

ElektrosmogReport

Fachinformation zur Bedeutung elektromagnetischer
Felder für Umwelt und Gesundheit

Stress durch Mobilfunkstrahlung

Einfluss von Hochfrequenz auf Salat – Nachweis von Stressreaktionen bei den Pflanzen

Tran N.T., Jokic, L., Keller, J., Geier, J.U., Kaldenhoff R (2023).
Impacts of Radio-Frequency Electromagnetic Field (RF-EMF)
on Lettuce (*Lactuca sativa*)—Evidence for RF-EMF Interference
with Plant Stress Responses. *Plants* 2023, 12, 1082. <https://doi.org/10.3390/plants12051082>

Über die Wirkung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern im Mobilfunkbereich auf Pflanzen und deren Physiologie ist noch zu wenig bekannt. Unsere Zeit ist geprägt von massiver Einwirkung künstlicher elektromagnetischer Felder auf Tiere und Pflanzen, wobei deren Eigenschaften komplett verschieden von natürlichen Feldern, z. B. den von Blitzen, sind. Auf die heutige außergewöhnlich hohe Strahlenbelastung sind die meisten Organismen evolutionär nicht vorbereitet. Die Strahlung ist als „möglicherweise Krebs erregend beim Menschen“ von der IARC eingestuft. Pflanzenforschung muss aus mehreren Gründen mehr Aufmerksamkeit bekommen. Erstens sind Pflanzen der Strahlung stärker ausgesetzt, da sie am Standort festsitzen und die meisten Pflanzen aufgrund der sehr großen Oberfläche im Verhältnis zum gesamten Organismus mehr Strahlung absorbieren. Zweitens haben Pflanzen wichtige Funktionen in der Biosphäre. Sie sind Nahrungsmittel für Mensch und Tier und sind Bestandteil vieler biogeochemischer Zyklen und Stoffwechselprozesse. Eine Meta-Analyse von 2016 ergab, dass 89,9 % der 169 Studien (1995-2016) physiologische Veränderungen durch Strahleneinwirkung fanden und nur 17 (10,1 %) keine. Die wenigsten Experimente wurden unter Langzeitbestrahlung oder im Freiland durchgeführt, die aber notwendig sind, um die realen Bedingungen so gut wie möglich abzubilden. In dieser Studie wurde die Wirkung der Frequenzen von 1800-1900 MHz (DECT) und 2,4 GHz und 5 GHz (WLAN) auf Salatpflanzen (*Lactuca sativa*) untersucht, die sowohl im Gewächshaus als auch im Freiland aufwuchsen und bestrahlt worden waren.

Impressum

ElektrosmogReport Ausgabe 02/2023, 29. Jahrgang
Online Veröffentlichung auf www.EMFdata.org
Bestellung Printausgabe:
shop.diagnose-funk.org/Elektrosmogreport, Bestellnr. 52302

Redaktion ElektrosmogReport

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

Herausgeber und V.i.S.d.P

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

Spendenkonto:

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

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

INHALTSVERZEICHNIS

SEITE

01 > Salat und Hochfrequenz

03 > Review Fertilität und HF

04 > HF-Wirkung auf Hoden und Nieren

05 > HF-Wirkung auf die Hoden

06 > HF-Wirkung auf das Gehirn

07 > Antioxidantien schützen vor HF

08 > Wirkmechanismus ROS

09 > Review Wirkmechanismen von HF und NF

11 > Mobiltelefone und Niederfrequenz

12 > Malaria mit HF bekämpfen

13 > Lobbyismus in der EU

14 > Das Problem der ICNIRP

16 > Weitere Adressen

Studiendesign und Durchführung:

Die Experimente wurden zwischen September 2021 und September 2022 durchgeführt. Die Einsaat erfolgte in Töpfen im Gewächshaus. 3 Wochen nach der Einsaat verblieb ein Teil der Pflanzen im strahlungsfreien Gewächshaus der Universität, ein anderer Teil kam beim Forschungsring e. V. in die Erde des Versuchsfeldes. Außer den Pflanzen für die Genanalyse (sofort nach der Bestrahlung) verblieben die Pflanzen dort bis zum Ende des Wachstums (Seneszenz). Zu Beginn des Experiments wurden 2 Gruppen zu je 9-10 Pflanzen angesetzt. Bestrahlt wurde mit 2 WLAN-Routern (Fritzbox 7530, 2,4 GHz und 5 GHz) und 2 DECT-Telefonen (1880-1900 MHz). Die DECT-Telefone sendeten permanent. Die Leistungsflussdichte entsprach der üblichen Stärke in einem Stadtzentrum. Als Nullwert erfolgte eine Bestimmung der Photosyntheseleistung (Chlorophyll-Fluoreszenz-Kinetik), um die Vergleichbarkeit der Gruppen zu überprüfen. Die Bestrahlung der einen Gruppe dauerte über das ganze Experiment, 2- bis 3-mal pro Woche wurden die Pflanzen untersucht mit insgesamt 48 Messungen. Es gab 7 getrennte Feldexperimente (4 mit Sorte Larissa, 3 mit Briweri) und ein Experiment im Gewächshaus von September 2021 bis September 2022. An jedem Zeitpunkt wurden mindestens 40 (Feld) bzw. 100 Messungen (Gewächshaus) an der Kontroll- und Bestrahlungsgruppe durchgeführt. Im Labor wurden einige Parameter des Photosystems II und die zwei stressrelevanten Gene Violaxanthin-Deepoxidase (VDE) und Zeaxanthin-Epoxidase (ZEP) bestimmt. Da die Genexpression von VDE und ZEP vermindert war, wurde ein Experiment unter Lichtstress (starke Lichteinwirkung über 24 Stunden) durchgeführt. Der Zeitpunkt des Blühens wurde mit Öffnung der Knospe festgelegt.

Ergebnisse:

Die Bestimmung des Nullwertes der Photosyntheseaktivität ergab nur geringe Unterschiede in beiden Gruppen, während nach Beginn der Bestrahlung signifikante Unterschiede zwischen Kontroll- und Bestrahlungsgruppe auftraten. Bei der Sorte Briweri stärker als bei Larissa. Bei Larissa waren die Werte für Gewächshaus und Feld fast gleich hoch. Bei den im Gewächshaus aufgezogenen Pflanzen war der Einfluss der Strahlung auf die Photosynthese-Parameter nur gering und es gab keinen Unterschied beim Beginn der Blütezeit. Im Unterschied dazu zeigten die im Freiland bestrahlten Salatpflanzen eine signifikante Abnahme der Photosyntheseleistung und eine beschleunigte Blütezeit im Vergleich zu den Kontrollpflanzen. Die Analyse der Genexpression ergab nach Bestrahlung signifikante Herunterregulation der zwei stressbezogenen Gene Violaxanthin-Deepoxidase (VDE) und Zeaxanthin-Epoxidase (ZEP). Der Lichtstress verstärkte den Photosyntheserückgang statistisch signifikant gegenüber den Kontrollen.

Schlussfolgerungen:

In 6 von 7 Feldexperimenten führte die Bestrahlung bei beiden Salatsorten zu einer fortschreitenden Reduktion der Photosyntheseleistung, besonders zum Ende des Wachstumszyklus. Solch systemischer Photosyntheserückgang deutet auf Stress hin, welcher typischerweise Elektronen- und Energiefluss im und um Photosystem I und II herum betrifft. Ein weiteres Zeichen für Stress ist, dass die Pflanzen früher von der vegetativen zur reproduktiven Entwicklung wechseln, d. h. früher Blüten bilden. Bei den Gewächshaus-Experimenten scheint die Strahlung keine erkennbare Wirkung auf die Salatpflanzen zu haben, was die ständig wechselnden Verhältnisse auf dem Feld gegenüber den relativ konstanten im Gewächshaus erklären könnte. Die Herunterregulierung der beiden stressbezogenen Gene VDE und ZEP durch die Strahlung und der Lichtstress konnten das bestätigen. Bei Pflanzen spielen diese beiden Gene eine wichtige Rolle bei der abiotischen Stressreaktion. VDE und ZEP werden je nach den Lichtverhältnissen hoch- oder herunterreguliert. Wenn diese Enzyme geringere Konzentrationen haben, ist die Pflanze stressanfälliger.

Wären diese Experimente nur im Gewächshaus durchgeführt worden, hätten die signifikanten Unterschiede zwischen bestrahlten und unbestrahlten Kontrollpflanzen nicht entdeckt werden können. Wenn sich diese Ergebnisse bestätigen, hat das weitreichende Konsequenzen. Steigende Anwendungen von Funkgeräten, zunehmende Wetterextreme durch den Klimawandel könnten signifikante Auswirkungen auf Pflanzen haben und unsere Nahrungsmittel und das Ökosystem gefährden. (IW)



In 6 von 7 Feldexperimenten führte die Bestrahlung bei beiden Salatsorten zu einer fortschreitenden Reduktion der Photosyntheseleistung.



