

sucht, ob Unterschiede der Wirkungen von gepulster und kontinuierlicher Hochfrequenzstrahlung bestehen. Tatsächlich veränderte die pulsmodierte Strahlung, wie sie bei Mobiltelefonen nach dem GSM-Standard Verwendung findet, das Wach-EEG vor dem Einschlafen und das Schlaf-EEG, während kontinuierliche Strahlung ohne Wirkung blieb. Diese Ergebnisse zeigen erstmalig, dass die Pulsmodulation der elektromagnetischen Felder notwendig ist, um das Wach- und Schlaf-EEG zu verändern. In der vierten Studie wurde mittels Positronen-Emissions-Tomographie nachgewiesen, dass eine 30-minütige Exposition mit Handystrahlung den regionalen Blutfluss im Gehirn auf der bestrahlten Seite vergrößerte.

Fazit

Dass Mobilfunkstrahlung in Intensitäten unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte Hirnfunktionen, die sich in einer Veränderung der Hirnströme und des regionalen Blutflusses ausdrücken, beeinflussen können, darf heute als weitgehend gesichert angesehen werden. Es ist unwahrscheinlich, dass diese Wirkungen auf thermischen Effekten bzw. Wärmewirkungen beruhen, da bei den verwendeten Strahlungsintensitäten keine Zunahme der Gewebetemperatur von mehr als 0,01 bis 0,1 °C zu erwarten ist. Bemerkenswert ist die Beobachtung in der Studie der Universität Zürich, nach der nur die gepulste Strahlung zu relevanten Veränderungen führte, was frühere Vermutungen über Unterschiede zwischen gepulster und un gepulster Strahlung hinsichtlich ihrer Wirkungen auf biologische Systeme unterstützt. Bemerkenswert ist auch die Langzeitwirkung von Handystrahlung vor dem Schlafengehen auf die Hirnaktivität während des Schlafes.

Wie die Autoren der Schweizer Studie ausführen, ist es jedoch zu früh, aus diesen Beobachtungen Rückschlüsse auf mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Strahlung, wie sie bei der Verwendung von Mobiltelefonen auftreten, zu ziehen. Sie regen für zukünftige Studien eine systematische Veränderung der Modulationscharakteristiken der Felder an, um die den Veränderungen zugrunde liegenden Modulationsfrequenzen zu identifizieren, sowie eine Variierung der spezifischen Absorptionsraten.

Franjo Grotenhermen

Literatur

1. Borbély AA, Huber R, Graf T, Fuchs B, Gallmann E, Achermann P. Pulsed high-frequency electromagnetic field affects human sleep and sleep electroencephalogram. *Neurosci Lett* 1999;275:207-210.
2. Croft RJ, Chandler JS, Burgess AP, Barry RJ, Williams JD, Clarke AR. Acute mobile phone operation affects neural function in humans. *Clin Neurophysiol* 2002;113(10):1623-1632.
3. Huber R, Graf T, Cote KA, Wittmann L, Gallmann E, Matter D, Schuderer J, Kuster N, Borbély AA, Achermann P. Exposure to pulsed high-frequency electromagnetic field during waking affects human sleep EEG. *NeuroReport* 2000;11:3321-3325.
4. Huber R, Treyer V, Borbély AA, Schuderer J, Gottselig JM, Landolt HP, Werth E, Berthold T, Kuster N, Buck A, Achermann P. Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG. *J Sleep Res* 2002;11(4):289-295.

Technik & Verbraucherschutz

WLAN und Elektromog

Im Hochfrequenzbereich zwischen etwa 1 und 5 GHz kommen immer mehr Anwendungen zum Einsatz: Mobilfunk, DECT-Telefone, Mikrowellenherd, Bluetooth (Kommunikation zwischen Computern Druckern, Handys etc.) und WLAN (drahtlose lokale Computer-Netzwerke, Wireless Local Area Network).

