

# ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

24. Jahrgang / Nr. 11

www.elektrosmogreport.de

November 2018

## Magnetwahrnehmung I

### PEMF induzieren ROS-Bildung durch Cryptochrom

**Wissenschaftler identifizieren bisher unbekannte Funktion des Magnetorezeptors Cryptochrom. Dies könnte helfen, die widersprüchliche, duale Reaktion des menschlichen Körpers auf Magnetfelder besser zu verstehen.**

Schwache elektromagnetische Strahlung im  $\mu\text{T}$ – $\text{mT}$  Bereich, die zunehmend unsere Umwelt belastet, wird mit dualen und augenscheinlich konträren Wirkungen auf die menschliche Gesundheit in Verbindung gebracht. Auf der einen Seite werden negative Effekte beschrieben, die eine Debatte über Sicherheits- und Belastungsgrenzen ausgelöst haben. Auf der anderen Seite werden schwache Magnetfelder, insbesondere gepulste elektromagnetische Felder (PEMF) zur Therapie eingesetzt, z.B. bei Linderung von Depressionen, Verringerung von Symptomen der Parkinson-Krankheit und Verringerung von Gedächtnisverlust. Derzeit besteht die Herausforderung, die Mechanismen dieser scheinbar gegensätzlichen Wirkungsweisen von elektromagnetischen Feldern zu identifizieren. Die Autoren stellten die Hypothese auf, dass biologische Magnetorezeptoren hierbei eine Rolle spielen könnten. Magnetorezeptoren ermöglichen es Organismen, ein Magnetfeld zu erfassen um Richtung, Höhe oder Ort wahrzunehmen. Magnetorezeption ist in Bakterien, Weichtieren und Mitgliedern aller wichtigen Wirbeltiergruppen vorhanden. Die Wissenschaftler untersuchten in ihrer Studie eine spezielle Klasse der Magnetorezeptoren, die Cryptochrome; das sind evolutionär konservierte Flavoproteinrezeptoren, die eine Rolle bei der Magnetosensorik von Pflanzen bis hin zu Zugvögeln spielen. Cryptochrome sind auch beim Menschen vorhanden, allerdings wird davon ausgegangen, dass Menschen keinen Magnetsinn besitzen.

Bei ihren Experimenten nutzen die Wissenschaftler PEMFs zur Magnetstimulation. Das PEMF wirkte mit einer Frequenz von 10 Hz und einer maximalen Intensität von 1,8 mT ein. In einem Versuch mit der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster*, einem gut untersuchten Modellsystem für magnetische Sensitivität, wurde analysiert, ob Cryptochrome eine Rolle bei der Wirkung von PEMFs spielen. Die Fruchtfliegen zeigen eine natürliche Vermeidungsreaktion auf statische Magnetfelder. Es wurde untersucht, ob das Platzieren eines Magnetfeldgenerators unter einer Ecke der quadratischen Petrischale den gewählten Verpuppungsort von Larven beeinflusst. Zwei verschiedene Stämme von Fruchtfliegen zeigten die erwartete Vermeidungsreaktion: signifikant weniger Larven wählten die Ecke, unter der der Generator angebracht war. Dieses Verhalten war nur bei blauem Licht (Aktivierung des Fruchtfliegen-Cryptochrom), nicht aber bei rotem Licht

(keine Aktivierung) zu beobachten. Änderung des Versuchsaufbaus durch Abschirmung der Petrischalen mit  $\mu\text{m}$ -Metall oder die Verwendung von mutierten Fliegen ohne Cryptochrom führten nicht zu dem beschriebenen Vermeidungsverhalten der Larven, was eine Rolle von Cryptochrom bei dem Verhalten bestätigt. Abschließend für den Verhaltensversuch untersuchten die Wissenschaftler transgene Fliegen, die kein Cryptochrom besaßen. Ihnen wurde menschliches Cryptochrom (HsCry1) ins Genom eingepflanzt. Die Bildung von HsCry1 führte in diesen defizitären Fliegen zu einer Wiederherstellung des Vermeidungsverhaltens. Zusammengefasst weisen diese Ergebnisse daraufhin, dass PEMF von Insekten durch *Drosophila*-Cryptochrom und humanem Cryptochrom detektiert werden kann. Nach dieser Bestätigung wollten die Forscher den grundlegenden Mechanismus identifizieren. Neuen Beobachtungen zufolge sind reaktive Sauerstoffspezies (ROS) ein Nebenprodukt bei der Aktivierung von Cryptochrom. Hohe Konzentrationen von ROS schädigen den Organismus, da sie oxidativen Stress verursachen, der Zellmembranen, Nukleinsäuren und Proteine angreifen kann. Auf der anderen Seite sind physiologische Konzentrationen von ROS positiv für den Organismus angesichts der beobachteten therapeutischen Wirkung von PEMF. Zunächst wollte die Arbeitsgruppe herausfinden, ob PEMF die Bildung von ROS stimuliert. Zu diesem Zweck wurden Insektenzellkulturen (Sf21) genetisch so verändert, dass sie *Drosophila*-Cryptochrom übermäßig bildeten. Anschließend wurden diese für 15 Minuten mit blauem Licht stimuliert. Die Autoren konnten zeigen, dass im Vergleich zu Zellkulturen ohne Lichtreiz eine erhöhte Produktion von ROS stattfand. Zellen ohne genetische Manipulation zeigten keine Anzeichen für ROS-Produktion. Die Daten weisen darauf hin, dass PEMF-Stimulation zu einer intrazellulären Anreicherung von ROS führt und diese Wirkung Cryptochrom benötigt. Anschließend untersuchten die Wissenschaftler menschliche Zellkulturen, um die Frage zu klären, ob Cryptochrome von Wirbeltieren in derselben Weise auf den PEMF-Reiz reagieren. Menschliche embryonale Nierenzellen (HEK293) wurden in Dunkelheit für 48 Stunden in An- bzw. Abwesenheit

