

und Lutein) waren die Gehalte in den Kontrollen generell höher: Der Chlorophyllid-Gehalt war nach 5 Tagen 24 % und nach 6 Tagen 25 % höher, der der Carotinoide um 15 % bzw. 18 % höher.

Die Umbildung der Chlorophyllide nach Belichtung der im Dunkeln gehaltenen Pflanzen (Shibata-shift) war bei den ICR-Pflanzen verzögert, nach 7 Minuten stark, nach 20 Minuten hatten sie aufgeholt. (Der Shibata-Shift ist ein Maß für die Umbildung der Chlorophyll-Vorstufen in lichtwirksames Chlorophyll.)

Die etiolierten Blätter wurden 10 Sekunden mit 1500 W/m<sup>2</sup> normalem Licht bestrahlt. Ergebnis: Signifikant verzögerte Regeneration der Chlorophyllbildung in den ICR-Pflanzen nach 180 Minuten (84 % gegenüber 96,5 % in Kontrollen).

Nach diesen Untersuchungen waren noch 50 % der Pflanzen übrig. Diese wurden unter Normalbedingungen weiterkultiviert. Am Tag 12 (eine Woche nach der 1. Untersuchungsreihe) wurde wieder mit UV-Spektroskopie untersucht. Der Gehalt an Chlorophyll a+b betrug in den ICR-Pflanzen 71,4 % von dem der Kontrollen, das Verhältnis von Chlorophyll a zu Chlorophyll b war aber bei beiden gleich.

Bei der mikroskopischen Untersuchung konnten in den ICR-Pflanzen mehr vereinzelte Chloroplasten und mehr freies Chlorophyll gefunden werden, was nach einer Schädigung der Chloroplasten aussieht.

Nach 10 Wochen des Wachstums unter normalen Licht- und Temperaturbedingungen waren immer noch Unterschiede zu sehen: weniger Wachstum, gelbe Blätter und Trockensymptome bei den ICR-Pflanzen. Die Wasseraufnahme scheint gestört zu sein, was zu Trockenstress führt. Dies ist möglicherweise die Ursache für das verzögerte Wachstum, hervorgerufen durch das 50-Hz-Wechselfeld.

Die Wissenschaftler folgern aus den Experimenten: Insgesamt könnte die Austrocknung der Gerstenpflanzen, die den Feldern ausgesetzt waren, die Effekte erklären. Die Frage ist, ob es ein Regulationsproblem ist oder ob die Eigenschaften der Elektrolyte, z. B. die veränderte Verfügbarkeit von Kalzium-Ionen, induziert durch elektromagnetische Felder, dafür verantwortlich sind. Oder es könnten veränderte Viskositätsbedingungen sein, die den Wassertransport behindern. Man kann sich vorstellen, dass diese feldinduzierten Wasserdefizite in den Zellen auch in anderen Organismen vorkommen; insbesondere, wenn die Zyklotron-Effekte durch Wasser-Ionen selbst erzeugt werden und nicht durch Proteine oder Lipidmembranen.

#### Quelle:

Pazur A, Rassadina V, Dandler J, Zoller J (2006): Growth of etiolated plants in weak static and 50 Hz electromagnetic fields tuned to calcium ion cyclotron resonance. BioMagnetic Research and Technology 4 (1); Download: [www.biomagres.com/content/4/1/1](http://www.biomagres.com/content/4/1/1)

#### Tierforschung

## Magnetfelder schützen Haie vor dem Tod im Fischernetz

**Ein Forscher wurde mit einem Preis ausgezeichnet, weil er eine Erfindung gemacht hat, die Haie davon abhalten kann, in Fischernetze zu geraten. Die Auszeichnung wird vom WWF (World Wide Fund for Nature) verliehen, der seit 2004 den Wettbewerb „Schlaue Netze“ durchführt.**

Es klingt paradox. Man weiß, dass immer wieder Tiere durch störende künstliche Magnetfelder abgelenkt werden und auf

den Wegen zu ihren Brutplätzen in die Irre geführt werden. Bekannt ist, dass Meeresschildkröten, Zugvögel, Bienen und Wale mit Hilfe des Erdmagnetfeldes ihre Zielgebiete finden. Man geht davon aus, dass winzige Magnetitkristalle (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) in den Zellen bestimmter Gewebe dabei eine Rolle spielen.

Doch durch die Erfindung des Amerikaners Michael M. Herrmann von der amerikanischen Organisation „SharkDefense“ kann die Wirkung von Magnetfeldern nutzbringend für Tiere eingesetzt werden. Die Idee: Kleine, sehr starke Magnete werden oberhalb der Angelhaken am Netz angebracht. Haie sind sehr empfindlich gegenüber Magnetfeldern und so könnten sie abgeschreckt werden. Damit werden sie davor bewahrt, als „Beifang“ in die riesigen Netze zu gelangen und verletzt oder getötet zu werden.

