

dem Faktor 0,77 versehen an die Messdaten von Männern angeglichen und zusammen berechnet. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied der Wahrnehmungsschwelle zwischen der allgemeinen Bevölkerung und den 3 Gruppen der Elektrosensiblen. Bei Gruppe 2 und 3 war die Schwelle deutlich unter der der Allgemeinbevölkerung, bei der Gruppe 1 dagegen höher als bei allen anderen. Die Elektrosensiblen aus der Selbsthilfegruppe waren weniger empfindlich und unterschieden sich nicht signifikant von der Kontrollgruppe.

Die Empfindlichkeit der Gruppen als Ganzes zeigte folgende Unterschiede: In der Gruppe 1 waren mehr als die Hälfte der Probanden (57 %) nicht empfindlicher als die Allgemeinbevölkerung, bei den Gruppen 2 und 3 waren es dagegen 52 % bzw. 36 %. Die Empfindlichkeit war in der Gruppe 3 am höchsten und in Gruppe 1 waren relativ die meisten unempfindlichen Personen vorhanden. In den Gruppen 2 und 3 war jeweils eine Person unempfindlich. In der Tabelle sind die Daten zur besseren Übersicht zusammengefasst.

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Anzahl der Teilnehmer	37 (25 w + 12 m)	29 (23 w + 6 m)	24 (15 w + 9 m)
wie Allgemeinbevölkerung	57 %	52 %	36 %
empfindl. oder sehr empf.	21 %	22 %	60 %
unempfindlich	22 %	3 % (1 P.)	4 % (1 P.)

Die Studie zeigt, dass es entscheidend für die Ergebnisse ist, wie die Teilnehmer ausgesucht werden. Die Unterschiede bei der Rekrutierung der drei Gruppen: Die Probanden aus der Selbsthilfegruppe wurden gebeten, an der Studie teilzunehmen und sie bekamen sogar eine Aufwandsentschädigung. Die Teilnehmer der Gruppe 2 bekamen die Kosten ersetzt, mussten vorher ein Interview mitmachen und bestimmte Kriterien erfüllen. Die Gruppe 3 hörte in den Medien von dem Vorhaben; die Personen wurden also selbst aktiv und meldeten sich, motiviert durch ihre gesundheitlichen Beschwerden. Die Studie war so angelegt, die dritte Gruppe nicht zu kontaktieren, sondern die Kandidaten selbst aktiv werden zu lassen. Gruppe 1 ist charakterisiert durch die Tatsache, dass die Teilnehmer eine Selbsthilfegruppe aufgesucht hatten und eine Vielzahl von Symptomen und auslösenden Feldarten angab; diese Gruppe ist wohl die heterogenste. Das könnte erklären, warum die Gruppe als Ganzes sich kaum von der Allgemeinbevölkerung (Kontrolle) unterschied. Der Einfluss des Alters als potenzieller Kofaktor wurde zusätzlich bestimmt, der Unterschied war vernachlässigbar, wie auch schon in früheren Untersuchungen festgestellt worden war. Die Ergebnisse zeigen, dass es stark elektrosensible Personen gibt und dass diese häufiger anzutreffen sind in Gruppen, in denen sich die Menschen als elektrosensibel bezeichnen.

Es muss betont werden, dass diese Untersuchung der EHS-Gruppen nicht konzipiert war, um festzustellen, ob die wahrgenommenen Felder Symptome auslösen; es war kein Test auf den ursächlichen Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Symptomen. Es ist nicht klar, ob die niedrigere Schwelle bei den Elektrosensiblen eine Voraussetzung für die Entwicklung solcher Gesundheitsprobleme ist oder ob es beispielsweise eine Folge von bestimmten Gesundheitsstörungen ist. Die Personen der Gruppe 3, die ihre Beschwerden auf HF-Felder zurückführen, zeigen auch eine erhöhte Sensibilität gegenüber NF-Feldern.