#### Weitere Themen

##### Nierenschäden durch 2,45 GHz, S. 2

Die Strahlung erzeugt oxidativen Stress, Apoptose und histologische Veränderungen im Nierengewebe von Ratten.

##### Cryptochrome bei Säugetieren, S. 3

Cryptochrome scheinen bei Säugetieren verschiedene Mechanismen und Funktionen zu haben.

##### Rezension, S. 4

Nach Ansicht des Autors Jörg Heynkes kann nur die Digitalisierung die Welt retten.

von PEMF kultiviert. Nach der Inkubation wurde das Zellmedium auf  $H_2O_2$ , einem Nebenprodukt bei der ROS-Produktion, untersucht. Das Medium der PEMF-bestrahlten Zellen zeigte eine signifikant erhöhte Konzentration von  $H_2O_2$ . Die bestrahlten Zellen zeigten ein signifikant vermindertes Zellwachstum im Vergleich zu den unbestrahlten Zellen. Dies weist auf eine schädliche Wirkung der langfristigen PEMF-Einwirkung hin. Um herauszufinden, ob Cryptochrom bei dieser Wirkung eine Rolle spielt, regulierten die Autoren durch gentechnische Methoden die Bildung von Cryptochrom in den HEK293-Zellen herunter. Diese modifizierten Zellen zeigten weder bei Zellwachstum noch  $H_2O_2$ -Sekretion eine Reaktion auf PEMF. Anscheinend beeinflusst also die Wirkung von PEMF die Funktion von Cryptochrom auf die Bildung von ROS in menschlichen Zellen. Der Ort der ROS-Produktion innerhalb der Zelle stimmte mit der Lokalisation von Säugetiercryptochrom überein (Nucleoli, E.R. und Golgi-Apparat). Um die Beteiligung von Cryptochrom weiter zu bestätigen, wurden Mauszellen genetisch so verändert, dass diese kein Cryptochrom mehr bilden können. Die Autoren untersuchten immortalisierte embryonale Mausfibroblasten (MEF). Im Gegensatz zu den MEFs mit Cryptochrom bildeten die MEFs ohne Cryptochrom keine ROS. Zusammengefasst zeigen diese Daten, dass Cryptochrom notwendig ist für die PEMF-induzierte Bildung von ROS in Säugetierzellen. Eine Genexpressionsanalyse in HEK293-Zellen mit und ohne 3 Stunden PEMF-Stimulation zeigte, welche Gene zu einem bestimmten Zeitpunkt aktiv abgelesen wurden. Die Genexpressionsanalyse zeigte eine erhöhte Oxidoreduktaseaktivität bei den bestrahlten Zellen, was mit einer erhöhten Produktion von ROS übereinstimmt. Außerdem zeigten Promotoranalysen, dass es sich bei 75% der Promotoren, die durch PEMF induziert wurden, um Elemente handelt, die als Antwort auf ROS aktiviert werden. Man kann also sagen, dass zwei Ansätze mit verschiedener Methodik (Messung von ROS und Genexpressionsanalyse) darauf hinweisen, dass PEMF die Bildung von ROS in Zellkulturen induzieren. Die Forscher schließen aus ihrer Studie, dass selbst die Belastung mit schwachen Magnetfeldern eindeutige physiologische Folgen hat. Es ist zu beachten, dass die Spitzenleistung von weniger als 1,8 mT innerhalb einer Größenordnung der zulässigen Emissionen elektronischer Haushaltsgeräte für EMF liegt. (RH)

#### Quelle:

Sherrard RM, Morellini N, Jourdan N, et al. (2018): Low-intensity electromagnetic fields induce human cryptochrome to modulate intracellular reactive oxygen species. *Plos Biology* doi:10.1371/journal.pbio.2006229

### Hochfrequenzwirkung auf Nieren

## 2,45 GHz können zu Nierenschädigungen führen

**Wissenschaftler bestrahlen männliche Ratten bereits im Mutterleib mit 2,45 GHz-EMF. Dies verursacht oxidativen Stress, welcher wiederum die Nierenentwicklung negativ beeinflusst.**