Review zu HF-Wirkung auf männliche Fruchtbarkeit

Genotoxische Risiken für die Gesundheit des männlichen Fortpflanzungssystems durch hochfrequente Strahlung

Kaur P, Rai U, & Singh R (2023). Genotoxic Risks to Male Reproductive Health from Radiofrequency Radiation. *Cells*, 12(4), 1–20. <https://doi.org/10.3390/cells12040594>

Obwohl hochfrequente Strahlung nicht genug Energie besitzt, um kovalente Bindungen zu brechen, wurde festgestellt, dass Hochfrequenz erhebliche Gesundheitsprobleme einschließlich Krebsrisiken verursachen kann, welche auf genomischer Ebene analysiert werden müssen. Wirkungen auf das männliche Fortpflanzungssystem, welches aufgrund der Sensitivität der Hoden gegenüber Hochfrequenz zu den am stärksten betroffenen Systemen zählt, beinhalten morphologische Veränderungen, verringerte Spermienanzahl bei verminderter Überlebensfähigkeit, beeinträchtigte DNA-Integrität der Spermien sowie übermäßige mitochondriale Produktion reaktiver Sauerstoffspezies (ROS). Der durch die ROS hervorgerufene oxidative Stress könnte endokrine Mechanismen des männlichen Fortpflanzungssystems beeinflussen. Die Integrität der DNA ist im Kontext der Fruchtbarkeit bzw. Unfruchtbarkeit von größter Bedeutung. Studien zu Genotoxizität beschäftigen sich mit möglichen Veränderungen an der DNA auf molekularer Ebene.

Studiendesign und Durchführung:

Die Autoren der vorliegenden Übersichtsarbeit recherchierten Literatur mittels computergestützter Datenbanken wie PubMed, Google Scholar und Science Direct, um die genotoxische Wirkung von Hochfrequenz auf die männliche Fruchtbarkeit zu überprüfen. Sowohl In-vivo- als auch In-vitro-Studien wurden zur Bewertung der Genotoxizität analysiert. Die Autoren bewerteten DNA-Schäden, Mikronuklei und genomische Instabilität sowie Schwesterchromatidaustausch und chromosomale Fehlbildungen. Außerdem wird ein möglicher Zusammenhang von Genotoxizität und oxidativem Stress beleuchtet.

Ergebnisse:

Der überwiegende Teil der analysierten In-vitro-Studien beschreibt eine genotoxische Wirkung der Hochfrequenz.

21 von 27 (77,8 %) der erwähnten In-vitro-Studien finden DNA-Schäden nach Hochfrequenzeinwirkung, 7 von 8 (87,5 %) weisen Mikronuklei bzw. genomische Instabilität nach und 6 von 12 (50 %) zeigen Schwesterchromatidaustausch bzw. chromosomale Fehlbildungen. Ein ähnliches Bild wird bei den In-vivo-Studien deutlich. 24 von 27 (88,9 %) der erwähnten Studien finden DNA-Schäden nach Hochfrequenzbefeldung und 9 von 9 (100 %) der Studien beschreiben Mikronuklei bzw. genomische Instabilität. Allerdings wird in vivo kein Zusammenhang zwischen Hochfrequenz und Schwesterchromatidaustausch bzw. chromosomalen Fehlbildungen gefunden (0 von 3 Studien).

Ein möglicher Mechanismus, wie Hochfrequenz seine genotoxische Wirkung vermitteln könnte, ist oxidativer Stress. Die Dysbalance zwischen reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) und deren Neutralisation kann unter anderem zu DNA-Schädigungen führen. ROS können die DNA-Basen angreifen, was zu Fehlpaarungen führen und somit den genetischen Code verändern kann. DNA-Läsionen in Form von 8-oxy Guanin bzw. 8-hydroxy-2-desoxy Guanin (8-OHdG) können durch oxidativen Stress verursacht werden. 8-OHdG-Läsionen könnten auf die nächste Generation der väterlichen Keimzellen übertragen werden. Auch die Effektivität von DNA-Reparaturmechanismen sowie DNA-Replikation und -Transkription können durch oxidativen Stress negativ beeinflusst werden.

Schlussfolgerungen:

Diese Übersichtsarbeit spiegelt die kontroverse Studienlage wider. Es existieren sowohl Studien, die keine genotoxische Wirkung von Hochfrequenz auf das männliche Fortpflanzungssystem beschreiben als auch solche, die einen Zusammenhang finden. Insgesamt unterstützt die Datenlage jedoch den Befund, dass hochfrequente Strahlung in der Lage ist, genotoxische Wirkungen zu vermitteln. Laut den Autoren sei jedoch die Einschränkung zu beachten, dass nur begrenzt Literatur zu dem Thema zu Verfügung steht, die den tatsächlichen Mechanismus der Mikronuklei-Bildung, des Schwesterchromatidaustauschs, der chromosomalen Fehlbildungen und der genomischen Instabilität erklären kann.

Ein möglicher Mechanismus, wie Hochfrequenz genotoxisch wirken kann, ist eine übermäßige Produktion reaktiver Sauerstoffspezies innerhalb des belasteten Systems. (RH)



HF-Wirkung auf Nieren und Hoden

Hämatobiochemische und histopathologische Veränderungen der Nieren und Hoden von Mäusen aufgrund von Belastung mit 4G-Mobilfunk

Hasan I, Amin T, Alam MR, Islam MR (2021). Hematobiochemical and histopathological alterations of kidney and testis due to exposure of 4G cell phone radiation in mice. Saudi Journal of Biological Sciences, 28(5), 2933–2942. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.028>

Die Nutzung von Mobilfunk hat im letzten Jahrzehnt dramatisch zugenommen. Es wurden zahlreiche negative Auswirkungen auf verschiedene Organe wie Gehirn, Ohr und Fortpflanzungsorgane dokumentiert. Verschiedene Studien beschreiben einen Zusammenhang zwischen hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und einer übermäßigen Produktion reaktiver Sauerstoffspezies (ROS). ROS können eine Reihe von zellulären Komponenten wie z.B. Lipide, Proteine und DNA angreifen und schädigen. Da Mobiltelefone üblicherweise in der Nähe des Urogenitaltraktes getragen werden, ist eine mögliche Auswirkung von Hochfrequenz auf diese Organe von Interesse. In der Literatur beschriebene Hochfrequenzwirkungen beinhalten unter anderem eine Beeinträchtigung der Blut-Hoden-Schranke. Aus diesen Gründen untersucht die vorliegende Studie die Auswirkung von 4G-Mobilfunkstrahlung auf hämatobiochemische Parameter sowie histopathologische Veränderungen auf Niere und Hoden anhand eines Mausmodells *in vivo*.

Studiendesign und Durchführung:

Die Studie wurde an männlichen Schweizer-Albinomäusen ($n = 10$) durchgeführt. Als Strahlungsquelle diente ein kommerzielles 4G-Mobiltelefon. Die Befeldung wurde durch einen Anruf des Mobiltelefons vorgenommen, wobei die Frequenz im 2,4-GHz-Bereich lag. Die Befeldungsperiode betrug 60 Tage, wobei die Tiere für 40 Minuten täglich (Gruppe B) und 60 Minuten täglich (Gruppe C) befeldet wurden. Die Kontrollen wurden nicht bestrahlt. Die Autoren bezifferten den SAR-Wert auf 0,087 W/kg. Es wurden Körpergewicht, hämatologische Parameter (Erythrozyten-Anzahl, Leukozyten-Anzahl und Hämoglobin-Wert in %), Serum-Kreatinin, grobe Strukturveränderungen von Niere und Hoden sowie histopathologische Veränderungen von Nieren- und Hodengewebe untersucht.

Ergebnisse:

Das Körpergewicht der Versuchstiere war sowohl bei Gruppe B als auch bei Gruppe C nach der Befeldungsperiode statistisch signifikant verringert. Leukozyten-Anzahl sowie Hb-Wert waren bei Gruppe C statistisch signifikant erhöht, die Erythrozyten-Anzahl war signifikant vermindert. Bei allen drei blutbildbetreffenden Parametern war ein dosisabhängiger Trend zu beobachten. Der Serum-Kreatin-Wert, welcher einen indirekten Hinweis für Nierenschädigungen darstellt, war bei Gruppe C signifikant erhöht. Die makroskopische Analyse der Nieren und Hoden offenbarte eine Veränderung der Nierenoberfläche bei Gruppe C, während die Hoden keine Veränderungen aufwiesen. Die histopathologische Untersuchung des Nierengewebes zeigte signifikante Veränderungen bei Gruppe C in Form von Entzündungsreaktionen und Gefäßverstopfung. Das Hodengewebe wies sowohl bei Gruppe B als auch Gruppe C signifikante pathologische Veränderungen auf. Unter anderem wurden eine Atrophie der Hoden, Degeneration der spermatogenen Zellen sowie Veränderungen der Hodenkanälchen und des Keimepithels beobachtet. Bei den histopathologischen Läsionen der Hoden wurde ein dosisabhängiger Trend beschrieben.

Schlussfolgerungen:

Die Resultate der vorgestellten Studie weisen auf negative Auswirkungen von Mobilfunk in einem alltäglichen realistischen Szenario weit unterhalb von ICNIRP-Grenzwerten hin. Die Wissenschaftler beobachteten pathologische Veränderungen des Blutbilds und der Histologie von Nieren und Hoden nach Langzeitbefeldung. Die Autoren vermuten, dass oxidative Schädigungen zu den beobachteten Schädigungen des Gewebes führten. Insgesamt deuten die Ergebnisse auf eine dosisabhängige Wirkung der Hochfrequenz auf die befeldeten Organe hin. Um schädlichen Auswirkungen der Mobilfunkstrahlung zu entgehen, sollte eine übermäßige Handynutzung vermieden werden, so die Autoren. (RH)

Die Wissenschaftler beobachten pathologische Veränderungen des Blutbilds und der Histologie von Nieren und Hoden nach Langzeitbefeldung.