Vor einigen Jahren haben Forscher von der Universität Hawaii nachgewiesen, dass Haie von Magnetfeldern beeinflusst werden. Das Experiment wurde mit Hammerhaien in einem Wasserbecken, das mit einer Spule zur Erzeugung eines Magnetfeldes umgeben war, durchgeführt. Die Tiere wurden darauf trainiert, zu einer definierten Futterstelle im Becken zu schwimmen, wenn das Magnetfeld vorhanden war. Die Haie waren somit konditioniert, Futter mit Magnetfeldern in Verbindung zu bringen. Nach einiger Zeit wurde das Magnetfeld zufallsmäßig eingeschaltet, und die Tiere schwammen bei eingeschaltetem Magneten zum Futterplatz, auch wenn kein Futter vorhanden war.

Die Forscher wissen nicht, welcher Art die Sensoren für die Magnetfelder bei Haien sind, Magnetit wurde nicht im Haigewebe gefunden. Man spricht von Elektro-Rezeptoren, deren Ort und Funktionsweise im Körper der Tiere aber noch nicht bekannt ist.

#### Quellen:

[www.umweltjournal.de/fp/archiv/AfA\\_technik/10465.php](http://www.umweltjournal.de/fp/archiv/AfA_technik/10465.php)

[www.wwf.de](http://www.wwf.de)

#### Forschung

## Zink vermindert die Effekte von elektromagnetischen Feldern

**Wenn Ratten zusätzlich mit Zink versorgt werden, wird die Zellschädigung durch elektromagnetische Felder reduziert. Die Forscher gehen davon aus, dass die Peroxidation beim Fettabbau vermindert wird und so die Zellmembranen weniger geschädigt werden.**

Viele Studien deuten darauf hin, dass eine der Wirkungen von Niederfrequenzfeldern die Bildung von Radikalen ist, was u. a. eine Schädigung der Zellmembranen zur Folge hat (s. S. 4). Um dies zu überprüfen, wurden bei diesem Experiment 24 männliche Ratten 6 Monate lang einmal pro Tag 5 Minuten lang mit 50-Hz-Feldern bestrahlt.

Die Tiere wurden in drei Gruppen eingeteilt.

Gruppe 1: Kontrollgruppe, die scheinexponiert und mit physiologischer Kochsalzlösung behandelt wurde.

Gruppe 2: Behandlung mit 50-Hz-Magnetfeldern und physiologischer Kochsalzlösung in die Bauchdecke (intraperitoneal).

Gruppe 3: Behandlung mit 50-Hz-Magnetfeldern und Zinklösung intraperitoneal.

Anschließend wurden die Tiere getötet und das Hirngewebe, das Blutplasma und die Erythrozyten (rote Blutkörperchen) im Labor untersucht. Gemessen wurde der oxidative Stress, die Aktivität des Antioxidans-Systems (Glutathion-Konzentration; Glutathion ist ein Reduktionsmittel, das bei oxidativem Stress verbraucht wird) und die Zink-Konzentration im Blutplasma. Der oxidative Stress war im Blutplasma und im Hirngewebe signifikant erhöht, die Glutathion-Konzentration im Hirngewebe und in den Erythrozyten war signifikant erniedrigt gegenüber den Kontrolltieren.

Im Plasma war die Zinkkonzentration bei den dem Magnetfeld ausgesetzten Tieren signifikant niedriger als bei den Kontrolltieren. Das deutet auf eine Peroxidation der Membranfette hin, was durch die Zinkionen vermindert werden kann. Auch im Hirngewebe und in den Erythrozyten konnte eine positive Wirkung des Zinks ermittelt werden. Im Blutplasma der Tiere, die den elektromagnetischen Feldern ausgesetzt waren, wurde eine geringere Zink-Konzentration gemessen.

Die elektromagnetischen Felder könnten die Funktion der Radikalfänger stören, was zu einer oxidativen Schädigung im Gewebe führt. Zinkmangel verstärkt diesen Effekt. Zink bewirkt eine Schutzwirkung gegen oxidativen Stress in Rattenhirnzellen, indem es den Glutathionspiegel erhöht. Somit könnte eine ausreichende Zinkversorgung dazu beitragen, dass die schädliche Wirkung von elektromagnetischen Feldern auf Zellebene verringert wird.

Schlussfolgerungen: Langzeit-EMF-Exposition führt zu Lipid-Peroxidation in Rattenhirnzellen und vermindert den Zinkspiegel im Blutplasma. Zinkgabe vermindert die durch elektromagnetische Felder hervorgerufene Lipid-Peroxidation in Rattenhirnzellen.

#### Quelle:

Bediz CS, Baltaci AK, Mogulkoc R, Öztekin E (2006): Zinc Supplementation Ameliorates Electromagnetic Field-Induced Lipid Peroxidation in the Rat Brain. *Tohoku Journal of Experimental Medicine* 208, 133–140

#### Information

## BfS: Mobilfunk als Thema im Schulunterricht

**Das umfangreiche „Unterrichtsmaterial Mobilfunk“ mit dem Untertitel „Handyführerschein für Einsteiger“ vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) enthält viele Arbeitsblätter und praktische Hinweise, die für den Unterricht übernommen werden können. Leider wird das Thema Gesundheitsschutz zu kurz und widersprüchlich behandelt.**

Das Unterrichtsmaterial ist für Schüler ab Klasse 5 gedacht. Auf ca. 160 Seiten wird alles rund um das Thema Handy abgehandelt: von den physikalischen und technischen Grundlagen über Nutzungsverhalten und Höflichkeitsregeln bis zur Schuldenfalle Handy.

