

# ElektrosmogReport

Fachinformationsdienst zur Bedeutung elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit

17. Jahrgang / Nr. 10

www.elektrosmogreport.de

Oktober 2011

Wirkung niederfrequenter Magnetfelder

## Niederfrequente Felder beeinflussen die Schmerzschwelle

**Abhängig von Frequenz und Feldstärke können bestimmte Kombinationen der beiden zu Verminderung der Schmerzempfindlichkeit führen, wenn das äußere Magnetfeld abgeschirmt ist. Wahrscheinlich sind die Opioid-Rezeptoren beteiligt. Hier sollte die Schwelle bestimmt werden, bei der sich das Schmerzempfinden verändert.**

In Experimenten wurde nachgewiesen, dass Abschirmung der umgebenden Magnetfelder für eine Stunde pro Tag Schmerzempfindlichkeit (Anti-Nozizeption/Analgesie) erzeugt, die am 5. Tag am stärksten ausgeprägt ist. Die Abschirmung reduziert statische und niederfrequente Felder etwa 100-fach bei Feldern unter 120 Hz. Möglicherweise ist das auf Opioid-Wirkung zurückzuführen. Das wurde getestet an Mäusen, die in einer dunklen abgeschirmten Kammer gehalten wurden. Auch Wellenlänge und Stärke des Lichts spielen eine Rolle: Bei abgeschirmtem Magnetfeld und Beleuchtung der Kammer verschwindet die analgetische Wirkung. Dafür sind nicht elektrische Felder und nicht statische Magnetfelder verantwortlich. Es könnten niederfrequente Felder im Bereich von 10–240 Hz sein, die meistens niedriger als 200 nT liegen und in unserer Umgebung durch elektrische Leitungen und Geräte entstehen. Da die in Experimenten angewendeten Felder die Analgesie verschwinden lassen, geht man davon aus, dass Mäuse die schwachen Felder spüren können. So kann man evtl. schwer erfassbare biophysikalische Mechanismen enträtseln, wenn man spezifische Frequenzen austestet. Um die Schwelle zu ermitteln, wurden 4 verschiedene Experimente durchgeführt mit 2 bis 4 Monate alten männlichen Mäusen. Diese werden getestet auf Schmerzempfindlichkeit (Nozizeption), indem die Reaktionszeit des Fußanhebens auf einen Hitzereiz von 50 °C (Hot-Plate-Test) bzw. des Leckens der Pfoten beobachtet und aufgezeichnet wird. Die Feldstärken innerhalb der abgeschirmten Kammer betragen 0,2–0,35 µT beim statischen und < 0,001 mT für das 60-Hz-Feld, d. h. etwa um den Faktor 100 verringert gegenüber der Umgebung 0 bis 125 Hz. Je eine Stunde pro Tag wurde das Magnetfeld abgeschirmt. Da festgestellt wurde, dass Licht die analgetische Wirkung vermindern oder aufheben kann, wenn es gleichzeitig einwirkt, wurde Licht ausgeschaltet als Störfaktor in den scheinbehandelten und abgeschirmten Kammern. Vier Experimente wurden durchgeführt: das erste zur Bestimmung der Schwelle bei 30 Hz, das zweite zur Bestimmung der Verminderung bei 120 Hz, das dritte zur Bestimmung der Verminderung bei 10, 60, 100 und 240 Hz und das vierte um zu bestimmen, ob die Wirkung verändert wird, wenn das Produkt aus Feldstärke und Frequenz konstant bleibt, wobei Feldstärke und Frequenz um den Faktor 8 variiert wurden. Im Experiment 1 wurden an 5 aufeinander folgenden Tagen 120 Mäuse für 1 Stunde den 6 verschiedenen

Bedingungen (Scheinbehandlung = ohne Abschirmung, positive Kontrolle = Abschirmung der statischen und niederfrequenten Felder und 25, 50, 100 oder 500 nT bei 30 Hz abgeschirmte Kammer) ausgesetzt und vor und nach der Exposition die „Heiße-Platte-Latenz“ in Sekunden gemessen. Das sind 20 Tiere pro Ansatz. In Experiment 2 bei 120 Hz, sonst alles gleich, Experiment 3 wie Experimente 1 und 2, aber 10 Tiere pro Gruppe (60 gesamt) und die Expositionsbedingungen waren 60 Hz bei 300 nT, 240 Hz bei 300 nT, 10 Hz bei 500 nT und 100 Hz bei 500 nT. Das 4. Experiment wurde mit 30 Tieren pro Gruppe durchgeführt wie die Experimente 1 und 2, aber der Spitzenwert der Felder betrug 6000 nT-Hz (50 Hz bei 120 nT, 100 Hz bei 60 nT, 25 Hz bei 240 nT und 12,5 Hz bei 480 nT). Die Experimente wurden im Blindverfahren durchgeführt; eine Person führte die Experimente durch, eine analysierte die Daten und eine sorgte für die Verblindung.

