi AK, Ahmed R, Abegaonkar MP: Low intensity microwave radiation induced oxidative stress, inflammatory response and DNA damage in rat brain. Mikrowellen niedriger Intensität rufen oxidativen Stress, Entzündungsreaktionen und DNA-Schäden in Rattenhirnen hervor. Erschienen in: *Neurotoxicology* 2015; 51: 158–165 **S.16**
- Misa-Agustiño MJ**, Leiro-Vidal JM, Gomez-Amoza JL, Jorge-Mora MT, Jorge-Barreiro FJ, Salas-Sánchez AA, Ares-Pena FJ, López-Martín E (2015): EMF radiation at 2450 MHz triggers changes in the morphology and expression of heat shock proteins and glucocorticoid receptors in rat thymus. EMF-Exposition bei 2450 MHz löst Änderungen in Morphologie und Expression von Hitzeschockproteinen und Glucocorticoid-Rezeptoren im Thymus der Ratte aus. Erschienen in: *Life Sciences* 127, 1–11 **S.16**
- Naziroğlu M**, Akman H (2014): Effects of Cellular Phone- and Wi-Fi-Induced Electromagnetic Radiation on Oxidative Stress and Molecular Pathways in Brain. Wirkungen von Handy- und WiFi-induzierter elektromagnetischer Strahlung auf oxidativen Stress und molekulare Signalwege im Hirn. I. Laher (ed.), *Systems Biology of Free Radicals and Antioxidants*, 2431–2449; DOI 10.1007/978-3-642-3M18-92 10; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014 **S.18**
- Oksay T**, Naziroğlu M, Doğan S, Güzel A, Gümral N, Koşar PA (2014): Protective effects of melatonin against oxidative injury in rat testis induced by wireless (2.45 GHz) devices. Schützende Wirkung von Melatonin vor oxidativer Schädigung im Ratten-Hoden, die durch drahtlose Geräte (2,45 GHz) ausgelöst wurde. Erschienen in: *Andrologia*; 46 (1): 65–72 **S.18**
- Paknahad M**, Mortazavi SMJ, Shahidi S, Mortazavi G, Haghani M (2016): Effect of radio frequency radiation from Wi-Fi devices on mercury release from amalgam restorations. Wirkung hochfrequenter Felder von Wi-Fi-Geräten auf die Quecksilber-Freisetzung aus Amalgam-Füllungen. Erschienen in: *Journal of Environmental Health Science and Engineering* 14, Artikel 12, 6 Seiten; DOI 10.1186/s40201-016-0253-z **S.19**
- Saili L**, Hanini A, Smirani C, Azzouz I, Azzouz A, Sakly M, Abdelmelek H, Bouslama Z: Effects of acute exposure to WIFI signals (2.45 GHz) on heart variability and blood pressure in Albinos rabbit. Wirkung von WLAN-Signalen (2,45 GHz) auf Herzvariabilität und Blutdruck bei Albino-Kaninchen. Erschienen in: *Environ Toxicol Pharmacol.* 2015; 40 (2): 600–5 **S.20**
- Sangun O**, Dundar B, Darici H, Comlekci S, Doguc DK, Celik S: The effects of long-term exposure to a 2450 MHz electromagnetic field on growth and pubertal development in female Wistar rats. Die Wirkungen einer Langzeit-Exposition in einem 2450 MHz elektromagnetischen Feld auf Wachstum und pubertäre Entwicklung bei weiblichen Wistar-Ratten. Erschienen in: *Electromagn Biol Med* 2015; 34 (1): 63 – 71 **S.21**
- Shahin S**, Singh VP, Shukla RK, Dhawan A, Gangwar RK, Singh SP, Chaturvedi CM (2013): 2.45 GHz Microwave Irradiation-Induced Oxidative Stress Affects Implantation or Pregnancy. [2,45 GHz-Mikrowellen-Befeldungs-induzierter oxidativer Stress beeinflusst die Implantation oder Trächtigkeit bei Mäusen, *Mus musculus*. Erschienen in: *Appl Biochem Biotechnol* 169, 1727–1751 **S.21**
- Soran ML**, Stan M, Niinemets U, Copolovici L: Influence of microwave frequency electromagnetic radiation on terpene emission and content in aromatic plants. Einfluss von elektromagnetischer Befeldung bei Mikrowellen-Frequenz auf die Terpen-Freisetzung bei aromatischen Pflanzen. Erschienen in: *J Plant Physiol* 2014; 171 (15): 1436–1443 **S.22**

Legende zur Tabelle S.5

* Summaries dieser Studien auf Deutsch und Englisch sind unter www.emf-portal.de abrufbar. Auf www.EMFData.org (bis 2017 www.mobilfunkstudien.org), der Datenbank von diagnose:funk, stehen detaillierte Studien- Besprechungen. Die angegebenen Quellen können ebenfalls dort und bei www.diagnose-funk.org heruntergeladen werden.

Quellen: Studienrecherchen - erschienen bei diagnose:funk; EsmogReport: Fachzeitschrift Strahlentelex/ElektrosmogReport
Abkürzungen: 8-OH-dG: 8-Hydroxydesoxyguanosin, Biomarker für oxidativen Stress. GSH: Glutation. HSP: Hitzeschockproteine; LPO: Lipidperoxidation. MDA-Malondialdehyd, Biomarker für oxidativen Stress. p53: Tumorsuppressorgen; ROS: Reaktive Oxygen Species, Reaktive Sauerstoffspezies, Freie Radikale.

WLAN Studien - 2450 MHz*				
Autor	Expon. System	Exposition	Wirkungen	Analysiert in
Avendano C et al., 2012	29 gesunde Männer mit Laptop; DNA, Spermien	0,45 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 1,1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	signifikante DNA- und Spermien-Schädigungen	EsmogReport 1/2012 diagnose:funk Homepage
Aynali G et al., 2013 Oksay T et al., 2013	Ratten	SAR 0,008 - 4,2 W/Kg, 60 Min./Tag, 30 Tage	ROS in den Hoden, Lipidperoxidation, Melatoninabgabe schützt	EsmogReport 3/2013 EsmogReport 7/2013
Cammaerts MC, Johanson O, 2014	Ameisen	WLAN-Router 20-30 cm Entfernung, 300-500 $\mu\text{Watt}/\text{m}^2$; Experiment auch mit Laptop und DECT	Gestörtes Verhalten, Ataxie, in der Wahrnehmung paralytisiert.	SRecherche 2015-4
Chartuvedi CM et al, 2011	Mäuse	0,02564 mW/cm^2 SAR 0,03561 W/kg	Unterschiede im Gewicht, Aktivität, räumlichem Erinnerungsvermögen zw. bestrahlter u. unbestrahlter Gruppe. Tagesrhythmus beeinflusst. Blutbildveränderungen, DNA Strangbrüche in Hirnzellen.	EsmogReport 10/2011 SReport 2, S. 26
Cig B, Naziroglu M, 2015	Brustkrebszellen	900, 1800, 2450 MHz Abstand Feldquelle <10 cm, 12 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	ROS, Mitochondrienschädigung, Apoptose	EsmogReport 6/2015
Dasdag S et al., 2015	Ratten	SAR 2420 $\mu\text{W}/\text{kg}$, 24 Stunden, 12 Monate	Hodenfunktionen verändert, Gewicht der Nebenhoden und Bläschendrüse sign. geringer, Durchmesser Samenkanälchen und Dicke der Tunika albuginea sign. abgenommen	EsmogReport 10/2011
Del Vecchio GD et al., 2009 Orendacova J et al., 2009	1. Neugeborene Ratte, 7 Tage alt, Ratten 24 Monate alt	2,8 mW/cm^2	Sign. Veränderungen bei den neugeborenen Ratten in der Zellwachstumsrate	EsmogReport 6/2009
Deshmuk PS et al., 2016	Ratten	SAR 0,5953 mW/kg ; 1.800 MHz, SAR 0,5835 mW/kg ; 2.450 MHz, SAR 0,6672 mW/kg u.a.	Verminderte Hirnleistung, Anstieg HSP 70, DNA - Strangbrüche, Effekte bei 2450 MHz am stärksten	SRecherche 2017-1
Gürler et al., 2014	Ratten	1,04 mW/cm^2 , 3,17-4,88 V/m, SAR 0,02 W/kg, 1 h/Tag für 30 Tage	Schädigung der DNA und Proteine durch ROS. Erhöhte Konzentrationen von 8-OH-dG sowohl im Plasma als auch Gehirngewebe. Knoblauch verhinderte die Erhöhung der 8-OH-dG-Konzentration im Gehirngewebe.	SRecherche 2015-4
Hassanshani A et al., 2017	Ratten	Bestrahlung 30 Tage, 12 Std./Tag, 23,6 dBm	Objektunterscheidung reduziert	EsmogReport 10/2017
Margaritis LH et al., 2014	Taufliege Drosophila	900 - 2440 MHz, diverse Feldstärken und SAR Werte unterhalb der Grenzwerte	240 Versuche. Signifikante Wirkungen auf Apoptose, Reproduktionskapazität, verminderte Anzahl der Puppen auch bei geringer Strahlung	SRecherche 2015-3
Meena R et al., 2013	Ratten	Leistungsflussdichte von 210 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, SAR 0,14 W/kg, 2 h/Tag für 45 Tage	Erhöhte Konzentrationen von MDA und ROS im Hoden. Sign. Abnahme Testosteron; desorganisierte Samenkanälchen und Entzündungen in Hodenzellen, Melatonin verhinderte oxidativen Stress.	SRecherche 2016-1
Megha K et al., 2015	Ratten	900, 1800, 2450 MHz, SAR 0,59 - 0,66 W/kg, 60 Tage, 2 Std./Tag, 5 Tage / Woche	ROS, verminderter Antioxidationsstatus, Zytokine sign. erhöht, DNA-Schädigungen. 2450 MHz haben größtes Schädigungspotential	SRecherche 2015-4
Misa-Augustino MJ et al., 2015	Ratten, w Thymuszellen	SAR 0,046 - 0,482 W/kg Ganzkörper SAR 0,0169 - 0,161 W/kg	Veränderung Permeabilität des Endothels; morphologische Veränderungen, mehr Blutgefäße und rote Blutkörperchen; HSP 90 vermindert	EsmogReport 9-10/2015
Oksay T et al., 2013	Ratten	Leistungsflussdichte 1 mW/m^2 , SAR 0,1 W/kg, 1 h/Tag für 30 Tage	LPO war in exponierten Tieren höher. Die Behandlung mit Melatonin machte die Wirkung rückgängig.	EsmogReport 9-10/2015
Paknahad M et al., 2016	Zähne, Amalgam	Router - Laptop-System, Router 30 cm Abstand, Laptop 20 m, 20 Min. Bestrahlung	Mehr Quecksilber im Speichel wie bei Kontrolle	EsmogReport 1/2017
Saili L et al., 2015	Kaninchen	Accesspoint, 25 cm Entfernung, Exposition 1 Stunde/Tag	Beeinflussung der Herzratenvariabilität, höherer Blutdruck	SRecherche 2015-4
Sangun D et al. 2015	Ratten	45,5 V/m, SAR Ganzkörper 0,143 W/kg, 1 Std./Tag	Exposition in der pränatalen Phase führt postnatal zu Wachstumseinschränkungen und verzögertem Eintritt in die Pubertät; ROS	SRecherche 2015-4
Shahin S et al. 2015	Mäuse	0,248 mW/cm^2 , SAR Ganzkörper 0,0146 W/kg, 2 Std. / Tag	ROS im Hippocampus, Überexpression von p53, steigende Apoptoserate, Verminderung der Anzahl von Pyramidenzellen und Fortsätzen der Verzweigungen von Dendriten und Axonen, Folge: Beeinträchtigung von Lernen und Erinnern	SRecherche 2017-1
Soran M, 2014	Petersilie, Dill, Sellerie	WLAN-Router, 100 mW/m^2 70 mW/m^2	Reduktion der Organellengrößen, Verschlechterung Photosynthese, dünnere Zellwände u.a.	SRecherche 2015-4

WLAN schädigt die Fruchtbarkeit des Mannes

Avendaño C, Mata A, Sanchez Sarmiento CA, Doncel GF (2012): Use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreases human sperm motility and increases sperm DNA fragmentation. *Fertility and Sterility*, Die Nutzung von Laptop-Computern, die mit dem Internet über WiFi verbunden sind, vermindert die menschliche Spermienmotilität und erhöht die Spermien-DNA-Fragmentierung. *Fertil Steril* 2012; 97 (1): 39-45.e2 doi:10.1016/j.fertnstert.2011.10.012

Argentinische Wissenschaftler haben herausgefunden, dass die von einem mit dem Internet verbundenen Laptop ausgehende WLAN-Strahlung, wenn dieser auf dem Schoß des Anwenders platziert ist, die männliche Fruchtbarkeit beeinträchtigt. Dadurch wird die Beweglichkeit (Motilität) von Spermien reduziert und kann zu DNA-Strangbrüchen führen.

Die Forschungsstudie, die erste auf der Welt zu diesem Thema, wurde von Experten des Nascentis Center für reproduktive Medizin (Cordoba, Argentinien) durchgeführt. Die Forscher (unter der Leitung von Conrado Avendaño, einem auf Andrologie spezialisierten Biochemiker, in Zusammenarbeit mit Ariela Mata, einer Spezialistin für Fortpflanzungsbiologie und César Sánchez Sarmiento, dem Leiter des medizinischen Zentrums sowie weiteren Wissenschaftlern) haben gezeigt, dass die Beweglichkeit der Spermatozoen (Spermien) beeinträchtigt wird, wenn diese Zellen der von Laptops ausgehenden WLAN-Strahlung ausgesetzt sind.

Für diese Studie haben die Forscher Spermienproben von gesunden Spendern untersucht. Jede Probe war in zwei gleiche Teile zerteilt, die in getrennten Räumen mit kontrollierter Temperatur aufbewahrt wurden. Eine der Unter-Proben wurde unter einem Laptop platziert, der über WLAN mit dem Internet verbunden war, um die Bedingungen zu kopieren, die bestehen, wenn ein Mann seinen Laptop auf seinen Schoß nimmt. Für ihre Untersuchung sammelte das Team um Conrado Avendano vom Nascentis Medicina Reproductiva in Cordoba Samenproben von 29 gesunden Männern im Alter von 25 Jahren. Die Hälfte jeder Probe wurde anschließend vier Stunden lang unter einen Laptop gestellt, der mit WLAN arbeitete. Das Ergebnis: Von den bestrahlten Spermien waren 25 Prozent bewegungslos, Schäden an der DNA traten bei 9 Prozent auf. Im Vergleich dazu waren von den unbestrahlten Spermien jeweils nur 14 Prozent immobil, und nur drei Prozent wiesen Erbgutschäden auf.

„Nach vier Stunden Inkubationszeit der Spermien unter unterschiedlichen Bedingungen fanden wir heraus, dass in der Probe, die unter dem Laptop platziert wurde, sich die Strahlung auf eine hohe Anzahl von Spermien auswirkte“, sagte Dr. Avendaño gegenüber „La Voz“. Der Forscher kommt zur Schlussfolgerung, dass ihre Studie aufzeigt, dass die Exposition der Spermien gegenüber der WLAN-Strahlung des Geräts die Spermienzellen nicht abtötet, sondern ihre Motilität/Beweglichkeit beeinflusst. Durch die Untersuchung der Integrität der DNA der Spermienzellen fanden sie zudem heraus,

dass ein erheblicher Unterschied zwischen beiden Unter-Proben erkennbar war: „Der Teil der Proben, welcher der Strahlung ausgesetzt war, wies eine starke Zunahme von Spermienzellen mit einer fragmentierten (aufgebrochenen) DNA auf“, sagte Avendaño. Die Wissenschaftler raten Männern, ihre Laptops auf nicht ihrem Schoß zu platzieren, „insbesondere wenn sie über WLAN mit dem Internet verbunden sind.“ Die Studie führt zu neuen Erkenntnissen über die Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern (EMF) auf die menschliche Gesundheit. Die Intensität der elektromagnetischen Felder, die vom WLAN ausgehen, sind weit niedriger als jene, die von Handys verursacht werden, deshalb gab es bisher weniger öffentliche Besorgnis über mögliche Gesundheitsprobleme im Zusammenhang mit WLAN-Geräten.

WLAN-Zugangsknoten befinden sich oft in unmittelbarer Nähe zum Aufenthaltsort von Menschen. Die bereits niedrigen Intensität verringert sich über die Entfernung schnell und folgt dem Abstandsgesetz. Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass wenn ein Laptop über lange Zeiträume verwendet wird, sich die elektromagnetischen Felder auf die empfindlichen Fortpflanzungsorgane des männlichen Anwenders negativ auswirken, indem sie die DNA schädigen und die Motilität der Spermienzellen verringern.

