

lungensintensität im Kopf und der Lage des Tumors gibt es nach diesen Zahlen nicht. Allerdings war die Fallzahl gering. Die Autoren meinen, dass eine 4- bis 6-fach höhere Fallzahl mit hinreichender Genauigkeit einen Risikofaktor von 2,4 ergeben könnte.

#### Quelle:

Hartikka H, Heinävaara S, Mäntylä R, Kähärä V, Kurttio P, Auvinen A (2009): Mobile Phone Use and Location of Glioma: A Case-Case Analysis. *Bioelectromagnetics* 10.1002/bem.20471

**Kommentar zu den Ergebnissen:** Die Tatsache, dass es nur eine statistisch signifikante Zahl gibt bei dieser Art der Berechnung, liegt vielleicht an der geringen Fallzahl. Man fragt sich, warum die Wissenschaftler nur die Jahre 2000–2002 betrachtet haben. Man hätte auch einige Jahre danach einbeziehen können, wenn man die Arbeit 2009 veröffentlicht.

Dass es in einem unerwarteten Fall Signifikanz gab, kann – neben der geringen Fallzahl – vielleicht auch daran liegen, dass man so gut wie nichts weiß über das Verhalten der Strahlung in lebender Materie, sprich Knochen, Hirnhäuten und Nervengewebe oder anderen Strukturen. Zudem kommt es im Bereich der nicht-ionisierenden Strahlen immer wieder zu dem bekannten Phänomen der nicht-linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung. Niemand weiß, ob das auch hier zutrifft, abgesehen von möglichen noch unbekanntem indirekten Wirkungsmechanismen.

#### NF: Magnetfeldwirkung bei Tieren

## Magnetfelder reduzieren Schmerzen bei Mäusen

**Diese Experimente haben gezeigt, dass statische Magnetfelder das Schmerzempfinden stark reduzieren können. Daran ist das Opioid-Rezeptor-System beteiligt, wie Kombinationen von statischen Magnetfeldern mit verschiedenen Opioid-Antagonisten gezeigt haben.**

Schmerz ist ein sehr komplexes Geschehen, an dem das Gehirn und periphere Nerven beteiligt sind. Auch heute noch sind Morphine und Aspirin die häufigsten Schmerzmittel, obwohl sie unerwünschte Nebenwirkungen haben. Es wurden viele Anstrengungen unternommen, bessere Mittel zu entwickeln, sie mussten aber wegen schwerer Nebenwirkungen mit Todesfällen durch Herz-Kreislauf-Probleme vom Markt genommen werden (Vioxx). Es gibt andere Ansätze zur Schmerzlinderung, nämlich der Einsatz von statischen oder niederfrequenten elektromagnetischen Feldern, die schon bei chronischen Schmerzen in Gelenken und im Bauch- oder Muskelbereich angewendet werden. Auch bei Entzündungen kennt man günstige Wirkungen der Felder und in Kombination mit Chemotherapie bei fortgeschrittenen Tumorerkrankungen. Außer beim Menschen hat man in vielen Experimenten mit Tieren die antinozeptive Wirkung der Felder nachgewiesen. Das Ziel hier war zu untersuchen, auf welche Weise statische Magnetfelder die Schmerzen beeinflussen. Dazu wurden je 6 Mäuse pro Ansatz in Käfigen gehalten, die mit je einer Spule oben und unten versehen waren, sodass ein vertikales Feld entsteht. Um Stress bei den Tieren zu vermeiden, wurden sie vorher zur Eingewöhnung 4 Tage lang für 30 Minuten in die Käfige gesetzt. Die Feldstärke lag unterhalb der Schwelle für Reizung der peripheren Nerven (0,01 mA/m<sup>2</sup>). Die Schmerzen im Bauchbereich wurden bei den Mäusen erzeugt, indem 0,2 ml einer 0,6 %igen Essigsäure intraperitoneal gespritzt wurde. Bei solchen Maßnahmen wird ein Krümmen und Strecken (Verrenken) der Tiere ausgelöst, das als Maß für die Schmerzen angesehen werden kann. Die Kontrolltiere