HF beeinflusst Testosteron und T-Rezeptor

Der ZIP9-bezogene androgene Signalweg kompensiert 2605-MHz-Hochfrequenz vermittelte Verringerung der Resistenz von Ratten-Sertoli-Zellen gegenüber H₂O₂-Schäden

Yu G, Zhu Y, Song C, Chen L, Tang Z, Wu T (2023). The ZIP9-centered androgen pathway compensates for the 2605 MHz radio-frequency electromagnetic radiation-mediated reduction in resistance to H₂O₂ damage in Sertoli cells of adult rats. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 254(March), 114733. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114733>

Obwohl angenommen wird, dass hochfrequente Strahlung, welche unter anderem von drahtlosen Kommunikationsgeräten ausgesendet wird, negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben kann, ist es umstritten, ob die biologischen HF-Wirkungen die männliche Fruchtbarkeit beeinträchtigen können. Die Autoren der hier vorgestellten Studie zeigten in der Vergangenheit, dass HF-Langzeitbefeldung in der Lage sein kann, die Spermatogenese und die Bluthoden-Schranke negativ zu beeinflussen. Das Ziel dieser Studie war es, die biologische Wirkung einer kurzfristigen Hodenbefeldung an einem Rattenmodell zu überprüfen.

Studiendesign und Durchführung:

Die Studie wurde an männlichen Sprague-Dawley Ratten durchgeführt und beinhaltet einen In-vivo- und einen In-vitro-Part. Für den In-vivo-Teil der Studie wurden die Hoden der Ratten mit 2605 MHz bei einem SAR-Wert von 1,05 W/kg befeldet. Die Tiere wurden 6 h pro Tag über einen Zeitraum von 50, 100 und 150 Tagen bestrahlt. Als Kontrolle wurden nicht-befeldete und schein-befeldete Tiere genutzt. Nach der Beendigung der Befeldungsperiode wurden die Spermien, Blut sowie Hoden der Tiere einer Reihe von biochemischen und histopathologischen Analysen unterzogen. Für den In-vitro-Teil der Studie wurden primäre Sertoli-Zellen extrahiert und 12, 24 und 48 h bei 2605 MHz und 0,53, 1,05 und 2,10 W/kg exponiert. Während der Befeldung der Sertoli-Zellen wurden drei verschiedene Konzentrationen von H₂O₂ und Testosteron der Kultur hinzugefügt. Im Anschluss erfolgte wiederum eine Reihe von molekularbiologischen Analysen.

Ergebnisse:

Während der 50-tägigen Kurzzeit-Befeldung in vivo wurden keine negativen Auswirkungen der Hochfrequenz auf die männliche Fruchtbarkeit oder die Hoden der Ratten dokumentiert. Allerdings waren sowohl Serum- als auch Hoden-

Testosteron signifikant erhöht, während das luteinisierende Hormon (LH) signifikant verringert war. Dies weist darauf hin, dass die lokale HF-Befeldung biologische Wirkungen auslösen kann. Die Analyse verschiedener Testosteron-Rezeptoren zeigte eine signifikante Hochregulierung des Zink-Transporters ZIP9. ZIP9 wurde vor kurzem als neuartiger Membran-Androgenrezeptor charakterisiert und übt seine Wirkung hauptsächlich über nichtklassische Androgensignalwege aus. Die ZIP9-Hochregulierung fand hauptsächlich in den Sertoli-Zellen der befeldeten Ratten statt. Um diesem Befund auf den Grund zu gehen, bestrahlten die Wissenschaftler primäre Sertoli-Zellen in vitro. Die Befeldung mit 2,10 W/kg führte, im Gegensatz zu den anderen Intensitäten, zu einer signifikant gesteigerten Apoptoserate. Die Befeldung mit 1,05 W/kg führte zu einer erhöhten Sensitivität der Sertoli-Zellen gegenüber oxidativem Stress, vermittelt durch H₂O₂. Dies weist darauf hin, dass Hochfrequenz, welche nicht zu direkten Schäden führt, dennoch die Widerstandsfähigkeit der Sertoli-Zellen gegenüber Umweltbelastungen verringern kann. Die Co-Kultivierung mit Testosteron verringerte die negativen Auswirkungen der Hochfrequenz.

Die ZIP9-Level wurden nicht durch die Hochfrequenz verändert, wohl aber durch Testosteronzugabe. Außerdem führte eine Inhibierung der ZIP9-Expression dazu, dass der schützende Effekt des Testosterons wegfiel. Das weist darauf hin, dass der ZIP9-bezogene androgene Signalweg die Sertoli-Zellen vor der Kombination von Hochfrequenz und Umweltstress schützen kann. Außerdem unterdrückte die Hochfrequenz die Reaktion auf fehlgefaltete Proteine (Fehlgefaltete-Protein-Reaktion FPR). Testosteron hingegen verstärkte die FPR in Sertoli-Zellen, welche Hochfrequenz und H₂O₂ ausgesetzt waren. Moderater Stress des endoplasmatischen Retikulums kann die FPR aktivieren und den Zellen helfen, fehlgefaltete Proteine zu beseitigen und somit die Zellen vor Umwelteinflüssen zu schützen. Auch hier führte eine Inhibierung der ZIP9-Expression zu einer Verringerung der FPR und zu vermehrten Schäden in den Sertoli-Zellen, was wiederum auf eine schützende Wirkung des ZIP9-bezogenen androgenen Signalweges hinweist.

Schlussfolgerungen:

Die Resultate dieser Studie zeigten, dass eine 2605-MHz-Befeldung, die keine direkte Störung der Spermatogenese hervorrief, dennoch die Resistenz von Sertoli-Zellen gegenüber Umweltstress verringerte. Diese Wirkung wurde durch den ZIP9-androgenen-Signalweg kompensiert. Die Aktivierung der FPR könnte dabei einen wichtigen nachgeschalteten Mechanismus darstellen, der an dieser kompensatorischen Wirkung beteiligt ist. Mit längerer Befeldungsdauer nahm der ZIP9-Gehalt in den Hoden allmählich ab und eine Schädigung der Hoden manifestierte sich. (RH)



HF Wirkung auf das Gehirn

Die schützende Wirkung von Rosmarinsäure auf den Mobiltelefon- und WLAN-induzierten oxidativen Stress im Gehirn von Ratten

Asl JF, Goudarzi M, Shoghi H (2020). The radio-protective effect of rosmarinic acid against mobile phone and Wi-Fi radiation-induced oxidative stress in the brains of rats. *Pharmacological Reports*, 72(4), 857–866. <https://doi.org/10.1007/s43440-020-00063-9>

Studien haben gezeigt, dass Hochfrequenz schädliche Auswirkungen auf das Gehirn haben kann, indem sie physiologische neuronale Funktionen durch die Induktion von oxidativem Stress beeinflusst, DNA-Schädigungen verursacht und die Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke verändert. Auch neurodegenerative Erkrankungen wie amyotrophe Lateralsklerose, Alzheimer, Multiple Sklerose und Parkinson sind mit oxidativem Stress assoziiert bzw. werden durch diesen gefördert. Pflanzliche Polyphenole sind starke Antioxidantien, die vor oxidativem Stress durch übermäßige reaktive Sauerstoffspezies (ROS) schützen und auch die Wirksamkeit von antioxidativen Vitaminen und Enzymen stärken können. Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der möglicherweise protektiven Wirkung von Rosmarinsäure gegenüber 915-MHz-Mobilfunk- bzw. 2450-MHz-WLAN-Strahlung. *Rosmarinus officinalis* (Rosmarin) ist ein aromatisches Kraut, aus dem die polyphenolische Rosmarinsäure extrahiert werden kann. Die Wissenschaftler untersuchten, inwiefern Rosmarinsäure dem von der Hochfrequenz induzierten oxidativen Stress im Gehirn von Ratten entgegenwirken kann.

Studiendesign und Durchführung:

Die Studie wurde an männlichen Wistar-Ratten durchgeführt. Als Strahlungsquelle diente eine zertifizierte transversale elektromagnetische Gigahertz-Zelle (GTEM). Die Versuchstiere ($n = 7$) wurden über einen Zeitraum von einem Monat über 1 h pro Tag befeldet. Die elektrischen Feldstärken betragen $0,98 \text{ mW/cm}^2$ und $0,79 \text{ mW/cm}^2$ für die 915-MHz- bzw. 2450-MHz-Frequenzen. Sowohl den befeldeten Versuchstieren als auch den unbefeldeten Kontrollen wurden zusätzlich in Saline (Kochsalzlösung) gelöste Rosmarinsäure (20 mg/kg) verabreicht. Nach der Beendigung der Befeldungsperiode untersuchten die Autoren die Auswirkungen der Hochfrequenz auf eine Reihe oxidati-

ver Stressmarker in Homogenaten der Rattenhirne. Als oxidative Stressmarker wurden Proteincarbonylierung (PC), Stickstoffmonoxid (NO), Malondialdehyd (MDA), Glutathion (GSH), antioxidative Gesamtkapazität (TAC) sowie die antioxidativen Schutzenzyme Glutathionperoxidase (GPx), Superoxiddismutase (SOD) und Katalase (CAT) analysiert.

Ergebnisse:

Alle untersuchten oxidativen Stressmarker zeigten statistisch signifikant erhöhten oxidativen Stress nach der Hochfrequenzbefeldung. Dies galt sowohl für die 915-MHz- als auch die 2450-MHz-Frequenzen. Die Daten wiesen tendenziell auf eine stärkere biologische Wirkung der höherfrequenten 2450-MHz-Strahlung hin. Eine schützende Wirkung der Rosmarinsäure konnte bei den Parametern antioxidative Gesamtkapazität (TAC), Proteincarbonylierung (PC) und Malondialdehyd (MDA) für beide Frequenzen statistisch signifikant gezeigt werden. Bei Glutathion (GSH), Glutathionperoxidase (GPx) und Stickstoffmonoxid (NO) konnte die Rosmarinsäure lediglich bei 2450 MHz eine signifikante Verbesserung der HF-Wirkung hervorrufen. Bei der Superoxiddismutase (SOD) und Katalase (CAT) verursachte die Verabreichung der Rosmarinsäure einen positiven Trend, der jedoch keine statistische Signifikanz erreichte.