Auch das renommierte deutsche ECOLOG-Institut kommt zu diesem Schluss. Im November 2011 veröffentlichte es im EMF-Monitor einen Studienüberblick zu Handybestrahlung und Spermien. In der Auswertung von 27 seit dem Jahr 2000 erschienenen Studien kommt ECOLOG zu dem Schluss, „dass in einer deutlichen Mehrheit der neueren Studien signifikante Effekte mit potenziell negativen Auswirkungen auf die Fruchtbarkeit gefunden wurden.“ Nach Meinung des ECOLOG-Institutes „sollten gerade junge Männer mit späterem Kinderwunsch aus Vorsorgegründen darauf achten, ihr Mobiltelefon nicht eingeschaltet am Gürtel oder in der Hosentasche zu tragen, z.B. während eines Telefonats mit Freisprecheinrichtung oder mit einem Head-Set, und möglichst auch nicht im Standby-Modus. Diese Empfehlungen gelten natürlich auch für das Surfen im Internet mit einem Smart-Phone. Noch besser ist natürlich, die Geräte überhaupt so wenig wie möglich zu benutzen.“

aus: Homepage diagnose:funk / ElektrosmogReport 1/2012

Melatonin schützt vor oxidativer Schädigung durch 2,45 GHz

Aynali G, Naziroğlu M, Celik Ö, Doğan M, Yarıktas M, Yasan H (2013): Modulation of wireless (2.45 GHz)-induced oxidative toxicity in laryngotracheal mucosa of rat by melatonin. Modulation drahtlos-induzierter (2,45 GHz) oxidativer Toxizität in der laryngotrachealen Mucosa von Ratten durch Melatonin. Erschienen in: European Archive of Oto-Rhino-Laryngology 270, 1695–1700

Oksay T, Naziroğlu M, Doğan S, Güzel A, Gümral N, Koşar PA (2013): Protective effects of melatonin against oxidative injury in rat testis induced by wireless (2.45 GHz) devices. Schützende Wirkung von Melatonin vor oxidativer Schädigung im Ratten-Hoden, die durch drahtlose Geräte (2,45 GHz) ausgelöst wurde. Erschienen in: Andrologia 2014; 46 (1): 65-72 doi: 10.1111/and.12044

Das Ziel dieser beiden Arbeiten war herauszufinden, ob Melatonin eine schützende Wirkung auf Schleimhaut- und Hodenzellen von Ratten hat, wenn 2,45-GHz-Strahlung auf die Tiere einwirkt und oxidativen Stress verursacht. Die Antwort lautet ja, in beiden Fällen. Die tägliche Melatoningabe verminderte die schädliche oxidative Wirkung der 2,45-GHz-Strahlung.

Es ist bekannt, dass oxidativer Stress Kehlkopfkrebs verursachen kann. Es ist auch bekannt, dass elektromagnetische Felder oxidativen Stress in verschiedenen Zellsystemen verursachen. Die degenerative Wirkung der elektromagnetischen Strahlung entsteht auf zwei Wegen, direkt und indirekt. Die direkte Wirkung ist Bildung von reaktiven Sauerstoffmolekülen (ROS) und als Folge Gewebe- und DNA-Schädigung. Einwirkung von 2,45-GHz-Strahlung erzeugt erhöhte Lipidperoxidation und Verminderung der Enzymaktivität von Enzymen, die die Lipidperoxidation im Gewebe verhindern sollen. Erhöhte Lipidperoxidation ist ein Zeichen für Stress in den Zellen und kann durch ROS bedingte Gewebeschäden auslösen, an denen Malondialdehyd (MDA) beteiligt ist. Man betrachtet MDA als einen Tumorpromoter und als ein Ko-Karzinogen wegen seines hohen Zellgift-Potenzials und der Fähigkeit, schützende Proteine zu blockieren. Bei Patienten mit Kehlkopfkrebs ist die MDA-Konzentration signifikant erhöht gegenüber gesunden Personen, ebenso die Lipidperoxidation.

Im ersten Experiment wurden Schleimhautzellen des Kehlkopfes von Ratten untersucht. 32 Ratten, 4 Gruppen mit je 8 Tieren: Käfigkontrolle, Scheinbestrahlung, Bestrahlung und Bestrahlung+ Melatonin (10 mg/kg/Tag). Die Tiere wurden 30 Tage lang 60 Minuten/Tag mit 217-Hz-gepulster 2,45-GHz-Strahlung behandelt (elektrisches Feld 11 V/m entsprechend einer durchschnittlichen Ganzkörper-SAR von 0,1 W/kg). Die Ganzkörper-SAR-Werte lagen zwischen 0,008 und 4,2 W/kg, entsprechend einem mittleren SAR-Wert von 0,143 W/kg und 11,07 V/am nächsten Punkt zum Körper. Gemessen wurden die Lipidperoxidation, Glutathion (GSH) und die Aktivität des Enzyms Glutathionperoxidase (GSH-Px). Die Messwerte der Lipidperoxidation betragen 18,6/18,6/22,0 und 17,2 µmol/g Protein für Käfigkontrolle, Scheinbestrahlung, 2,45-GHz-

Bestrahlung und Bestrahlung + Melatonin; das ist eine signifikante Erhöhung nach Bestrahlung, während die gleichzeitige Gabe von Melatonin die Lipidperoxidation signifikant verminderte gegenüber der Bestrahlung allein. Die Aktivität der GSH-Px war signifikant höher in der Melatonin-gruppe, die Werte der 4 Gruppen betragen 23,4/24,1/23,1 und 30,4 IU/g Protein. Bei den GSH-Konzentrationen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, die Werte lagen bei 16,8/17,1/17,6 und 17,5 µmol/g Protein. Damit ist festgestellt, dass Melatonin eine schützende Wirkung auf die Schleimhaut des Kehlkopfes hat, wenn durch 2,45-GHz-Strahlung oxidativen Stress hervorgerufen wird. Melatonin schützt durch Hemmung der freien Radikalbildung und Unterstützung des Glutathion-Peroxidase-Antioxidant-Systems. Viele Experimente haben ergeben, dass 2,45-GHz-Strahlung die Lipidperoxidation in Ganglienzellen, Plasma, Erythrocyten, Haut und in menschlichen Krebszelllinien steigert. Nun ist es auch in Schleimhautzellen des Kehlkopfes nachgewiesen. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Melatonin als Neurohormon der Zirbeldrüse, das als ein sehr wirksames Antioxidans betrachtet wird, ROS in krankhaften Prozessen entgiftet. Die Vorbehandlung der Proben mit Melatonin verhinderte hohe Lipidperoxidation-Spiegel in den Kehlkopf-Schleimhautzellen nach Bestrahlung mit 2,45 GHz. Melatonin wirkt wahrscheinlich direkt durch Abfangen von Radikalen und indirekt auf die ROS-Produktion ein. Diese Ergebnisse können nützliche Hinweise geben, wie Kehlkopfkrebs durch Hochfrequenzstrahlung entsteht.

Die 2. Arbeit bestätigt die oben beschriebene Wirkung von Melatonin, hier in Hodengewebe von Ratten. Auch hier wurden 32 Ratten in 4 Gruppen (A1, A2, B und C wie oben) eingeteilt; die 2,45-GHz-Bestrahlung und Melatoningabe wurden wie oben durchgeführt (60 Minuten/Tag 30 Tage lang, Melatonin 10 mg/kg/Tag). Die erste Dosis wurde 24 Stunden vor der Bestrahlung verabreicht. Bestrahlt wurde mit 1 mW/m², die Ganzkörper-SAR-Werte lagen zwischen 0,008 und 4,2 W/kg, das entspricht 0,143 W/kg mit 10 V/m am nächsten Punkt des Körpers zur Antenne. Untersucht wurden Lipidperoxidation, GSH, GSH-Px, die Vitamine A und E und β-Carotin.

Oxidativer Stress entsteht bei der Einwirkung von elektromagnetischen Feldern auf Körpergewebe. Das Hodengewebe ist besonders empfindlich gegenüber ROS. Spermienmembranen enthalten einen hohen Anteil ungesättigte Fettsäuren, was die Spermien besonders empfindlich gegenüber Sauerstoffkonzentrationen von ROS können DNA, Fette, Proteine und Enzyme im Gewebe schädigen. Zwar gibt es Abwehrsysteme (Antioxidantien) gegen oxidativen Schädigung, die könnten aber durch Hochfrequenzstrahlung überlastet werden. Das Durchschnittsgewicht der Hoden betrug 2,78 und 2,93 g in den Kontrollgruppen, 2,9 und 2,72 in Gruppe B und C. In Gruppe B war die Lipidperoxidation höher als in den beiden Kontrollen, Melatonin verhinderte diesen Anstieg. Zudem waren die Konzentrationen von GSH und GSH-Px signifikant höher in Gruppe C im Vergleich zu B. Die Konzentrationen der Vitamine A und E waren in der bestrahlten Gruppe vermindert, Melatonin verhinderte die Abnahme von Vitamin E.

Die 2,45-GHz-Strahlung erzeugt oxidative Schädigung in Hodengewebe. Die Werte für die Lipidperoxidation waren im

bestrahlten Gewebe signifikant höher als in den Kontrollen und signifikant niedriger in der Melatoningruppe; für GSH wurde ein signifikanter Anstieg in Gruppe C gegenüber B ermittelt. Die Aktivität der GSH-Px war auch in Gruppe C signifikant höher als in B, aber insgesamt gab es bei GSH und GSH-Px keine signifikanten Unterschiede. Bei Vitamin C und Beta-Carotin gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den 4 Gruppen.

Die Werte für die einzelnen Parameter

	A ₁	A ₂	B	C
Gewicht Hoden in g	2,78	2,93	2,90	2,72
LPO µmol/g Protein	28,11	29,04	33,84*	21,32*
GSH µmol/g Protein	4,18	3,99	3,9	5,27*
Vitamin A	1,82	1,88	1,05*	1,13*
Vitamin E	21,9	22,8	18,7*	25,5*

* statistisch signifikant

Zwar fand sich in dieser Studie keine signifikanten Veränderungen bei GSH und GSH-Px, aber eine Verminderung der Vitamine A und E in der bestrahlten Gruppe B gegenüber den Kontrollen. Eine mögliche Erklärung dafür ist die relativ stabile Aktivität des Enzyms GSH-Px und ihre Inaktivierung durch schweren oxidativen Stress. Vitamin A spielt eine wichtige Rolle in der Spermatogenese; bei Verminderung der Konzentration könnte die Entwicklung beeinträchtigt werden. Vitamin E unterdrückt die Lipidperoxidation in Hoden-Mikrosomen und Mitochondrien, verminderte Konzentration führt zu oxidativem Stress und Störungen in Spermatogenese und der Testosteronproduktion, gefolgt von Störungen in Entwicklung und Funktion der Spermien. Melatonin als wichtiges Antioxidans in Zellen und Geweben ist ein effizienter Fänger von verschiedenen Oxidationsmitteln und zusätzlich verhilft es den Zellen zu erhöhter Resistenz gegen Oxidation. Eine wichtige Eigenschaft von Melatonin ist, dass es sowohl in Wasser als auch in Fetten löslich ist, so dass es gut die Blut-Hoden-Schranke überwinden kann und so das Keimepithel schützt. Die Geschlechtsorgane verschiedener Lebewesen haben Bindungsstellen für Melatonin, so kann man auch eine direkte Wirkung des Melatonins in diesen Geweben annehmen. Die vorliegende Studie zeigt somit eine Wirkung von Melatonin gegen oxidativen Stress, der durch 2,45 GHz in den Rattenhoden entsteht.

aus: ElektrosmogReport 7/2013

Ameisen können als Bioindikatoren genutzt werden, um biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder von einigen drahtlosen Geräten aufzudecken.

Cammaerts MC, Johansson O: Ants can be used as bio-indicators to reveal biological effects of electromagnetic waves from some wireless apparatus. Erschienen in: *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (4): 282–288

Derzeit gibt es viele wissenschaftliche Hinweise für die Hypothese, dass drahtlose Kommunikationssysteme schädliche Wirkungen auf Lebewesen haben, aber die Gesellschaft kann auf diese Einrichtungen, die künstliche Felder erzeugen, nicht verzichten. Man braucht also Geräte, die Schutz gegen zu hohe Strahlenbelastung bieten, deren schützende Wirksamkeit aber überprüft werden muss. Zur Überprüfung, ob schädliche Strahlung von einem Gerät ausgeht, eignet sich ein schneller und einfacher Test mit Ameisen als Tiermodell. Die grundlegenden Fragen waren: Erzeugen Smartphones und DECT-Schnurlostelefone schädliche Strahlen für Lebewesen? Sind Mobiltelefone nur im aktiven Zustand schädlich, oder schon im Stand-by-Modus, ausgeschaltet und ohne Akku? Unter welchen Bedingungen sind verkabelte Computer frei von schädlichen Wirkungen? Einige Insekten reagieren sehr empfindlich, auch quantitativ auf Veränderungen in ihrer Umwelt, z. B. die Fruchtfliege *Drosophila*, Bienen und Ameisen. Letztere können einfach im Labor gehalten werden und sind jederzeit einsetzbar. Wenn Ameisen künstlichen elektromagnetischen Feldern geringer Intensität ausgesetzt sind, reagieren sie sofort mit gestörtem Verhalten, so dass sie als Indikatoren gut geeignet sind.

Studiendesign und Durchführung: Im Einsatz waren normale käuflich zu erwerbende Standardgeräte. Ein 900-MHz-Mobiltelefon, ein DECT-Schnurlostelefon, ein WLAN-Router und ein Notebook. Die Telefone wurden unter dem Tablett angebracht, auf dem sich die Ameisenkolonien befanden, WLAN-Router und Notebook standen 20–30 cm von den Kolonien entfernt vor dem Tablett. Beim Mobiltelefon wurden die Ameisen zunächst ohne und mit Akku, dann im Stand-by- und Sprachmodus beobachtet. DECT-Telefon und Smartphone wurden nur im Sprachmodus getestet, der WLAN-Router 30 Minuten im aktiven Zustand und das Notebook mit ein- und ausgeschaltetem WLAN. Die Experimente wurden später mit einem anderen Beobachter verblindet wiederholt und die Ergebnisse bestätigt.

Ergebnisse: Die Ameisen reagierten schon auf das ausgeschaltete Handy mit Akku, sie wichen von ihrer normalen Laufstrecke leicht ab. Stärkere Reaktion erfolgte im Stand-by- und noch stärkere im Sprachmodus. Beim Smartphone reagierten die Tiere ähnlich, beim DECT-Telefon war das abweichende Bewegungsmuster noch stärker ausgeprägt. Sie zeigten Ataxie, Schwierigkeiten, die Beine zu bewegen, waren fast paralytisch. Sie konnten kein Futter sammeln, fanden das Nest und den Futterplatz nicht. Als das Mobiltelefon im Stand-by-Modus war, nahmen die Ameisen ihre Brut, trugen sie weit weg und kehrten zurück, nachdem das Gerät ausgeschaltet

war. Das dauerte etwa 1 Stunde. Die Tiere waren der Strahlung nur 3 Minuten ausgesetzt, brauchten aber 2–4 Stunden bis zum normalen Laufverhalten. Als der WLAN-Router (600 – 800 $\mu\text{W}/\text{m}^2$) eingeschaltet wurde, zeigten die Tiere schon nach wenigen Sekunden gestörtes Verhalten, das nach 30 Minuten noch stärker war als nach 5 Minuten. Es dauerte 6–8 Stunden, bis sie wieder zur normalen Futtersuche zurückfanden. Beim Notebook reagierten die Tiere innerhalb von Sekunden verstört, wirkten krank, wenn die WLAN-Funktion (5 Minuten, 300 – 500 $\mu\text{W}/\text{m}^2$) eingeschaltete wurde. Mit deaktiviertem WLAN verhielten sie sich normal.

Schlussfolgerungen: Die Beobachtungen ergaben, dass die Ameisen ein signifikant anderes Bewegungsverhalten haben, wenn Mikrowellen in ihrer Umgebung auftreten. Die Experimente lieferten reproduzierbare, schnelle, einfach zu erzielende quantitative Ergebnisse. Am Computer sollte man das WLAN abschalten, wenn es nicht benötigt wird. Es sollten wirksame Schutzvorrichtungen innerhalb der Geräte entwickelt werden, die die Strahlung heruntersetzen. Man kann die Zahl der Antennen verringern oder deren Strahlungsintensität. Schließlich sind Ameisen nicht psychologisch beeinflussbar, wie Tiere überhaupt und auch Pflanzen. Wenn diese Lebewesen auf Strahlung reagieren, dann nicht, weil sie im Radio oder Fernsehen etwas gehört oder etwas gelesen haben. Sie reagieren auf die schädliche Umweltexposition.

aus: diagnose:funk Studienrecherche 2015-4

2,45-GHz-Strahlung verändert Hirnfunktionen und Blutwerte

Chaturvedi CM, Singh VP, Singh P, Basu P, Singaravel M (2011): 2.45 GHz (CW) Microwave Irradiation Alters Circadian Organization, Spatial Memory, DNA Structure in the Brain Cells and Blood Cell Counts of Male Mice, *Mus Musculus*. 2,45 GHz (CW) Mikrowellen-Befeldung verändert die zirkadiane Organisation, das räumliche Gedächtnis, die DNA-Struktur in den Gehirnzellen und Blutzellen-Zählungen von männlichen Mäusen, *Mus musculus*. Erschienen in: *Progress In Electromagnetics Research B*, 29, 23–42

Langzeitbestrahlung von Mäusen mit kontinuierlicher Mikrowellenstrahlung von 2,45 GHz führt zu Erhöhung der roten und weißen Blutzellen, signifikanten DNA-Strangbrüchen in Hirnzellen und dem Verlust des räumlichen Erinnerungsvermögens. Die geringe Feldstärke hat auch Auswirkungen auf den Tagesrhythmus der Tiere.

