

sind reproduzierbar, in vielen Zellen nachgewiesen und es wird diskutiert, sie für therapeutische Zwecke einzusetzen, auch wenn die Mechanismen unbekannt sind.

In früheren Arbeiten hatten die Forscher ein um 40 % erhöhtes Wachstum von HUVEC-Zellen nach 48 Stunden bei 60 und 120  $\mu\text{T}$  herausgefunden im Vergleich zu Zellen, die abgeschirmt waren und in einem niedrigen Feld von 0,2–0,7  $\mu\text{T}$  gehalten worden waren. Die hier vorliegenden Experimente basieren auf Überlegungen, dass geringe Änderungen der statischen Magnetfelder, die in der Größenordnung der Variationen des Erdmagnetfeldes liegen und wie sie auch in der Umgebung von Brutschränken vorkommen, Auswirkungen auf das Verhalten von Krebszelllinien haben. Zwei verschiedene Arten von Zelllinien, ein Fibrosarkom (HT1080) und Krebszellen des Dickdarmes (HCT116), wurden drei verschiedenen statischen Magnetfeldern ausgesetzt: einem Hintergrund-Feld von 6–13  $\mu\text{T}$ , einem ungestörten durchschnittlichen Erdmagnetfeld von 43–45  $\mu\text{T}$  und einem reduzierten Feld von 0,2–0,7  $\mu\text{T}$ . Danach wurde jeweils die Zellzahl bestimmt.

Geringe Feldänderungen resultierten bei beiden Zelllinien in verminderter Zellwachstumsrate. Beim stark reduzierten Feld (0,2–0,7  $\mu\text{T}$ ) war nach 4 Tagen eine signifikant verminderte Zellzahl zu beobachten gegenüber dem 45- $\mu\text{T}$ -Feld. Um die Schwelle für diese Wirkung zu finden, wurden Zellen bei 0,2–0,7  $\mu\text{T}$  und 10–20  $\mu\text{T}$  inkubiert. Es zeigten sich kaum Unterschiede im Wachstum bei Magnetfeldern zwischen 10–20  $\mu\text{T}$  und 0,2–0,7  $\mu\text{T}$ , d. h. die Schwelle liegt bei etwa 20  $\mu\text{T}$ . Deshalb müssen Magnetfelder bei Experimenten mit Zellkulturen genauso strikt kontrolliert werden wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit und  $\text{CO}_2$ -Konzentration.

Zur Identifizierung der Ursache wurden Nekrose und Apoptose sowie der Zellzyklus untersucht. Dort fanden sich aber keine signifikanten Unterschiede. Zuletzt wurde die Zellzahl nach einer längeren Kulturperiode (4 Tage) bestimmt bei 0,2–0,7  $\mu\text{T}$  und 45  $\mu\text{T}$ . Nach 2 Tagen gab es kaum Unterschiede, nach 4 Tagen jedoch im niedrigen Feld eine signifikant geringere Zellzahl. Das heißt, die Wirkung der Magnetfelder hängt von der Zelldichte ab.

Die Ursachen bzw. Mechanismen dafür sind unklar. Die geringere Zellzahl muss auf eine allgemeinere Verminderung der Zellzyklusrate zurückgeführt werden, denn weder Apoptose noch Nekrose, DNA-Schädigung, Mitose-Störung oder Checkpoint-Aktivierung (an einem Checkpoint entscheidet die Zelle, ob sie den Zellteilungsvorgang verlangsamt oder ganz blockiert, wenn Schäden auftreten) liegen der beobachteten Veränderung zugrunde.

Eine mögliche Erklärung ist, dass geringe Änderungen des statischen Magnetfeldes die Energie verändern, die benötigt wird, um den Übergang der Elektronen vom Singulett- in den Triplett-Zustand zu erreichen. Dadurch wird die Konzentration von freien Radikalen bzw. von deren Stoffwechselprodukten oder deren Reaktionsgeschwindigkeit in den Zellen verändert. Diese Wirkung würde alle Stoffwechselwege beeinflussen, an denen freie Radikale beteiligt sind, ohne dass Apoptose, Nekrose oder der Zellzyklus betroffen sind.

Ein wichtiges Ergebnis ist, dass die Schwelle für die Magnetfeldintensität, bei der die Veränderungen in der Wachstumsrate festzustellen sind, herausgefunden wurde. Wenn das Magnetfeld weniger als 20  $\mu\text{T}$  beträgt, findet man kaum einen Unterschied in der Wachstumsrate.