Schlussfolgerungen:

Die Daten dieser Studie weisen darauf hin, dass die Hochfrequenzbefeldung zu einer Abnahme der antioxidativen Schutzenzyme bei gleichzeitiger Zunahme oxidativer Stressindizes im Gehirn von Ratten führte. Des Weiteren wurde ein Trend erkennbar, der auf eine stärkere biologische Wirkung der 2450-WLAN-Strahlung hindeutete. Die gestörte Redox-Homöostase konnte zumindest in Teilen durch die Verabreichung von Rosmarinsäure kompensiert werden. Laut den Autoren sei Rosmarin dementsprechend ein vielversprechender Kandidat zur Verringerung von hochfrequenzinduziertem oxidativem Stress. Sie sprechen eine Verzehrempfehlung für Rosmarinsäure aus. (RH)

Alle untersuchten oxidativen Stressmarker zeigten statistisch signifikant erhöhten oxidativen Stress nach der Hochfrequenzbefeldung.



Oxidativer Stress

Auswirkungen der Einnahme von Antioxidantien auf den oxidativen Stress bei Mobiltelefonbenutzern

Shaheen W, Amer NM, Hafez SF, Nasser S, Ghobashi M, Morcos G, Helmy MA 2021. Effect of antioxidants intake on oxidative stress among mobile phone users. *Egyptian Journal of Chemistry*. 2021 Jul 1;64(7):3903-12. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2021.69368.3521>

Diese Studie zielte darauf ab, die Intensität der Mobiltelefonnutzung zu bewerten und den potenziellen oxidativen Stress bei Mobiltelefonbenutzern einzuschätzen, um dann die Wirkung von Antioxidantien auf den oxidativen Stressstatus zu beurteilen. Antioxidantien sind Substanzen, die, wenn sie in geringen Konzentrationen im Verhältnis zu einem oxidierbaren Substrat vorhanden sind, die Oxidation dieses Substrats erheblich verzögern oder verhindern. Sie schützen die Zellen vor den gefährlichen Auswirkungen der freien Radikale und beschränken deren Bildung. Superoxid-Dismutase (SOD) ist ein wichtiges antioxidatives Enzym, das Superoxid in Sauerstoff (O_2) und Wasserstoffperoxid (H_2O_2) umwandeln kann. Katalase katalysiert die Zersetzung von H_2O_2 in O_2 und Wasser (H_2O). H_2O_2 ist ein sehr starkes Oxidationsmittel und hat die Fähigkeit, alle Zellbestandteile anzugreifen.

Daher muss es schnell in weniger gefährliche Stoffe umgewandelt werden. Malondialdehyd (MDA) entsteht als Abbauprodukt mehrfach ungesättigter Fettsäuren und ist ein wichtiger Biomarker für oxidativen Stress. Vitamine wirken als Katalysatoren für verschiedene biochemische Reaktionen und erleichtern den Energiestoffwechsel. Da sie vom Körper nicht synthetisiert werden können, müssen sie über die Nahrung aufgenommen werden. Vitamin C hat eine direkte antioxidative Wirkung, da es mit Radikalen reagieren und deren Reaktion vor der Lipidperoxidation beenden kann. Vitamin E ist das stärkste radikalfangende lipophile Antioxidans. Es schützt mehrfach ungesättigte Fettsäuren in der Zellmembran und Lipoproteine niedriger Dichte (LDL) vor Lipidperoxidation.

Studiendesign und Durchführung:

150 Studenten der Krankenpflege im Alter von 18–22 Jahren nahmen an dieser Interventionsstudie teil. Die Teilnehmer füllten einen Fragebogen aus, der zur Anwendung von Ausschlusskriterien (Raucher, Vorerkrankungen), aber auch

zur Bewertung des Nutzungsmusters diente (Typ des Mobiltelefons, Anzahl SIM-Karten, typische tägliche Nutzungsdauer, Gesamtdauer der Mobiltelefonnutzung). Die Bewertung der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern von Mobiltelefonen erfolgte durch Messung des eigenen Mobiltelefons, während es zum Telefonieren benutzt wurde. Die Messungen erfolgten in Armlänge mit einem RF-Analysator HF38B. Die Teilnehmer erhielten 2 Monate lang täglich Vitamin C- und E-Tabletten. Malondialdehyd, Superoxiddismutase und Katalase wurden aus Blutproben vor und nach der Supplementierung gemessen.

Ergebnisse:

Nur 108 Schüler schlossen die Post-Interventionsphase ab. Mobiltelefone mit zwei SIM-Karten, Nicht-Android-Handys und Mobiltelefone im Besitz der Gruppe der mittleren Nutzer hatten signifikant höhere elektromagnetische Emissionen. Malondialdehyd war signifikant höher bei den Vieltelefonierern (29 % erhöht). Es wurde eine signifikant negative Korrelation zwischen den Strahlungswerten von Mobiltelefonen und der Superoxiddismutase festgestellt. Nach der Supplementierung (ergänzende Aufnahme von Nährstoffen) gab es eine signifikante Verbesserung der SOD- und Katalasewerte in beiden Gruppen der Handynutzer (>5 Jahre und <5 Jahre), mit einem oder zwei Telefonen, mit einer oder zwei SIM-Karten und bei Nutzern von Android-Handys. Außerdem zeigte MDA eine signifikante Verringerung bei den Nutzern von Nicht-Android-Handys.

Schlussfolgerungen:

Man kam zu dem Schluss, dass die Exposition gegenüber geringen Emissionen von Mobiltelefonen durch eine veränderte Ernährung und eine erhöhte Aufnahme von Antioxidantien ausgeglichen werden konnte. Unter normalen Bedingungen wirken die antioxidativen Abwehrmechanismen reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) entgegen. Wenn die ROS die antioxidative Abwehr überwinden, kommt es zu oxidativem Stress. Viele Umweltschadstoffe können oxidativen Stress auslösen, der durch die Einnahme von Antioxidantien auf natürlichem Wege oder als Nahrungsergänzung verhindert werden kann. Heutzutage werden zunehmend natürliche Antioxidantien verwendet. Mit zunehmendem Alter nehmen die oxidativen Schäden zu, so dass die Einnahme exogener Antioxidantien zur Verstärkung des endogenen Antioxidationsmechanismus immer wichtiger wird. Die Einnahme natürlicher Antioxidantien wie Vitamin C und Vitamin E hat eine schützende Funktion gegen durch elektromagnetische Felder verursachten oxidativen Stress. (AT)



Oxidativer Stress

Wirkmechanismen von Hochfrequenz

Kazemi E, Mortazavi SMJ, Ali Ghanbari A, Mozdarani H et al. (2015). The effect of superposition of 900 MHz and incoherent noise electromagnetic fields on the induction of reactive oxygen species in SP2/O cell line. *Int. J. Radiat. Res.*, Vol. 13 No. 3, July 2015. <https://doi.org/10.7508/ijrr.2015.03.012>

Die Induktion zellulärer Reaktionen nach Exposition mit elektromagnetischen Feldern ist auf kohärente Felder beschränkt. Es wird angenommen, dass ein inkohärentes (zufällig schwankendes) magnetisches oder elektromagnetisches Rauschfeld die biologischen Wirkungen von regulären elektromagnetischen Feldern unterdrückt oder beseitigt. Ziel dieser Studie war es, die Wirkung von GSM-Mobiltelefon-induzierter Hochfrequenz (HF) auf die Induktion von reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) in der Maus-Zelllinie SP2/O zu untersuchen. In dieser Studie wurde auch untersucht, ob diese HF-induzierten Effekte durch Überlagerung der HF-Strahlung und ein inkohärentes magnetisches Rauschen blockiert werden können.

Studiendesign und Durchführung:

Es wurden drei Gruppen von kultivierten Zellen verwendet. Die Zellen der ersten Gruppe wurden nur der HF-Strahlung ausgesetzt, die von einem Mobiltelefon-Simulator ausging. Die zweite Gruppe wurde nur bei einem inkohärenten Rauschfeld exponiert und die dritte Gruppe wurde gleichzeitig bei HF-Strahlung und inkohärentem Rauschfeld exponiert. Das inkohärente magnetische Rauschfeld wurde mittels 3 rechteckigen Helmholtzspulen produziert, in gleichmäßigem Abstand um einen Wellenleiter angeordnet. Die Helmholtzspulen wurden mit Gaußschem Rauschen betrieben. Die Expositionsdauer betrug in allen Gruppen 2 Stunden. Das Niveau der ROS-Produktion in den Zellen wurde mittels Fluoreszenzsonde unter Verwendung der Durchflusssyztometrie-Technik quantifiziert.

Ergebnisse:

Die Exposition mit 900-MHz-Strahlung führte zu einer um etwa 100 % erhöhten ROS-Produktion (d.h. doppelt so hoch wie bei der Kontrolle, $p < 0,05$), während bei der Überlagerung von 900 MHz und dem inkohärenten Rauschfeld die ROS-Werte im Vergleich zur Kontrolle nur um 27 % erhöht waren ($p > 0,05$). Magnetisches Rauschen allein führte zu einem nicht-signifikanten Anstieg der ROS-Werte um 13 % im Vergleich zur Kontrolle.

