

## Magnetfeldwirkung auf das Gehirn

# Magnetfelder verändern die Hirnfunktionen bei Studenten

**Wirken externe Magnetfelder von 2 kHz und 0,1  $\mu\text{T}$  auf das Gehirn von gesunden männlichen Studenten ein, kann das Kurzzeitgedächtnis beeinträchtigt werden. Das wurde an 65 freiwilligen Studenten mit dem Sternberg-Test herausgefunden. Es gab signifikante Veränderungen gegenüber der scheinbestrahlten Kontrollgruppe in Reaktionszeit, Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Entscheidung und motorischer Umsetzung.**

KHz-Signale werden bei power-line communications (PLC) verwendet, bei Smart-Metern für Strom und Gas, Kopfhörern, MP3-Playern, iPods. Die Kopfhörer produzieren Magnetfelder nah am Gehirn von etwa 0,1  $\mu\text{T}$  im Bereich 20 Hz bis 20 kHz. Diese Geräte können klinisch signifikante magnetische Interferenzen erzeugen, wenn sie sich in der Nähe von implantierten Schrittmachern befinden. So kann man davon ausgehen, dass diese Felder das menschliche Nervensystem und das Verhalten beeinflussen. Viele Studien an Tieren und Menschen haben Wirkungen bei verschiedenen Frequenzen und Feldstärken gezeigt. Wenig Wissen gibt es jedoch über die Wirkung auf das menschliche Gehirn, auf Lernen, Gedächtnis und Verhalten. Das 2-kHz-Signal ist besonders interessant, weil es im Bereich des Gehörs liegt (20 Hz bis 20 kHz). Normale Kopfhörer und Ohrstöpsel arbeiten in diesem Frequenzbereich, und die befinden sich in der Nähe der Hirnareale, in denen Gedächtnisprozesse stattfinden, insbesondere für das Kurzzeitgedächtnis.

75 gesunde männliche Studenten aus demselben Semester der Universität Valencia/Spainien (weibliche gab es zu wenige, deshalb nicht einbezogen) bekamen Fragebögen zu Gewohnheiten und Nutzung von elektronischen Geräten, zu medizinischen Symptomen wie Kopfschmerzen, Schwindel, Schlaf- und Konzentrationsstörungen, Müdigkeit, Ruhelosigkeit, Gelenkschmerzen, Nervosität, Übelkeit, Appetitlosigkeit, Traurigkeit, Gedächtnisverlust, Haut-, Seh- und Hörproblemen. Die Häufigkeit der Symptome wurde unterteilt in nie, selten, oft und immer. Der allgemeine Gesundheitszustand wurde in schlecht, akzeptabel, gut, sehr gut und exzellent klassifiziert. Personen mit Alkohol-, Medikamenten- und Tabakkonsum wurden ausgeschlossen. Den Teilnehmern wurde gesagt, dass die Feldstärken weit unter den Grenzwerten sind. Mit 65 Teilnehmern wurden 2 Gruppen gebildet, 34 exponierte und 31 scheinbestrahlte Personen, die nach mindestens 12 Trainingsdurchläufen insgesamt 48 Tests durchliefen. Die Testphase begann, wenn in der Übungsphase keine Fehler mehr auftraten. Beim Sternbergtest sollten die Probanden mit Maustasten (positiv/negativ) entscheiden, ob sie sich an ein Symbol erinnern oder nicht. Sie sahen Großbuchstaben von 9 bzw. 12 Konsonanten. Sie bekamen 24 positive und 24 negative Aufgaben. Die Untersuchungen wurden doppelblind von immer denselben Personen durchgeführt. Die Nutzung von elektronischen Geräten wurde über die Stunden vor einem Computer bestimmt, ob über WLAN oder Kabel, das Telefonieren mit dem Mobiltelefon auf einer Skala von 0–10 vermerkt (tägliche Nutzungsdauer, Freisprechanlage, Antenne, SAR des Gerätes und Gerätetyp). Während der Tests erfolgte die Befeldung mit einer Sound-Karte eines Laptops über eine Software, die 2 kHz erzeugt, und 4 Spulen, die an beiden Seiten des Kopfes angebracht wurden. Der Laptop stand 2 m entfernt (Abstand des Betrachters vom Bildschirm 60 cm), elektrische Leitungen etwa 9 m. Alles

wurde bei Tageslicht durchgeführt, der Lärm betrug etwa 45 dB.