Neuere Studien zeigen, dass in Berufsgruppen mit häufigerer Magnetfeldbelastung eine signifikante Erhöhung der Mortalität durch Nieren- und Nierenbeckenkrebs vorkommt. Frühere Daten haben gezeigt, dass verschiedene EMF-Dosen zu Entwicklungsstörungen der Nieren von Neugeborenen und Föten führen können. Schwangere Frauen sowie junge Kinder sind

heutzutage konstant Mobilfunk ausgesetzt. Das Ziel der Studie war, die Auswirkungen einer Langzeitbelastung mit HF-EMF während der Embryonal- und Neugeborenenphase auf das Nierengewebe männlicher Wistar Albinoratten zu untersuchen. 12 weibliche trächtige Ratten wurden in die drei Versuchsgruppen „pränatal“, „postnatal“ und „scheinbestrahlt“ (Kontrolle) verteilt. Bei der pränatal-Gruppe wurden Rattenembryonen während der gesamten Schwangerschaft sowie vom Tag 18 nach ihrer Geburt bis zur zwölften Woche bestrahlt (2,45 GHz; 0,1 W/kg; 1 Std/Tag). Die postnatal-Gruppe wurde nur zwischen Tag 18 nach der Geburt bis zur zwölften Woche ebenfalls mit 2,45 GHz; 0,1 W/kg; 1 Std/Tag bestrahlt.

Alle männlichen Nachkommen wurden am Ende der zwölften Woche geopfert und analysiert. Zunächst stellten die Wissenschaftler fest, dass keine Gewichtsunterschiede zwischen den drei Gruppen zu dem Zeitpunkt der Geburt und 12 Wochen nach der Geburt bestanden. Da HF-EMF bekanntermaßen zu erhöhter Bildung von reaktiven Sauerstoffspezies führen kann, die oxidativen Stress verursachen und dadurch den Organismus schädigen können, wurden anschließend Marker für oxidativen Stress untersucht. Malondialdehyd, das bei der Peroxidation mehrfach ungesättigter Fettsäuren entsteht, war bei der pränatalen Gruppe im Vergleich zur postnatalen und Kontrollgruppe signifikant erhöht. Die Konzentration des antioxidativen Enzyms SOD war im Nierengewebe der pränatalen Gruppe im Vergleich zur scheinbestrahlten Gruppe statistisch signifikant verringert. Nach der Analyse dieser zellulären Marker für oxidativen Stress, untersuchten die Autoren den „total oxidant status“ (TOS) sowie den „total anti oxidant status“ (TAS). Der TAS bestimmt die antioxidative Kapazität einer Probe an und wird als Äquivalent des Vitamin E-Derivats Trolox angegeben. Der TOS zeigt umgekehrt die oxidative Kapazität der Probe auf. Dieser wird als  $H_2O_2$ -Äquivalent angegeben. Der TAS-Wert im Nierengewebe der pränatalen Gruppe war im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant verringert, der TOS-Wert hingegen im Vergleich zur postnatalen und Kontrollgruppe signifikant erhöht. Neben den zellulären Markern weisen also auch die Redoxkapazitäten des Nierengewebes auf erhöhten oxidativen Stress hin. Das NAG/Kreatinin Verhältnis war sowohl bei der pränatalen als auch der postnatalen-Gruppe signifikant erhöht. Dieses ist ein Indikator für eine Beeinträchtigung der Nierenkanälchen. Es ist bekannt, dass dieses Verhältnis in den Nieren bei verschiedenen Krankheiten erhöht ist. Eine histopathologische Untersuchung bestätigte dieses Ergebnis. Die Autoren fanden leichte degenerative Erscheinungen der Nierenkanälchen unter dem Mikroskop. Außerdem erforschte die Arbeitsgruppe Faktoren, die die Apoptose (programmierter Zelltod) beeinflussen. Das anti-apoptische Protein Bcl-2 war sowohl in der pränatalen als auch der postnatalen Gruppe gegenüber der Kontrolle im Nierengewebe erhöht. Das pro-apoptische Protein Bax hingegen war in beiden Gruppen im Vergleich zur Kontrolle vermindert. Die Autoren ziehen den Schluss, dass die pränatale Belastung mit HF-EMF in frühen Phasen die Induktion von Apoptose verursachen kann. Außerdem könne laut den Autoren die Strahlung im Uterus ein ernsthafter Risikofaktor für chronische Nierenkrankheiten und destruktive proliferative Krankheiten (z.B. Krebs) sein. (RH)

#### Quelle:

Kuybulu AE, Öktem F, Çiriş IM, Sutcu R, Örmeci AR, Çömlekçi S, Uz E (2016): Effects of long-term pre-and post-natal exposure to 2.45 GHz wireless devices on developing male rat kidney. *Renal Failure* 38 (4), 571–580