

Auch thermische Wirkungen können eine Ursache sein, da viele Männer das Mobiltelefon in der Hosentasche tragen. Wärme behindert Spermienproduktion und -entwicklung. Beispielsweise kann die Hauttemperatur im Gesicht bis zu 2,3 °C erhöht werden bei einem 6-minütigen Gespräch mit dem Mobiltelefon. Diese Erwärmung kann auch vom Akku herrühren, da man annimmt, dass die Frequenzen dieser Strahlung nur geringe Wärmewirkung haben.

Die Ergebnisse zeigen große Heterogenität, die nach den Analysen vor allem auf die sehr unterschiedlichen Expositionszeiten zurückzuführen sind. Aber fast 1500 Proben führen doch zu verlässlichen Aussagen. Andere Einflussfaktoren wie etwa Raucher wurden nicht untersucht, aber durch die Übereinstimmung von In-Vivo- mit den In-Vitro-Studien kann man darauf vertrauen, dass die Mobilfunkstrahlung ursächlich ist. Unsicherheit besteht in Bezug auf die Fruchtbarkeit der Männer, da nur klinische Daten verwendet wurden und deshalb keine Daten in Bezug auf die allgemeine Bevölkerung zur Verfügung stehen. Da aber alle Studien die WHO-Kriterien angewendet haben, ist eine gemeinsame Auswertung der Daten akzeptabel.

Die Forschung zur Spermienqualität befasst sich am häufigsten mit der Beweglichkeit, die bei bestrahlten Zellen ca. 8 % geringer ist als bei den nicht-exponierten. Das könnte einen Teil der Umweltfaktoren ausmachen, die die Fruchtbarkeit von Männern reduzieren. Auch Wi-Fi von Laptops kann die Spermienqualität beeinträchtigen, fand man in Studien heraus. Zukünftige Forschung muss Lebensfähigkeit, Morphologie, den Zustand der DNA und andere Parameter einbeziehen. Die SAR-Ermittlung muss dringend verbessert werden, da die Handys ständig wechselnde SARs erzeugen. Und Langzeitstudien mit standardisierten Feldintensitäten und Einwirkdauern zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung in vivo sind notwendig. Die Bedeutung thermischer und nicht-thermischer Wirkung auf die Spermienqualität muss erforscht werden. Experimente mit intermittierender Strahlung müssen erfolgen, um die Wärmewirkung gering zu halten, im Vergleich zu kontinuierlicher Strahlung mit derselben Strahlungsmenge, wie man bereits in 2005 zur Untersuchung der DNA-Schädigung in menschlichen Fibroblasten durchgeführt hatte (Diem et al.). Da die Analyse negative Auswirkungen der Mobilfunkstrahlung auf die Beweglichkeit und die Lebensfähigkeit der Spermien ergab, aber bei der Anzahl der Spermien das Ergebnis nicht eindeutig war, braucht man weitere Untersuchungen zur genauen Bewertung der klinischen Bedeutung für Männer und die allgemeine Bevölkerung.

**Quelle:** Adams JA, Galloway TS, Mondal D, Esteves SC, Mathews F (2014): Review: Effect of mobile telephones on sperm quality: A systematic review and meta-analysis. *Environment International* 70, 106–112

## LTE-Wirkungen auf das Gehirn

# LTE-Frequenzen beeinflussen mehrere Gehirnregionen

Mithilfe der funktionalen Magnetresonanz (fMRI) zur Darstellung der Hirnaktivität konnte an 18 Personen in Doppelblind-Versuchen nachgewiesen werden, dass durch 30-minütige Einwirkung einer LTE-Frequenz von 2,573 GHz die Gehirnaktivität in vielen Hirnregionen verändert wird.

Die Methode der fMRI basiert auf der Messung der Blutsauerstoff-Konzentration, gemessen wird die Blutdynamik im Gehirn. Neuronale Prozesse werden verändert, wenn ein Si-

gnal von außen kommt oder eine Aufgabe gestellt wird. Außerdem gibt es ständig vorhandene geringe niederfrequente Fluktuationen im Ruhezustand bei ca. 0–0,25 Hz (intrinsische neuronale Aktivität) mit wichtiger physiologischer Bedeutung. LTE arbeitet bei Frequenzen zwischen 800 und 3500 MHz und bis jetzt sind noch keine Daten mit dieser Methode erhoben worden.