Schlussfolgerungen:

Insgesamt können die Ergebnisse die Theorie der neutralisierenden Wirkung des Rauschens nicht bestätigen, wohl aber das Konzept, dass nur die kohärenten Felder biologisch wirksam sein können, während die inkohärenten Rauschfelder keine biologischen Wirkungen verursachen. Das Experiment sollte mit mehr Wiederholungen und einem direkten Vergleich zwischen einer HF-mit-Rauschen Gruppe und einer HF-ohne-Rauschen Gruppe wiederholt werden. Es ist wahrscheinlich ein schwacher Effekt vorhanden, der sich der Entdeckung in der aktuellen Studie entzogen hat, vermutlich weil die Autoren einen stärkeren Effekt erwarteten und ihren Versuchsaufbau auf diese Prämisse zugeschnitten hatten. Mehrere frühere Studien fanden Hinweise darauf, dass ein magnetisches Rauschfeld die toxischen Wirkungen von HF-EMF teilweise oder vollständig neutralisieren kann, andere Studien fanden dies jedoch nicht heraus. Die hier verwendete Anordnung produziert entlang einer Achse nur ein inkohärentes Magnetfeld, währenddessen vorangegangene Versuche (e.g. Litovitz et al. 1994, 1997, Yao et al. 2008), welche eine völlige Neutralisierung erzielten, zumeist drehende, d.h. entlang der X, Y und Z-Achse zufällig schwankende Magnetfelder verwendeten. Vermutlich ist die zugrundeliegende Dynamik noch nicht ausreichend verstanden oder ihre Komplexität wird unterschätzt, so dass es bislang schwierig ist, geeignete Experimente zu entwerfen. Weitere Grundlagenforschung ist notwendig. (AT)

Die Exposition mit 900-MHz-Strahlung führte zu einer um etwa 100 % erhöhten ROS-Produktion



Wirkmechanismen nieder- und hochfrequenter Felder

Zelluläre und molekulare Wirkungen nicht-ionisierender elektromagnetischer Felder

Lai H, Levitt BB (2023). Review. Cellular and molecular effects of non-ionizing electromagnetic fields. *Reviews on Environmental Health* 2023, <https://doi.org/10.1515/reveh-2023-0023>

Wie lebende Zellen auf nicht-ionisierende elektromagnetische einschließlich statische Felder reagieren, kann man mit „zellulärer Stressreaktion“ (nach Martin Blank 2012) beschreiben – einem Mechanismus auf Zellebene, der den ganzen Organismus schützen soll. Stressoren sind Hitze, ionisierende Strahlung, Oxidation u. a., die die Makromoleküle (Proteine, Fette und DNA) schädigen und Reparaturvorgänge auslösen, um die Homöostase in den Zellen wiederherzustellen. Der Ablauf ist unabhängig von der Art des Stressors, auch elektromagnetische Felder können oxidative Prozesse verändern. Beteiligte Mechanismen sind:

1. Anhalten des Zellzyklus an den G1/S- und G2/M-Checkpoints,
2. Einleiten der Reparaturprozesse über Chaperone wie Hitzeschockproteine zur Proteinreparatur, Reparatur von Nukleinsäuren und Chromatin,
3. Entfernung von Zelltrümmern und
4. Einleiten der Apoptose, wenn Reparatur nicht möglich ist.

Die Bezeichnung „zelluläre Stressreaktion“ erklärt viele EMF-Wirkungen, wie nicht-lineare Dosis- und Zeitabhängigkeit, erhöhtes oder vermindertes Risiko für Krebs und neurodegenerative Erkrankungen oder gesteigerte Nervenregeneration und Knochenheilung. Die Wirkungen können schädlich oder nützlich sein, je nach Dauer und Intensität der Einwirkung. In der vorliegenden Studie werden die beiden Frequenzbereiche 0–300 Hz und 3 kHz–300 GHz behandelt, da sie die größte Bedeutung in unserer Umgebung haben. Hunderte von Studien widersprechen der Aussage, es gäbe außer elektrischem Schlag und Erwärmung des Gewebes keine biologischen Wirkungen. Vielmehr ist nachgewiesen, dass „zelluläre Stressreaktion“ durch EMF-bedingten oxidativen Stress auftritt, auch wenn wir die chemischen und elektrischen Aktivitäten von Lebewesen noch nicht ganz verstehen. Viele mögliche Schäden durch EMF laufen un bemerkt ab und können sich zu chronischen Erkrankungen entwickeln oder es entstehen mutierte Zellen, wenn Reparatur oder Apoptose nicht einsetzen. Der wahrscheinlichste Mechanismus, wie EMF oxidative Zellprozesse verursachen, ist die Radikalpaar-Bildung in empfänglichen Molekülen wie Cryptochromen in den Zellen. Hier werden einige Manifestationen durch „zelluläre Stressreaktion“ durch EMF beschrieben. Oxidative Prozesse verändern Moleküle, was der Anstoß

zur „zellulären Stressreaktion“ ist. Solche Veränderungen nach EMF-Wirkung sind oxidative Schädigung von Proteinen, DNA und Lipiden. Die beiden Autoren haben für diese Studie in 5 Anhängen Arbeiten zu statischen, nieder- und hochfrequenten Feldern aufgeführt. In Anhang 1 sind 190 Studien aufgeführt, Anhang 2 beinhaltet 24 Studien, in Anhang 3 sind 24 Studien zu Proteinreparatur/Hitzeschockproteinen (HSP), in Anhang 4 sind 48 Studien zu den Proteinen p53, NFκB und MAPK aufgelistet und Anhang 5 enthält 40 Arbeiten zu Caspasen, Apoptose und ROS/RNS. Oxidativer Stress durch EMF kann zum Anhalten des Zellzyklus führen.

Die Reparatur von EMF-geschädigten Molekülen

Wenn Moleküle in den Zellen geschädigt werden, ist das Anhalten des Zellzyklus eine Sofortreaktion. Außer Hitzeschockproteinen (v. a. HSP60 und HSP70) reagieren Gene/Proteine wie Cyclin, p53, p21 u.a. Faktoren, daraufhin werden Reparaturprozesse in den Zellen eingeleitet. Zellstress, vor allem oxidativer Stress, kann zu falscher Proteinfaltung führen. Fehlgefaltete Proteine müssen abgebaut und beseitigt werden. Die Verklumpung von Protease-resistenten, falsch gefalteten Proteinen können Zelltod und Entwicklung von neurodegenerativen Erkrankungen verursachen. Andererseits können durch EMF falsch gefaltete Proteine repariert oder eliminiert werden und das Fortschreiten von einigen dieser Erkrankungen wird verlangsamt. Das Protein p53 reguliert den Zellzyklus und ist an DNA-Reparatur, Tumorsuppression und Apoptose beteiligt; es ist in vielen Krebszellen erhöht. Das Protein NFκB (nuclear factor ‚kappa-light-chain-enhancer‘ of activated B-cells) wird aktiviert durch Stressoren und freie Radikale, ist ein Regulator für die Immunantwort bei Infektionen, beeinflusst Synapsen im Nervensystem und das Gedächtnis. Störungen können zu Krebs und Autoimmunerkrankungen führen.

Die MAPK oder MAP-Kinase (Mitogen-aktivierte Proteinkinase), die auch bei oxidativem Stress aktiviert wird, spielt eine Rolle bei osmotischem Stress und Hitzeschock, sie reguliert Zellwachstum, Genexpression, Differenzierung, Mitose, Zellerhaltung und Apoptose. Bei Fettstoffen (Lipiden) entsteht durch Einwirkung von EMF hauptsächlich die Peroxidation der Lipide in den Zellmembranen, wodurch neben der Durchlässigkeit auch andere Funktionen verändert werden, z. B. können Peroxidationsprodukte Mutationen und Änderungen der Genexpression hervorrufen. Die Reparatur dieser Lipid-Schäden kann durch Phospholipase und die vielfach belegte Aktivität der Glutathion-Peroxidase (Phospholipid-Hydroperoxid-Glutathion-Peroxidase) erfolgen. Schließlich kann die Apoptose durch Aktivierung der Caspasen einsetzen. Niederfrequente und hochfrequente Felder können all diese Prozesse bei jedem Schritt beeinflussen, zum Vor- oder Nachteil des gesamten Organismus.

„Zelluläre Stressreaktion“ kann positiv wie negativ wirken

Als „Zelluläre Stressreaktionen“, positive wie negative, können erhöhtes Krebsrisiko ebenso wie therapeutischer Nutzen der EMF genannt werden: EMFs können Tumorzellen zerstören, diese können aber auch entstehen bei sehr häufigem und/oder langfristigem Einwirken. Auch für neurodegenerative Erkrankungen wie Amyotrophe Lateralsklerose (ALS), Alzheimer- und Parkinson-Krankheit gibt es ein erhöhtes Risiko (für letztere meist bei beruflicher Exposition). Aber auch vorteilhafte Wirkungen von EMF wurden gefunden, sie verbessern die Hirnleistung und erzielen positive chemische Veränderungen bei Alzheimer, Parkinson und Huntington. Weiterhin hat man Änderungen des Verhaltens (Erregung und Ängstlichkeit, Lernfähigkeit und Gedächtnis) festgestellt. Experimente zeigten einen Anstieg von Corticosteron und Cortisol bei Nagetieren und Menschen.

Das Auftreten von elektromagnetischer Hypersensitivität (EHS) kann eine unangemessene Reaktion des Stoffwechsels im Hippocampus bzw. limbischen Systems sein unter Beteiligung von Glucocorticoiden der HPA-Achse, induziert durch EMF-Stress. In der Evolution entstand die Fähigkeit, Intensität, Orientierung und Richtung des Erdmagnetfeldes zu fühlen, was wichtig für das Überleben aller Lebewesen ist. Verschiedene Mechanismen im Nervensystem haben wahrscheinlich bei verschiedenen Arten die gleiche Funktion. Bei Wirbeltieren, vor allem Säugetieren, bildet der Hippocampus im limbischen System die neuronale Struktur für Lernen und Gedächtnisbildung. Dort findet auch ein Teil der Wahrnehmung des Magnetfeldes und Angst, vor allem in Stresssituationen, statt. Eine weitere Ursache für EHS ist die Steigerung von Stickstoffmonoxid (NO); im limbischen System verursacht es Furcht, Depressionen und Ängstlich-

keit. EHS-Personen haben vielleicht ein limbisches System mit höherer Empfindlichkeit auf NO und Glucocorticoide über die Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinde-Achse.

