

# ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

19. Jahrgang / Nr. 7

www.elektrosmogreport.de

Juli 2013

## Hochfrequenzwirkung

### Melatonin schützt vor oxidativer Schädigung durch 2,45 GHz

**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 Melatonin-gabe 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 Kokarzinogen 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  $\mu\text{mol/g}$  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 Melatoningruppe, 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  $\mu\text{mol/g}$  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 (A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, B und C wie oben) eingeteilt; die 2,45-GHz-Bestrahlung und Melatonin-gabe 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/m<sup>2</sup>, 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  $\beta$ -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 Sauerstoff-induzierter Schädigung (Lipidperoxidation) macht. Erhöhte

## Weitere Themen

### Umwelteinwirkungen von Hochfrequenz, S. 2

Frequenzen zwischen 10 MHz und 3,6 GHz steigen deutlich an und haben Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen, das ergab die Auswertung vieler Forschungsarbeiten.

### Mobilfunk beeinflusst Temperaturregulation, S. 3

An jungen Ratten wurde untersucht, wie sich die Bestrahlung mit 900- bzw. 1800-MHz-Strahlung auf Hauttemperatur und Nahrungsaufnahme auswirkt.

Konzentrationen 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 <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	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.

#### Quelle:

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. *European Archive of Oto-Rhino-Laryngology* 270, 1695–1700

Oksay T, Naziroğlu M, Doğan S, Güzel A, Gümrall N, Koşar PA (2013): Protective effects of melatonin against oxidative injury in rat testis induced by wireless (2.45 GHz) devices. *Andrologia* doi: 10.1111/and.12044

## Hochfrequenzwirkung auf die Umwelt

# Umweltfolgen vermehrter Hochfrequenzimmissionen

**Dieser Überblick gibt Auskunft über wissenschaftliche Arbeiten zu den Auswirkungen von Frequenzen zwischen 10 MHz und 3,6 GHz auf verschiedene Gruppen von Lebewesen. 113 Studien von über 450.000 wurden herausgesucht und die Ergebnisse zusammengefasst. In zwei Dritteln der Studien wurden signifikante Wirkungen sowohl bei hohen als auch bei niedrigen Dosierungen gefunden. Auch sehr geringe Feldstärken zeigen Wirkungen unter Bedingungen, die in der realen Umwelt vorzufinden sind.**

Die steigenden Nutzerzahlen im Mobilfunkbereich und die neuen Technologien wie WiFi, WLAN und WiMAX erfordern jedoch neue Untersuchungen, bisher gibt es zu wenige zu Kurz- und Langzeitwirkungen. Die möglichen ökologischen Wirkungen von Hochfrequenz sind kaum erforscht, häufig sind diese Untersuchungen nicht peer-reviewed und als so genannte graue Literatur vorhanden. Von der WHO sind nur die thermischen Wirkungen von Hochfrequenz anerkannt, angeblich gibt es keine weiteren bestätigten Wirkungen. Die hier verwendete Literatur war nicht auf Literatur zu biologischen Experimenten ausgerichtet, man durchsuchte die Datenbanken ISI Web of Knowledge und Google Scholar bis Oktober 2012. Nach Eingrenzung der über 450.000 Treffer verblieben 113 Arbeiten zur Auswertung nach festgelegten Kriterien. 90 % der Studien sind Laborexperimente mit klaren Endpunkten und Umweltrelevanz, 10 % sind Umwelt-Feldstudien. Die meisten Laborstudien befassten sich mit Wachstum, Entwicklung, Verhalten und Fruchtbarkeit als biologische Endpunkte. Für die Auswertung entschied man sich für die Gruppen Vögel, Insekten, andere Wirbeltiere, andere Organismen und Pflanzen. 26 Studien hatten Vögel untersucht, die meisten waren Laborstudien, in den 5 Feldstudien waren signifikante Wirkungen, vor allem bei 900 MHz, gefunden worden. Bei Insekten (8 von 12 Studien erfüllten die Kriterien) waren vor allem Bienen Untersuchungsobjekte. Diese Tiere reagieren auf Handystrahlung, bis hin zum Zusammenbruch des Bienenstocks. Zu Fruchtfliegen kamen 5 Studien zur Auswertung, alle fanden signifikante Wirkungen bei 900 und 1800 MHz. Bei anderen Insekten zeigten sich signifikante Unterschiede in der Orientierung und im Verhalten bei hohen und niedrigen Feldstärken. Mit anderen Wirbeltieren (Fledermäuse, Kaninchen, Affen, Mäuse und Ratten) wurden 50 Arbeiten mit 62 ökologischen Experimenten zu Fruchtbarkeit, Wachstum, Verhalten und Sterbehäufigkeit einbezogen, 50 % davon wurden an Ratten durchgeführt. Viele fanden signifikante Unterschiede, einige andere nicht. Zu den anderen Organismen (Bakterien, Würmer und Schnecken) gab es 4 Studien mit 8 Experimenten, alle zeigten signifikante Unterschiede. Bei Pflanzen sowie Hefe (16 Studien mit 29 Experimenten) ergaben sich signifikante Ergebnisse bei vermindertem Wachstum und oxidativem Stress.

Die Synthese aus dieser Arbeit ist, dass man mehr ökologische Studien mit vergleichbarer Vorgehensweise braucht. Bei den Feldstudien konnten in den verschiedenen Studien keine klaren Zusammenhänge zwischen Feldstärke und Wirkung festgestellt werden. Manche Experimente waren mit Dosierungen durchgeführt worden, die man kaum in der realen Umgebung vorfindet. Als allgemeiner Trend gilt, dass es in verschiedenen Studien keinen klaren Zusammenhang zwischen maximaler Wirkung und der verabreichten Strahlungs-Dosis gibt. Denn es gab auch bei sehr geringen Feldstärken signifikante, ökologisch relevante Wirkungen, und diese Feldstärken sind ver-