Es gibt kaum Experimente, die nach Mikrowellenbestrahlung viele Parameter in einem Organismus untersucht haben, vor allem ist nicht bekannt, welche Rolle der Tag-Nacht-Rhythmus spielt. Dies wurde hier untersucht zusammen mit Hirn- und Leberfunktionen, Blut- und DNA-Schäden. 10 männliche Mäuse wurden in 2 Gruppen geteilt, je 5 Tiere wurden bestrahlt bzw. scheinbestrahlt, und zwar über 30 Tage 2 Stunden/Tag (9.00–11 Uhr) mit kontinuierlicher (ungepulster) Mikrowellen-

strahlung von 2,45 GHz (0,02564 mW/cm² und 0,03561 W/kg) in Käfigen. Zu bestimmten Zeiten wurden die Untersuchungen gemacht. Die erste Beobachtung des Laufens im Rad begann 10 Tage vor der Bestrahlung und endete am 7. Tag während der Bestrahlung; der 2. Beobachtungszeitraum war vom 23.–30. Tag. Vom 16.–22. Tag der Exposition wurde das Bewegungsmuster der Tiere im Wasserlabyrinth aufgezeichnet. Am Ende erfolgten die Untersuchungen von Blut (rote und weiße Blutzellen, die Enzyme SGOT = Serum-Glutamate-Oxalacetat-Transaminase und SGPT = Serum-Glutamat-Pyruvat-Transaminase), des Hirns auf DNA-Schäden (Komet-Test), der Hoden auf Zahl und Beweglichkeit der Spermien.

Es gab keine signifikanten Unterschiede im Gewicht zwischen bestrahlten und scheinbestrahlten Mäusen. Die Aktivität der Tiere im Laufrad war nach 30 Tagen Bestrahlung im Hellen signifikant höher als im Dunkeln, während dieselben Tiere vor der Bestrahlung und der Kurzzeitbestrahlung mehr Aktivität im Dunkeln zeigten, ebenso wie die Kontrolltiere. Außerdem bewirkte die Langzeitexposition, dass die Aktivität geringer war und das Laufen häufiger unterbrochen wurde. Die Fähigkeit, die Plattform im Wasserlabyrinth aufzufinden, war bei den Langzeit-bestrahlten Tieren geringer ausgeprägt als bei den Kontrolltieren. Sie hielten sich signifikant weniger Zeit in der Plattformregion auf. Das deutet auf einen Verlust des räumlichen Erinnerungsvermögens der Mäuse hin.

Die Mikrowellen bewirkten einen signifikanten Anstieg der Zahl der weißen und roten Blutzellen, der Hämoglobingehalt war nur geringfügig erhöht gegenüber den Kontrollen. Einen signifikanten Anstieg gab es auch bei den DNA-Strangbrüchen in den Hirnzellen. Die beiden Enzyme SGOT und SGPT, die zur Kontrolle der Leberfunktion gemessen werden, waren nur geringfügig (nicht-signifikant) erhöht. Diese Experimente ergaben, dass durch dauerhafte Bestrahlung mit ungepulsten 2,45-MHz-Mikrowellen das Blutbild verändert wird und DNA-Strangbrüche in Hirnzellen erzeugt werden. Die Mikrowellenbestrahlung bewirkte keine allgemeinen Stoffwechselveränderungen, aber sie beeinflussten den Tagesrhythmus der Tiere und das räumliche Erinnerungsvermögen.

aus: ElektromogReport 10/2011

Handys und WLAN erzeugen Apoptose in Brustkrebszellen

Çiğ B, Nazıroğlu M (2015): Investigation of the effects of distance from sources on apoptosis, oxidative stress and cytosolic calcium accumulation via TRPV1 channels induced by mobile phones and Wi-Fi in breast cancer cells. Untersuchung der Wirkung des Abstands von Quellen auf Apoptose, oxidativen Stress und Calcium-Anreicherung im Cytosol über TRPV1-Kanäle, hervorgerufen durch Mobiltelefone und Wi-Fi bei Brustkrebs-Zellen. Erschienen in: *Biochimica et Biophysica Acta - Biomembranes* 2015; 1848 (10) Pt B: 2756-2765

Die 3 Frequenzen 900, 1800 und 2450 MHz für Mobiltelefone und WLAN erzeugen Zellschäden, wenn der Abstand zur Feldquelle geringer ist als 10 cm und die Feldstärke etwa 12 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ beträgt. Überlebensrate, ROS-Bildung, Apoptose und Ca^{2+} -Konzentrationen in den Zellen sind signifikant verändert. Bestimmte Ca^{2+} -Ionenkanäle sind an den Veränderungen beteiligt.

Eine bekannte Wirkung von Hochfrequenzstrahlung ist, dass sie das Energieniveau und die Spin-Orientierung von Elektronen verändert mit der Folge von erhöhter Aktivität, Konzentration und Lebensdauer von ROS. Die vielen antioxidativen Abwehrmechanismen des Körpers werden geschwächt und der Elektronentransfer in den Mitochondrien verändert. Wenn schädliche Einwirkungen auf die Zellen auftreten, werden Calcium(Ca^{2+})-Kanäle angesprochen, z. B. durch Hitze, oxidativen Stress oder schädliche Substanzen wie Capsaicin (CAP, die scharfe Substanz aus Paprika und Chili). Da nicht-ionisierende Strahlung Hitze und oxidativen Stress erzeugen kann, sollte untersucht werden, welchen Einfluss der Abstand zur Strahlenquelle auf die Aktivierung der Ca^{2+} -Signalkette hat. Ca^{2+} ist an sehr vielen Abläufen in den Zellen beteiligt, von der Zellteilung über oxidativen Stress bis zur Apoptose. Reguliert wird die Ca^{2+} -Konzentration durch viele verschiedene Ionenkanäle, die unterschiedlich aktiviert werden. Eine Gruppe der Ionenkanäle kann durch CAP und Hitze aktiviert werden, die so genannten Hitzeempfindlichen Kationen-Kanäle (TRPV1), was zu einem erhöhten Einstrom von Ca^{2+} in die Zellen führt. Zur Klärung der Schädigung von Zellen durch Mobiltelefone und WLAN sollten Ca^{2+} -Konzentrationen, ROS-Produktion im Zytoplasma, Zellüberlebensrate, Apoptose und die beiden Caspasen 2 und 9 in menschlichen Brustkrebszellen (Zelllinie MCF-7) bestimmt werden. Caspasen sind Enzyme, die bei der Apoptose mitwirken, wenn schädigende Ereignisse auf Zellen einwirken. Die Brustkrebszellen wurden geteilt in die Gruppen A, B, C und D (scheinbestrahlte Kontrolle, 900, 1800 und 2450 MHz) und verschiedene Teile davon im Abstand von 0, 1, 5, 10, 20 und 25 cm eine Stunde mit $\leq 12 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (bei 900 MHz ist die SAR $0,36 \pm 0,02 \text{ mW}/\text{kg}$) bestrahlt, bevor das Capsaicin einwirkte. Nach der Bestrahlung erfolgte die Bestimmung von Ca^{2+} -Konzentrationen (freies Ca^{2+}) und ROS im Zytoplasma, Apoptose, Caspase-3 und -9. Alle Ansätze wurden 4- bis 6-mal wiederholt.

Alle bestrahlten Gruppen hatten signifikant höhere Werte bei ROS im Zytoplasma, Ca^{2+} -Konzentrationen, Apoptose, Caspa-

se-3 und -9 als in der Kontrolle in 0, 1 und 5 cm Abstand. Die Überlebensrate der Zellen war bei allen Abständen geringer als bei der Kontrolle, stieg aber mit der Entfernung an. Keine signifikanten Unterschiede zur Kontrolle waren in 20 und 25 cm Abstand bei 900 und 2450 MHz zu sehen; bei 1800 MHz war bis 25 cm eine geringere Überlebensrate sichtbar. Alle 3 Frequenzen erzeugten höhere ROS-Gehalte, die mit zunehmendem Abstand von den Zellkulturen abnahmen. Die Apoptoserate war bei 900 und 1800 MHz im Abstand von 0–10 cm signifikant erhöht, bei 2450 MHz bei 0–5 cm gegenüber der Kontrollgruppe.

Die Bildung von ROS war in allen 3 bestrahlten Gruppen im Abstand von 0–5 cm im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant erhöht. Die Enzymaktivitäten der Caspasen 3 und 9 waren in allen 3 Gruppen im Abstand von 0–5 cm signifikant erhöht im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Die Arbeit hat gezeigt, dass der Mindestabstand zu den Geräten 10 cm sein sollte. Die Mobilfunk- und WLAN-Strahlung scheint durch Erzeugung von ROS auf die Ca^{2+} -Kanäle einzuwirken. Der oxidative Stress durch ROS betrifft besonders die Membranen, in denen die Ionenkanäle sitzen. Zudem werden die Mitochondrien geschädigt, was zur Ausschüttung der Enzyme Caspase-3 und Caspase-9 und zur Apoptose führt. Die Mitochondrienfunktion ist für die Zellen, insbesondere für Nervenzellen sehr wichtig, da diese die Energie für die Zellen erzeugen unter Beteiligung der Ca^{2+} -Kanäle. Die in dieser Studie gezeigten gesteigerten Parameter ROS-Produktion im Zellplasma, Apoptose, Caspase-3 und Caspase-9 durch 900, 1800 und 2450 MHz deuten auf einen gesteigerten Ca^{2+} -Einstrom in die Zelle über die Hitzeempfindlichen der Ca^{2+} -Kanäle hin mit anschließender Bildung von freien Radikalen.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten: 900, 1800 und 2450 MHz von Mobiltelefonen und WLAN induzieren Apoptose und ROS-Produktion durch Ca^{2+} -Ansammlung im Zellplasma, was eine Folge der Aktivierung bestimmter Ca^{2+} -Kanäle, der Hitzeempfindlichen Kationen-Kanäle, ist. Die Zunahme von oxidativem Stress und der Apoptoserate tritt bei verschiedenen Abständen auf, bei 20 und 25 cm ist kein signifikanter Unterschied mehr zur unbestrahlten Kontrolle zu finden. Ab 10 cm Abstand sind kein oxidativer Stress, keine Apoptose und kein hoher Ca^{2+} -Einstrom in die Brustkrebszellen mehr nachweisbar. Zur Vermeidung von Zellschäden kann ein Abstand von 10 cm eingehalten werden. Therapeutisch könnten TRPV1-Kanal-Blocker eine Möglichkeit sein, gegen den oxidativen Stress und die erhöhte Apoptoserate durch Mobilfunk und WLAN anzugehen.

aus: ElektrosmogReport 6/2015

Wirkung von Langzeitbestrahlung mit 2,4-GHz-WLAN-Geräten auf die Funktionen der Hoden.

Dasdag S, Tas M, Akdag MZ, Yegin K: Effect of long-term exposure of 2.4 GHz radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi equipment on testes functions. Erschienen in: *Electromagn Biol Med* 2015; 34 (1): 37-42

Über die Wirkungen von Mobilfunkstrahlung ist einiges geforscht worden, aber über die Wirkung von WLAN bei Langzeiteinwirkung ist kaum etwas bekannt. Ziel der Studie war, die Lücke zu schließen und die Wirkung der WLAN-Strahlung (2,4 GHz) auf die Hoden von Ratten nach Langzeitnutzung zu sehen. Die Nutzung von drahtlosen Technologien in Form von WLAN- und Wi-Fi-Kommunikationsdiensten ist in den letzten Jahren stark angestiegen. Die Accesspoints befinden sich an Arbeitsplätzen, in öffentlichen Bereichen, Wohnungen und Schulen. Drahtlose Kopfhörer, Drucker und andere Anwendungen finden sich ebenso an Arbeitsplätzen wie in Wohnungen. Das ließ öffentliche Besorgnis über Gesundheitsgefahren, die vorerst nur für Mobiltelefone bestand, auch für diese Geräte mit Mikrowellenstrahlung aufkommen.

Studiendesign und Durchführung: 16 männliche Ratten wurden in zwei Gruppen zu je 8 Tieren eingeteilt. Die eine Gruppe wurde der 2,4-GHz-Strahlung (2420 $\mu\text{W}/\text{kg}$, 1 g Gewebe) 24 Stunden/Tag über 12 Monate ausgesetzt, die andere wurde scheinbestrahlt. Die Strahlung wurde von einem Generator erzeugt, dessen Antenne 50 cm von den Tieren entfernt war. Sofort nach Beendigung der Bestrahlung wurden die Fortpflanzungsorgane entnommen und die Spermien auf Beweglichkeit und Konzentration in den Nebenhoden, auf Schwanz- und Kopfdefekte und die gesamten morphologischen Defekte untersucht. Dazu wurden Gewicht der Hoden, der Samenleiter, der Prostata und der Bläschendrüse (Samenblase) bestimmt. Auch der Durchmesser der Samenkanälchen und die Dicke der Tunika albuginea (einer Bindegewebsschicht) wurden gemessen. Die mikroskopische Auswertung wurde verblindet durchgeführt. Die Berechnung der SAR erfolgte für Punkt, 1 g und 10 g Gewebe von Hoden und Prostata, sie betragen 4880, 2420 und 1020 $\mu\text{W}/\text{kg}$.

Ergebnisse: Der Prozentsatz von Defekten der Spermienköpfe stieg signifikant in der bestrahlten Gruppe an, während Spermienkonzentration, Beweglichkeit der Spermien im Nebenhoden, Schwanz- und gesamtmorphologische Defekte nicht-signifikant verändert waren im Vergleich zu den Kontrollen. Das Gewicht der Nebenhoden und der Bläschendrüse war signifikant geringer in der bestrahlten Gruppe, bei Hoden und Prostata gab es keine Unterschiede. Der Durchmesser der Samenkanälchen und die Dicke der Tunika albuginea bei den bestrahlten Tieren hatten signifikant bzw. hochsignifikant abgenommen. Sonst gab es keine signifikanten Veränderungen. Die histologische Untersuchung der Hoden ergab, dass die Strahlung die allgemeine Gestalt der Spermien signifikant veränderte.

Schlussfolgerungen: Die Ergebnisse zeigen, dass durch Langzeiteinwirkung von 2,4 GHz die Hodenfunktion und die Histologie der männlichen Fortpflanzungsorgane von Ratten verändert werden. Angesichts der steigenden Nutzung von drahtlosem Internet, besonders von Kindern und Jugendlichen, ist Vorsicht geboten, bis genügend Daten vorliegen, da man nicht sicher weiß, ob diese Systeme schädlich sind oder nicht. Langzeiteinwirkung von WLAN sollte insbesondere bei Kindern und Jugendlichen vermieden werden.

aus: diagnose:funk Studienrecherche 2015-4

Nervenzellentwicklung wird durch HF-Strahlung gestört

Del Vecchio GD, Giuliani A, Fernandez M, Mesirca P, Bersani F, Pinto R, Ardoino L, Lovisolo GA (2009): Continuous exposure to 900 MHz GSM-modulated EMF alters morphological maturation of neural cells. Dauer-Exposition bei 900 MHz GSM-modulierten elektromagnetischen Feldern verändert die morphologische Reifung von Nervenzellen. Erschienen in: *Neuroscience Letters* 455, 173-177

Orendacova J, Racekova E, Orendac M, Martoncikova M, Saganova K, Lievajova K, Abdiova H, Labun J, Galik J (2009): Immunohistochemical Study of Postnatal Neurogenesis After Whole-body Exposure to Electromagnetic Fields: Evaluation of Age- and Dose-related Changes in Rats. Cellular and Molecular Neurobiology. Immunohistochemische Untersuchung der postnatalen Neurogenese nach Ganzkörper-Exposition bei elektromagnetischen Feldern: Bewertung der Alter- und Dosis-verbundenen Veränderungen in Ratten. Erschienen in: *Cell Mol Neurobiol* 2009; 29 (6-7): 981-990. doi: 10.1007/s10571-009-9385-3

Zwei Arbeiten untersuchten die Entwicklung von Nervenzellen nach Behandlung des Hirngewebes mit Hochfrequenzstrahlung. In der einen Arbeit wurde an zwei verschiedenen Zellkulturen nachgewiesen, dass 900-MHz-Strahlung (SAR 1 W/kg) das Wachstum von Nervenzellen verändert. RNA-Untersuchungen zeigten, dass die Aktivität der frühen Gene für die Regulation des Neuritenwachstums verändert ist. Bei der anderen Arbeit wurden bestimmte Regionen des Gehirns von neugeborenen und alten Ratten auf die Entwicklung der Nervenzellen nach 2,45-GHz-Bestrahlung (2,8 mW/cm²) erforscht. Es kam zu signifikanter Veränderung bei den neugeborenen Tieren.