Die Ergebnisse bestätigen die Brauchbarkeit der angewandten Methode und unterstützen die Vorstellung, dass der allgemeine Zustand des Nervensystems als Ursache bedeutender ist als die elektromagnetischen Felder. Das spricht dafür, dass ein Un-

gleichgewicht im autonomen Nervensystem für die Entwicklung verantwortlich ist. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen der allgemeinen Bevölkerung und Personen, die ihre Gesundheitsbeschwerden elektromagnetischen Feldern zuschreiben. Während bei der Kontrollgruppe nur 2 % sehr empfindlich sind, waren es bei den EHS-Gruppen über 11 %. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Auswahlverfahren die Ergebnisse stark beeinflusst. Insgesamt zeigt dieses Experiment, dass die Methode zur Differenzierung von sehr empfindlichen Personen tauglich ist. Zumindest kann man damit ausschließen, dass Niederfrequenzfelder als Ursache für Beschwerden in Frage kommen, wenn keine erhöhte Elektrosensibilität vorliegt.

#### Quelle:

Schröttner J, Leitgeb N, Hillert L (2007): Investigation of Electric Current Perception Threshold of Different EHS Groups. *Bioelectromagnetics* 28, 208–213

### Hirnforschung zu Hochfrequenz

## Handystrahlung verzögert die Weiterleitung in den Nerven

**Die Wirkung von Mikrowellen auf das Nervensystem ist immer wieder Gegenstand der Forschung. Hier wurde untersucht, ob 900-MHz-Mobilfunkstrahlung bestimmte Hirn-regionen beeinflusst und ob man dies an Veränderungen der elektrischen Hautaktivität feststellen kann. Wenn man mit dem Handy telefoniert, ist die Reaktionszeit verlängert, was sich z. B. beim Autofahren ungünstig auswirkt.**

Die hier durchgeführte Untersuchung sollte klären, inwiefern diese einfache, nicht-invasive und preisgünstige Methode brauchbar ist, um die Wirkung der Handystrahlung auf das Zentralnervensystem zu bewerten. Es könnte sein, dass die Mobilfunkfrequenzen Bereiche des Sympathicus (dem aktivierenden Anteil des vegetativen Nervensystems) im Gehirn ansprechen, die beim Menschen die elektrische Aktivität der Haut steuern, was sich in Veränderungen beim Hautwiderstand ausdrückt. Im Gehirn herrscht eine Asymmetrie zwischen linker und rechter Hirnhälfte, bei Rechtshändern ist die Übertragungszeit in die rechte Gehirnhälfte kürzer als bei den Linkshändern.

Die Probanden waren 15 freiwillige Studenten von etwa 20 Jahren, alle Rechtshänder, alle gesund. Die Experimente wurden alle zwischen 11.00 und 12.00 Uhr durchgeführt, damit der Tagesrhythmus die Ergebnisse nicht beeinflussen konnte. Zur Aktivierung der entsprechenden Hirnregion wurde der Kniescheibenreflex ausgelöst. Um die Asymmetrie des Gehirns zu bestimmen, wurden an beide Seiten die Knieflexe ausgelöst. Die Asymmetrie ist, dass bei Rechtshändern eine kürzere Übertragungszeit auf der rechten Seite auftritt als auf der linken.

Der elektrische Hautwiderstand wurde über Elektroden an beiden Händen abgeleitet und mit dem Computer aufgezeichnet. Um einen Placebo-Effekt auszuschließen, wurden zwei identische Handys (900 MHz) auf beiden Seiten des Kopfes ohne Berührung angebracht und zufällig das rechte oder das linke für 5 Minuten eingeschaltet (Doppel-Blind-Studie). Es gab also drei unterschiedliche Testbedingungen: Scheinexposition (Kontrolle), Ableitung an der gleichen Seite (ipsilateral) und der gegenüberliegenden Seite (kontralateral). Alle Probanden wurden in alle 3 Durchgänge einbezogen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich bei Einwirkung von 900-MHz-Strahlung die Übertragungszeit um etwa 200 Millisekunden (ms) verlängerte und die normale Asymmetrie verloren ging.

Keinen Unterschied gab es, ob das rechte oder linke Handy eingeschaltet war.

