

Mobilfunk und Sendetürme

Moderne Funknetze erfüllen zunehmend die wachsenden Bedürfnisse vieler Menschen nach Kommunikation. Mit Hilfe hochfrequenter elektromagnetischer Felder werden nicht nur Telefonate, sondern auch Internetdaten, Musik, Unterhaltung und andere Informationen übertragen.

Um eine flächendeckende Versorgung mit mobilen Funkanwendungen zu erreichen, werden die Gebiete in sogenannte Funkzellen gegliedert, die jeweils von ortsfesten Funksendeanlagen versorgt werden. Diese kommunizieren mit Hilfe elektromagnetischer Felder mit den mobilen Endgeräten in den Zellen (z.B. mit Handys). Die abgestrahlte Leistung der Anlagen richtet sich u.a. nach der Größe der jeweiligen Funkzelle und der Anzahl der Personen, die gleichzeitig telefonieren. Heute existiert vor allem in Städten eine gut ausgebaute Versorgung im Mobilfunk mit kleinzelligen Netzen. Größere Übertragungskapazität erfordert die UMTS-Technik (Universal Mobile Telecommunication System).

Die Intensität der hochfrequenten elektromagnetischen Felder im Alltag nimmt durch den rasanten flächendeckenden Ausbau neuer Funkssysteme zu. Damit gewinnen auch Strahlenschutz-Maßnahmen immer mehr an Bedeutung. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) befasst sich seit Beginn der Entwicklung intensiv mit diesem Thema. 1997 wurden in Deutschland Grenzwerte für ortsfeste Funksendeanlagen in der "Verordnung über elektromagnetische Felder" auf der Grundlage des Bundesimmissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) rechtlich verankert.

Die Grenzwerte greifen Empfehlungen der "Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung" (ICNIRP) und der Weltgesundheitsorganisation (WHO) auf. Auch die Europäische Union stützte 1999 ihre Ratsempfehlung auf die

internationalen Empfehlungen (1999/519/EC). Zur Zeit gibt es bei Einhaltung der Grenzwerte keine wissenschaftlichen Beweise für gesundheitsschädliche Wirkungen.

In einigen wissenschaftlichen Publikationen gibt es allerdings Hinweise auf biologische Wirkungen, die den Gedanken der Vorsorge nahe legen. Nach allem, was bisher bekannt ist, ist ein eventuell vorhandenes gesundheitliches Risiko zwar gering, könnte jedoch durch den flächendeckenden Einsatz neuer Funktechnik viele Menschen betreffen. Das BfS setzt sich aus diesem Grund für Maßnahmen ein, die eine

Reduzierung eines möglichen Risikos bewirken können. Geeignet sind Maßnahmen zur Verringerung der Intensität oder zur Verkürzung der Dauer der Exposition. Auch weitere Forschung und umfassende Information zum Thema dienen der Vorsorge. Dort, wo sich viele Menschen dauerhaft aufhalten, insbesondere in Schulen, Kindergärten, Krankenhäusern und ähnlichen Einrichtungen, soll die Einwirkung durch hochfrequente elektromagnetische Felder ("Exposition") möglichst gering sein. Entscheidend ist dafür nicht allein der Standort einer Funksendeanlage, sondern die tatsächliche Intensität der Strahlung ("Exposition") für die Menschen.



Das BfS empfiehlt besonders jungen Menschen einen vorsichtigen Umgang mit der Mobilfunktechnologie.

Wie werden Grenzwerte festgelegt?

Hochfrequente (HF-) Felder werden vom menschlichen Körper absorbiert und führen zur Erwärmung von Körpergewebe. Experimente haben gezeigt, dass gesundheitliche Wirkungen von HF-Strahlung auftreten können, wenn sich einzelne Körperbereiche oder das gesamte Körpergewebe um mehr als 1°C erwärmen (thermische Effekte). Bei Überschreiten dieses Schwellenwertes über einen längeren Zeitraum können Stoffwechsel und Nervensystem gestört werden. Unter extremen Bedingungen kann sich beim Auge grauer Star entwickeln. Bei starken HF-Feldern kann auch die embryonale Entwicklung gestört werden. *Unterhalb* der Schwellenwerte wurden bisher keine gesicherten schädlichen Gesundheitswirkungen durch HF-Strahlung nachgewiesen. Nichtthermische ("athermische") Effekte wurden untersucht.