Das bisher übliche WLAN im 2,4 GHz-Bereich rangiert mit Sendeleistungen zwischen 1 und 100 mW (Taktraten je nach Qualität der Verbindung zwischen 10 und 391 Hertz) zusammen mit Bluetooth am unteren Leistungsende der genannten Funkdienste. Mit der aktuell erfolgten Freigabe des 5-GHz-Bereiches steigt die maximal zulässige WLAN-Sendeleistung im Innenbereich auf 200 mW (Übertragungsrate bis zu 54 Mbit/s); für Außenanwendungen wie Richtstrecken und Hotspots (Zugangspunkte zu drahtlosen lokalen Netzwerken) sind bis zu 1 W erlaubt.

Mit solchen Leistungen ist es vergleichsweise leicht, die internationalen Grenzwertempfehlungen der ICNIRP (bzw. die identischen Grenzwerte in der EU bzw. in Deutschland) einzuhalten (ab 2 GHz: Leistungsflussdichte von max. 10 W/m²). Interessanter ist die Frage, inwieweit auch die Vorsorgewerte des Ecolog- und nova-Instituts eingehalten werden, die ab 2 GHz bei 0,01 W/m² bzw. 0,1 W/m² liegen.

Ein einzelner WLAN-Access-Point, dessen Sendeleistung im 2,4-GHz-Bereich mit bis zu 100 mW deutlich unter dem Höchstwert von 2 W bei Mobiltelefonen liegt und sich zudem in deutlich größerem Abstand vom Kopf befindet, bereitet strahlungstechnisch vergleichsweise geringe Probleme.

Peter Neitzke vom Ecolog-Institut, Hannover, geht entsprechend davon aus, dass erst bei mehreren komplett funkvernetzten Arbeitsplätzen Werte zusammen kommen, die in der Nähe der Vorsorgewerte liegen könnten. Mitarbeiter des nova-Instituts stellten bei Messungen auf dem mittels 2,4-GHz-WLAN vernetzten Bremer Universitätsgelände Leistungsflussdichten von maximal 0,05 bis 0,16 W/m² fest, gemessen in 10 bis 20 cm Abstand von der WLAN-Steckkarte eines Notebooks, während der Wert in typischer Kopfposition bei 0,004 W/m² lag. An einem Arbeitsplatz ohne Computer mit WLAN-Steckkarte, aber in unmittelbarer Nähe des Access Points wurden 0,0025 W/m² gemessen.

WLAN im gerade freigegebenen 5-GHz-Bereich könnten möglicherweise dank ihrer höheren maximalen Sendeleistung die Vorsorgewerte von nova bzw. Ecolog überschreiten. Wichtig ist aber auch die Berücksichtigung der Gesamtbelastung durch sämtliche HF-Quellen (Immission), die unter den Grenz- bzw. Vorsorgewerten bleiben muss bzw. sollte, auch um Spielraum für weitere, zukünftige Technologien zu behalten.

Die Zeitschrift ÖKO-TEST untersuchte die Strahlenbelastungen in der Nähe von WLAN-Hotspots in Aachen (Marktplatz), Düsseldorf (Hotel), Göttingen (Uni), München (Flughafen) und Münster (Uni, Schloss). Eine Vorreiterrolle bei dieser neuen Technologie haben die Universitäten, die ihren Studenten teilweise auf dem gesamten Campus einen mobilen Netzzugang ermöglichen. Die zweite wichtige Zielgruppe sind Geschäftsreisende, für die vor allem in Flughäfen und Hotels Möglichkeiten geschaffen werden, per Funk ins Internet zu gelangen.

Die gemessene Strahlenbelastungen durch WLAN reichten von kaum messbaren Werten unter 0,000.0001 W/m² bis zu maximalen Werten von bis zu 0,023 W/m² (gemessen an einem Nutzerplatz in der juristischen Bibliothek in Göttingen). Als Messpunkte wurden ausschließlich Orte gewählt, an denen sich Menschen – zum Teil auch über eine längere Zeit – aufhalten. Insgesamt zeigte sich, dass schon im Abstand von ein paar Metern von einem WLAN-Sender die Strahlenbelastung sehr gering ist – andere Quellen wie Mobil-

funk oder DECT-Basisstationen (auch aus Nachbarwohnungen) führen in aller Regel in Innenräumen zu deutlich höheren Belastungen.