Schlussfolgerungen:

Leben ist auf der Basis des Erdmagnetfeldes entstanden. Diese Arbeit behandelt die Mechanismen, die schädliche und nützliche Wirkungen der EMF erklären können. Der Anstieg der vom Menschen gemachten künstlichen EMF ist sehr verschieden von den natürlichen Feldern, und sie stören die grundlegenden biologischen Mechanismen. Freie Radikale (reaktive Sauerstoff- und Stickstoffmoleküle) spielen eine wichtige Rolle in Zellfunktionen. Künstliche elektromagnetische Felder können die Homöostase der freien Radikale stören und so zu Fehlfunktionen führen, wie die „zelluläre Stressreaktion“. Die seit Jahrzehnten behauptete Aussage, es gebe keinen bekannten Mechanismus, diente dazu, die biologischen Wirkungen unterhalb der thermischen Schwelle zu leugnen und die Gesundheitspolitik daran zu hindern, Veränderungen herbeizuführen. (IW)

Hunderte von Studien widersprechen der Aussage, es gäbe außer elektrischem Schlag und Erwärmung des Gewebes keine biologischen Wirkungen.



Mobiltelefone und Niederfrequenz

Von Mobiltelefonen ausgesendete niederfrequente Magnetfelder

Misek J, Jakus J, Hamza Sladicekova K, Zastko L, Veternik M, Jakusova V, Belyaev I (2023). Extremely low frequency magnetic fields emitted by cell phones. *Frontiers in Physics* 11:1094921. <https://doi.org/10.3389/fphy.2023.1094921>

Mobiltelefone senden außer hochfrequenten auch niederfrequente Felder aus. Bei 2G (GSM) und 3G (UMTS) sind das beim Sprechen bzw. Hören 5–200 Hz und 120 Hz–10 kHz. Der Niederfrequenzbereich geht nach ICNIRP von 1 Hz–100 kHz (in Deutschland von 3–30 kHz, die Red.). Bei 2G treten 217 Hz und 8,3 Hz auf, bei 3G 100 Hz. Niederfrequente Felder können oxidativen Stress, Verminderung der Melatoninkonzentration und erhöhte Empfindlichkeit von Stammzellen hervorrufen und führen dadurch zu einem erhöhten Krebsrisiko. Das Zusammenwirken von nieder- und hochfrequenten Feldern kann bei niedriger Feldstärke DNA-Strangbrüche und physiologische Veränderungen verursachen.

Studiendesign und Durchführung:

Die Messungen der niederfrequenten Felder von 2G und 3G wurden an 15 Mobiltelefonen (nicht älter als 5 Jahre) verschiedener Hersteller an der Vorder- und Rückseite vorgenommen, in den Frequenzbereichen 5–200 Hz (LF1) und 120 Hz–10 kHz (LF2). Weitere Bedingungen waren Ladegerät an oder aus, LCD-Display an oder aus sowie Kombinationen davon. Die Batterie wurde kurz vorher auf 100 % aufgeladen, WLAN und Datenübertragung waren ausgeschaltet, die Signalstärke auf dem Display festgestellt – insgesamt 140 Messungen pro Gerät. Bei weiteren Messungen dienten ein männliches und ein weibliches Phantom als Testpersonen, dass das Mobiltelefon an Kopf (telefonieren), Brust (Brusttasche oder BH, nahe dem Herzen), Becken (Hosentasche) platziert hatten. Die Feldstärken wurden im Hör- und Sprechmodus aufgezeichnet (Downlink und Uplink). Vor den Messungen erfolgten Hintergrundmessungen. Gemessen wurde bei 10 Hz, 50 Hz und 200 Hz.

Ergebnisse:

Die Hintergrundmessungen ergaben 40 nT für LF1 und 50 nT für LF2. Insgesamt waren die Feldstärken bei 2G signifikant höher als bei 3G und die Werte bei LF1 etwa 2–4-fach höher (4,21–10,79 μT in LF1 und 1,57–9,94 μT in LF2; $p < 0,001$ gegenüber 1,09–1,50 μT in LF1 und 0,48–0,92 μT in LF2). Ob das LCD-Display an oder aus ist, unterscheidet sich kaum vom Hintergrund, während das Ladegerät erwartungsgemäß signifikant höhere Felder erzeugt (mit 0,16–0,26 μT in LF1 und 0,14–0,15 μT in LF2 gegenüber ohne 0,08–0,16 μT in

LF1 und 0,05–0,06 μT in LF2), allerdings sind diese 50-Hz-Magnetfelder 20- bis 60-fach niedriger als die des Mobiltelefons während eines Gesprächs (hören und sprechen). Wenn nur das LCD-Display eingeschaltet war, ergaben sich Werte von 0,07–0,08 μT in LF1 und 0,05–0,06 μT in LF2. Der höchste gemessene Wert war 70,03 μT bei 2G beim Zuhören für LF1 an der Vorder- und im Sprechmodus 12,67 μT an der Rückseite für LF2.

Im Stand-by-Modus kam der Hauptanteil der Magnetfelder von der 50-Hz-Stromversorgung. Bei 2G waren die Spitzen bei 5,6 Hz, 5,86 Hz und 8,3 Hz in LF1, in LF2 100 Hz, 217 Hz und 225 Hz im Hör- und im Sprechmodus. Bei 3G waren das 5,37 Hz, 7,5 Hz, 8 Hz und 50 Hz beim Hören; beim Sprechen 5,86 Hz, 8,5 Hz und 50 Hz in LF1 sowie 100 Hz, 125 Hz und 195 Hz bei Hören und Sprechen in LF2.

Bei den Simulationen an dem menschlichen Phantom wurde der höchste gemessene Wert (70,03 μT) als Worst-Case-Szenario gesetzt. Die Simulationen an Kopf, Brust und Becken ergaben für 10, 50 und 200 Hz Durchschnittswerte von 8,45 μT , 7,5 μT und 6,09 μT in der Mitte des Kopfes; 3,89 μT , 3,98 μT und 2,83 μT in der Mitte der Brust nahe am Herzen; 2,03 μT , 1,96 μT und 1,56 μT in der Mitte des Beckens (Hosentasche, Geschlechtsorgane). An der Hautoberfläche werden die Werte wesentlich höher sein.

Schlussfolgerungen:

Mobiltelefone senden niederfrequente Felder aus, die in bestimmte Teile des Körpers wie den Kopf eindringen. Niederfrequente Felder sind von der IARC als möglicherweise Krebs erregend beim Menschen (2B) eingestuft. Ob das LCD-Display an oder aus ist, unterscheidet sich im Stand-by-Modus kaum vom Hintergrund und die Werte liegen 20- bis 60-fach unter den Werten im Hör- bzw. Sprechmodus. Bei 3G wurden insgesamt niedrigere Werte gemessen als bei 2G. Die gemessenen und simulierten Werte der niederfrequenten Felder liegen im Bereich von nachgewiesenen biologischen und gesundheitlich beeinträchtigenden Auswirkungen bis hin zu Krebs. Möglich ist, dass bei chronischer Einwirkung schon im Stand-by-Modus schädigende Wirkungen auftreten. Deshalb sollten Mobiltelefone nicht jederzeit am Körper oder in der Nähe gehalten werden. Auch während des Ladens sollte nicht telefoniert werden. Ein Abstand von 35 cm ist nach den Messungen ausreichend, um die EUROPAEM-Werte einzuhalten. (IW)

Die gemessenen und simulierten Werte der niederfrequenten Felder liegen im Bereich von nachgewiesenen biologischen und gesundheitlich beeinträchtigenden Auswirkungen bis hin zu Krebs.



Medizinische Anwendungen von EMF

Mikrowellen können Malaria Parasiten auf nicht-thermischem Weg abtöten

Coronado LM, Stoute JA, Nadovich CT, Cheng J, Correa R, Chaw K, González G, Zambrano M, Gittens RA, Agrawal DK, Jemison WD (2023). Microwaves can kill malaria parasites non-thermally. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2023 Feb 2;13:67. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.955134>

Nach der SARS-CoV-2-Pandemie hat die Malaria, an der sich mehr als 240 Millionen Menschen infiziert haben und an der allein im Jahr 2021 rund sechshunderttausend Menschen starben, wieder an Boden gewonnen. In Verbindung mit der Resistenz der Parasiten und einem noch nicht optimalen Impfstoff ist der Bedarf an neuen Ansätzen entscheidend geworden. Während frühere, begrenzte Studien darauf hinwiesen, dass Malaria Parasiten durch elektromagnetische Energie beeinflusst werden, sind die Ergebnisse dieser Beeinflussung variabel, und es gab bisher keine Studie, die den Wirkungsmechanismus hinter diesen Reaktionen untersucht hat.