International festgelegte Basisgrenzwerte der "spezifischen Absorptionsrate" (SAR-Werte) berücksichtigen wissenschaftlich nachgewiesene Wirkungen auf die Gesundheit - sowohl thermischer als auch nichtthermischer Art.

Basisgrenzwerte: Für die allgemeine Bevölkerung wird die "spezifische Absorptionsrate"- SAR auf 0,08 W/kg begrenzt - über den ganzen Körper gemittelt. Für Teilkörperbereiche - wie den Kopf - sind 2 W/kg zulässig - gemittelt über 10g Körpergewebe.

Um die Einhaltung der Basisgrenzwerte zu überprüfen, arbeitet man in der Praxis mit gut messbaren abgeleiteten Grenzwerten der elektrischen und magnetischen Feldstärke: Diese sind festgelegt in der "Verordnung über elektromagnetische Felder" (26. BImSchV). Werden die Grenzwerte der 26. BImSchV eingehalten, so ist auch die Einhaltung der Basisgrenzwerte gewährleistet.

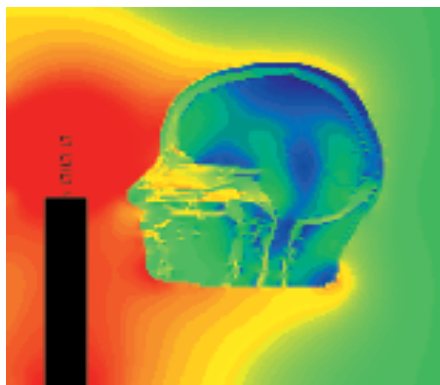
Warum Vorsorge?

In der Öffentlichkeit wird kontrovers über weitere gesundheitsschädliche Effekte diskutiert. Aus einigen Publikationen ergeben sich Hinweise auf Wirkungen der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks, die nichtthermischer Art sind. So wurden bei Intensitäten, wie sie beim Telefonieren mit dem Handy zulässig sind, u.a. Effekte bei bestimmten Schlafsituationen bzw. ungeklärte Reaktionszeit-Änderungen beobachtet. Eine gesundheitliche Gefährdung, die eine Senkung der Grenzwerte rechtfertigt.



Schnurlose Telefone für Haus und Garten übertragen die Sprache aus dem normalen Telefonnetz per Funk zum Hörer (DECT-Standard, Reichweite bis 300 m, vgl. Tabelle rechts). Die verwendeten Sendeleistungen sind dabei so gering, dass international empfohlene Grenzwerte deutlich unterschritten werden. Ein Verzicht auf schnurlose Telefone trägt zur Minimierung der persönlichen Strahlenexposition bei.

gen würde, lässt sich daraus aber derzeit nicht ableiten - wegen der ungesicherten Datenlage, fehlender Reproduzierbarkeit von Studien oder der ungeklärten Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge. Sie rechtfertigen jedoch Vorsorgemaßnahmen und machen weitere Forschung auf diesem Gebiet notwendig.



Beim Telefonieren mit dem Handy kommt es zu ungleichmäßiger Leistungsaufnahme und -verteilung im Kopf: Um die Teilkörpergrenzwerte einzuhalten, werden die Abstrahlleistungen der Handys begrenzt.

Abb.: SAR-Verteilung beim Mobilfunk

Wer prüft Sendetürme?

Bei Funktürmen und Sendemasten ist der **Betreiber** für die Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte verantwortlich. Er hat für jede einzelne Anlage eine **Standortbescheinigung** bei der Regulierungsbehörde für Te-

lekkommunikation und Post (RegTP) zu beantragen. Anlagen mit 10 Watt Spitzenleistung und mehr dürfen nur dann in Betrieb genommen werden, wenn die in Deutschland geltenden Grenzwerte eingehalten werden. Die RegTP weist für jeden Standort einer Sendefunkanlage einen individuellen **Sicherheitsabstand** aus. In die Bestimmung des Sicherheitsabstandes werden von der RegTP sowohl neu geplante Anlagen als auch bereits vorhandenen Funkanwendungen sowie in der Umgebung befindliche Sender einbezogen.