Während Passanten oder Anwohner durch WLAN demnach kaum belastet werden, bekommen die WLAN-Nutzer durch die ebenfalls sendenden Funkkarten in den Laptops deutlich mehr Strahlung ab: 0,015 bis 0,020 W/m² wurden in einem Meter Abstand zur WLAN-Karte gemessen. Diese Werte liegen allerdings Größenordnungen unter den Werten, die beim Telefonieren mit Handys oder DECT-Telefonen am Kopf auftreten.

Quellen:

1. Eigene Messungen des nova-Instituts.
2. Meyer, A.: Nebenwirkungen – WLAN und die Elektromogdebatte. In: c't, Heft 25, 2002.
3. TEST WLAN-Hotspots – es hat gefunkt. In: ÖKO-TEST, November 2002, S. 126-129.
4. Umfangreiche Listen zu WLAN-Hotspots finden sich unter www.mobileaccess.de und www.mobilmedia.net

Verbraucherschutz

Funk-Babyphone

Die Zeitschrift ÖKO-TEST testete in ihrer Novemberausgabe 18 Funk-Babyphone und – außer Konkurrenz – ein Netzgebundenes Babyphon. Im Gegensatz zu den Vorjahren sind diese, unter Elektromog-Gesichtspunkten relativ günstig zu bewertenden Geräte, heute kaum noch am Markt zu finden.

Aktuell am Markt erhältliche Funk-Babyphone funken in den drei Frequenzen 27, 40 und 433 MHz. Am häufigsten findet die 40-MHz-Frequenz Verwendung, da sie am wenigsten durch andere Quellen gestört wird: Die 27 MHz werden auch von CB-Funkern stark frequentiert, die 433 MHz von Kleinleistungs-Funkanlagen wie z.B. Garagentor-Steuerungen. Aber auch die 40 MHz sind nicht für Babyphone reserviert. Seit kurzem wurde nun auf europäischer Ebene die Frequenz von 864 MHz für Babyphone freigegeben und reserviert. In Deutschland ist die Freigabe noch nicht offiziell, da sie vorher im Amtsblatt der Regulierungsbehörde veröffentlicht werden muss.

Die Messungen von ÖKO-TEST, die die verschiedensten NF- und HF-Felder umfassten, ergaben: Keines der 18 Geräte bekam die Note „sehr gut“, nur drei schnitten mit „gut“ ab, sechs mit „mangelhaft“ und zwei sogar mit „ungenügend“ – diese acht Geräte haben laut ÖKO-TEST nichts im Baby-Schlafzimmer zu suchen. Zur Abwertung der Geräte führte die Stärke der gemessenen Felder, eine Pulsung der Funkwellen und der Dauersendebetrieb. Die besten Geräte von Vivanco (Babyfon Profi BM 400), Harting & Helling (H & H Original Babyruf MBF 4444) und Me Micro-Electric (m-e Babycare Funk Babysitter DBS 1000) sind keine Dauersender – sie senden nur, wenn Geräusche aus dem Kinderzimmer übertragen werden müssen -, sie verwenden keine gepulsten Funkwellen und sie haben vergleichsweise geringe Feldstärken. Zusammenfassend schreibt ÖKO-TEST: „Alle Babyphone muten den schlafenden Kindern mehr Elektromog zu als Büromenschen oder Internet-Surfern täglich verkraften müssen. Die Geräte erzeugen elektrische Wechselfelder, die im Abstand von 30 Zentimetern bis zu zehn mal höher liegen als die schwedische TCO-Computernorm mit 10 Volt pro Meter (V/m) erlaubt. Sogar bei zwei Metern Distanz entsprachen acht Geräte immer noch nicht der TCO-Norm.“

Quelle: TEST-Babyphone – und täglich strahlt der Babysitter. In: ÖKO-TEST, November 2002, S. 64-67.

Mobilfunk & Gesundheit

Athermisch oder nicht athermisch?