Studiendesign und Durchführung:

Der Malaria-Stamm HB3 von *Plasmodium falciparum* wurde mit menschlichen Erythrozyten kultiviert. Das Mikrowellen (MW)-Expositionssystem wurde eigens entwickelt: es bestand aus einem Signalgenerator, einem Leistungsverstärker, einem Leistungsreflektometer, einem Mikrowellen-Applikator und optischen Sonden zur Messung der Temperatur direkt im Probenmedium. Vier Mikrowellenapplikatoren wurden in getrennten Versuchsreihen verwendet: ein Hohlleiterresonator („wave-guide“ WG), ein Mikrostreifen (M3), parallele Platten und eine Monopolantennengruppe. Jedes Experiment hatte eine Dauer von 45 Minuten und wurde bei einer Frequenz von 2,45 GHz unter Verwendung gepulster Mikrowellenleistung mit einem Tastgrad („duty cycle“) zwischen 20 und 25 % durchgeführt. (Der Tastgrad gibt für eine periodische Folge von Impulsen das Verhältnis der Impulsdauer zur Periodendauer an, beschreibt also die Sägezahncharakteristik des Signals, also den typischen Abstand und die Länge der Spitzen). Der WG-Applikator wurde mit einer Spitzenleistung von 12 W und der M3-Applikator mit 1 W betrieben. Das Parasitenwachstum wurde 24 bis 48 Stunden lang mikroskopisch oder durchflusszytometrisch überwacht. Um die Zytotoxizität für menschliche Blutzellen zu überprüfen, wurden Vero-Zellen und J-744-Makrophagen unter den gleichen Bedingungen wie die Parasiten mit Mikrowellen bestrahlt. Cal-520 AM, ein neuer fluorogener kalziumempfindlicher Farbstoff, wurde verwendet, um die Vertei-

lung von Kalzium vor und nach der Behandlung sichtbar zu machen. Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) wurde zum Sichten der Zellschäden verwendet. Sechs verschiedene Inhibitoren von Transduktionssignalen, die an Proliferations- oder Apoptosewegen beteiligt sind, wurden verwendet, um die kausale Hypothese der Beteiligung von Kalziumkanälen zu überprüfen.

Ergebnisse:

In dieser Studie wurden durch die Entwicklung und Implementierung maßgeschneiderter Applikatoren für In-vitro-Experimente Bedingungen geschaffen, unter denen Mikrowellenenergie mehr als 90 % der Parasiten abtötete, und zwar nicht durch einen thermischen Effekt, sondern durch einen MW-Energie-induzierten programmierten Zelltod, der Säugetierzelllinien nicht zu beeinträchtigen scheint. Die optimale Kombination von Expositionsparametern, die zum Absterben der Parasiten führte, wurde bei einer Frequenz von 2,45 GHz, Leistungspegeln von 12 W (mit SAR von 3 W/Kg) und 1 W (SAR 12,5 W/Kg), die an die WG- bzw. M3-Applikatoren abgegeben wurden, einer Gesamtexpositionszeit von 45 Minuten und einer gepulsten Signalfrequenz mit einem Tastverhältnis von 20–30 % gefunden. Die TEM deutet auf die Beteiligung der hämozoinkontaminierten Nahrungsvakuole hin, die zerstört wird, während mehrere andere experimentelle Ansätze die Beteiligung von Kalzium-Signalwegen an den Auswirkungen der MW-Exposition zeigen. Darüber hinaus wurden die Parasiten durch die Kalziumkanalblocker Calmodulin und Phosphoinositol vor den Auswirkungen von MW geschützt.

Schlussfolgerungen:

Die hier vorgestellten Ergebnisse bieten einen molekularen Einblick in die schwer fassbaren Wechselwirkungen oszillierender elektromagnetischer Felder mit *Plasmodium falciparum*. Vor allem konnte bewiesen werden, dass die EMF-bewirkte Schädigung der Malaria-Erreger nicht mit einer Erhöhung der Temperatur zusammenhängt, und lässt damit auf eine alternative Technologie zur Bekämpfung dieser verheerenden Krankheit hoffen. Die hier vorgeführte Methode eignet sich potenziell zum Behandeln anderer chronischer parasitärer Krankheiten oder bakterieller Infektionen (z.B. Borreliose) und beruht auf der Feststellung, dass EMF zwar durchaus für alle Lebewesen schädlich sein können, im Einzelfall jedoch Einzeller (wie der hier verwendete Malaria-Erreger) anfälliger sind als tierische oder menschliche Zellen.

Diese Methode kann Malaria-Erreger im Blut abtöten, ohne Blutzellen zu schädigen, die Bestrahlung muss aber außerhalb des Körpers durchgeführt werden (ähnlich einer Blutwäsche). (AT)



Mobilfunk und Lobbyismus

Die Europäische Union räumt bei der Einführung von Hochfrequenztechnologien der Wirtschaftlichkeit Vorrang vor der Gesundheit ein

Nyberg NR, McCredde JE, Weller SG, Hardell L (2022). The European Union prioritises economics over health in the rollout of radiofrequency technologies. *Reviews on Environmental Health*. 2022 Sep 22. <https://doi.org/10.1515/reveh-2022-0106>

Die fünfte Generation der Hochfrequenzkommunikation, 5G, wird derzeit weltweit eingeführt. Seit September 2017 wurde der 5G-Appell der EU sechs Mal an die EU verschickt, um ein Moratorium für die Einführung von 5G zu erzielen. Der vorliegende Artikel befasst sich mit dem 5G-Appell und den nachfolgenden Antworten der EU, einschließlich des ausführlichen Anschreibens an die EU.

Interessenkonflikte innerhalb der EU

Der 5G-Appell verweist auf den internen Konflikt der EU zwischen ihrem Konzept für eine von drahtlosen Technologien geprägte Zukunft und der Notwendigkeit, die Gesundheit und Sicherheit ihrer Bürger zu schützen. Er kritisiert, dass sich die EU auf die aktuellen Richtlinien der Internationalen Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (ICNIRP) verlässt, die nur die Erwärmung und keine anderen gesundheitsrelevanten biologischen Auswirkungen von Hochfrequenzstrahlung (HFS) berücksichtigt. Um einen solchen Konflikt zu lösen, gibt die europäische Rechtsprechung eine Orientierung, denn der Gerichtshof der Europäischen Union hat in mehreren Fällen entschieden, dass der Schutz der öffentlichen Gesundheit Vorrang vor wirtschaftlichen Interessen haben muss.

Nachgewiesene Gesundheitsrisiken seit über 50 Jahren

Um der Position der ICNIRP entgegenzuwirken, werden in dem Anschreiben aus dem Jahr 2021 kurz die neuesten Forschungsergebnisse der EU-eigenen Expertengruppen eine große Sammlung europäischer und anderer internationaler Studien sowie frühere Untersuchungen der Auswirkungen von HFS auf Mensch und Umwelt vorgestellt. Alle menschlichen, biologischen und planetarischen Systeme sind aus beweglichen Ladungen, Frequenzen und Schwingungen aufgebaut. Das wissenschaftliche Verständnis der Rolle, die diese physikalischen Eigenschaften bei der Proteinfaltung, der Zellsignalübertragung, dem Gehirn und Sinnessystem spielen, steckt noch in den Kinderschuhen. In der Zwischenzeit entwickeln Ingenieure mit wenig Verständnis für Biophysik blindlings immer mehr Geräte, wodurch die natürlichen Frequenzmuster auf der Erde verändert und grundlegende biologische Prozesse beeinträchtigt werden.

Die derzeitigen Leitlinien sind irreführend, veraltet und unwissenschaftlich / Bedarf nach neuen Leitlinien:

In der 5G-Beschwerde wird explizit dargelegt, dass die meisten wissenschaftlichen Beweise darauf hindeuten, dass biologische Wirkungen, von denen viele das Potenzial haben, Schäden anzurichten, unterhalb der ICNIRP-Grenzwerte auftreten. Die Beweise für diese Position stammen aus Studien, die Veränderungen bei Neurotransmittern und Rezeptoren, Schäden an Zellen, Proteinen, DNA, Spermien, dem Immunsystem und der menschlichen Gesundheit bis hin zu Krebs zeigen. Der Appell 2021 warnt weiter, dass 5G-Signale wahrscheinlich zusätzlich Proteine entfalten, die Haut schädigen und Insekten, Vögel, Frösche und andere Tiere sowie Pflanzen schädigen.

Schlussfolgerungen für die EU-Politik

In dem Appell wird die EU darauf hingewiesen, dass es zum Schutz der EU-Bürger und der Umwelt nun an der Zeit ist:

- > anzuerkennen, dass ICNIRP und SCENIHR die wissenschaftlichen Erkenntnisse aufgrund von Industrieinflüssen falsch dargestellt haben,
- > SCENIHR- und ICNIRP-Mitglieder, die Industrieinteressen unterstützen, durch wirklich industrieunabhängige und sachkundige biologische und medizinische Forscher zu ersetzen; z.B. Forscher aus Gruppen wie Baubiologen, EUROPAEM, der BioInitiative-Gruppe und andere angesehene unabhängige Forscher,
- > das europäische Recht einzuhalten und damit den 5G-Plänen der Industrie, die hauptsächlich auf wirtschaftlichen Erwägungen beruhen, in Zukunft keinen Vorrang zu geben,
- > den Auftrag des EU-Vertrags zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der gesamten Umwelt zu befolgen, indem sie neue Richtlinien erstellen, die die Expositionsgrenzwerte senken und sich mit den Auswirkungen der Impulsfolge, der Aggregation und Komplexität der Signale befassen,
- > zu akzeptieren, dass die Gesundheitsrisiken real sind, da etwa 70 % aller Forschungsarbeiten in diesem Bereich (potenziell schädliche) biologische Effekte zeigen, die innerhalb der ICNIRP-Richtlinien auftreten.