Außerhalb des Sicherheitsabstandes sind gesundheitsschädliche Wirkungen durch hochfrequente Abstrahlungen vom Funkturm nicht zu erwarten, auch nicht für Schwangere, Kranke und Kinder. Allgemein liegt der Sicherheitsabstand bei reinen Mobilfunksendern (in Abstrahlrichtung der Antenne) in der Größenordnung von wenigen Metern. Auch für UMTS-Frequenzen gibt es bereits gesetzliche Grenzwerte, deren Einhaltung von den Betreibern dieser neuen Technologie in jedem Fall nachzuweisen ist.

Weitere Informationen zum Standortverfahren sind auf den Reg TP-Internetseiten erhältlich oder können angefordert werden bei der

*Regulierungsbehörde für
Telekommunikation und Post
Postfach 8001
55003 Mainz
Internet <http://www.regtp.de>.*

ABC der Funksysteme

Übertragungssystem	Trägerfrequenz, Standard	Bemerkungen	Basisstation	Mobiles Endgerät (Handy)
D-Netz seit 1992, erstmals digitalisierte Sprachsignale, die Verbindung in einer Funkzelle wird über Zeitschlitz im verwendeten Frequenzkanal identifiziert	890 bis 960 MHz/ "Global System for Mobile Communication" (GSM) 900-Standard	Frequenzband von 0,2 MHz, niederfrequent gepulstes HF-Signal (217 Hz); Servicedienste, weltweite Nutzung (Roaming)	10 W typisch, 50 W möglich, Pulsung unregelmäßig, abhängig vom Gesprächsaufkommen	Max. Abstrahlleistung (Spitzenwerte): begrenzt auf 2 W, Auto-telefon 8 W, max. mittlere Leistung von Handys 0,25 W
E-Netz seit 1994, ebenfalls "Zeitschlitzverfahren"	1710 bis 1880 MHz / GSM-1800-Standard, doppelte Frequenz des D-Netzes	Zeitschlitz-Verfahren Frequenzband von 0,2 MHz, Pulsung 217 Hz, Roaming, Servicedienste	10 W typisch, Pulsung unregelmäßig, abhängig vom Gesprächsaufkommen, geringere Leistung, geringere Reichweite, engeres Netz von Basisstationen als beim D-Netz erforderlich	Max. Abstrahlleistung (Spitzenwert): begrenzt auf 1 Watt, max. mittlere Leistung 0,125 W
UMTS Aufbau seit 2000; multimediafähig, Identifizierung über individuelle Codes, Nachricht wird beim Sender verschlüsselt, ist nur vom Empfänger zu entschlüsseln	1900 bis 2170 MHz (um 2 GHz)/UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) EN301 908-6	Breitbandige Übertragung (Frequenzbänder von 5 MHz), daher große Übertragungsraten, kein Zeitschlitzverfahren (nicht gepulst) alle Verbindungen laufen zeitgleich über den gleichen Frequenzkanal	10 W bis 50 W typisch	Max. Abstrahlleistung (Spitzenwert): 1 Watt, feinstufige Leistungsregelung mit unregelmäßigen schnellen Amplitudenschwankungen bei den Endgeräten, Begrenzung nötig
Richtfunk Gesprächsvermittlung und Registrierung zwischen Basisstationen und Funknetzen untereinander	Mehrere Frequenzen im GHz-Bereich	Keine Standortbescheinigung erforderlich	Weniger als 10 W, auch für TV genutzt	-
DECT (Digital Enhanced Cordless Telephone): digitales System für schnurlose Telefone	1800 bis 1900 MHz / DECT	Zeitschlitzverfahren gepulst mit 100 Hz, zukünftig für Datentransfer bzw. lokale Vernetzung von IT-Systemen	geringe Sendeleistung, typisch 0,25 W, max. mittlere Leistg. 0,01 W, (geringe Reichweite bis 300 m)	Basisstation sendet regelmäßig neue Signale auf Kontrollkanal
Bluetooth Funk-Datenübertragung bis zu etwa 100 m (z.B. drahtlose Verbindung von Drucker oder Tastatur zum PC, drahtlose Luftdrucküberwachung in PKW-Reifen)	2,4 GHz	abwechselndes Senden von Basisstation und Endgerät ("Zeitduplexverfahren"), Pulsung (Sendedauer etwa 600 Mikrosekunden)	0,001 bis 0,1 W	-