18 rechtshändige gesunde Personen wurden getestet, 12 männliche und 6 weibliche, 19–35 Jahre alt ( $24,9 \pm 3,9$ ). Alle benutzten das Mobiltelefon weniger als 1 Stunde täglich, und am Tag vor dem Experiment weniger als 10 Minuten. Insgesamt dauerte die Untersuchung eine Stunde im Doppelblindverfahren. Von jedem Teilnehmer wurde vor und nach den 30 Minuten Befeldung mit 2,573 GHz bzw. der Scheinbefeldung ein Ruhe-fMRI gemacht, dann untersucht, ob sich durch die Exposition Veränderungen in der Amplitude der spontanen Fluktuationen ergaben. Zwischen scheinbarer und wahrer Bestrahlung lag 1 Tag. Die Feldquelle, eine Dipol-Antenne, wurde 1 cm vom rechten Ohr entfernt am Kopf befestigt. Die Teilnehmer saßen in einem abgeschirmten Raum und sollten entspannt „nichts tun“, bei geschlossenen Augen wach bleiben, an nichts denken und diesen Zustand möglichst lange halten.

Die SAR-Verteilung im Kopf über 1 g Gewebe betrug bei 2 Personen 2,18 und 2,36 W/kg bzw. für 10 g Gewebe 0,9 und 1,07 W/kg. Das ist unterhalb der ICNIRP-Grenzwerte von 1998. Signifikante Veränderungen in der Hirnaktivität nach der Bestrahlung zeigten sich in der Brodman-Region, im linken oberen, mittleren und rechten oberen Temporalgyrus, im rechten mittleren Frontalgyrus und im rechten Parazentrallappchen, mittleren Frontallappen, unteren Parietallappchen, in Hinterhauptregionen und anderen Bereichen der Großhirnrinde. Die Ergebnisse zeigen, dass die LTE-Strahlung die Aktivität der Nervenzellen nicht nur in den nahen Regionen (am rechten Ohr) verändern, sondern auch in entfernten und sogar auf der anderen Seite des Kopfes.

Diese Untersuchung beschränkte sich auf die spontanen Fluktuationen im Ruhezustand des Gehirns. Durch die 2,573-GHz-Strahlung wurden diese niederfrequenten Fluktuationen verändert. Die verwendete Dipol-Antenne erzeugt keine Erwärmung im Gewebe und es gab keine Störfaktoren durch Geräusche. Die Experimente ergaben, dass LTE-Strahlung die spontane niederfrequente Fluktuation in normalen menschlichen Gehirnen verändert, d. h. die Strahlung beeinflusst die Gehirnaktivität während der Ruhephase. Ob das für die Hirnfunktion schädlich ist, muss noch erforscht werden. Beim Telefonieren mit dem Handy im realen Zustand ist kein Abstand und die Antenne ist nicht vor dem Ohr sondern zeigt rückwärts in Richtung der temporalen und okzipitalen Hirnrinde.

**Quelle:** Lv B, Chen Z, Wu T, Shao Q, Yan D, Ma L, Lu K, Xie Y (2014): The alteration of spontaneous low frequency oscillations caused by acute electromagnetic fields exposure. *Clinical Neurophysiology* 125, 277–286

## Niederfrequenzwirkung auf Stammzellen

# 50-Hz-Felder verändern Gene in neuronalen Stammzellen

Primärkulturen von embryonalen neuronalen Stammzellen (eNSCs), die zu Neurosphären herangewachsen sind, wurden intermittierenden 50-Hz-Feldern verschiedener Dauer und Intensitäten ausgesetzt. Es gab keine signifikanten Unterschiede im Zellwachstum, in der DNA-Synthese, dem Durchmesser der Neurosphären und verschiedenen Para-