

WDR



Fernsehen

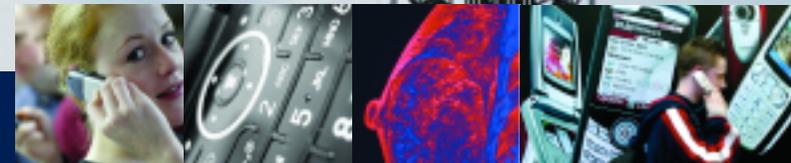
Quarks&Co

Westdeutscher Rundfunk Köln  
Appellhofplatz 1  
50667 Köln

Tel.: 0221 220-3682  
Fax: 0221 220-8676

E-Mail: [quarks@wdr.de](mailto:quarks@wdr.de)

[www.quarks.de](http://www.quarks.de)



## *Krank durch Handystrahlung?*

Quarks&Co

Script zur WDR-Sendereihe *Quarks & Co*



## Inhalt

- 4 Elektrosmog: die Grundlagen

---

- 9 Wie Mobilfunk funktioniert

---

- 15 Grenzwerte für die Strahlung der Sendemasten

---

- 18 Handys und die Frage nach der Gesundheit

---

- 22 Elektrosensibel – gibt es das?

---

- 24 Der SAR-Wert

---

- 26 Heiße Ohren beim Telefonieren

**Herausgeber:** Westdeutscher Rundfunk Köln; **verantwortlich:** Öffentlichkeitsarbeit;  
**Text:** Srđjan Govedarica, Heinz Greuling, Wobbeke Klare, Wolfgang Rathgeber,  
Vladimir Rydl, Mike Schaefer, Markus Schall, Silvio Wenzel; **Redaktion:** Lorenz  
Beckhardt, Thomas Kamp; **Copyright:** wdr, September 2007; **Gestaltung:** Design-  
bureau Kremer & Mahler, Köln

**Bildnachweis:** alle Bilder Freeze wdr 2007 **außer** Titel – kleine Bilder 4. v. r. : vario-  
press, 2. v. r. : Mauritius, r.: ddp; Innenteil – S. 8.: Collage - Ausgangsmaterial:  
Mauritius

## Krank durch Handystrahlung?

Das Thema *Elektrosmog* hat für mich eine interessante Tradition: Schon im Jahr 1987 haben wir uns damit auseinander gesetzt. Zu dieser Zeit war *Elektrosmog* noch gar nicht im Bewusstsein der Öffentlichkeit.

Einige Jahre später haben wir – für eine Wissenschaftsredaktion einzigartig – mit eigenen Messungen die Feldstärken vieler Hausgeräte überprüft und zu einem sehr frühen Zeitpunkt auf die verschiedenen Quellen elektromagnetischer Strahlung hinwiesen. Damals erschien das *QuarksScript* zum ersten Mal, und es wurde in mehrtausendfacher Auflage von vielen interessierten Zuschauern und Bürgerinitiativen genutzt.

In unseren Sendungen ging es immer wieder darum, mögliche Risiken aufzuzeigen, diese jedoch auf der Basis anerkannter wissenschaftlicher Studien zu quantifizieren. Wir wollten nicht Öl in das Feuer von Panikmachern gießen. Gerade bei diesem Thema ist es unsere journalistische Pflicht, die *Spreu vom Weizen* zu trennen und unseren Zuschauern fundierte und gesicherte Erkenntnisse zu vermitteln. Im Gegensatz zu den epidemiologischen Erkenntnissen Ende der 80er Jahre, hat sich die Forschungslandschaft heute substantiell verbessert. Das Risiko Elektrosmog ist deutlich eingrenzbar. Die wichtigsten Fakten und Argumente dazu finden Sie in Form eines Frage-Antwort-Katalogs in diesem Script.

Laut einer Umfrage ist mehr als die Hälfte der Bevölkerung überzeugt, dass Mobilfunk gesundheitsschädlich ist. Der Strahlung von Handys und Sendemasten werden die unterschiedlichsten Wirkungen auf die Gesundheit nachgesagt – von Kopfschmerzen und Herzrasen über Tinnitus bis hin zu Schlafstörungen. Aber macht Mobilfunk wirklich krank?