bekamen physiologische Kochsalzlösung zugeführt. Unmittelbar nach dem Verabreichen der Essigsäure werden die Tiere 30 Minuten den Magnetfeldern ausgesetzt und die Anzahl der Bewegungen der Tiere über die Zeiträume 0–5, 6–20 und 21–30 Minuten aufgezeichnet. Für die Bestimmung der Wirkungsmechanismen wurden verschiedene Opioide verabreicht, die entweder subkutan (s. c. = unter die Haut) oder in einen speziellen Bereich im Gehirn (i. c. v. = intracerebroventrikular) gespritzt wurden (20 ml/kg bzw. 10 µl/Maus). Nach der Injektion der Essigsäure war die Zahl der Krümmungen und Streckungen/Verrenkungen signifikant um mehr als die Hälfte reduziert bei den Tieren, die den Magnetfeldern ausgesetzt waren, egal ob die Magnetfelder vorher oder hinterher einwirkten. Nur bei 21–30 Minuten war keine Schmerzlinderung zu sehen, wenn die die Felder vor der Injektion eingewirkt hatten.

Zur Untersuchung der Mechanismen wurden die Opioid-Antagonisten Naloxon, Naltrindol, Beta-Funaltrexamin und Norbinalorphimin verwendet. Damit kann man feststellen, wo die Wirkung ansetzt, denn diese Substanzen blockieren verschiedene Opioid-Rezeptoren (s. S. 4). Wenn Naloxon subkutan verabreicht wird, bleibt die Wirkung des Magnetfeldes aus, weil Naloxon ein Antagonist für alle 3 Opioid-Rezeptoren ist, diese also komplett blockiert werden. Bei den mit Kochsalz behandelten Kontrolltieren war die schmerzlindernde Wirkung der Magnetfelder vorhanden. Wird es in die Hirnkammer injiziert, hat es keinen Einfluss auf die Magnetfeldwirkung. Das heißt, die Rezeptoren wurden nicht blockiert, da die Opioide die Blut-Hirn-Schranke nicht durchdringen können. Naltrindol (delta-Blocker) und Beta-Funaltrexamin (µ-Blocker) haben inkomplette hemmende Wirkung und Norbinalorphimin (kappa-Blocker) hatte keine Hemmung der MF-Schmerzlinderung zur Folge.

Diese Experimente zeigen, dass die statischen Magnetfelder auf das periphere Opioid-System einwirken. Hauptsächlich werden die µ- und in geringerem Maß die delta-Rezeptoren aktiviert, während die kappa-Rezeptoren nicht beteiligt sind.

#### Quelle:

Gyires K, Zádori ZS, Rácz B, László J (2008): Pharmacological Analysis of Inhomogeneous Static Magnetic Field-Induced Antinociceptive Action in the Mouse. *Bioelectromagnetics* 29, 456–62

#### Mobilfunkforschung

## 900 MHz-Strahlung beeinflusst Endozytose in Zellkulturen

**Für die Experimente wurden Zellkulturen von metastatischen Melanomen 20 Minuten der GSM-Strahlung ausgesetzt und danach die Aufnahme eines Farbstoffs gemessen im Vergleich zu unbestrahlten Zellen. Die Aufnahme des Farbstoffs war beschleunigt bei den bestrahlten Zellen. Die GSM-Frequenzen wirken auf einen bestimmten Mechanismus der Endozytose ein, die Clathrin-abhängige Einschleusung in die Zelle.**

Die Endozytose ist einer von vielen grundlegenden Mechanismen, mit denen große Moleküle oder größere Partikel in eine Zelle hineintransportiert werden können. Bei diesem Vorgang wird ein Teil der Zellmembran eingestülpt, der dann als Vesikel nach innen abgeschnürt und innerhalb der Zelle weiterverarbeitet wird. Es gibt 2 Hauptwege, die Clathrin- und die Caveolin-abhängige Endozytose. Clathrin und Caveolin sind Proteine, die sich an die Vesikel anlagern und sie schließlich umhüllen.