Man wollte wissen, wie 900-MHz-Strahlung im Bereich der nicht-thermischen Wirkungen im Wachstum begriffene Nervenzellen beeinflusst. Dazu wurden eine cholinerge Nervenzelllinie von Mäusen und eine Primärkultur von Ratten-Hirnrindenzellen auf ihre Entwicklung untersucht. Das Augenmerk lag auf Sprießen, Verlängern und Verzweigen der Neuriten. Zusätzlich sollte geklärt werden, welche Stressprotein-Gene bei der Bestrahlung aktiviert werden und ob frühe Gene für das Neuritenwachstum verändert werden. Die Mäusezellen wurden 72 Stunden, die Rattenzellen 120 Stunden mit 1 W/kg

bestrahlt und während dieser Zeit täglich untersucht. Man fand, dass in beiden Zellarten die Entwicklung der Neuriten verändert wird. Die bestrahlten Zellen bildeten weniger Neuriten aus, während die Länge und die Anzahl der Verzweigungen sich nicht von den Kontrollen unterschieden. Bei den bestrahlten Mäusezellen sah man nach 24 Stunden 7,6 bzw. 8,8 Neuriten/Zelle. Die Rattenhirnzellen wurden an den Tagen 2, 4 und 6 untersucht. Die bestrahlten Zellen zeigten verzögertes Wachstum: Tag 2: Kontrolle 4,3 und exponierte 3,9 Neuriten/Zelle, Tag 4: 5,0 bzw. 4,4. Am Tag 6 waren keine Unterschiede mehr zu sehen. Die elektromagnetischen Felder verzögern demnach Zellentwicklung und Zellreifung. Für die Genexpression wurde das Beta-Thymosin untersucht. Das ist ein Protein, das an der Entwicklung der Zellform beteiligt ist. Es reguliert das Sprießen, Verzweigen und Verlängern der Neuriten. Beta-Thymosin stieg während der frühen Differenzierung am 1. Tag in der 900-MHz-Gruppe um den Faktor 4 an und nahm am 6. Tag ab.

In der 2. Arbeit wurden neugeborene (7 Tage) und alte Ratten (24 Monate) gepulster 2,45-GHz-Strahlung bei 2,8 mW/cm² ausgesetzt. Es gibt mindestens 2 Regionen im erwachsenen Gehirn, die für das Nervenwachstum und deren Wanderung verantwortlich sind, die Subventrikularzone (SVZ) und der Gyrus dentatus im Hippocampus. Die SVZ ist die größte Neurogenese-Region im Erwachsenen-Gehirn. Die neu gebildeten Zellen wandern entlang eines schmalen Pfades in andere Bereiche, wo sie zu reifen Zellen ausdifferenzieren. Beide Altersstufen waren in zwei Gruppen unterteilt. Die eine Gruppe wurde 2 Tage lang 4 Stunden/Tag (akut) und die andere 3 Tage lang 8 Stunden/Tag (chronisch) bestrahlt. Hier wurde untersucht, wie sich diese Entwicklung verändert, wenn die Tiere eine bestimmte Zeit mit Hochfrequenz bestrahlt werden. Die Ergebnisse: Bei den neugeborenen Ratten gibt es signifikante Unterschiede im Zellwachstum zwischen Kontrollen und bestrahlten Tieren, nicht aber bei den 24 Monate alten Tieren. Die Veränderungen in der Zellwachstumsrate sind dosis- und altersabhängig. Zwischen Tag 7 und Tag 10 ist die Aktivität sehr hoch, geht dann auf die der Kontrollen zurück und steigt vom 14. bis 21. Tag wieder an. Am Tag 35 nähert sich die Zellteilungsrate der der Kontrollen an. In den Tagen 1-7 nach der Geburt findet besonders starke Zellteilung, d. h. Entwicklung und Reifung der Nervenzellen, statt. Daher sind Befürchtungen von Schädigungen der Neurogenese gerechtfertigt, wie sie zumindest bei neugeborenen Tieren nachgewiesen wurde.

aus: ElektromogReport 10/2011

Wirkung von subchronischer Mikrowellenstrahlung niedriger Intensität auf das Rattenhirn.

Deshmukh PS, Megha K, Nasare N, Banerjee BD, Ahmed RS, Abegaonkar MP, Tripathi AK, Mediratta PK. Effect of Low Level Subchronic Microwave Radiation on Rat Brain. Erschienen in: Biomed Environ Sci, 2016; 29 (12), 858-867

Die zunehmende Belastung mit Mobilfunk- und WLAN-Strahlung und die Ergebnisse einiger Forschungsarbeiten, die schädigende Wirkung von Mikrowellen ergeben hatten, führten zu dieser Arbeit, in der Verhalten und Veränderungen im Hirngewebe von Ratten untersucht wurden. Mit den drei Frequenzen 900, 1800 und 2450 MHz wurden Verhaltens- und Lerntests in zwei Labyrinthen untersucht. Dazu kamen Bestimmung des Hitzeschockproteins 70 (HSP70) und der DNA-Schädigung durch Strangbrüche im Hippocampus-Gewebe. HSPs haben verschiedene Funktionen, u. a. werden sie bei Zellstress aktiviert. HSP70 ist eines dieser Proteine, das andere Proteine vor Stress schützt und geschädigte Proteine in der Zelle bindet und sie wieder funktionsfähig macht. Der Hippocampus ist eine wichtige Region im Gehirn, in der Verhalten, Lernen und räumliches Gedächtnis reguliert und verarbeitet werden. DNA-Strangbrüche zeigen an, dass Zellen stark geschädigt sind. Diese Arbeit ist die erste, die drei Frequenzen über einen Zeitraum von 90 Tagen bei niedrigen Feldstärken auf Hirnleistung, HSP und DNA-Schädigung in vivo untersucht hat.

Studiendesign und Durchführung: 4 verschiedene Gruppen von männlichen Ratten, je 6 Tiere pro Gruppe, wurden 90 Tage den Frequenzen 900, 1800 und 2450 MHz ausgesetzt, eine weitere Gruppe erhielt Scheinbestrahlung. Die SAR-Werte betragen $5,953 \times 10^{-4}$, $5,835 \times 10^{-4}$ bzw. $6,672 \times 10^{-4}$ W/kg. (Modulationsart CW: 900 MHz, SAR 0,5953 mW/kg; 1.800 MHz, SAR 0,5835 mW/kg; 2.450 MHz SAR 0,6672 mW/kg). Anschließend wurden die Tiere in zwei verschiedenen Wasserlabyrinthen auf ihre Hirnleistung (Lernfähigkeit und Gedächtnis) getestet. Zum Schluss erfolgte die Bestimmung der HSP70-Konzentrationen (ELISA-Test) und der DNA-Schädigung (Komet-Test, Doppelansatz mit je 3 Wiederholungen) im Hirngewebe.

Ergebnisse: Bei allen drei Frequenzen kam es zu verminderter Hirnleistung und zu Anstieg der HSP70-Konzentrationen und von DNA-Strangbrüchen. Die Lern- und Erinnerungsfähigkeit war bei den bestrahlten Tieren signifikant vermindert, d. h. die Tiere brauchten mehr Zeit als die Kontrolltiere (zum Eintreten in den geschlossenen Arm des elevated plus Labyrinths als die Kontrolltiere). Das deutet auf signifikante Beeinträchtigung beim Lernen und Erinnern hin. Es gab zwischen den Frequenzen keine signifikanten Unterschiede.

Bei dem anderen Test im Morris Wasserlabyrinth, mit dem räumliches Lernen und Gedächtnis untersucht wird, kamen signifikante Unterschiede in der Zeit, in der die Plattform gefunden wurde, heraus, bei allen drei Frequenzen gegenüber den Kontrolltieren. Die Tiere brauchten länger, um die Platt-

form zu finden, nachdem diese versetzt worden war und der Aufenthalt in dem Quadranten war signifikant kürzer. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei bestrahlten Gruppen.

Wirkung auf HSP70: Nach den 90 Tagen sah man bei allen drei Frequenzen einen signifikanten Anstieg gegenüber der Scheinbestrahlung. Bemerkenswert ist, dass auch ein signifikanter Anstieg bei 1800 und 2450 MHz im Vergleich zu 900 MHz bestand.

Bezüglich der DNA-Schädigung zeigte der Komet-Test im Hippocampusgewebe eine signifikante Erhöhung der Schweiß-DNA (%) in allen bestrahlten Proben gegenüber der unbestrahlten Kontrolle. Bei 2450 MHz waren Kopf- und Schweiß-DNA-Gehalt auch signifikant erhöht gegenüber 900 MHz. Auch die anderen Parameter (olive tail moment, Schweißlänge und tail extent moment) waren signifikant erhöht bei allen 3 Frequenzen gegenüber der Kontrolle. Alle drei Parameter waren zudem bei 2450 MHz signifikant höher als bei 900 MHz.

Schlussfolgerungen: Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass subchronisch einwirkende Strahlung von 900, 1800 und 2450 MHz geringer Intensität zu signifikant schädlichen Auswirkungen im Gehirn führen könnten, sichtbar an DNA-Schäden und erhöhten HSP70-Konzentrationen im Hippocampusgewebe von männlichen Ratten, was zu den verminderten Hirnleistungen führt. Das Gehirn ist das empfindlichste Organ, und die durch Mikrowellen hervorgerufenen Schädigungen umfassen Fehlfunktionen und Schäden an Hirnstrukturen. Der HSP-Anstieg könnte der Grund für die verminderte Hirnleistung sein, der durch Zellstress und genotoxische Wirkung der Strahlung bedingt ist.

aus: diagnose:funk Studienrecherche 2017-1

Verstärkte DNA-Oxidation (8-OHdG) und Protein-Oxidation (AOPP) durch ein schwaches elektromagnetisches Feld (2,45 GHz) im Gehirn von Ratten und die schützende Wirkung von Knoblauch.

Gürler HS, Bilgici B, Akar AK, Tomak L, Bedir A: Increased DNA oxidation (8-OHdG) and protein oxidation (AOPP) by Low level electromagnetic field (2.45 GHz) in rat brain and protective effect of garlic. Erschienen in: Int J Radiat Biol 2014; 90 (10): 892–896

Mikrowellen können nicht-thermische Wirkungen haben wie oxidative Schädigungen, durch Langzeiteinwirkung auch bei niedrigen Feldstärken. Die heute weit verbreitet genutzten Laptops mit WLAN verbreiten im Nahfeld Strahlung mit 2,45 GHz, was bei chronischer Einwirkung während des Datentransfers zu Organschäden führen kann. Es gibt nicht viele Studien, die die oxidativen Wirkungen von 2,45-GHz-Strahlung untersucht haben. Im normalen physiologischen Zustand besteht

im Körper ein Gleichgewicht zwischen oxidativem und antioxidativem Status. Störungen dieses Gleichgewichts können bis zur Zellschädigung führen. Wenn die innere antioxidative Kapazität überfordert ist, kann dieses Gleichgewicht nicht aufrechterhalten werden und es kommt zu oxidativen Schäden. Dann sollten Antioxidantien von außen zugeführt werden. Seit einiger Zeit weiß man, dass die Schwefelverbindungen des Knoblauchs antioxidative Wirkung haben. Von Knoblauch ist außerdem bekannt, dass er die Induktion von SOD, CAT, reduziertem GSH, GPx und anderen Enzymen steigern kann. Das Ziel dieser Studie war zu erkunden, ob Knoblauch eine schützende Wirkung hat, wenn die nicht-thermisch einwirkenden Mikrowellen bei 0,02 W/kg SAR bzw. 3,68 V/m eines WLAN-Systems Schäden an DNA, Lipiden und Proteinen im Hirngewebe und Blutplasma von Ratten erzeugen. Der Grenzwert für SAR liegt bei 0,08 W/kg für die Öffentlichkeit.

Studiendesign und Durchführung: 36 Ratten, 5–6 Monate alt, wurden in 3 Gruppen geteilt: unbestrahlte Kontrolle, Bestrahlung mit 2,45 GHz (217-Hz-Modulation), 1,04 mW/cm², 3,68 ± 0,36 V/m (3,17–4,88 V/m) bzw. als dritte Gruppe Bestrahlung und Knoblauchgabe. Die Bestrahlung erfolgte 1 Stunde/Tag an 30 aufeinander folgenden Tagen. Gruppe 3 erhielt täglich 1 Stunde vor der Bestrahlung 2 ml Knoblauchextrakt (Konzentration 50 mg/ml), das entspricht 500 mg/kg Körpergewicht über 30 Tage. Der Knoblauch-Extrakt wurde oral verabreicht. Nach den 30 Tagen wurden Blut und die Gehirne entnommen und auf Lipidperoxidation (MDA), Proteinoxidation (durch oxidative Schädigung von Proteinen können Carbonylgruppen gebildet werden) in Serum und Plasma und die DNA-Oxidation (Bildung von 8-hydroxydeoxyguanosine, 8-OHdG) im Vollblut und im Hirngewebe untersucht.

Ergebnisse: Die bestrahlte Gruppe hatte signifikant erhöhte 8-OHdG-Konzentrationen im Hirngewebe und Blutplasma gegenüber der Kontrollgruppe. Die Verabreichung des Knoblauchextraktes vor der Bestrahlung verhinderte den Anstieg der DNA-Oxidation (des 8-OHdG-Gehaltes). Die Werte der Proteinoxidation (AOPP-Konzentrationen) waren im Plasma signifikant höher gegenüber der Kontrolle, während die Knoblauchgabe im Plasma Werte erbrachte, die denen der Kontrolle entsprachen. Im Hirngewebe sah man keine Unterschiede zwischen den 3 Gruppen. Bei der Bestimmung der Lipidperoxidation zeigten sich keine Unterschiede zwischen den 3 Gruppen, weder im Hirngewebe noch im Blutplasma.

Schlussfolgerungen: Die Experimente zeigen, dass 2,45-GHz-Bestrahlung die DNA und Proteine oxidativ schädigen kann (das Molekül 8-OHdG entsteht hauptsächlich durch oxidative Schädigung/oxidativen Stress der DNA, die erhöhten Carbonylkonzentrationen zeigen erhöhten oxidativen Stress der Proteine an). Dass keine erhöhte Lipidperoxidation auftrat, könnte an dem niedrigen SAR-Wert von 0,02 W/kg liegen. Man kann daraus schließen, dass niedrige Feldstärken von Mikrowellen DNA-Schädigung in Hirngewebe und Blutplasma der Ratten steigern, während die Proteinoxidation nur im Plasma erhöht war. Knoblauch kann diese oxidativen Wirkungen signifikant vermindern.

aus: diagnose:funk Studienrecherche 2015-4

Verhaltensänderung durch 2,45-GHz-WLAN-Strahlung

Hassanshahi A, Shafeie SA, Fatemi I, Hassanshahi E, Allahtavakoli M, Shabani M, Roohbakhsh A, Shamsizadeh A (2017): The effect of Wi-Fi electromagnetic waves in unimodal and multimodal object recognition tasks in male rats. Die Wirkung von Wi-Fi elektromagnetischen Wellen bei unimodalen und multimodalen Objektwiedererkennungsaufgaben bei männlichen Ratten. Erschienen in: *Neurological Sciences* 38 (6), 1069–1076

Ratten können nicht signifikant zwischen neuen und vertrauten Objekten unterscheiden, wenn sie WLAN-Strahlung ausgesetzt sind.

Da es Berichte über schädliche Wirkung von WLAN-Strahlung auf das Nervensystem gibt, sollte in dieser Studie das Verhalten von Ratten mit verschiedenen taktilen und visuellen Tests untersucht werden. Die Wirkung der WLAN-Strahlung wird mit Schädigung der Fortpflanzungsorgane und des Nervensystems (oxidativer Stress in Ganglien und im Hippocampus, neurodegenerativen Erkrankungen) in Zusammenhang gebracht. Der Europarat empfiehlt deshalb eingeschränkte Nutzung von Mobilfunk und WLAN in Schulen (2011). Einige der wichtigsten Hirnfunktionen sind das Speichern von sensorischen Informationen, die durch verschiedene sensorische Kanäle übermittelt werden und die wichtig für unsere Erfahrungen mit der Außenwelt sind. Verschiedene Hirnregionen wie Schläfenlappenstrukturen empfangen die vielen sensorischen Signale. Acetylcholin trägt vermutlich über den Muscarinrezeptor zu einem multisensorischen Integrationsprozess bei, ebenso der Neurotransmitter γ -Amino-Buttersäure (GABA). In dieser Studie wurde die mögliche Wirkung von WLAN (2,4 GHz) auf die taktile und visuelle Objekterkennung von Ratten untersucht.

80 männliche Ratten wurden in 2 Gruppen scheinbestrahlt bzw. bestrahlt (2,4–2,4835 GHz 30 Tage, 12 Stunden/Tag mit 23,6 dBm). Danach wurden Aktivität und Gedächtnis der Ratten in verschiedenen Tests beobachtet, d. h. die 2 Gruppen wurden in je 4 Gruppen mit 6–10 Tieren unterteilt (Standard-SOR, taktiler SOR, visueller SOR und CMOR). Nach Eingewöhnung wurde mit und ohne Strahlung getestet, wie die Tiere sich verhalten, wenn sie mit verschiedenen Objekten aus Holz, Metall und Stein konfrontiert sind. Im Hippocampus erfolgte die Bestimmung der Gehalte an Muscarin-Rezeptor 1 (M1) und GABA-Transporter1 (GAT1).