Die Antenne am Handy - Strahlenquelle am Kopf

Mobilfunk-Endgeräte - sogenannte "Handys" - sind Quellen hochfrequenter elektromagnetischer Felder. Die Antennen der Mobilfunkgeräte strahlen die benötigte HF-Energie ab und empfangen sie auch. Das Strahlenschutzkonzept des Sicherheitsabstandes ist für Handys nicht anwendbar. Der Kopf befindet sich beim Telefonieren in unmittelbarer Nähe zum Sender - der Handy-Antenne (Nahfeld, siehe Grafik links). Die international empfohlenen Teilkörper-Grenzwerte der SAR von 2 Watt pro Kilogramm (gemittelt über 10 g) müssen deshalb unbedingt eingehalten werden - selbst dann, wenn sich das Gerät direkt am Ohr befindet.

Bei Handys im **D-Netz** dürfen Ausgangsleistungen bis zu **2 Watt** (Spitzenleistung) nicht überschritten werden, im **E-Netz** bis zu **1 Watt**. Diese Werte sind auf Spitzenwerte während der Pulsung bezogen

Damit wird verhindert, dass sich einzelne Teilbereiche des Körpergewebes "überwärmen"; besonders das Auge wird geschützt, das zusätzliche Wärme schlecht abführen kann.

Moderne Mobilfunkgeräte arbeiten mit möglichst geringer Sendelei-

stung. Die Einstrahlung der HF-Energie in den Kopf hängt u.a. von der Bauform des Gerätes und der Art der Benutzung ab: Vom Typ der Antenne und ihrer Position zum Kopf, von der verwendeten Frequenz und der Ausgangsleistung. Um die Exposition bei modernen Mobilfunkendgeräten einschätzen zu können, hält das BfS eine vergleichbare Kennzeichnung mit dem maximalen SAR-Wert auf dem Gerät für sinnvoll und verbraucherfreundlich.

Auswahl geeigneter Standorte

Das BfS hält eine umfassende Information der Verbraucherinnen und Verbraucher sowohl über die Aufstellung von Sendeanlagen als auch über die Eigenschaften der Endgeräte für notwendig. Im Juli 2001 haben kommunale Spitzenverbände und Mobilfunknetzbetreiber eine "Vereinbarung über den Informationsaustausch und die Beteiligung der Kommunen beim Ausbau der Mobilfunknetze" getroffen. Ziel der Vereinbarung ist es, Konflikte bei der Installation neuer Sendeanlagen zu vermeiden und einvernehmliche Regelungen zu treffen. Die Betreiber haben sich verpflichtet, die Kommunen umfassend über das beabsichtigte Vorhaben und die geplanten Standorte zu informieren und gegebenenfalls alternative Standorte zu akzeptieren.

Wie wichtig ist Abstand?

Mit jedem Meter Entfernung von der Funkquelle verringert sich die Exposition wesentlich, im freien Raum sinkt die Intensität der Leistungsflussdichte quadratisch mit der Entfernung, d.h. sie verringert sich auf ein Viertel, wenn sich der Abstand, verdoppelt. (In der Praxis ergeben sich durch reale Verhältnisse Abweichungen von dieser Rechnung - beispielsweise durch Absorption oder Reflexion der Funkwellen an vorhandenen Objekten.)



Rechts ist ein schnurloses DECT-Telefon mit Basisstation abgebildet, das nur geringe hochfrequente Abstrahlleistungen aufweist. Um Expositionen von stärker strahlenden Handys miteinander zu vergleichen (Mitte), sollten die SAR-Werte herangezogen werden. Vom Festnetz (links) geht keine hochfrequente Strahlung aus.

Individuelle Vorsorge

Die elektromagnetischen Felder, die beim Telefonieren mit dem Handy auftreten, sind im Allgemeinen sehr viel stärker als die Felder, denen man z.B. durch benachbarte Mobilfunk-Basisstationen ausgesetzt ist. Daher hält es das BfS für wichtig, die Felder, denen die Nutzer von Handys ausgesetzt sind, möglichst gering zu halten. Ganz besonders gilt dies für Kindern und Jugendliche, die sich noch in der Entwicklung befinden und gesundheitlich empfindlicher reagieren.