Unterschiede zwischen den Gruppen gab es bei den allgemeinen Parametern (Gesundheit usw.) kaum, sie hatten alle ähnliche Werte. Die Gesamtzeit im Sternbergtest betrug 11 Minuten. Alle Testpersonen durchliefen die Tests ohne nachteilige Nebenwirkungen. Die befeldete Gruppe zeigte signifikant schlechtere Reaktionen als die scheinbefeldete, das bedeutet ein schlechteres Kurzzeitgedächtnis. Andere Arbeitsgruppen haben ähnliche Ergebnisse bei Tieren gefunden. Die am Kopf angebrachten Spulen erzeugten Magnetfelder, die auf das Netzwerk des Kurzzeitgedächtnisses einzuwirken scheinen. Es gibt neuropsychologische Hinweise auf Defizite im Kurzzeitgedächtnis bei Veränderungen im Frontallappen. Magnetfelder können ein Kurzzeit-Stressor sein und die Laune beeinflussen, und Laune beeinflusst, wie Informationen verarbeitet werden. Fehler bei den Tests machten alle Probanden, es gab aber keine signifikanten Unterschiede in der Aufmerksamkeit. Es könnte das endogene Opioid-System oder andere Neurotransmitter wie Dopamin betroffen sein. Magnetfelder könnten akute Lerndefizite induzieren, deshalb sollten Personen gewarnt sein, die sich oft freiwillig kHz-Bereichen aussetzen (Kopfhörer, MP3-Player, PLC-Nutzer für Internet und Smartmeter), es kann zu Lernstörungen nicht nur durch den Lärm kommen. Die Ergebnisse müssen durch weitere Studien bestätigt und mit weiblichen Personen durchgeführt werden, weil es Unterschiede zwischen den Geschlechtern gibt.

### Quelle:

Navarro EA, Gomez-Perretta C, Montes F (2016): Low Intensity Magnetic Field Influences Short-Term Memory: A Study in a Group of Healthy Students. *Bioelectromagnetics* 37, 37–48

## Belastung durch Kommunikationsnetze

# UMTS- und 900-MHz-Strahlung im Eisenbahnabteil

**Die Forscher haben erstmals innerhalb eines Eisenbahnwaggons die Strahlung einer 900-MHz-Makrozelle und einer UMTS-Femtozelle (1950/2150 MHz), sowohl die Strahlung von fremden Geräten als auch die von den eigenen, verglichen, wenn bis zu 15 Passagiere telefonieren. Insgesamt ist die Strahlenbelastung für einen Nicht-Nutzer durch die Femtozelle sehr viel geringer als durch die GSM-Makrozellen (Gefördert durch FP7-LEXNET).**

Die Autoren haben in einem Waggon mit 66 Sitzen an verschiedenen Sitzpositionen die Strahlenbelastung simuliert und gemessen. Es gab 2 Szenarien: Zuerst telefonierten die Passagiere über eine Basisstation einer 900-MHz-Makrozelle. Das 2. Szenario betrachtete eine zukünftige Einrichtung, nämlich dass die Passagiere über eine UMTS-Femtozelle im Waggon telefonieren. Bei den verschiedenen Messungen wurden die Felder des eigenen Gerätes und die von anderen Passagieren (0, 1, 5 und 15 Personen) in der näheren Umgebung an 5 Standorten erfasst. Die 51 leeren Sitze dienten zur Berechnung der Gesamt-SAR. Die Messungen für die 900-MHz-Basisstationen erfolgten in Belgien an der Zugstrecke Gent-Eupen (ca. 200 km) bei einer Geschwindigkeit von 85 km/h. Während der Fahrt wurden 159 Anrufe ( $68,6 \pm 5$  Sekunden) an die Zeitansage abgesetzt.