Nach Angaben der Europäischen Kommission kann das Vorsorgeprinzip geltend gemacht werden, wenn ein Phänomen, ein Produkt oder Verfahren eine gefährliche Wirkung hat, welche durch eine wissenschaftliche und objektive Bewertung ermittelt wurde, selbst wenn diese Bewertung keine hinreichend sichere Bestimmung des Risikos ermöglicht. Die Relevanz des Appells von 2021 wird noch dringlicher, wenn man bedenkt, dass die EU die Einführung der sechsten Generation von Drahtlostechnologien (6G) plant, was die bekannten Risiken der HF-Technologie für Mensch und Umwelt noch weiter erhöht. Dies alles führt zu einer wichtigen Frage: Haben die Entscheidungsträger der EU das Recht, ihre eigenen Richtlinien zu ignorieren, indem sie dem wirtschaftlichen Gewinn Vorrang vor der Gesundheit von Mensch und Umwelt einräumen? (AT)



Grenzwerte und ihre Bedeutung

Das Problem der ICNIRP (Richtlinien)

Klitzing v. L (2023). The Problem of ICNIRP (Safety-Guidelines). *British Journal of Healthcare and Medical Research* 10 (2), 283–286. <https://doi.org/10.14738/jbemi.102.14402>

Statements von Bornkessel, Rösli, Enders, Hutter, Kreuzer zu den neuen ICNIRP-Richtlinien zur Exposition durch elektromagnetische Felder (2020), <https://www.sciencemediacenter.de/alle-angebote/rapid-reaction/details/news/icnirp-richtlinien-zur-exposition-durch-elektromagnetische-felder/>

Diagnose:funk, Brennpunkt Ausgabe Januar 2023: Die Auseinandersetzung um die Deutungshoheit zu Risiken der Mobilfunkstrahlung – Über Kampagnen eines Kartells von Industrie, Bundesamt für Strahlenschutz und ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)

Vorwort zum ICNIRP-Problem

Noch immer werden die schädlichen Einflüsse elektromagnetischer Felder im nicht-thermischen Bereich von Industrie und Behörden geleugnet, obwohl seit Jahrzehnten seriöse Ergebnisse unabhängiger Wissenschaftler und Forscher schädliche biologische Auswirkungen vielfach bewiesen haben. Im Unterschied zu der Arbeit von Lai und Levitt 2023 (s. o.) erkennen die Vertreter von ICNIRP und Behörden weiterhin nur thermische Wirkungen an.

Dazu passt eine befremdlich wirkende Veröffentlichung von Bornkessel u. a. von 2020, in der 4 von 5 Autoren keine neuen Erkenntnisse zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Mobilfunkstrahlung einschließlich der 5G-Strahlung sehen, die in die neuen ICNIRP-Richtlinien von 2020 aufzunehmen wären. Einzig Prof. Hans-Peter Hutter von der Medizinischen Universität Wien weist auf die nicht berücksichtigten vielen Studien hin, die Wirkungen im nicht-thermischen Bereich gefunden haben. Seinem Schlusssatz kann man nur zustimmen: „Die vorliegende Arbeit sollte bestenfalls ignoriert, aber keinesfalls für internationale Grenzwert-Festlegungen herangezogen werden.“ (Statement Hutter HP zu den ICNIRP-Richtlinien zur Exposition durch elektromagnetische Felder, <https://www.sciencemediacenter.de/alle-angebote/rapid-reaction/details/news/icnirp-richtlinien-zur-exposition-durch-elektromagnetische-felder/>)

Die unten besprochene Arbeit über die Untauglichkeit der ICNIRP-Richtlinien wurde von einem Pionier der Forschung zu den schädlichen Auswirkungen der Mobilfunkstrahlung in Deutschland durchgeführt, Dr. Lebrecht von Klitzing, der viele weitere Forschungsergebnisse produziert hat. Diagnose:funk hat in seiner letzten Brennpunkt-Ausgabe von Januar

2023 ausführlich zur Verflechtung von Industrie, Politik und ICNIRP berichtet (Diagnose:funk, Brennpunkt Ausgabe Januar 2023: Die Auseinandersetzung um die Deutungshoheit zu Risiken der Mobilfunkstrahlung – Über Kampagnen eines Kartells von Industrie, Bundesamt für Strahlenschutz und ICNIRP). Die Reichweite dieser Deutungshoheit erstreckt sich auf die Medien (Presse und Funk) und auch auf sogenannte Fachpresse von Medizinern.

Die Studie Klitzing v. L (2023)

Weltweit steigt die Zahl der Gesundheitsprobleme durch elektromagnetische Felder der drahtlosen Kommunikationstechnik, aber die Richtlinien der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) akzeptieren nur die Wärmewirkung auf biologische Systeme bei maximal 10 W/m^2 . Es gibt aber bei wesentlich geringeren Feldstärken biologische Reaktionen. Außerdem wurden von der ICNIRP nur kontinuierliche Felder als relevant festgelegt, niederfrequent modulierte Felder wurden nicht berücksichtigt, aber es ist gut bekannt, dass gepulste Felder, z. B. flackerndes Licht in Diskotheken, epileptische Anfälle auslösen können. WLAN (Wi-Fi) erzeugt ein mit 10 Hz moduliertes elektromagnetisches Feld, Langzeiteinwirkung kann in vielen Fällen zu Gesundheitsstörungen führen. Ein Beispiel sind die Ergebnisse dieser Fallstudie.

Studiendesign und Durchführung:

Die entspannte Person befand sich in einem abgeschirmten Raum, vor Beginn des Experiments wurde untersucht, ob es Störungen der WLAN und Messgeräte untereinander gab. Das Experiment wurde in 3 Schritten durchgeführt (1. Kontrolle, 2. unter Einwirkung eines aktiven WLAN-Routers und 3. Kontrolle nach Feldeinwirkung). Die Person hatte keine Informationen, ob das WLAN-Gerät an oder aus ist. Jeder Test dauerte 9 Minuten, am Kopf betrug die Immissionen $25\text{--}30 \mu\text{W/m}^2$. Untersucht wurden folgende Parameter: EKD (Elektrokardiogramm), Mikrozirkulation am Ohrfläppchen und EMG (Elektromyogramm) am Unterarm.

Ergebnisse:

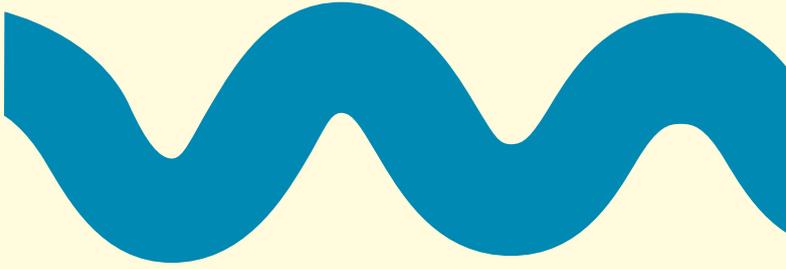
Die Testperson klagte über Gesundheitsprobleme, erhöhte Herzrate durch WLAN im Büro. Der Test ergab im EMG künstlich erzeugte 10-Hz-Signale während und nach WLAN-Bestrahlung; sie begannen etwa 5 Minuten nach Beginn der Bestrahlung. Zusätzlich erschien nach Ende der WLAN-Einwirkung eine 20-Hz-Oberwelle, die vor der Bestrahlung nicht vorhanden war. Außerdem sah man nach 5 Minuten eine Veränderung in der Mikrozirkulation des Blutflusses an der Hautoberfläche während und nach der WLAN-Einwirkung. Die normale Periodizität der Mikrozirkulation liegt bei etwa 7 Sekunden.

Schlussfolgerungen:

Diese Daten deuten auf Probleme in der Bioregulation von elektrosensiblen Personen durch elektromagnetische Felder unterhalb der ICNIRP-Richtlinien hin. Das heißt, Elektrosensibilität ist ein reales klinisches Symptom. Von der ICNIRP werden diese Ergebnisse nicht kommentiert, dort bezeichnet man das als psychisches Phänomen. Weltweit ist in der medizinischen Wissenschaft gut bekannt, dass künstliche Signale im EMG ein grundlegendes Problem des gesamten Nervensystems anzeigen. Ein abnormes EMG deutet genauso auf krankhafte Abweichungen im zentralen und peripheren Nervensystem hin, ähnlich wie ein abnormes EKG auf schwere Herzerkrankungen hinweist.

Deshalb sind die ICNIRP-Richtlinien nicht maßgebend in der Diskussion über biologische Wirkungen durch elektromagnetische Felder. (IW)

Diese Daten deuten auf Probleme in der Bioregulation von elektrosensiblen Personen durch elektromagnetische Felder unterhalb der ICNIRP-Richtlinien hin. Das heißt, Elektrosensibilität ist ein reales klinisches Symptom.



Adressen für weitere seriöse Informationen

Diagnose-Funk e.V. - Umwelt und Verbraucherorganisation zum Schutz vor elektromagnetischer Strahlung e.V., Deutschland:
www.diagnose-funk.org, info@diagnose-funk.de

Microwavenews, USA:
www.microwavenews.com, louis@microwavenews.com

Prof. Joel Moskowitz, Director of the Center for Family and Community Health at the School of Public Health, Berkeley (USA):
Institutshomepage: <https://publichealth.berkeley.edu/people/joel-moskowitz/>
EMF-Homepage: <https://www.saferemr.com/>

Prof. Devra Davis (USA):
<https://ehtrust.org/>, info@ehtrust.org

Prof. Igor Belyaev, Biomedical Research Center of the Slovak Academy of Science, Department of Radiobiology:
<http://www.biomedcentrum.sav.sk/research-departments/department-of-radiobiology/?lang=en#1511872381824-902b5256-2d98>,
<https://kurzelinks.de/jmi4>

Blog von Prof. Darius Leszczynski (Finnland):
www.betweenrockandhardplace.wordpress.com

Datenbanken

www.emfdata.org
www.emf-portal.de
www.orsaa.org