Beim COST281-Treffen im November 2002 wurde die Frage diskutiert, ob es biologische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder gibt, die nicht auf Wärmewirkungen beruhen. Zudem stellte sich die grundsätzliche Frage, ob es überhaupt von Bedeutung sei, zwischen thermischen und nichtthermischen Wirkungen zu differenzieren, vor allem bei solchen Studien, bei denen nur sehr geringe Temperaturänderungen aufträten.

Den Grenzwertempfehlungen internationaler Organisationen und den gesetzlichen Grenzwerten in Deutschland zum Schutz vor elektromagnetischen Feldern liegen nachgewiesene Wärmewirkungen dieser Felder zugrunde. Seit langem wird jedoch die Frage diskutiert, ob es gesundheitlich relevante Wirkungen elektromagnetischer Felder gibt, die auf anderen Wirkmechanismen beruhen und ohne relevante Temperaturänderungen der betroffenen Gewebe bei geringen Feldstärken bzw. geringen Strahlungsintensitäten auftreten können. Angesichts der Schwierigkeiten, geringe Temperaturunterschiede im lebenden Organismus zu messen, und einer zunehmenden Anzahl von Studien, die biologische Wirkungen bei niedrigen Feld- bzw. Strahlungsintensitäten nachweisen, verliert andererseits die Differenzierung zwischen thermisch und athermisch zunehmend an Bedeutung. Eine andere Frage drängt sich in den Vordergrund: Lassen sich die biologischen Wirkungen, die von Wissenschaftlern nach niedrigen Strahlungsintensitäten beobachtet wurden, von anderen Arbeitsgruppen reproduzieren? Handelt es sich um echte Effekte oder um Artefakte bzw. Zufallsprodukte?

COST ist das Netzwerk für die europäische Kooperation wissenschaftlicher und technischer Forschung, dem 34 Mitgliedsstaaten angehören. COST281 befasst sich mit der Kooperation der wissenschaftlichen Forschung zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen moderner Kommunikationstechnologien. Es lud Mitte November 2002 Wissenschaftler nach London ein, um das Thema der geringfügigen Temperaturwirkungen zu diskutieren.

Dr. Dariusz Leszczynski von der finnischen Behörde für Strahlungs- und Nuklearsicherheit meinte bei dem Treffen: „Es ist nicht von Bedeutung, ob ein Effekt thermisch oder athermisch ist. Wir sollten von *Effekten* sprechen.“ Leszczynski hatte in einer Studie nach einer einstündigen Exposition mit Mobilfunkstrahlung deutliche Veränderungen der Proteinaktivität menschlicher Endothelzellen gefunden, eine Aktivierung von Hitze-Schock-Proteinen, die als Stressreaktionen gedeutet werden (siehe Elektromog-Report, August 2002). Diese Veränderungen fanden ohne eine messbare Temperaturerhöhung statt. Dr. Roland Glaser von der Humboldt-Universität in Berlin meinte: „Wenn es nur eine kleine Temperaturänderung ist, dann können wir das vergessen. Kleine Temperaturwirkungen treten überall um uns herum auf.“ Selbst beim Nachweis geringer Temperaturunterschiede handele es sich bei möglichen biologischen Effekten nur selten um Wärmewirkungen.

Vor der Tagung wurde von Dr. James Metcalfe von der Universität Cambridge die Frage aufgeworfen, ob es irgendeinen niedrigdosigen Hochfrequenz-Effekt gebe, der reproduzierbar und allgemein akzeptiert sei. Die Aktivierung von Hitze-Schock-Proteinen (hsp) könnte ein solcher Effekt sein, da diese Wirkung bisher von Arbeitsgruppen aus Dänemark, Großbritannien, USA und Finnland beobachtet worden ist. Dr. Sianette Kwee von der Universität von Aarhus in Dänemark merkte an, dass eine Aktivierung von hsp durch Wärme eine Temperaturerhöhung von 5 bis 8 °C benötige. Daher kann bei einer möglichen minimalen Temperaturerhöhung um weniger als 0,1 °C durch elektromagnetische Felder der Wär-