Die SAR-Werte der Makrozellen waren überall gleich und vernachlässigbar ( $3,07 \times 10^{-5}$   $\mu\text{W}/\text{kg}$ ) gegenüber den Werten vom eigenen Gerät ( $60,6$   $\mu\text{W}/\text{kg}$ ). Ein weiterer Nutzer in 50

cm Abstand trägt 7,1 % zur gesamten SAR bei, das eigene Gerät 92,9%. Bei 5 anderen Nutzern betrug die SAR 7,0  $\mu\text{W/kg}$  (10,4 %) und bei 15 Nutzern 14,3  $\mu\text{W/kg}$  (19,1 %) vom eigenen Gerät. Der durchschnittliche Anteil des eigenen Geräts betrug 84,9 % und von anderen Geräten 15,1 %. Für eine zukünftige an einem Ende des Waggons installierte UMTS-Femtozelle waren die Werte sehr viel geringer. Je näher die Person an der UMTS-Femtozelle sitzt, umso stärker ist der Beitrag des Senders, während die weiter entfernten Nutzer mehr eigene Strahlung abgeben, folglich auch die anderen Nutzer in der Umgebung höhere Feldstärken erzeugen und abbekommen. Obwohl alle 15 Personen mit UMTS verbunden waren, betrug der Anteil der Telefonate über die 900-MHz-Makrozelle noch 19 % an der Gesamtstrahlung. Die durchschnittliche Gesamtbelastung betrug nah an der Strahlungsquelle mit 15 weiteren Nutzern  $1,14 \times 10^{-4} \mu\text{W/kg}$  (69,16 %) durch die Femtozelle und  $3,07 \times 10^{-5} \mu\text{W/kg}$  (18,69 %) durch die Makrozelle. Die eigene Strahlung betrug  $1,83 \times 10^{-5}$  (11,12 %) und die der anderen Nutzer  $1,36 \times 10^{-6} \mu\text{W/kg}$  (0,84 %). Aus der Sicht eines Nicht-Nutzers ist die UMTS-Femtozelle selbst dann ein Vorteil, wenn nur eine Person telefoniert ( $1,54 \times 10^{-3} \mu\text{W/kg}$  der Femtozelle zu  $0,305 \mu\text{W/kg}$  für die Makrozelle, das 198-Fache). Zukünftige Untersuchungen sollen zeigen, welchen Einfluss die Ausrichtung der Antennen von Mobiltelefonen und die Felder von 4G- und 5G-Szenarien haben. Eine LTE-Femtozelle im Zug wird hohe Datenraten haben, aber geringere Strahlenbelastungen dank der Leistungsregulationsmechanismen.

#### Quelle:

Plets D, Joseph W, Aerts S, Vermeeren G, Varsier N, Wiart J, Martens L (2015): Assessment of Contribution of Other Users to Own Total Whole-Body RF Absorption in Train Environment. *Bioelectromagnetics* 36, 59–602

### Elektrosensibilität

## Weißer Zonen zum Gesundheitsschutz

**Der Richter am VG a. D. Bernd Irmfried Budzinski und Professor Dr.-Ing. Wilfried Kühling haben in der Neuen Zeitschrift für Verwaltungsrecht einen Beitrag geschrieben, in dem sie dafür plädieren, wie in Frankreich (Grenoble) und in der Rhön schon geschaffen, so genannte Weiße Zonen einzurichten, damit strahlenempfindliche Personen Rückzugsmöglichkeiten haben. Das sei rechtlich und menschlich geboten.**

Dass die Einrichtung von funkfreen oder -reduzierten Zonen immer wieder abgelehnt werden, ist nach Ansicht der Autoren kurzsichtig und rechtlich nicht haltbar, denn die hohe und steigende Zahl von Menschen mit Kopfschmerzen, Schlafstörungen und anderen Krankheitszeichen bis hin zu Burn-out, die auch Schulkinder betreffen, sei auf Umweltfaktoren zurückzuführen, zu denen auch Mobilfunk gezählt werden müsse. Die Symptome seien keine Einbildung, und die Versicherer kommen nicht für Gesundheitsschäden durch Mobilfunk auf. Deshalb ist jeder selbst in der Pflicht, für Vorsorge (Minimierung der Felder) zu sorgen, denn von den Behörden und dem Gesetzgeber wird keine Gefahr gesehen, da nicht-ionisierende Mobilfunkstrahlung zu schwach sei, um biologische Wirkungen erzeugen zu können; der Forschungsstand unabhängiger Wissenschaft wird ignoriert und mit falschen Zahlen zur Leistung der Sender operiert. Durch TETRA und LTE hat sich die Strahlung weiter erhöht, zukünftige Sender