Bei 50, 100 und 500 nT verminderte sich die Wirkung abhängig von der Feldstärke; bei 120 Hz war bei allen Feldstärken signifikante Verminderung der Analgesie zu vermerken. Bei 10, 60, 100 und 240 Hz mit Feldstärken von 500, 300, 500 und 300 nT wurde die induzierte schmerzlindernde Wirkung ebenfalls vermindert. Keine Exposition ließ die Wirkung verschwinden, außer vielleicht bei 120 Hz und 500 nT. Wenn das Produkt aus Feldstärke und Frequenz konstant bei 6000 nT-Hz gehalten wurde, war auch bei 12,5, 25, 50 und 100 Hz die Abschwächung konstant. Das zeigt, dass der Wahrnehmungs-Mechanismus abhängig ist vom nT-Hz-Produkt. Die ermittelte Schwelle liegt nach diesen Experimenten bei 1000 nT-Hz oder darunter. Keine Abhängigkeit besteht für Frequenz und Feldstärke, wenn das Produkt aus Feldstärke und Frequenz konstant bei 6000 nT-Hz bleibt. Die 6000 nT-Hz-Exposition in Experiment 2 (50 nT, 120 Hz) zeigt ähnliche Verminderung wie die 4 Exposition in Experiment 4. Im Dunkeln gehaltene Mäuse können ein Feld von 1000 nT-Hz spüren, wenn das Magnetfeld der Umgebung abgeschirmt ist. Die maximale Verminderung wird bei 6000 nT-Hz erreicht. Ein auffälliger Punkt ist bei 60 Hz, wo die Verminderung bei 0,292 lag und 0,7 erwartet wurden. Es könnte sein, dass im Verlauf von meh-

### Weitere Themen

#### Mikrowellen schädigen Mäuse, S. 2

Dauerhafte Bestrahlung mit 2,45 GHz verändert Verhalten, Blutbild, Spermien und DNA bei Mäusen.

#### Magnetresonanz schädigt Lymphozyten, S. 3

Wenn Lymphozyten-Kulturen im Diagnosegerät den Feldern ausgesetzt sind, entstehen DNA-Schäden.

#### Rezension, S. 3

Ein umfassendes Werk zu allem, was mit elektrischer Energieversorgung zu tun hat, ist in einer neuen Auflage erschienen.

renen Generationen die Labormäuse, die ja 60-Hz-Felder in ihrer Umgebung in Nordamerika haben, eine Art Filter für diese Frequenz entwickelt haben. Die 4 Experimente stimmen überein, wenn man von dem 60-Hz-Punkt absieht.

Es wurde in der Vergangenheit wiederholt gezeigt, dass Opioid-induzierte Schmerzempfindlichkeit durch einfache Sinus-Felder vermindert werden kann. Bisher waren aber die Experimente nie unter abgeschirmten Bedingungen durchgeführt worden, so dass man bisher keine Tests zu nT-Hz-Werten hat, die den Feldstärken in der normalen Umgebung entsprechen. Gezeigt wurde mehrfach von verschiedenen Arbeitsgruppen, dass eine deutliche Senkung des niederfrequenten Magnetfeldes durch Abschirmung das Opioid-bezogene Verhalten beeinflusst. Die einmalige Exposition für 2 Stunden reduziert die stress-induzierte Schmerzempfindlichkeit und, wie hier und woanders gezeigt wurde, 1 Stunde täglich induziert die Schmerzempfindlichkeit. Hier wurde gezeigt, dass etwa 100-fach verminderte umgebende niederfrequente Felder das Schmerzverhalten von Mäusen verändern. Wiederzuführung der Felder hebt etwa 70 % der induzierten Analgesie auf. Das spricht stark dafür, dass Mäuse umgebende niederfrequente Felder spüren und darauf reagieren können. Diese Experimente erhärten die Annahme, dass es einen biophysikalischen Transduktionsmechanismus für die Verringerung der induzierten der Schmerzempfindlichkeit gibt. Es gibt bestimmte Mechanismen der Wahrnehmung, z. B. die Zyklotron-Resonanz, die voraussetzen, dass gleichzeitig ein statisches und ein Wechselfeld einwirkt. Vielleicht ist die Bindungsstelle für das  $\text{Ca}^{2+}$ -Ion im Metall-Ion-Protein Calmodulin der Angriffsort.