Die persönliche Strahlenbelastung lässt sich oft einfach und wirkungsvoll verringern, ohne auf die Vorteile eines Handys verzichten zu müssen. Konkrete Vorsorge kann im Einzelnen bedeuten:

- In Situationen, in denen genauso gut mit einem Festnetz wie mit einem Handy telefoniert werden kann, sollte das Festnetz genutzt werden.
- die Dauer der Exposition verringern, also beispielsweise Telefonate per Handy kurz halten. Nicht benötigte Handys können ausgeschaltet werden.
- Abstand halten: Wenn beim mobilen Telefonieren *Head-Sets* benutzt werden, verringert sich wegen des größeren Abstandes zwischen Kopf und Antenne der SAR-Wert - und damit die Exposition - deutlich. Ähnliches gilt beim Versenden von Short-Messages (SMS).
- Möglichst nicht bei schlechtem Empfang telefonieren: Die Leistung, mit der das Handy sendet, richtet sich nach der Güte der Ver-



Beim Versenden sogenannter "Short-Messages" (SMS) ist die hochfrequente Exposition am Kopf deutlich geringer als beim Telefonieren mit dem Handy.



Freisprecheinrichtungen und Außenantennen bieten beim Telefonieren im Auto strahlenhygienische Vorteile für die Fahrzeuginsassen. In Kraftfahrzeugen sollten möglichst nur eingebaute, vom Hersteller zugelassene Geräte verwendet werden, die auch die Bordelektronik nicht stören.

bindung zur nächsten Basisstation. Autokarosserien verschlechtern z.B. die Verbindung für Handys ohne Außenantenne, die Handys senden deshalb mit einer höheren Leistung.

- SAR-Werte der Handys beachten: Handys verwenden, bei denen der

Kopf möglichst geringen Feldern ausgesetzt ist, Maßstab dafür ist der SAR-Wert von 2 W/kg, der so weit wie möglich unterschritten werden sollte.

Eine entsprechende Kennzeichnung der Geräte ist von der Industrie geplant.

Wechselwirkungen mit elektronischen Geräten

Bereits deutlich unterhalb der Schwelle für gesundheitliche Wirkungen können empfindliche elektronische Geräte auf die gepulste hochfrequente Strahlung von Mobiltelefonen reagieren. Störungen elektronischer Geräte treten auf, wenn die Geräte schlecht entstört sind oder spezielle Wellenlängenbereiche gezielt verstärken. Das ist zwar unangenehm - beispielsweise beim Fernsehempfang - hat aber mit direkten gesundheitsschädlichen Wirkungen in der Regel nichts zu tun.

Kritisch können indirekte Wirkungen auf die Gesundheit sein - insbesondere wenn elektronische Körperhilfen betroffen sind:

- **Herzschrittmacher**
Die meisten Herzschrittmacher lassen sich von Mobiltelefonen nicht aus dem Takt bringen. Störungen sind dennoch nicht in jedem Einzelfall und in jeder Situation auszuschließen. Um sie zu vermeiden, sollten empfangsbereite Mobiltelefone nicht in unmittelbarer Nähe des Implantats am Oberkörper getragen werden.

• Hörgeräte

Die Pulsfrequenz beim Mobilfunk von 217 Hz wird von manchen Hörgeräte-trägern als "Brummen" wahrgenommen. Ein größerer Abstand zur Funkquelle oder vorübergehendes Abschalten des Geräts vermeidet diese Störgeräusche.

• Medizintechnische Geräte

Auf ausreichenden Abstand zu empfindlicher medizintechnischer Elektronik ist zu achten - insbesondere in Intensivstationen und Operationssälen. Die Störfeldstärke einiger medizintechnischer Geräte wird noch im Abstand einiger Meter erreicht. Mobilfunk-Verbote in Krankenhäusern sind daher einzuhalten.

• Flugzeuge

Um Beeinflussungen der Bordelektronik zu vermeiden, sollte das Mobiltelefon während des Fluges ausgeschaltet bleiben. Den Anweisungen des Flugpersonals ist Folge zu leisten.

• Autos

Die Benutzung von Handys ohne Freisprecheinrichtung während des Autofahrens ist verboten.

Impressum:

Herausgeber:
Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 100149; 38201 Salzgitter
Tel: 05341/885-130
Fax: 05431/885-150
Internet: <http://www.bfs.de>
email: info@bfs.de
Bildmaterial/Grafik:
BfS, IMST Kamp-Lintfort
Gedruckt auf 100% Recycling-Papier