#### Quelle:

Martino CF, Portelli L, McCabe K, Hernandez M, Barnes F (2010): Reduction of the Earth's Magnetic Field Inhibits Growth Rates of Model Cancer Cell Lines. *Bioelectromagnetics* 31, 649–655

## Wissenschaft und Wirtschaft

# Kaum Hinweise auf Schäden?

**Zwei Übersichtsarbeiten (Reviews) haben gesundheitliche Wirkungen von elektromagnetischen Feldern untersucht und sind zu dem Schluss gekommen, dass es keinen Grund zur Besorgnis gibt. Die eine Arbeit wurde von ICNIRP-Angehörigen verfasst und fußt auf Daten, die von der ICNIRP zusammengestellt worden waren, die andere wurde von der Électricité de France bezahlt.**

### 1. „Lack of ...“

Diese von der Électricité de France finanzierte Studie fand keine Wirkung von 50-Hz-Feldern auf bestimmte Rezeptoren im Hirngewebe von Ratten. Weil zwei Untersuchungen ergeben hatten, dass 50-Hz-Magnetfelder die Bindungsaffinität eines bestimmten Serotonin-Rezeptors (5-HT) verminderten, sollte nun untersucht werden, ob die Bindung des Rezeptors und seine physiologische Funktion beeinflusst werden und ob dies mit der Aktivierung des Rezeptors zusammenhängt. Dafür wurden Rohextrakte von Membranteilen mit 50-Hz-Magnetfeldern der Stärke 1 mT eine Stunde lang behandelt, in 3-fachem Ansatz. Man fand in der Membranaffinität keine signifikanten Unterschiede zu den scheinbestrahlten Kontrollen, während die positive Kontrolle bei allen Varianten deutlich niedriger liegt. Man schlussfolgert, dass es keine Beeinflussung der physiologischen Funktion unterhalb der Grenzwerte für berufliche Belastung gibt.

**Quelle:** Masuda H, Poulliet de Gannes F, Haro E, Billaud B, Ruffié G, Lagroye I, Veyret B (2010): Lack of effect of 50-Hz magnetic field exposure on the binding affinity of serotonin for the 5-HT 1B receptor subtype. *Brain Research*, doi: 10.1016/j.brainres.2010.10.103

### 2. Kaum genotoxische Wirkungen?

In dieser Übersichtsarbeit (Review) dienten die früheren Recherchen der ICNIRP als Grundlage, um eine Aktualisierung, Ergänzung und Neubewertung vorzunehmen. Alle an dieser Studie Beteiligten sind oder waren Mitglieder des ständigen Komitees für Biologie der ICNIRP. Untersucht wurden Arbeiten, in denen In-vivo- und In-vitro-Experimente zu genotoxischen Wirkungen von Hochfrequenz durchgeführt worden waren. Es überrascht daher nicht, dass die Auswertung der zusammengestellten Arbeiten kaum Grund zur Beunruhigung ergab. Die Rede ist von „angeblichen Radiofrequenz-induzierten genetische Wirkungen ...“. Nach Meinung der Autoren sollen viele Ergebnisse auf thermischen Wirkungen beruhen. Andere Experimente genügen angeblich den Anforderungen nicht, aus verschiedenen Gründen. Nur wenige Experimente, so wird angegeben, scheinen nicht-thermische Wirkungen gezeigt zu haben, aber insgesamt seien die Hinweise auf genotoxische Wirkungen bei geringen Feldstärken sehr schwach. Nur der Problematik Krebs durch Langzeiteinwirkung von Mobilfunkstrahlung und Kombinationen von Chemikalien und Strahlung sollte man mehr Aufmerksamkeit schenken.

Man fragt sich, wie das alles zusammenpasst: Angeblich gibt es unterhalb der Grenzwerte keine thermischen Wirkungen (danach sind die Grenzwerte ja festgesetzt), die meisten Ergebnisse sollen jedoch auf thermischen Wirkungen beruhen und trotzdem gibt es nicht-thermische Wirkungen, die vielleicht bei Langzeiteinwirkung und bei Krebs zum Tragen kommen könnten?

**Quelle:** Verschaeve L, Juutilainen J, Lagroye I, Miyakoshi J, Saunders R, de Seze R, Tenforde T, van Rongen E, Veyret B, Xu Z (2010): Review: In vitro and in vivo genotoxicity of radiofrequency fields. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research* 705, 252–268