Die Ergebnisse zeigen, dass chronisch einwirkende WLAN-Signale die Aktivität nicht beeinflussen, aber die Fähigkeiten der Tiere signifikant verschlechtern, zwischen vertrauten und neuen Objekten zu unterscheiden. Die Expression vom Muscarinrezeptor1 im Hippocampus stieg nach WLAN-Bestrahlung um das Doppelte an, der GABA-Transporter1 (GAT1) unterschied sich bei den bestrahlten Tieren nicht von den Kontrollen. Zusammen mit früheren Ergebnissen kann man schließen, dass WLAN-Strahlung schädliche Wirkung auf Funktionen des Nervensystems hat, auf molekularer und Verhaltensebene. Der

Calcium-Fluss in den Neuronen könnte durch WLAN-Strahlung verändert sein.

aus: *ElektrosmogReport* 10/2017

Eireifung bei Drosophila als ein Biomarker für die Reaktion auf elektromagnetische Feldquellen.

Margaritis LH, Manta AK, Kokkaliaris KD, Schiza D, Alimisis K, Barkas G, Georgiou E, Giannakopoulou O, Kollia I, Kontogianni G, Kourouzidou A, Myari A, Roumelioti F, Skouropoulou A, Sykioti V, Varda G, Xenos K, Ziomas K: Drosophila oogenesis as a bio-marker responding to EMF sources. Erschienen in: *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (3): 165–189

Das Ziel dieser Studie war, einerseits die Reaktion der Eientwicklung in den Eierstöcken (Oogenese in den Ovarien) auf das Einwirken von elektromagnetischen Feldern von zwei Drosophila-Stämmen (Tau-, Obst- oder Fruchtfliegen) zu erforschen und zweitens zu bewerten, ob Drosophila als Testsystem (Biomarker) geeignet ist, da die einzelnen Entwicklungsschritte dieser Tiere gut untersucht sind. Zwei Parameter wurden dazu untersucht, die Reproduktionskapazität (Fekundität) und die Apoptose während der Oogenese (die regulär in bestimmten Entwicklungsstufen erfolgen muss). Das zweite Ziel war festzustellen, ob es einen Unterschied in den biologischen Wirkungen zwischen gepulsten und kontinuierlichen Feldern gibt. Diese Studie ist Teil eines großen Forschungsvorhabens zu verschiedenen Testmodellen (Eidechsen, Mäuse, Ratten, freiwillige menschliche Testpersonen) unter verschiedenen Expositionsbedingungen.

Studiendesign und Durchführung: Die beiden Stämme *D. melanogaster* (kleine Tiere) und *D. virilis* (größere Tiere) wurden verschiedenen Geräten und Frequenzen (900 MHz, 1800 MHz, 1880–1900 MHz DECT Basisstation und Handset, 2,44 GHz Wi-Fi und Bluetooth, 92,8 MHz FM-Generator, 27,15 MHz Babyphon, 900 MHz CW-Generator (kontinuierliche Felder) und 2,44 GHz Mikrowellenherde), Zeiten, Abständen und Feldstärken (geringste 0,3 V/m von Bluetooth) ausgesetzt. Insgesamt wurden 280 Experimente mit mehr als 240 Wiederholungen durchgeführt, wobei die frisch geschlüpften Tiere 3–7 Tage den entsprechenden Feldern ausgesetzt wurden. Die Apoptose wurde mit zwei verschiedenen Testmethoden (Acridinorange und TUNEL) untersucht. Zur Kontrolle dienten scheinbestrahlte und unbestrahlte Tiere.

Ergebnisse: Alle verwendeten Feldquellen, selbst die geringsten von Bluetooth, die sehr deutlich unter den ICNIRP-Werten liegen, hatten signifikante Wirkungen auf die Apoptose-Induktion und die Reproduktionskapazität. Bei allen hier verwendeten Strahlungsarten war ein statistisch signifikanter Anstieg von apoptotischem Zelltod induziert worden. Bei fast allen Feldquellen war die Fekundität zwischen 10 % (bei Wi-Fi und Bluetooth) und 30 % (bei Mobiltelefonen und DECT-Handset) vermindert, nur bei dem 900-MHz-CW-Generator

war sie bei *D. virilis* um 12 % erhöht. Bei den beiden Kontrollen betrug die Anzahl der apoptotischen Follikel 2–3 %, bei den bestrahlten fand man das 2–7-Fache. Es scheint, als steigere die Strahlung den physiologischen Rhythmus an den Checkpoints (Schaltstellen der Entwicklungsstufen) während der Oogenese durch Mechanismen, die noch unbekannt und zu erforschen sind. Auch die Zahl der Puppen bei den Nachkommen war bei den verschiedenen Feldquellen signifikant vermindert gegenüber den Kontrollen. Man konnte bemerkenswerterweise keine kumulativen Wirkungen finden, wenn verschiedene Felder einwirkten oder die Einwirkdauer verlängert war.

Schlussfolgerungen: Das *Drosophila*-Oogenese-System ist gut geeignet als Biomarker zur Erforschung der potenziellen Bioaktivität von elektromagnetischen Feldern. Das System ist vielseitig und einfach in der Anwendung, dazu leicht mit bloßem Auge zu untersuchen. Die Tatsache, dass die geringen Feldstärken von Bluetooth (0,3 V/m) ähnliche Zelltodraten (6,1 %) erzeugten wie 20 V/m der 900-MHz-CW-Felder (6,9 %) oder 13 V/m vom FM-Signal (6,5 %), aber dass das 900-MHz-Mobiltelefon mit 22 V/m eine Zelltodrate von 10–14 % erzeugt, kann durch die unterschiedliche biologische Wirkung von gepulster und kontinuierlicher Strahlung erklärt werden. Das zeigt, dass das System der *Drosophila*-Oogenese für alle Arten von Strahlung irgendeiner Intensität und Modulation eingesetzt werden kann, wenn mögliche biologische Wirkungen erforscht werden sollen. Auf die Frage, warum mehrere ähnliche Frequenzen, die gleichzeitig einwirken, die gleiche Wirkung haben wie eine einzige FM-modulierte Frequenz, haben die Forscher noch keine Antwort, sie arbeiten aber an dieser Frage.

aus: diagnose:funk Studienrecherche 2015-3

Therapeutische Ansätze mit Melatonin bei Toxizität, die von Mikrowellen-induziertem oxidativen Stress vermittelt wurde, auf die männliche Fertilität von Wistar-Ratten.

Meena R, Kumari K, Kumar J, Rajamani P, Verma HN, Kesari KK: Therapeutic approaches of melatonin in microwave radiations-induced oxidative stress mediated toxicity on male fertility pattern of Wistar rats. Erschienen in: *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (2): 81–91

Die 2,45 GHz-Strahlung wird immer häufiger eingesetzt, bei drahtlosen Kommunikationseinrichtungen (Wi-Fi, WLAN) in Haushalten und in medizinischen Einrichtungen bei NMR-Diagnostik, Hyperthermie und thermischer Ablation. Das männliche Reproduktionssystem ist sehr empfindlich gegenüber Umwelteinwirkungen, deshalb könnte 2,45-GHz-Strahlung gesundheitsschädlich für Hoden und Spermienqualität (Anzahl, Beweglichkeit, Morphologie, Lebensfähigkeit und Durchlässigkeit der Blut-Hoden-Schranke) sein. In vielen Studien wurde die Bildung von freien Radikalen und oxidative

Schädigung von Zellen und Zellbestandteilen beschrieben. In dieser Studie wurde untersucht, ob bei Langzeiteinwirkung der Mikrowellen durch oxidativen Stress eine Beeinträchtigung des Hodens entstehen kann und ob Melatonin eine schützende Wirkung hat. Melatonin ist als Antioxidans bekannt, das Schädigung an DNA, Lipiden und Proteinen durch freie Radikale verhindert.

Studiendesign und Durchführung: Zum Einsatz kamen 70 Tage alte Ratten, die in 4 Gruppen zu je 6 Tieren eingeteilt wurden. 1. scheinbestrahlte Kontrolle, 2. Gabe von Melatonin, täglich um 8.00 Uhr 2 mg/kg intraperitoneal, 3. Bestrahlung mit 2,45 GHz und 4. tägliche Melatoningabe + 2,45-GHz-Bestrahlung. Die Bestrahlung bestand in 2 Stunden täglich mit 0,21 mW/cm², SAR 0,14 W/kg an 45 aufeinander folgenden Tagen. Nach der Bestrahlung wurden den Tieren der Hoden entnommen und in Hoden bzw. Spermienzellen das Körper- und Hodengewicht, die Enzyme Laktatdehydrogenase-Isoenzym (LDH-X) und Xanthinoxidase (XO), dann ROS, Proteinoxidation (Carbonyl-Gehalt), DNA-Brüche und Lipidperoxidation (MDA), Apoptose und Testosteron Gehalt bestimmt. Außerdem wurde das Hodengewebe im Mikroskop durch einen Pathologen im Blindverfahren untersucht.

Ergebnisse: Das Hodengewicht war bei der bestrahlten Gruppe signifikant niedriger, die anderen 3 Gruppen unterschieden sich kaum. Im Hodengewebe war eine sehr hohe ROS-Produktion in der bestrahlten Gruppe zu sehen, die mit Melatonin signifikant gemindert wurde, aber höher war als bei den Kontrollen. Dasselbe gilt für die Proteinoxidation und die Xanthinoxidase-Aktivität. Auch die Lipidperoxidation in den Spermienzellen zeigte sehr hohe MDA-Konzentrationen, die durch Melatonin signifikant niedriger waren, aber über den Werten der Kontrolle lagen. DNA-Strangbrüche und Apoptoserate in den Spermienzellen waren bei 2,45 GHz sehr hoch, wurden durch Melatonin reduziert, lagen aber signifikant über den Kontrollwerten. Für Testosteronkonzentrationen und die LDH-Aktivität im Hoden galt, dass durch die Melatoningabe die Werte erhöht waren gegenüber der scheinbestrahlten Kontrolle (bei Testosteron signifikant), die Mikrowellen eine signifikante Abnahme hervorrief und die gleichzeitige Melatoningabe signifikant höhere Werte ergab. Die mikroskopische Untersuchung zeigte bei den Kontrollen normale Keim- und Sertoli-Zellen mit normalem Entwicklungszyklus, während in den bestrahlten Geweben desorganisierte Samenkanälchen und Entzündungen in den Hodenzellen auftraten, die durch Melatonin verhindert wurden.

Schlussfolgerungen: Die Ergebnisse legen nahe, dass die 2,45-GHz-Strahlung oxidativen Stress im Hodengewebe erzeugt, der zu Schäden an der DNA führt. Die Mikrowellen könnten einen Einfluss auf die Polarisierung der Zellmembranen haben. Wenn die Polarisierung der Membranen verändert ist, wird die Testosteronsynthese und dadurch die Entwicklung der Spermienzellen gestört, mit der Folge von Unfruchtbarkeit. Melatonin hat ein starkes antioxidatives Potenzial, das die Mikrowellen-induzierten oxidativen Schädigungen in Hoden und Spermienzellen vermindert. Die Autoren schlagen vor, dass Melatonin wahrscheinlich, zumindest zum Teil, auf die Xanthinoxidase einwirkt, denn im Experiment bewirkte Melatonin

nach den 45 Tagen eine signifikante Abnahme der Aktivität, während die Aktivität gleichzeitig in der bestrahlten Gruppe signifikant angestiegen war.

aus diagnose:funk Studienrecherche 2016-1

Mikrowellen niedriger Intensität rufen oxidativen Stress, Entzündungsreaktionen und DNA-Schäden in Rattenhirnen hervor.

Megha K, Deshmukh PS, Banerjee BD, Tripathi AK, Ahmed R, Abegaonkar MP: Low intensity microwave radiation induced oxidative stress, inflammatory response and DNA damage in rat brain. Erschienen in: *Neurotoxicology* 2015; 51: 158–165

Diese Studie wurde durchgeführt, um den Einfluss von Mikrowellen auf oxidativen Stress, Entzündungsreaktionen und DNA-Schäden im Gehirn zu bestimmen. Das Gehirn ist reich an vielfach ungesättigten Fettsäuren und hat eine hohe Stoffwechselrate, das macht es anfälliger für oxidative Schädigung als andere Organe. Die SAR-Grenzwerte der ICNIRP für elektromagnetische Felder bis 10 GHz für die Öffentlichkeit sind 0,08 W/kg für den ganzen Körper und 2 W/kg für Kopf und Rumpf. In früheren eigenen Experimenten waren Ratten 30 Tage Mikrowellen geringer Intensität ausgesetzt gewesen, und man fand oxidativen Stress und DNA-Schäden in den Rattenhirnen. Jetzt sollte unter Langzeitbestrahlung über 60 Tage der oxidative Stress, die Entzündungsreaktionen und DNA-Schäden im Gehirn bestimmt werden und welche Ursachen dafür in Frage kommen.

Studiendesign und Durchführung: 24 männliche Ratten wurden in 4 Gruppen zu je 6 Tieren eingeteilt: als Kontrolle Scheinbestrahlung und die drei anderen Gruppen erhielten Bestrahlung mit verschiedenen Frequenzen (900, 1800 und 2450 MHz) über einen Signalgenerator: Die SAR-Werte betragen 0,59, 0,58 bzw. 0,66 W/kg, die 60 Tage, 2 Stunden/Tag 5 Tage/Woche einwirkten. Am Ende der Bestrahlung wurde das Hippocampus-Gewebe entnommen und oxidative Stress-Parameter (MDA, PCO, GSH, SOD und KAT) und Zytokine (die pro-entzündlichen Zytokine IL-2, IL-6, TNF- α und IFN- γ , sie leiten eine Entzündungsreaktion ein) sowie Gesamtprotein und die DNA-Schädigung mit dem alkalischen Komet-Test bestimmt.

Ergebnisse: Es gab keine Veränderungen in der Körpertemperatur zwischen den Gruppen. Die Bestrahlung resultierte in allen untersuchten Parametern und bei allen 3 Frequenzen zu signifikanten Veränderungen. Signifikanter Anstieg wurde gefunden bei oxidativem Stress, Malondialdehyd (MDA), Proteincarbonyl (PCO) und Katalase (KAT) im Vergleich zu der scheinbestrahlten Kontrolle. Glutathion (GSH) und Superoxid-Dismutase (SOD) waren signifikant vermindert. Die Zytokine IL-2, IL-6, TNF- α und IFN- γ waren signifikant erhöht und es traten signifikant mehr DNA-Schädigungen gegenüber der Kontrolle auf. In allen Tests zeigte sich die stärkste Wirkung bei 2450 MHz, 1800 MHz hatte etwas geringere Werte. Bei 900 MHz war der signifikante Unterschied immer zur Kontrolle, bei 1800 MHz häufig auch zu 900 MHz und bei 2450 MHz z. T.

auch zu 1800 und 900 MHz. Beim Komet-Test (DNA-Einzelstrangbrüche) waren alle Parameter signifikant erhöht gegenüber der Kontrolle, z. B. war die Schweif-DNA bei 900, 1800 und 2450 MHz um etwa 32, 38 und 40 % erhöht, das Schweifmoment war 5,5-, 8,9- bzw. 9,3-fach erhöht. Die Maximalwerte wurden immer durch 2450 MHz erzeugt.

Schlussfolgerungen: Mikrowellen geringer Intensität verursachen oxidativen Stress, Entzündungsreaktionen und DNA-Schäden in den Gehirnen der Ratten. Die Wirkung der Frequenzen war unterschiedlich, aber immer signifikant verschieden von der scheinbestrahlten Kontrolle. Je höher die Frequenz, desto stärker sind die schädlichen Wirkungen. Die Studie zeigt auch, dass die DNA-Schädigung im Gehirn mit dem oxidativen Stress (oxidative DNA-Schäden) und den Entzündungsreaktionen zusammenhängt. Mikrowellen führen zu oxidativem Stress, der ruft Entzündungsreaktionen hervor, die DNA-Schädigung zur Folge haben. Außerdem werden Reparaturmechanismen über Entzündungsreaktionen aufgrund von Signalen der geschädigten DNA aktiviert. Diese Ergebnisse decken sich mit vielen Ergebnissen anderer Forscher, auch wenn oft andere Versuchsbedingungen vorlagen.

aus diagnose:funk Studienrecherche 2015-4

2,45-MHz-Felder verändern Gewebe und Rezeptoren

Misa-Agustiño MJ, Leiro-Vidal JM, Gomez-Amoza JL, Jorge-Mora MT, Jorge-Barreiro FJ, Salas-Sánchez AA, Ares-Pena FJ, López-Martín E (2015):EMF radiation at 2450 MHz triggers changes in the morphology and expression of heat shock proteins and glucocorticoid receptors in rat thymus. EMF-Exposition bei 2450 MHz löst Änderungen in Morphologie und Expression von Hitzeschockproteinen und Glucocorticoid-Rezeptoren im Thymus der Ratte aus. *Life Sciences* 127, 1–11

In dieser Studie wurde das Ausmaß der Stressreaktionen von Ratten-Thymuszellen untersucht nach Bestrahlung mit 2,45 GHz. Die nicht-thermischen 2,45-GHz-Felder erzeugten Veränderungen in der Permeabilität des Endothels und Neubildung von Gefäßen im Thymus. Das Thymusgewebe zeigte zudem morphologische Veränderungen, mehr Blutgefäße und rote Blutkörperchen außerhalb der Gefäße. HSP90 war vermindert und die Glucocorticoid-Rezeptoren (GR) vermehrt in der Thymusrinde der bestrahlten Tiere.