Die Anwesenheit von Licht kann auch die durch Abschirmung niederfrequenter Felder induzierte Schmerzempfindlichkeit vermindern, bei einer Wellenlänge und Intensität ähnlich wie sie bei der Orientierung von Vögeln und Molche am Erdmagnetfeld wirksam ist. So könnten die beiden Wirkungen – Orientierung und Schmerzempfindlichkeit – auf ähnlichen Mechanismen beruhen. Oder es gibt Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Mechanismen, die ähnlich wie bei der Orientierung funktionieren. Bei der Verminderung der Opioid-induzierten Anti-Nozizeption durch niederfrequente Felder gibt es eine lichtabhängige und eine lichtunabhängige Wirkung, so gibt es wohl mindestens zwei Mechanismen. Die Wirkung von Licht könnte ein wichtiger Faktor für das Einleiten des Transduktionsmechanismus im Zusammenhang mit dem Opioid-Rezeptor sein, es könnte aber auch sein, dass das Licht die Wahrnehmung mit der anschließenden Kaskade koppelt, die die Nozizeption bewirkt. Licht könnte eine Doppelrolle spielen: eine ist assoziiert mit der Magnetfeld-Wahrnehmung und eine mit dem Spüren des Reizes. Eine mögliche Erklärung für die induzierte Analgesie unter Abschirmung des Magnetfeldes ist, dass, wenn der Licht-Impuls fehlt, das Spüren der Magnetfeldfreiheit möglich ist. Das würde zum Verlust der Anti-Nozizeption passen, wenn die Abschirmung zusammen mit Licht auftritt oberhalb einer bestimmten Schwelle. Jedenfalls konnte hier gezeigt werden, dass die Mäuse Licht brauchen, um die Magnetfelder zu spüren. Es ist eine große Herausforderung der biologischen Forschung, den Mechanismus der Magnetorezeption bei Tieren herauszufinden. Es müssen mehrere Mechanismen existieren, die vielleicht alle eine ähnliche physiologische Wirkung haben, das signalisiert die Arbeit an Opioid-bezogenem Verhalten der letzten Jahrzehnte.

#### Quelle:

Prato FS, Desjardins-Holmes D, Keenlside LD, DeMoor JM, Robertson JA, Stodilka RZ, Thomas AW (2011): The Detection Threshold for Extremely Low Frequency Magnetic Fields May Be Below 1000 nT-Hz in Mice. *Bioelectromagnetics* 32, 561–569

## Hochfrequenzwirkung

# 2,45-GHz-Strahlung verändert Hirnfunktionen und Blutwerte

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

Es gibt kaum Experimente, die nach Mikrowellenbestrahlung viele Parameter in einem Organismus untersucht haben, vor allem ist nicht bekannt, welche Rolle der Tag-Nacht-Rhythmus spielt. Dies wurde hier untersucht, zusammen mit Hirn- und Leberfunktionen, Blut- und DNA-Schäden.

10 männliche Mäuse wurden in 2 Gruppen geteilt, je 5 Tiere wurden bestrahlt bzw. scheinbestrahlt, und zwar über 30 Tage 2 Stunden/Tag (9.00–11 Uhr) mit kontinuierlicher (ungepulster) Mikrowellenstrahlung von 2,45 GHz (0,02564 mW/cm<sup>2</sup> und 0,03561 W/kg) in Käfigen. Zu bestimmten Zeiten wurden die Untersuchungen gemacht. Die erste Beobachtung des Laufens im Rad begann 10 Tage vor der Bestrahlung und endete am 7. Tag während der Bestrahlung; der 2. Beobachtungszeitraum war vom 23.–30. Tag. Vom 16.–22. Tag der Exposition wurde das Bewegungsmuster der Tiere im Wasserlabyrinth aufgezeichnet. Am Ende erfolgten die Untersuchungen von Blut (rote und weiße Blutzellen, die Enzyme SGOT = Serum-Glutamate-Oxalacetat-Transaminase und SGPT = Serum-Glutamat-Pyruvat-Transaminase), des Hirns auf DNA-Schäden (Komet-Test), der Hoden auf Zahl und Beweglichkeit der Spermien.

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

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

#### Quelle:

Chaturvedi CM, Singh VP, Singh P, Basu P, Singaravel M (2011): 2.45 GHz (CW) Microwave Irradiation Alters Circadian Organization, Spatial Memory, DNA Structure in the Brain Cells and Blood Cell Counts of Male Mice, *Mus Musculus*. *Progress In Electromagnetics Research B*, 29, 23–42