Die Studie zeigt, dass eine akute Bestrahlung mit Mikrowellen von 900 MHz in der Lage ist, die neuronale Informationsverarbeitung im Gehirn zu verändern, sichtbar an der Veränderung der elektrischen Hautaktivität. Diese Wirkung wurde hier erstmals gezeigt. Der Grundgedanke hinter der Verwendung des Kniescheibenreflexes ist, die spezifischen Regionen im Gehirn anzusprechen, die für das Hervorrufen der elektrischen Hautaktivität zuständig sind. Jede Änderung der elektrischen Hautaktivität steht im Zusammenhang mit einer Veränderung im Zentralnervensystem. Die Ergebnisse liefern Hinweise darauf, dass Handystrahlung den zeitlichen Ablauf der neuronalen Prozesse in den Basalganglien (einer auch sehr alten Hirnregion, die mit Bewegungsprozessen und willkürlichen Abläufen zu tun hat) und der Prämotorischen Hirnrinde verändern.

Obwohl es auch andere Ergebnisse in der Literatur gibt, zeigten Salford und Mitarbeiter 2003, dass es zu neuronalen Schäden in den Basalganglien in Rattenhirnen kommt, wenn Mikrowellen von 900 MHz einwirken. Salford und Mitarbeiter hatten im Jahr 2003 junge Ratten 2 Stunden mit 900-MHz-Feldern bestrahlt, nach 50 Tagen die Gehirne entnommen und auf Veränderungen untersucht. Sie fanden deutliche Nervenzellschädigungen. Da das Alter der Tiere dem von jugendlichen Menschen entsprach, meinen die Forscher, dass eine ganze Generation von Handynutzern an negativen Auswirkungen leiden wird, vielleicht schon in mittlerem Alter. Die Basalganglien sind für den zeitlichen Ablauf und die Bemessung von Bewegungen zuständig. Deshalb könnte die Zeitverzögerung durch Handystrahlung ein wichtiger Faktor beim Reaktionsvermögen sein, z. B. beim Autofahren. Eine Verzögerung von 200 ms bedeutet bei 50 km/h eine Verlängerung des Bremswegs um 3 m. Deshalb kann eine verzögerte Reaktion des Nervensystems zu einem Auffahrunfall führen (was der häufigste Verkehrsunfall ist).

#### Quellen:

Esen F, Esen T (2006): Effect of Electromagnetic Fields Emitted by Cellular Phones on the Latency of Evoked Electrodermal Activity. *International Journal of Neuroscience* 116 (3), 321–329  
Salford LG, Brun AE, Eberhardt JL, Malmgren L, Persson BR (2003): Nerve Cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones. *Environmental Health Perspectives* 111 (7), 881–883

### Hochfrequenz und Hirnforschung

## Hilft Tee gegen Mikrowellenschädigungen im Gehirn?

**Die Experimente wurden nicht durchgeführt, um die Wirksamkeit von Tee als Arzneimittel zu belegen, sondern um Mechanismen im Nervensystem auf die Spur zu kommen, die bei Lernen und Erinnerung eine Rolle spielen. Mikrowellen beeinträchtigen Hirnfunktionen unter bestimmten Bedingungen, das zeigen Studien an Tieren und Menschen.**

Es gibt zahlreiche Hinweise, dass Mikrowellen ungünstige Einflüsse auf Lernen und Erinnern haben, der Ablauf dieser Vorgänge ist aber noch unbekannt. Theophyllin ist ein Inhaltsstoff des Tees und bekannt dafür, dass er eine gefäßerweiternde Eigenschaft hat, weshalb Tee bei Bronchialbeschwerden, z. B. bei Asthma, eine positive Wirkung hat. Außerdem ist eine harntreibende (diuretische) Wirkung bekannt. Weiterhin weiß man, dass Theophyllin ein Antagonist (Gegenspieler) von Adenosin ist, das z. B. bei Abbau von Transmittern frei wird. In einem Experiment mit Mäusen wurde festgestellt, dass The-

ophyllin die Beeinträchtigung des Erinnerungsvermögens durch Mikrowellen kompensieren kann.