Mikrowellen können Stressreaktionen im Körper hervorrufen wie Produktion von Hitzeschockproteinen (HSPs), die zu Veränderungen in Immunreaktionen und Thymusfunktionen führen. Wenn das Gleichgewicht zwischen Immun-, Nerven- und Hormonsystem durch äußere Faktoren verschoben wird, versucht der Körper die Homöostase wiederherzustellen. Der Thymus ist ein Organ, das auf physiologische Veränderungen wie z. B. Altern, Schwangerschaft und äußere Einwirkungen sehr sensitiv reagiert. In den letzten Jahren wurde bekannt, dass ionisierende und nicht-ionisierende Strahlung das Immunsystem

beeinflusst und die Thymusfunktionen verändert. Hitzeschock-Proteine (HSPs) regulieren bei Säugetieren die Aufrechterhaltung der Homöostase als Reaktion auf innere oder äußere Einflüsse, damit die normalen Funktionen gewährleistet sind. Elektromagnetische Felder können als Induktoren oder Mediatoren der HSP-Produktion agieren, als Reaktion auf Stress. Die Mechanismen sind noch wenig verstanden. Anti-Tumor-Immunität kann durch Mikrowellenhyperthermie induziert werden unter Beteiligung von Hitzeschockproteinen, die Tumorantigene und andere Gefahrensignale tragen, die von den absterbenden Tumorzellen ausgesendet werden. HSPs reagieren auf Stressereignisse, wo sie für den Schutz der gefährdeten Zellen sorgen. HSPs werden deshalb im Labor als Biomarker für schädliche Einwirkungen auf Zellen benutzt. Die Funktion des Glucocorticoidrezeptors (GR) ist, wie viele Signalproteine, abhängig vom HSP90, das zusammen mit HSP70 Stabilität, Funktion und Regulation des Rezeptors. Die Aktivierung der Glucocorticoidrezeptoren durch Mikrowellen könnte bei der Immunantwort relevant sein.

2,45-MHz-Mikrowellen werden zur Diathermie bei Rheuma und zur Schmerzlinderung eingesetzt. Kürzlich wurde nachgewiesen, dass die durch Mikrowellen induzierte HSP-Induktion an entweder Steigerung oder Hemmung der Immunität beteiligt sein könnte. Das war die Motivation, diese hier vorliegenden Biomarker-Experimente durchzuführen, um die therapeutische und toxische Schwelle der Mikrowellen zu bestimmen. 64 weibliche Ratten wurden in 2 Gruppen zu je 32 Tieren eingeteilt, die wiederum in je 4 Untergruppen. Gruppe A: Kontrolle (0 W), dann Bestrahlung mit 1,5, 3,0 und 12 W für 30 min. 90 Minuten nach der Bestrahlung wurde der Thymus entnommen, dessen Gewebe und Zellextrakte auf Proteinkonzentration, HSP- und GR-Gehalte und morphologische Veränderungen zu untersuchen. Die Gruppe B erhielt dieselben Prozeduren, aber Tests wurden erst 24 Stunden nach der Bestrahlung durchgeführt. Die Bestrahlung erfolgte mit durchschnittlichen SAR-Werten im Thymus von 0,046, 0,104 und 0,482 W/kg (Ganzkörperwert 0,0169, 0,0364 und 0,161 W/kg). Die HSP90-Konzentration im Thymus war bei allen Proben gegenüber der unbestrahlten Kontrolle niedriger, signifikant aber nur in der 12-W-Probe nach 90 Minuten; nach 24 Stunden waren ebenfalls alle bestrahlten niedriger, aber nur die 3,0-W-Probe signifikant. Bei HSP70 war 90 Minuten nach der Bestrahlung die 3,0-W-Probe höher als die Kontrolle, alle anderen Ansätze hatten niedrigere Werte. Die mikroskopische Untersuchung der Morphologie des Thymusgewebes zeigte bei der höchsten SAR (0,482 W/kg) eine signifikant erhöhte Anzahl von Blutgefäßen. Mit steigender SAR traten hämorrhagische retikuläre Epithelzellen des Thymus (das sind im Thymus vorhandene Zellen, die sekretorische Granula enthalten. Sie sorgen dafür, dass T-Zellen abgetötet werden, die körpereigene Zellen angreifen) und rote Blutkörperchen außerhalb der Gefäße nach 90 Minuten und nach 24 Stunden auf. Die retikulären Epithelzellen waren bei beiden Gruppen nur bei 12 W signifikant erhöht.

Die einzige signifikante Abnahme in der Anzahl der Blutgefäße nach 24 Stunden trat bei 0,104 W/kg (3 W) auf. Signifikante Zunahme war bei 12 W bei 90 min und bei 24 Stunden bei 1,5 und 12 W und zu sehen. Die roten Blutkörperchen im Thymus

waren signifikant erhöht bei 3 und 12 W in beiden Gruppen gegenüber der unbestrahlten Kontrolle. Die Glucocorticoidrezeptoren waren vermehrt in der Thymusrinde bei 3 und 12 W, im Mark waren alle erhöht außer die mit 1,5 W bestrahlten im Vergleich zu den unbestrahlten Kontrollen.

Diese Studie beschreibt erstmals Veränderungen in der Morphologie, des Zellstresses mit den Gehalten von HSP90 und HSP70 und den Glucocorticoidrezeptoren im Rattenthymus, wenn dieser 2,45-GHz-Strahlung ausgesetzt wurde. Mit diesen Veränderungen gingen erhöhte Permeabilität der Thymuszellen und erhöhte Gefäßbildung mit Auftreten von roten Blutzellen außerhalb der Gefäße und retikulären Epithelzellen einher. Die Kombination dieser Mechanismen könnte die Immunreaktionen des Thymus verändern. Zellstress-Proteine sind starke Immunmodulatoren, sie können steigernden oder hemmenden Einfluss auf Immunreaktionen haben, je nach Kontext. Die Zunahme der Glucocorticoidrezeptoren in der Thymusrinde bedeutet, dass nicht-ionisierende Strahlung die Immunantwort beeinflussen kann. Der Thymus spielt eine wichtige Rolle im Immunsystem, die GR-Aktivierung wird benötigt bei Auswahl, Entwicklung und Reifung der Thymozyten. Die Erhöhung der Permeabilität der Gefäße aufgrund der Strahlung war begleitet von einer vermehrten Anzahl von Blutgefäßen im Thymusmark und erhöhtem Blutfluss und/oder Gefäßerweiterung. Ähnliche Ergebnisse kennt man von der Blut-Hirn-Schranke nach nichtthermischer Mikrowellenbestrahlung von Ratten. Das heißt, die Mikrowellen erzeugen akute Stressreaktionen der Zellproteine innerhalb von 24 Stunden und sofort sichtbare Veränderungen im Thymusgewebe, vor allem gesteigerte Permeabilität des Endothels und Bildung neuer Blutgefäße. Die Ergebnisse der HSP-Gehalte zeigen einen schwachen Zellschutz im Thymus nach 24 Stunden. Beide HSPs haben verschiedene Funktionen bei Apoptose und Zelltod. Übermäßige Produktion von HSP90 zeigt einen Anstieg von Apoptose und verhindert Caspase-Aktivierung (Caspasen werden aktiviert, wenn die Apoptose, der programmierte Zelltod, eingeleitet werden muss), während HSP70 die Zellen vor letalen Einflüssen schützt. Mit steigender SAR nahm der HSP90-Gehalt ab, HSP90 scheint die unreifen Immunzellen schützen zu wollen.

Kürzlich haben mehrere Forscher angenommen, dass nichtionisierende Strahlung für die Induktion der Apoptose und des Zelltods sorgt und für einen Anstieg an reifen Lymphozyten. Eine Abnahme des Proteins HSP90 und damit seiner schützenden Wirkung in Hemmung der Caspasen könnte die Aktivierung dieses Signalweges bedeuten und dadurch einen Thymusmodulationsbiomarker darstellen. HSP90-Gehalte können eine anti-entzündliche Wirkung anzeigen. In der Physikalischen Therapie mit Mikrowellen, wie z. B. der Diathermie, wird wahrscheinlich die Effektivität der Immunantwort bei den Patienten gesteigert und man könnte damit die Schwelle zur toxischen Strahlungsmenge bestimmen.

Die Studie zu HSP-Levels und morphologischen Veränderungen im Thymusgewebe durch 2,45-GHz-Strahlung mit nichtthermischen SAR führt zu folgenden Schlüssen: 1. Nichtionisierende und nicht-thermische Strahlung bildet ein quantitatives und qualitatives Modulierungssagens für HSP90, aber nicht

für HSP70 in Thymusgewebe, 2. gibt es einen Zusammenhang zwischen Strahlung und gesteigerter Permeabilität des Endothels und der Gefäßbildung des Thymus, 3. zeigt der Anstieg der Glucocorticoidrezeptoren in den Rindenzellen des Thymus, dass die Strahlung einen Stimulus für Immunantwort darstellt.

aus: ElektromogReport 9-10/2015

Molekulare Mechanismen und oxidativer Stress im Gehirn

Naziroğlu M, Akman H (2014): Effects of Cellular Phone- and Wi-Fi-Induced Electromagnetic Radiation on Oxidative Stress and Molecular Pathways in Brain. Wirkungen von Handy- und WiFi-induzierter elektromagnetischer Strahlung auf oxidativen Stress und molekulare Signalwege im Hirn. I. Laher (ed.), Systems Biology of Free Radicals and Antioxidants, 2431–2449; DOI 10.1007/978-3-642-3M18-92 10; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Ein Kapitel in einem 5-bändigen Werk über Freie Radikale und Antioxidanzien fasst die Ergebnisse der Forschung zu Wirkungen von 900–2450 MHz (Wi-Fi und Mobiltelefone) auf Gehirn und Nervenzellen zusammen. Beschrieben werden die molekularen Stoffwechselwege und physiologischen Funktionen von menschlichen Nervenzellen. Vor allem oxidativer Stress im Nervensystem ist gut dokumentiert, am Menschen und in Zell- und Tierexperimenten.

Das Kapitel beschreibt die Wirkungen von Wi-Fi (2,45 GHz) und Mobiltelefonen (900 und 1800 MHz) auf das Zentralnervensystem (ZNS) beim Menschen und in Tierversuchen anhand der wissenschaftlichen Literatur. Die Ergebnisse der Literaturrecherche zu molekularen Stoffwechselwegen und Lernverhalten bzw. Erinnerungsvermögen nach Einwirkung der Felder: 7 von 10 Arbeiten fanden keine Wirkung, so sind die Wechselwirkungen unklar. Dagegen werden in 11 von 13 aufgeführten Arbeiten schädliche Wirkungen durch oxidativen Stress belegt, ebenso die molekularen Stoffwechselwege im Gehirn. Es werden die Mechanismen beschrieben und die Auswirkungen auf den Stoffwechsel, wenn die entsprechenden Enzyme nicht funktionieren.

So sind z. B. Selen, Kupfer und Mangan als Spurenelemente wichtig für die Funktion der in oxidativen Stress involvierten Enzyme GSH-Px, SOD und Katalase. Die Vitamine C und E haben Funktionen im Zusammenhang mit ROS und der Peroxidation von Lipiden (besonders Membran-Phospholipide). Proteine und DNA werden geschädigt, wenn ROS-Gehalte nicht ausbalanciert sind. Wi-Fi könnte durch nicht-thermische Wirkungen die Zellfunktionen beeinflussen und kognitive Funktionen vermindern. Die Felder steigern die ROS-Bildung in Nervenzellen durch Aktivierung des Oxidansystems einschließlich der NADPH-Oxidase-Aktivität und der NO-Produktion. Gleichzeitig werden die Antioxidans-Enzyme Superoxid-Dismutase, Katalase und Glutathion-Peroxidase im Hirngewebe vermin-

dert zusammen mit den Antioxidantien Glutathion und Vitamin C. Der ROS-Stoffwechsel wird entweder durch erhöhte ROS-Produktion oder Verminderung des Antioxydationssystems gestört. Das Gehirn ist extrem anfällig, da dort hohe Produktion von ROS und schlechte antioxidative Abwehr stattfindet, hohe Stoffwechselraten und hoher Blutfluss. Und das Gehirn hat mehr ungesättigte Fettsäuren, die leicht peroxidiert werden. Die Hochfrequenzstrahlung könne danach eine degenerative Wirkung im Gehirn haben, weil der Anstieg des oxidativen Stresses die physiologischen Funktionen der Nervenzellen beeinflusst. Schutz bieten Melatonin als Radikalfänger, LCarnithin und Selen. Längere Exposition kann zudem die DNA schädigen, wodurch das Absterben der Nervenzellen beschleunigt wird. Die Ergebnisse von relativ wenigen neuen Forschungsarbeiten zeigen, dass der Ca²⁺-Einstrom in Nervenzellen gesteigert ist durch die Aktivierung von Ionenkanälen nach EMF-Bestrahlung. Calcium-Ionen (Ca²⁺) sind wichtig für die physiologische Funktion der Nervenzellen und für die pathophysiologischen wie Zellwachstum und Apoptose. Forschungsbedarf besteht für intrazelluläre Abläufe, Ca²⁺-Einstrom durch Ca²⁺-Kanäle, DNA-Brüche und der Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke.

aus: ElektromogReport 10/2014

Melatonin schützt vor oxidativer 2,45-GHz-Schädigung

Oksay T, Naziroğlu M, Doğan S, Güzel A, Gümral N, Koşar PA (2013): Protective effects of melatonin against oxidative injury in rat testis induced by wireless (2.45 GHz) devices. Schützende Wirkung von Melatonin vor oxidativer Schädigung im Ratten-Hoden, die durch drahtlose Geräte (2,45 GHz) ausgelöst wurde. Andrologia, doi: 10.1111/and.12044

An Ratten wurde untersucht, wie Mikrowellenstrahlung auf das Hodengewebe wirkt und ob Melatonin und andere Antioxidantien (Vitamine A und E, GSH und GSH-Px) eine schützende Wirkung haben. Die Lipidperoxidation war durch die Strahlung signifikant erhöht und signifikant vermindert unter Einwirkung von Melatonin, die anderen Antioxidantien wurden stabilisiert.

2,45-GHz-Strahlung erzeugt oxidative Schädigung in Hodengewebe durch Anstieg der Lipidperoxidation sowie Abnahme der Vitamine A und E. Melatoningabe verhindert die oxidative Schädigung und unterstützt das Redox-System im Hodengewebe. Melatonin ist ein starkes Antioxidans (stärker als Vitamin E), das in der Zirbeldrüse im Gehirn gebildet wird. Es kann eine Menge reaktive Sauerstoffmoleküle (ROS) in vielen pathophysiologischen Prozessen entgiften. Melatoninrezeptoren gibt es bei verschiedenen Säugetieren in vielen Zellen der Geschlechtsorgane. Man weiß nicht genau, welche molekularen Mechanismen hinter der Hoden-Schädigung stecken. Einige Studien fanden erhöhte Aktivität der Lipidperoxidation und Bildung von freien Radikalen in Rattenhodens, deshalb sollte die Melatoninwirkung auf das Redox-System untersucht wer-

den. Dafür wurden 4 Monate alte Ratten in 4 Gruppen eingeteilt und im Doppelblindverfahren untersucht: Käfigkontrolle (Gruppe A1), Scheinbestrahlung (Gruppe A2), 2,45-GHz-Bestrahlung (Gruppe B), und Bestrahlung mit gleichzeitiger Gabe von Melatonin (Gruppe C). Die tägliche Melatonin-dosis betrug 10 mg/kg, die in 0,1 ml-Portionen gespritzt wurde. Die Kontrolle bekam physiologische Kochsalzlösung. Die Feldstärke betrug 1 mW/m², der Abstand zwischen Tier und Antenne 1 m. Die Bestrahlung erfolgte 1 Stunde pro Tag, 30 Tage lang (Puls 217 Hz, 10 V/m am nächsten Punkt, ca. 0,143 W/kg). Nach Ende der Bestrahlung wurden die Hoden entnommen und auf verschiedene Antioxidantien untersucht.

Das Gewicht der Hoden unterschied sich nicht signifikant in den 4 Gruppen. Die Werte der Lipidperoxidation (Bestimmung von Malondialdehyd-(MDA)-Konzentrationen) betragen 28,11, 29,04, 33,84 und 21,32 µmol/g Protein; in der bestrahlten Gruppe ist die Konzentration signifikant höher als in A1 und A2, und in C signifikant niedriger als in B. Das heißt, Melatonin schützt den Hoden vor Lipidperoxidation, die durch Einwirkung von elektromagnetischen Feldern erhöht wird. Die Werte für GSH (Glutathion): 4,18, 3,99, 3,90 und 5,27 µmol/g Protein. Der durchschnittliche GSH-Gehalt ist in C signifikant höher als in B. Die Aktivität des Enzyms Glutathion-Peroxidase (GSH-Px) ist in C signifikant höher als in B. Die Vitamin C und β-Carotin zeigten kaum Unterschiede in den 4 Gruppen. Der Vitamin A-Gehalt war signifikant niedriger in B und C (1,82, 1,88, 1,05 und 1,13 µmol/g Gewebe). Bei Vitamin E (21,9, 22,8, 18,7 und 25,5 µmol/g Gewebe) war der Gehalt in der bestrahlten Gruppe signifikant niedriger als bei den Kontrollen und signifikant höher in der bestrahlten Gruppe C mit Melatonin-gabe im Vergleich zur Gruppe B.