Zunächst gibt es allgemeine Informationen für die Lehrer. Nach einer Umfrage von 2004 haben schon Kinder unter 10 Jahre ein Handy, das sie vor allem für das Verschicken von SMS benutzen. Die meisten Jugendlichen haben Handy-Kosten zwischen 20 und 30 €, das ist mehr als sie für Freizeitaktivitäten ausgeben.

Als Lernziele werden Grundlagen zu Technik und Funktion, Aufklärung über mögliche gesundheitliche Risiken, verantwortungsbewusster Umgang mit dem Handy u.a. angegeben.

Die Themen können in die verschiedenen Fächer integriert werden, z. B. in den Physik- oder Arbeitslehreunterricht oder Mathematik-, Biologie- und Deutschunterricht.

Die Arbeitsblätter sind gut strukturiert, haben viele Aspekte einbezogen und sind schülergerecht aufbereitet (Fragebögen, Karikaturen). Die Schüler werden aufgefordert, selbst aktiv den Unterricht zu gestalten und sich in Gruppenarbeit Ergebnisse zu erarbeiten, indem sie beispielsweise Fragebögen ausfüllen lassen und diese anschließend auswerten. Andere Arbeitsblätter regen die Schüler zum Nachdenken an, über den Nutzen von Handys, wann und wie oft sie benutzt werden und welche Kosten dabei entstehen. Die Schüler lernen auch, wie man sich über Kosten (z. B. Tarife, Haupt- und Nebenzeiten) und SAR-Werte (Blauer Engel) informiert, und dass z. B. die ständige Erreichbarkeit Vor- und Nachteile hat.

Beim Thema Funktionsweise des Handys wird den Schülern viel Verständnis für Technik und Physik abverlangt. Die Fachbegriffe, Grundlagen der elektromagnetischen Wellen, Frequenzen, Funkzellen, Übertragungstechnik, Antennen usw. werden detailliert abgehandelt.

Gleiches würde man sich auch für den Bereich Gesundheitsrisiken wünschen. Die Inhalte zu den Wirkungen auf den Körper umfassen thermische und athermische Effekte, Grenz- und SAR-Werte und Vorgehensweise in der Wissenschaft (Epidemiologische Studien, Tier- und Zellexperimente), diese werden aber reichlich theoretisch und kurz dargestellt. Dagegen nimmt die „kontroverse Diskussion“ in der Öffentlichkeit viel Raum ein. Tendenz: Handystrahlung ist ungefährlich und die Wissenschaftler, die eine Gesundheitsschädigung für möglich halten, werden unschwellig abqualifiziert. In einem gestellten „Interview“ wird eine namenlose Biologin aus dem Bundesamt für Strahlenschutz zur Gefährdung durch Handystrahlung und Forschungsergebnissen befragt. Die Antworten suggerieren, dass nur die Gremien der Weltgesundheitsorganisation (WHO), die Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) und die Strahlenschutzkommission (SSK) die Forschungsergebnisse richtig beurteilen können („Diesen kann man glauben.“, S. 92). Oder: „Die Mehrheit der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind aufgrund der vielen durchgeführten Untersuchungen zurzeit der Meinung, dass keine gesundheitlichen Risiken von der Mobilfunktechnologie ausgehen, wenn die Grenzwerte eingehalten werden.“ Aber: „Bei den Bewertungen haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aber auch in einigen Studien Hinweise gefunden, dass unterhalb der Grenzwerte doch ein geringes Risiko für die Gesundheit bestehen könnte.“ (S. 86 bzw. S. 83)

Bei einer Frage im Interview geht es um Kopfschmerzen durch Telefonieren. Dazu heißt es: „Es gibt viele Gründe dafür, dass Menschen Kopfschmerzen bekommen können. Sie sitzen nicht gut, sie strengen ihre Augen zu sehr an, weil sie im Halbdunkeln sitzen, sie pressen das Telefon zu stark an das Ohr oder sie halten den Kopf nicht richtig beim Telefonieren.“

Zur Vorsorge wird empfohlen, nicht zu lange mit dem Handy zu telefonieren, lieber eine SMS zu schicken, möglichst nicht in geschlossenen Räumen zu telefonieren, ein Headset und ein strahlungsarmes Handy zu benutzen.

Das Unterrichtsmaterial kann beim Bundesamt für Strahlenschutz unter [info@bfs.de](mailto:info@bfs.de), ([www.bfs.de](http://www.bfs.de)) heruntergeladen, online bestellt werden oder schriftlich unter

Bundesamt für Strahlenschutz  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Postfach 10 01 49  
38201 Salzgitter