Der eine Teil des Experiments untersuchte die Lernfähigkeit der Tiere mit und ohne Mikrowellenbestrahlung. Mäuse wurden 20 Minuten mit Mikrowellen von 5–50 mW/cm<sup>2</sup> bestrahlt. Die eine Hälfte der Tiere bekam zusätzlich 30 Minuten vor der Bestrahlung 12,5 oder 25 mg/kg Theophyllin gespritzt, die andere Kochsalz. Im ersten Teil des Experiments wurden die Tiere in Verhaltenstests beobachtet. Die Tiere erfuhren einen elektrischen Schlag, wenn sie einen dunklen Raum betraten. Die bestrahlten Tiere machten mehr Versuche, in die Kammer mit den Stromschlägen zu gehen als die Kontrolltiere, hatten also eine „längere Leitung“. Nach 24 Stunden wurde das Verhalten wieder beobachtet ohne Stromschläge. Die bestrahlten Tiere hatten den Sachverhalt auch schneller wieder vergessen, hatten also ein schlechteres Gedächtnis. Die Tiere wiesen eine dosisabhängige Temperaturerhöhung auf bei 25 und 50 mW/cm<sup>2</sup>, was auch zur Gedächtnisbeeinträchtigung beitragen kann. Im zweiten Teil des Experiments wurden die Hippocampus- und Amygdala-Regionen (s. S. 4) auf Veränderungen untersucht. In den Gehirnpräparaten hatten die bestrahlten Gehirne eine geringere Zelldichte, was zu der verminderten Hirnleistung geführt haben kann. Die mit Theophyllin behandelten Tiere dagegen zeigten bessere Lernleistungen. Es ist bekannt, dass Adenosin an Lernprozessen und Verhalten beteiligt ist. Die Experimente hier dienen dazu, Antagonisten zu finden, mit denen man Gedächtnis- und Verhaltensstörungen behandeln kann.

#### Quelle:

Xu ZW et al. (2007): Theophylline attenuates microwave-induced impairment of memory acquisition. *Neuroscience Letters* 412, 129–133

### Funknetze und Gesundheit

## Gefahr in der Luft

**In den Britischen Medien wird diskutiert, ob es zu verantworten ist, drahtlose Computernetze überall zu installieren ohne die gesundheitlichen Gefahren zu kennen.**

„Ist die Wi-Fi-Revolution eine gesundheitliche Zeitbombe?“ wird in der britischen Zeitung „Independent“ gefragt. Überall in den Straßen, in Cafés, Universitäten und Schulen sind drahtlose Netze vorhanden, aber Experten haben ernst zu nehmende Bedenken bezüglich der Wirkungen der Strahlung von Mobilfunk und Laptops. Die technologische Explosion der Computer-Funknetze ist größer als die durch den Mobilfunk, und ist wie beim Mobilfunk von Furcht vor Gesundheitsgefahren, besonders für Kinder, begleitet. Sir William Stewart, der Vorsitzende der Gesundheitsbehörde und frühere Chef des Wissenschaftsrats der Regierung, fordert jetzt eine öffentliche Untersuchung der möglichen Risiken durch Funknetze. Aber gesundheitliche Bedenken vermindern nicht das Verbreiten der Technik, 20 % der Briten nutzen einen drahtlos vernetzten Laptop und es gibt 35.000 öffentliche Hotspots. Mehr als 50 % der Schulen und ganze Städte sind drahtlos vernetzt. Bis jetzt gab es nur wenige Warnungen, vor allem von Leuten, die elektrosensibel gegen HF-Strahlung sind. Wissenschaftler, Ärzte und einige europäische Regierungen fürchten, dass sich in Zukunft eine medizinische Katastrophe anhäuft. Epidemiologische Studien zeigen einige Gesundheitsrisiken auf. Prof. Lawrie Challis, die Chefin des Forschungsbereichs für Mobilfunk-Sicherheit der Regierung sagt, dass Mobilfunk „die Zigarette des 21. Jahrhunderts sein könnte“. Die beschriebenen Gesundheitsbeschwerden wie Kopfschmerzen, Müdigkeit