Geräte, die Strahlung von 2400–2500 MHz abgeben, z. B. Laptops, werden oft nahe am Hoden und über lange Zeit betrieben. Diese lange Einwirkung kann schädliche Auswirkungen für den Hoden haben. Eine besondere Rolle spielt oxidativer Stress im Hodengewebe, das sehr empfindlich auf ROS-Einwirkung reagiert. Da die Membranen von Spermien aus dicht angeordneten ungesättigten Fettsäuren bestehen, sind die Spermienzellen anfällig für oxidative Schädigung durch Lipidperoxidation und freie Sauerstoffmoleküle. Erhöhte Konzentrationen von ROS können DNA, Lipide, Proteine und Enzyme des Gewebes schädigen. Freie Radikale sind bekannt als Substanzen, die DNA-Strangbrüche erzeugen können. Die Mikrowellen können Zellschäden verursachen, indem sie die Abwehr durch das antioxidative System (Enzyme und Nicht-Enzyme) unterlaufen. Der erhöhte Oxidationsstress im Hodengewebe ist sichtbar an der erhöhten Lipidperoxidation; die elektromagnetischen Felder produzieren freie Radikale im Hoden. Melatonin ist eine wichtige Komponente des Antioxidativen Systems in vielen Zellen und Geweben, es ist ein effizienter Radikalfänger von OH, ONOO- (Peroxinitrit), O₂, NO und Peroxid-Radikalen. Zudem kann Melatonin in Zellen die Widerstandskraft gegen oxidative Schädigung steigern, indem es die NO-Synthase (Stickstoff-Monoxid-Synthase) hemmt. Weil Melatonin wasser- und fettlöslich ist, kann es leicht die Blut-Hoden-Schranke passieren und so das Keimepithel schützen. Die Studie zeigt, dass 2,45-GHz-Strahlung zu oxidativem Stress in Rattenhoden führt und dass durch die schützende

Wirkung von Melatonin eine Erholung des oxidativen Status eintritt.

aus: ElektromogReport 9-10/2015

WLAN entlässt mehr Quecksilber aus Zahnfüllungen

Paknahad M, Mortazavi SMJ, Shahidi S, Mortazavi G, Haghani M (2016): Effect of radio frequency radiation from Wi-Fi devices on mercury release from amalgam restorations. Wirkung hochfrequenter Felder von Wi-Fi-Geräten auf die Quecksilber-Freisetzung aus Amalgam-Füllungen. *Journal of Environmental Health Science and Engineering* 14, Artikel 12, 6 Seiten; DOI 10.1186/s40201-016-0253-z

Der weltweit zunehmende Einsatz von WLAN, auch an Schulen und öffentlichen Plätzen ließ die Frage aufkommen, ob gesundheitliche Probleme auftreten können. Amalgamfüllungen in Zähnen enthalten viel Quecksilber. Diese Arbeit ist die erste, die die Wirkung der 2,4-GHz-Strahlung auf die Quecksilberabgabe aus Amalgam im Speichel untersuchte.

Amalgam ist seit 150 Jahren weltweit das am häufigsten eingesetzte Material zur Zahnerhaltung, weil es gute mechanische Eigenschaften hat, gut zu verarbeiten, dauerhaft und kostengünstig ist. Es enthält etwa 50 % elementares Quecksilber neben Zinn, Kupfer und Silber, manchmal noch Palladium, Indium und Zink. Quecksilber ist ein giftiges Element, das Nervensystem, Nieren, Atemwege und Blut schädigen kann. Deshalb ist Quecksilber in einigen europäischen Ländern verboten. Die Menge der Abgabe von Quecksilber aus dem Amalgam hängt von verschiedenen Faktoren ab, z. B. Anzahl und Größe der Füllung, Zusammensetzung des Amalgams, Zahnputz- und Kauverhalten. Die gesundheits-schädlichen Wirkungen von elektromagnetischen Feldern von Laptops, Mobiltelefonen, Magnetresonananzgeräten (MRI) u. a. wurden schon vorher untersucht, für die Quecksilber-Abgabe in den Speichel durch WLAN-Strahlung ist dies die erste Studie überhaupt.

Es wurden 2 Gruppen mit je 10 gesunden Zähnen, die vorsorglich gezogen worden waren, gebildet. Die Zähne bekamen gleich großen Amalgam-Füllungen. Eine Gruppe wurde 20 Minuten lang mit 2,4 MHz-Strahlung eines Routers in 30 cm Entfernung behandelt, von dem Daten mit einem Laptop in 20 m Entfernung vom Router und ausgetauscht wurden. Die mit Amalgam gefüllten Zähne waren mit künstlichem Speichel umgeben, in dem die Quecksilberkonzentration mit einer sehr empfindlichen Nachweismethode (CVAAS-Spektrophotometrie) bestimmt wurde. Die durchschnittliche Werte der Quecksilberkonzentrationen betragen in dem künstlichen Speichel 0,056 ± 0,025 mg/l in den bestrahlten Proben (min. 0,020, max. 0,100) gegenüber 0,026 ± 0,008 mg/l in den Kontrollen (min. 0,016, max. 0,039). Mit etwa der doppelten Konzentration in den bestrahlten Proben ist der Unterschied statistisch signifikant.

Das vorliegende Experiment mit WLAN-Strahlung eines normalen Router-Laptop-Systems hat ergeben, dass WLAN-Strahlung für signifikant erhöhte Abgabe von Quecksilber aus den Amalgam-Füllungen der Zähne verantwortlich sein kann. Die künstlichen Zähne mit gleicher Amalgamfüllung können genauere Ergebnisse liefern als Proben von Patienten. Auch frühere Arbeiten hatten diese Wirkung mit anderer Hochfrequenzstrahlung ergeben, MRI-, Röntgen- und Mobilfunkstrahlung. Von 9 Arbeiten gab es in 7 signifikant höhere Quecksilber- oder Amalgamkonzentrationen in Speichel- oder Urinproben. Quecksilber ist in geringer Dosis giftiges Element, wird aber trotz der Giftigkeit am häufigsten zur Zahnerhaltung verwendet.

aus: ElektrosmogReport 9-10/2015

Wirkung von WLAN-Signalen (2,45 GHz) auf Herzvariabilität und Blutdruck bei Albino-Kaninchen.

Saili L, Hanini A, Smirani C, Azzouz I, Azzouz A, Sakly M, Abdelmelek H, Bouslama Z: Effects of acute exposure to WIFI signals (2.45 GHz) on heart variability and blood pressure in Albinos rabbit. Erschienen in: *Environ Toxicol Pharmacol.* 2015; 40 (2): 600-5

Die WLAN-Nutzung bei 2,40 GHz steigt und es mehren sich die Hinweise, dass das Herz-Kreislauf-System beeinflusst und oxidativer Stress hervorgerufen wird. Die Studie hatte zum Ziel, erstens die Wirkung der WLAN-Strahlung auf die Herzfrequenzvariabilität (HFV) und den Blutdruck festzustellen und zweitens die physiologische Wirkung der Katecholamine Dopamin und Epinephrin auf die Herzrate während der WLAN-Bestrahlung zu messen. Das Elektrokardiogramm und der Blutdruck wurden während der einstündigen 2,45-GHz-Bestrahlung bei erwachsenen männlichen Kaninchen untersucht.

Studiendesign und Durchführung: 36 Kaninchen von ca. 2 kg Gewicht wurden in 6 Gruppen zu je 6 Tieren eingeteilt und der Strahlung eines Accesspoints von 2,45 GHz vormittags eine Stunde lang ausgesetzt. Die Tiere lagen auf dem Rücken und die Antenne des WLAN-Senders war in 25 cm Entfernung an der rechten Seite nahe am Herzen platziert. Die Gruppen waren 1. unbestrahlte Kontrolle, 2. Bestrahlung, 3. und 4. Epinephrin bzw. Epinephrin und Bestrahlung, 5. und 6. Dopamin bzw. Dopamin und Bestrahlung. Die Herzrhythmicität wurde während der Bestrahlung mit dem EKG aufgezeichnet.

Ergebnisse: Die akute Bestrahlung der Kaninchen mit WLAN-Strahlung führte zu einer deutlichen Reduktion der RR-Intervall-Dauer im Vergleich zur Kontrolle, das bedeutet eine Steigerung der Herzfrequenz. Außerdem sah man einen Anstieg von PR- und QT-Intervallen. WLAN könnte die Aktivität besonders des Atrioventrikular-Knotens beeinflussen. Die Herzrate wurde gesteigert, aber das EKG war unverändert während der Bestrahlung. Zudem wurde ein signifikanter Anstieg des Blutdrucks beobachtet. Die einmalige Injektion von

Dopamin (0,5 ml/kg i. v.) erhöhte bei Bestrahlung stark die Herzfrequenz und verminderte die maximale Amplitude gegenüber den Tieren, die nur Dopamin erhalten hatten. Die einmalige Injektion von Epinephrin steigerte die Herzrate bei Bestrahlung. Die Analyse des EKGs zeigte, dass WLAN eine Kombination von erhöhtem Blutdruck und veränderter Herzrate induziert. Nach i. v. Injektion von Dopamin und Epinephrin während der Bestrahlung zeigte sich, dass WLAN die Wirkung der beiden Katecholamine auf die Herzfrequenzvariabilität und den Blutdruck gegenüber der Kontrolle verändert. Die Daten zeigen klar, dass die Wirkung von Epinephrin durch die Mikrowellen ausgeschaltet wurde. Man kann daraus schließen, dass 2,45-MHz-Strahlung von WLAN-Geräten wahrscheinlich auf Rezeptoren einwirkt, wobei die Rezeptor-Ligand-Bindung verändert wird. Andere Arbeitsgruppen haben gefunden, dass die Bindungswahrscheinlichkeit durch die elektrische Komponente der Mikrowellen modifiziert wird, und frühere Studien fanden Veränderungen an den Membranen.

Schlussfolgerungen: Diese Ergebnisse zeigen erstmals, dass WLAN-Strahlung die Herzratenvariabilität beeinflusst und zu höherer Herzrate und höherem Bluthochdruck führt. WLAN verändert die physiologische Wirkung von Katecholaminen im Herz-Kreislauf-System, vielleicht über die Unterbrechung der Wechselwirkung zwischen Ligand und Rezeptoren in den Kaninchen. Das heißt, die WLAN-Frequenzen haben direkt und/oder indirekt einen Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System. Dass die akute WLAN-Bestrahlung einen Anstieg der Herzrate und des Blutdrucks erzeugt, zeigt eine modulatorische Wirkung der Strahlung auf die Regulation des Herz-Kreislauf-Systems. Diese Studie deutet darauf hin, dass WLAN in der Nähe von tierischen oder menschlichen Körpern ungünstig ist. WLAN ist überall, man ist den Strahlen der Nachbarn ausgesetzt, aber man kann das eigene Gerät nachts ausschalten. Damit erreicht man eine signifikante Reduktion der biologischen Wirkung durch die Entfernung zu den Routern. Zukünftige Untersuchungen werden auf Langzeitwirkung von WLAN in einem relevanten Abstand zum Körper von Tier und Mensch fokussieren.

aus: diagnose:funk Studienrecherche 2015-4

Die Wirkungen einer Langzeit-Exposition in einem 2450 MHz elektromagnetischen Feld auf Wachstum und pubertäre Entwicklung bei weiblichen Wistar-Ratten.

Sangun O, Dundar B, Darici H, Comlekci S, Doguc DK, Celik S: The effects of long-term exposure to a 2450 MHz electromagnetic field on growth and pubertal development in female Wistar rats. Erschienen in: *Electromagn Biol Med* 2015; 34 (1): 63 – 71

Die Feldstärken von 2450 MHz haben in unserer Umgebung zugenommen, sie werden in Industrie und Medizin, beim Militär, in Schulen, Büros, Bibliotheken, Cafés und Wohnungen angewendet. Die Grenzwerte gelten für Erwachsene ebenso wie für Kinder, obwohl Kinder bei etwa 2 GHz eine höhere Ganzkörper-Belastung haben. Mit diesem Langzeitexperiment sollte geklärt werden, ob WLAN-Strahlung mit 2450 MHz einen Einfluss auf Wachstum und Entwicklung von jungen weiblichen Ratten hat. Während der Embryogenese als der empfindlichsten Zeit können schwere Schäden durch äußere Einwirkung von Chemikalien oder Strahlung entstehen. Dies ist die erste Längsschnittstudie, die die Wirkung von WLAN-Strahlung auf Wachstum und Pubertätsentwicklung untersucht hat.

Studiendesign und Durchführung: Die jungen weiblichen Ratten wurden in 3 Gruppen eingeteilt, in scheinbestrahlte Kontrolle, prä- und postnatale Bestrahlung. Die 2450-MHz-Bestrahlung erfolgte je 1 Stunde pro Tag (11-12 Uhr) bis zur Pubertät mit 45,5 V/m im Nahfeld, SAR 0,143 W/kg Ganzkörperbestrahlung. Das Gewicht der Tiere wurde jede Woche, die Länge von Tag 21 an gemessen. In der Pubertät wurden Serum und Eierstock- und Hirngewebe gesammelt und der gesamte antioxidative Status (TAS), der gesamte oxidative Status (TOS), der oxidative Stress gemessen und der Index des oxidativen Stresses (OSI, der Quotient aus TOS/TAS x 100) errechnet. Im Serum wurden die Konzentrationen der Hormone Follikelstimulierendes Hormon (FSH), Luteinisierendes Hormon (LH), 17 β -Östradiol (E2) und des Insulin-ähnlichen Wachstumsfaktor-1 (IGF-1) bestimmt. Dazu kamen histologische Analysen und immunohistologische Färbungen des Hypothalamus und der Eierstöcke zur Feststellung von Zell- und Gewebeveränderungen.

Ergebnisse: Die Geburtsgewichte waren ähnlich in allen Gruppen, die Gewichtszunahme pro Tag und die Länge der Tiere jedoch war signifikant geringer bei den pränatal bestrahlten Tieren und die Pubertät trat signifikant später ein. Die tägliche Futter- und Wasseraufnahme war bei den Kontrolltieren signifikant geringer als bei den beiden anderen Gruppen. In der Pubertät war die Länge der Tiere kaum unterschiedlich, aber das Gewicht der pränatalen Gruppe war signifikant geringer gegenüber der Kontrolle, obwohl die Tiere mehr Nahrung aufgenommen hatten. Die TOS-Werte in Eierstock und Gehirn waren in den prä- und postnatalen Tieren etwa gleich, aber signifikant höher als in den Kontrollen, die TAS-Werte nur in den Eierstöcken signifikant höher. Die OSI-Werte in den Eier-

stöcken der pränatalen Gruppe waren signifikant höher als in den anderen Gruppen. Die histologischen und immunohistochemischen Untersuchungen von Hypothalamus und Eierstöcken ergaben keine signifikanten Unterschiede. Bei den Hormonbestimmungen zeigten sich keine Unterschiede bei FSH und E2, LH im Serum war in der prä- und postnatalen Gruppe signifikant gestiegen gegenüber der scheinbestrahlten Kontrolle. Beim IGF-1 war die Konzentration bei der pränatalen Gruppe nicht-signifikant geringer als bei der Kontrolle, die postnatale Gruppe hatte signifikant niedrigere Werte als die Kontrolle.

Schlussfolgerungen: Die Bestrahlung mit 2450 MHz in der pränatalen Phase führte besonders in der postnatalen Phase zu Wachstumseinschränkungen und verzögertem Eintritt der Pubertät in den weiblichen Ratten. Die Strahlungsintensitäten waren im Bereich der internationalen Grenzwerte. Die erhöhten TOS- und OSI-Werte in den Hirn- und Eierstockgeweben kann man als Zeichen chronischen Stresses deuten, der durch die 2450-MHz-Strahlung bewirkt wird. Die chronische Einwirkung der WLAN-Strahlung, insbesondere während der intrauterinen Phase und frühen Kindheit, kann schädliche Auswirkungen auf Wachstum und Pubertät haben. Vorsorgemaßnahmen sollten besonders in der Nähe solcher Strahlungsquellen und bei Langzeiteinwirkung ergriffen werden.

aus: diagnose:funk Studienrecherche 2015-4

2,45-GHz-Strahlung beeinträchtigt Fortpflanzung bei Mäusen

Shahin S, Singh VP, Shukla RK, Dhawan A, Gangwar RK, Singh SP, Chaturvedi CM (2013): 2.45 GHz Microwave Irradiation-Induced Oxidative Stress Affects Implantation or Pregnancy. 2,45 GHz-Mikrowellen-Befeldungs-induzierter oxidativer Stress beeinflusst die Implantation oder Trächtigkeit bei Mäusen, *Mus musculus*. Erschienen in: *Appl Biochem Biotechnol* 169, 1727–1751

Die Bestrahlung der Tiere mit 2,45 GHz (nicht-thermische Leistungsdichte, 2 Stunden/Tag über 45 Tage) führte zu signifikantem Anstieg bei ROS, Hämoglobin, Blutzellen, DNA-Schädigung und Hormonen sowie zu signifikanter Verminderung von NO und antioxidativer Enzym-Aktivität. Die Mikrowellenstrahlung geringer Feldstärke erzeugt physiologische Stressreaktionen in trächtigen Mäusen und führte zum Absterben der Embryos.