wie LTE-800, LTE-1800 und LTE-2600 verstärken die Belastung der Bevölkerung noch. Die Strahlung dringt in den Körper ein und erreicht alle Organe, sie bleibt nicht – wie behauptet – an der Körperoberfläche (die Strahlung durchdringt ja auch Mauern). Die beiden Autoren schlussfolgern: Das fehlende Gefahrenbewusstsein für die gesundheitlichen Belastungen ist mit ein Grund, dass sich so viele Menschen krank fühlen. Das Zentrale Nervensystem ist der Mobilfunkstrahlung ständig ausgesetzt und bewirkt „epidemieähnliche Erscheinungen in der Bevölkerung“, deshalb müsse für Abwehr, Schutz und Vorsorge gesorgt werden, z. B. durch Schutzräume. Insbesondere ist auch das Innere von Wohnungen zu schützen, man müsse „funkdosierte“ Wohn-Gebiete schaffen, wo die Strahlung nicht in Wohnungen eindringt und die Wohnungen mit Femtozellen bestückt werden können. Die Wohnungen dürften nicht zwangsweise versorgt werden, es können auch Versorgungslücken bleiben, denn ein Mobilfunkbetreiber sei „kein Träger öffentlicher Belange; auch stehen ihm keine enteignungsgleichen Rechte zu. Der Mobilfunk ist nicht Teil des Universaldienstes. Zumindest legt der "Versorgungsauftrag" ebenso wenig wie der Grenzwert fest, wer wo bestrahlt werden darf, sondern bestimmt lediglich als Zielvorgabe, dass überall, wo sonst keine Rechte entgegenstehen, möglichst "flächendeckend", dh gleichmäßig, zu versorgen ist. Die "Empfangslücke" in einer mobilfunkfreien Zone zum Schutz der Gesundheit der dort dauerhaft Wohnenden und teilweise schwer Erkrankten ist deshalb Besuchern jederzeit ebenso wie die Unbequemlichkeit einer autofreien Zone zuzumuten.“ Weitere Begründungen und Argumente, warum der Mensch ein Recht auf ein Leben ohne oder mit geringer Mobilfunkstrahlung hat, kann man in dem sehr aufschlussreichen Text lesen. Die Forderung nach weißen Zonen ist nicht unreal, „die staatliche Schutzpflicht gebietet im Rahmen unseres vorsorgeorientierten Rechts- und Wertesystems, wenn wie hier kein "vernachlässigbares Restrisiko" vorliegt, zwingend die Einrichtung, mindestens Zulassung von mobilfunkfreien oder wohnungsschützend funkdosierten Zonen, Räumen und Verkehrsmitteln. Minimierung, Vermeidung und Abschirmung von Funkstrahlung sind außerdem ein Gebot der Menschlichkeit – und der Vernunft.“ Damit schließen die Autoren den Beitrag. Man ist als Bürger dieses Landes eigentlich gar nicht so ohnmächtig, wie es oft scheint.

#### Quelle:

Budzinski/Kühling: Mobilfunkfreie "Weiße Zonen" – unreal oder rechtlich geboten? *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht*, 20/2015, 1410–1416, 34. Jahrgang, www.nvwz.de

## Kurzmeldungen

### Wenn Smartmeter Pflicht werden

Prof. Dr.-Ing. Wilfried Kühling vom Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland (BUND) nimmt Stellung zum Gesetzentwurf zur Digitalisierung der Energiewende, der im Bundestag Ende Februar beraten wurde. Der Entwurf sieht vor, dass bis 2020 alle Haushalte mit Smartmetern (Verbrauchsdaten werden über Funk gesendet) zwangsweise ausgestattet werden sollen. Diese Geräte sollen die jetzigen Stromzähler ersetzen. Damit soll eine optimale Verteilung des Stroms ermöglicht werden. Zwar haben die Smartmeter gewisse Vorteile, aber die Nachteile bzw. Risiken würden außer Acht gelassen, argumentiert Kühling. Die Funkbelastung nimmt zu, außerdem werden durch die Weiterleitung über Stromkabel (Powerline Communication, PLC) in den Wohnungen weitere Felder erzeugt und diese weiter steigende Feldbelastung wird für empfindliche Menschen immer