2,45-GHz-Strahlung geringer Feldstärke gilt als ein Faktor für Umweltstress, der zu vermehrter Produktion von reaktiven Sauerstoffmolekülen (ROS) führt. Die nicht-thermische Strahlung kann bei lang anhaltender Einwirkung zu Beeinträchtigungen in der Entwicklung des Gehirns, DNA-Brüchen und anderen schädlichen Veränderungen führen, das haben Tierversuche ergeben. Beim Menschen wurden durch Mobil-

funkstrahlung Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Hautveränderungen und andere Symptome beobachtet und Krebserkrankungen können nicht ausgeschlossen werden. Die vermehrte ROS-Bildung kann sich auch auf die Eierstöcke und die Entwicklung von Nachkommen auswirken, und dies sollte in diesen Experimenten weiter untersucht werden. Dafür wurden 12 Wochen alte weibliche Mäuse (2 Gruppen zu je 6 Tieren) 2 Stunden/Tag mit kontinuierlicher 2,45-GHz-Strahlung behandelt (Leistungsflussdichte 0,033549 mW/cm², SAR 0,023023 W/kg). 20 Tage nach Beginn der Exposition wurden je 2 Weibchen mit einem Männchen zusammengesetzt, nur unterbrochen von den 2 Stunden der Bestrahlung. Nach 5 Tagen wurden die befruchteten Weibchen wieder von den Männchen getrennt und weitere 20 Tage bestrahlt (Post-mating-Phase). Die Kontrolltiere wurden entsprechend gehalten und scheinbestrahlt. Nach 45 Tagen wurden zur Bestimmung von vielen Parametern (Erythrozyten, Leukozyten, das Verhältnis von Neutrophilen zu Lymphozyten, Hämoglobingehalt, DNABrücke, NO, NO₂/NO₃- (Nitrit/Nitrat), Progesteron (P4), Estradiol (E2), ROS und die antioxidativen Enzyme Superoxid-Dismutase (SOD), Katalase und Glutathionperoxidase, GPx) Blut, Plasma und Gewebe-Homogenisate von Leber, Nieren und Eierstöcken entnommen.

Die Untersuchungen ergaben bei den bestrahlten Mäusen signifikante Veränderungen. Sie hatten vergrößerte Follikel, zeigten ungleichmäßige Verteilung bei der Implantation der Embryos in den beiden Uterus-Hörnern und reduzierte Abstände zwischen den Embryos, von denen nur noch Spuren von Implantationen vorhanden waren. Nur ein Tier hatte einen Embryo, der größer war als die der Kontrolltiere, während die Kontrolltiere 6–10 Junge bekamen. Im Blut fand man signifikant angestiegene Hämoglobingehalte sowie eine signifikant erhöhte Gesamtzahl der Erythrozyten und Leukozyten. Auch das Verhältnis der Neutrophilen zu Leukozyten war erhöht. Der alkalische Komet-Test zeigte einen signifikanten Anstieg von DNA-Brüchen. Die Hormone P4 und E2 im Plasma waren erhöht gegenüber den Kontrollen, signifikant aber nur E2. Die ROS-Konzentrationen in Homogenisaten von Leber-, Nieren und Eierstock waren ebenfalls signifikant erhöht. Im Unterschied dazu zeigte sich bei den bestrahlten Tieren eine signifikante Abnahme der Gesamt-Nitrit- und Nitrat-Konzentrationen im Plasma. Die Aktivitäten der Antioxidans-Enzyme veränderten sich wie folgt: SOD signifikante Abnahme in allen 3 Organen, stärker in der Leber; Katalase zeigte hochsignifikante Abnahme in allen 3 Gewebearten und auch die GPx-Aktivität war signifikant vermindert in allen 3 Geweben. Die fehlende Entwicklung der Embryos in den bestrahlten Mäusen könnte eine Folge der veränderten Progesteron- und Estradiolkonzentrationen, der oxidativen Schädigung der Zellstrukturen (Zellskelettfasern) aufgrund der ROS-Steigerung durch reduzierte Konzentrationen von NO und der antioxidativen Enzyme sein. Erhöhte ROS-Konzentrationen führen zu Zell- und Embryoschäden durch gesteigerte Lipidperoxidation und Protein-oxidation sowie zu DNA-Strangbrüchen. Die Konzentrationen von ROS, Estradiol und Progesteron spielen eine wichtige Rolle bei allen physiologischen Entwicklungsstufen der Nachkommen, angefangen bei der Eizellreifung über die Befruchtung bis zu Embryoentwicklung und Schwangerschaft. ROS sind

außerdem an Zellalterung und Zelltod (Apoptose) beteiligt, die veränderten Blutzellzahlen deuten auf mögliche entzündliche Prozesse hin. Die Verminderung der antioxidativen Enzyme spricht für eine Beeinträchtigung des antioxidativen Abwehrsystems, die Verminderung der NO-Konzentration bedeutet Zellschädigung durch Anstieg der freien Radikale. 2,45-GHz-Strahlung stellt somit einen starken Umweltstressor dar, der oxidativen Stress verursacht.

aus: ElektromogReport 5-2013

Einfluss von elektromagnetischer Befeldung bei Mikrowellen-Frequenz auf die Terpene-Freisetzung bei aromatischen Pflanzen.

Soran ML, Stan M, Niinemets U, Copolovici L: Influence of microwave frequency electromagnetic radiation on terpene emission and content in aromatic plants. Erschienen in: J Plant Physiol 2014; 171 (15): 1436–1443

Aromatische Pflanzen sind eine wichtige Quelle für Nahrungs- und Heilmittel in medizinischen Behandlungen. Die essentiellen Öle in den Pflanzen haben komplexe Zusammensetzungen und sind für die Pflanzen wichtige Verteidigungsmittel gegen Krankheitserreger und Fressfeinde. Gehalt und Zusammensetzung hängen sehr von den Umweltbedingungen ab (z. B. Hitze, Kälte, Trockenheit, Salzgehalt, Mineralienmangel, Gifte, Luft- und Bodenverschmutzung). Pflanzen reagieren bei Stress mit dem Aussenden von aromatischen Stoffen (Düften), teilweise werden sie aus den Ölspeichern entlassen und teilweise werden welche neu gebildet. Neue Umweltverschmutzung ist die steigende Nutzung von Mobiltelefonen und WLAN. Hier sollte der Einfluss von WLAN- und Mobiltelefon-Strahlung auf die Ultrastruktur der Blätter (Blattanatomie), den Ölgehalt und die flüchtigen Stoffe (VOC) in Petersilie (*Petroselinum crispum*), Dill (*Apium graveolens*) und Sellerie (*Anethum graveolens*) untersucht werden. Da unter Stress erhöhte Emissionen entstehen, wird dies durch Mikrowellen auch erwartet.

Studiendesign und Durchführung: Die Pflanzen wurden 3 Wochen nach der Keimung in abgeschirmten Kammern bestrahlt, die Kontrolle blieb unbehandelt. Die Stressbedingungen bestanden in 3-wöchiger Mikrowellenbestrahlung mit einem Mobiltelefon-ähnlichen Gerät (GSM) bei 860–910 MHz und einem WLAN-Router mit 2,412–2,48 GHz (100 mW/m² bzw. 70 mW/m²). Nach der 3-wöchigen Bestrahlung wurden die Blattstruktur im Elektronenmikroskop untersucht (Chloroplasten, Mitochondrien, Stärkekörner und Zellkerne) und die Gehalte an VOC und essentiellen Ölen bestimmt. Alle Experimente wurden mit 8 verschiedenen Pflanzen wiederholt.

Ergebnisse: Durch die Mikrowellenbestrahlung entstanden dünnere Zellwände, kleinere Chloroplasten und Mitochondrien und gesteigerte Abgabe von VOCs, die bei der WLAN-Strahlung stärker ausgeprägt war. Der essentielle Ölgehalt wurde durch GSM gesteigert, durch WLAN vermindert. Es gab einen direkten Zusammenhang zwischen Mikrowellen-indu-

zierten strukturellen und chemischen Modifikationen in den 3 Pflanzenarten. Die Bestrahlungen führten zu qualitativen und quantitativen Veränderungen in den Blättern. Die Zellwände erschienen leicht gewellt, während die Kontrollpflanzen normale glatte Wände hatten. Die Mitochondrienlänge war geringer und die Anzahl der Cristae (Auffaltungen der inneren Membran) in den Mitochondrien auch etwas geringer, vor allem nach Einwirkung der WLAN-Frequenzen. Die Zellkerne der meisten Zellen waren normal, nur gab es wellige Konturen und mehr Heterochromatin. Die anatomischen Veränderungen waren bei allen drei Arten ähnlich verschieden gegenüber den Kontrollen, am stärksten bei Sellerie. Die Bildung von aromatischen flüchtigen Substanzen und Ölen in den Pflanzen sind überwiegend Monoterpene und Benzene. VOC-Emissionen sind z. T. aus den Öl-Speichern, z. T. neu gebildet worden unter Bestrahlung. Insgesamt waren die VOCs in allen bestrahlten Pflanzen erhöht, viele signifikant gegenüber der Kontrolle, besonders deutlich durch WLAN, aber es gab auch signifikante Unterschiede zwischen GSM- und WLAN-Strahlung.

Schlussfolgerungen: Die Reduktion der Organellengröße deutet auf eine Verschlechterung der Photosynthese und den respiratorischen Stoffwechsel hin. Die dünneren Zellwände in Zellen der Blätter führen zu geringerer Trockenresistenz der Pflanzen. In dieser Studie wurden insgesamt unter Strahlung mehr Öle produziert, am stärksten bei Dill. Unter Stress produzieren die Pflanzen mehr sekundäre Stoffe wie essentielle Öle. Beim Sellerie waren am wenigsten Veränderungen zu sehen, bei der Blattstruktur und bei den chemischen Parametern. WLAN erzeugt mehr Stress, was durch die anatomischen Veränderungen bestätigt wird.

Anmerkung: Die Anzahl der eingesetzten Pflanzen ist unklar und die Durchführung der Experimente ist ungenau beschrieben. Messwerte und Signifikanzen waren nur aus den Abbildungen abzulesen.

aus: diagnose:funk Studienrecherche 2015-4

Aktuellste Reviews zur Studienlage nicht-ionisierende Strahlung / Mobilfunk

Isabel Wilke: Biologische und pathologische Wirkungen der Strahlung von 2,45 GHz auf Zellen, die Fruchtbarkeit, Gehirn und Verhalten, Review, als Beilage erschienen in umwelt-medizin-gesellschaft 1/2018; Bestellung: <http://www.forum-medizin.de/umwelt-medizin-gesellschaft> und : <https://shop.diagnose-funk.org/>

Peter Hensinger, Isabel Wilke: Mobilfunk: Neue Studienergebnisse bestätigen Risiken der nicht-ionisierenden Strahlung, umwelt · medizin · gesellschaft | 29 | 3/2016. Englische Version: "Wireless communication technologies: New study findings confirm risks of nonionizing radiation".

Download: <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail&newsid=1141>

HINWEISE

Fachbegriffe können im Glossar des EMF-Portals - www.emf-portal.de - nachgeschlagen werden.

Tierversuche: Wir besprechen in der Studienrecherche die objektiven Ergebnisse von Studien, die oft an Tieren durchgeführt werden und deshalb ethisch in Frage gestellt werden müssen.

Ermöglichen Sie mit Ihrer Spende weitere Ausgaben der Studienrecherchen

Seit Januar 2015 geben wir die Studienrecherchen heraus. Dafür bekamen wir von vielen Seiten, von Ärzten, Wissenschaftlern, Umweltverbänden und Einzelpersonen viel Lob. Das motiviert uns, sichert aber die weitere Herausgabe nicht ab. Die Erstellung einer Ausgabe kostet uns ca. 1500 Euro (Rezensionshonorare für die beteiligten Wissenschaftler, Satzkosten).

Sie können die Recherche kostenlos downloaden. Sie können einen Beitrag dazu leisten, damit die Studienlage weiter recherchiert und veröffentlicht werden kann, mit Ihrer Spende. Ob 10, 30, 50 oder 100 Euro, jeder Betrag hilft dabei:

Empfänger: Diagnose-Funk e.V.

Konto: 7027763800

BLZ: 430 609 67 GLS Bank

IBAN: DE39 4306 0967 7027 7638 00

BIC: GENODEM1GLS

Verwendungszweck: SPENDE, "Ihr Vor- und Nachname", "Ihre Adresse"

(Bitte geben Sie uns im Verwendungszweck Ihren Vor- und Nachname und Adresse bekannt, damit wir die Spende zuordnen können und Ihnen dafür im kommenden Jahr eine Spendenbescheinigung ausstellen können)

diagnose:funk Veröffentlichungen zur Studienlage

Übersetzung des Reviews von Hardell / Carlberg zum Gehirntumor-Risiko

In diesem Brennpunkt veröffentlicht diagnose:funk die Übersetzung des Reviews zum Stand der Forschung über Krebsrisiken der nicht-ionisierenden Strahlung des Mobilfunks, verfasst von den schwedischen Wissenschaftlern Michael Carlberg und Prof. Len-nart Hardell: "Evaluation of Mobile Phone and Cordless Phone Use and Glioma Risk Using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or Causation" (2017) (1). Die Autoren analysieren die Studienlage mit den neun Bradford-Hill-Kriterien, eine Methode, Ursache-Wirkungs-Beziehungen (Kausalität) in der Medizin bzw. Epidemiologie zu analysieren. Sie kommen zu dem Schluss: "Hochfrequente Strahlung sollte als ein Karzinogen eingestuft werden, das beim Menschen Gliome hervorrufen kann." Das Risiko, durch das Telefonieren ein Gliom (Gehirntumor) (2) zu bekommen, erhöht sich in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer um das 2-3 fache. Als Konsequenz fordern sie: „Die derzeit gültigen Richtlinien zur Exposition gegenüber hochfrequenter Strahlung müssen überarbeitet werden.“



diagnose:funk Brennpunkt: Internationale Gremien & Lobbyismus

Der neue diagnose:funk 'brennpunkt' „Mobilfunk – Grenzwerte entzaubert. Studie weist nach, wie Grenzwerte scheinwissenschaftlich legitimiert werden“ (Bestell Nr. 233) behandelt die Studie "Fehlerhafte offizielle Bewertung der Sicherheit von Funkstrahlung durch die Beratergruppe für nicht-ionisierende Strahlung" (2016) von S. J. Starkey. Der 'brennpunkt' enthält die Studie in deutscher Übersetzung. "Keine Gefahr, die Grenzwerte schützen, das wird durch die Studienlage bestätigt!" Mit diesem Argument wird die Kritik an der Mobilfunkpolitik abgewiesen. Doch die Grenzwerte schützen nicht, die Gutachten sind manipuliert. Die Studie von Sarah J. Starkey zeigt am Beispiel des AG-NIR-Berichtes (Advisory Group On Non-ionising Radiation, Großbritannien), mit welchen Methoden Rechtfertigungen fabriziert werden. Er steht exemplarisch für diese Gutachten, auch weil international Methoden und Verfasser ähnlich sind, ob dies der Bericht der SCENHIR für die EU ist, der Bericht des Wissenschaftlichen Beirats Funk (Österreich), oder der nun "Siebte Mobilfunkbericht der Bundesregierung" in Deutschland. So wird auch der für 2017 angekündigte Bericht der WHO von einem fast identischen Autorenteam verfasst. Dieses Betrugssystem, von der Industrie mit "zuverlässigen" Wissenschaftlern aufgebaut, ist international, und die Mechanismen der institutionellen Korruption, die S. J. Starkey aufdeckt, lassen sich auf nahezu alle westeuropäischen Länder übertragen.



Brennpunkt: 130 Studienergebnisse: **Smartphones & Tablets schädigen Hoden, Spermien und Embryos (2016)**
24 Seiten, 5,00 Euro, Bestell Nr. 232. Recherche des aktuellen Standes der Forschung.

Brennpunkt: Internationale Forschergruppe legt Review vor: **Mobilfunkstrahlung weit unterhalb der Grenzwerte führt zu oxidativem Stress in Zellen (2015)**
24 Seiten, 5,00 Euro, Bestell Nr. 231. Übersetzung der Studie von Yakymenko et al.

Brennpunkt: Neue US-Studie bestätigt: **Risiken für Kinder durch die Strahlenbelastung von Smartphones, TabletPCs und WLAN sind besonders hoch (2014)**
24 Seiten, 4,00 Euro, Bestell Nr. 226. Übersetzung des Reviews von Morgan, Kesari, Davis: Warum Kinder Mikrowellenstrahlung stärker absorbieren als Erwachsene: Die Konsequenzen.

Bestellung Online: <http://shop.diagnose-funk.org/>
Per Mail: versand@diagnose-funk.de