■ Weitere Informationen, Lesetipps und interessante Links finden Sie auf unseren Internetseiten.  
Klicken Sie uns an: [www.quarks.de](http://www.quarks.de)



Elektromog in der Wartehalle eines Flughafens – ob Telefonieren per Handy oder Kommunikation mit Walkie-Talkie: die Liste der Quellen ist lang



# Elektromog: die Grundlagen

# Elektromog: die Grundlagen

## ■ Was ist Elektromog?

Elektromog ist ein englisch-amerikanisches Kunstwort, das sich aus den beiden Begriffen *elektrisch* und *smog* zusammensetzt. Es bedeutet also soviel wie *elektromagnetischer Wellen-Nebel*.

Beim gefürchteten Stadtsmog sammeln sich Autoabgase, Schornsteinrauch und andere Schadstoffe in einer Nebelwolke. Ganz ähnlich hüllen uns Hochspannungsleitungen, Richt- und Rundfunksender, Mobil und Funktelefone, ja selbst Haushaltsgeräte und Computer in einen unsichtbaren Nebel elektromagnetischer Strahlung ein.

Wir Menschen können diesen Elektromog weder riechen, schmecken, sehen, hören noch tasten. Möglicherweise schädigt er aber den Körper. So mehrten und verdichten sich seit einigen Jahren die Hinweise, elektromagnetische Wellen könnten beim Menschen unter anderem Krebs verursachen.

Elektromog ist der Preis der Elektrifizierung. Man könnte zwar (im Prinzip) selber entscheiden, Handys, Computer und weitere Elektromog produzierenden Geräte zu nutzen oder nicht. Doch

trotz Verzicht wären Sie immer noch elektromagnetischen Feldern ausgesetzt: sie umgeben uns wie die Luft zum Atmen.

## ■ Was sind elektromagnetische Felder

Gleiche Ladungen stoßen sich ab, ungleiche ziehen sich an – so kennt man das vielleicht noch aus dem Physikunterricht. Ladungen üben Kräfte aufeinander aus. Das Kraftfeld, mit dem sich ein geladener Körper umgibt, nennt man elektrisches Feld. Die Stärke dieses elektrischen Feldes, die elektrische Feldstärke, geben Physiker in Volt pro Meter (V/m) an. *Beispiel Erde: zwischen Erdoberfläche und den stark aufgeladenen Luftschichten darüber (Ionosphäre) bildet sich ein elektrisches Feld aus: je nach Wetterlage und Reinheit der Luft zwischen 100 und 500 V/m. In einem Gewitterzentrum liegen die Feldstärken bei 3.000 bis 20.000 V/m und damit dreißig- bis vierzigmal höher als bei anderen Wetterlagen.*

## ■ Was sind magnetische Felder?

Magnete erzeugen Magnetfelder: wenn sich eine Kompassnadel nach Norden ausrichtet oder Sie einen Notizzettel mit einem kleinen Magneten an

die Tür Ihres Kühlschranks heften, haben Sie es immer mit Magnetfeldern zu tun. Die Stärke des Magnetfelds, genauer gesagt die magnetische Flussdichte oder Induktion, wird in Tesla angegeben, abgekürzt T. Nikola Tesla (1856–1943) war ein amerikanischer Physiker und Mitarbeiter von Edison. *Beispiel Erde: Das natürliche magnetische Feld der Erde hat in unseren Breiten eine Stärke von etwa 40 bis 50 Mikrottesla, im künstlichen Magnetfeld des Kernspintomografen etwa 1 bis 4 Tesla, also über 20.000 mal stärker.*

## ■ Warum spricht man von elektromagnetischen Wellen und Strahlen?

Zwischen allen elektrischen und magnetischen Erscheinungen besteht ein enger Zusammenhang:

- elektrische Ströme, also bewegte elektrische Ladungen, rufen magnetische Wirkungen hervor;

und umgekehrt:

- magnetische Felder rufen elektrische Wirkungen hervor.

Beide Phänomene bedingen sich gegenseitig und sind zwei Seiten einer Medaille. Physiker benennen daher beide Wirkungen zusammen in einem Wort: Elektromagnetismus. Wenn elektrischer Strom durch einen Draht fließt – etwa von einer Batterie zu einer kleinen Lampe – wird elektrische Ladung bewegt und erzeugt ein Magnetfeld zylinderförmig um den Leiterdraht herum. Die Nadel eines Kompasses richtet sich danach aus. Strom erzeugt also ein Magnetfeld – je mehr Schleifen im Draht, und je mehr Strom durch den Leiter fließt, um so stärker ist das Magnetfeld. Jeder stromdurchflossene Leiter – sei es eine Hochspannungsleitung, das Telefonkabel oder die Stromzuführung zu einem elektrischen Gerät im Haushalt – sie alle sind von Magnetfeldern umgeben.

Auch das statische Magnetfeld der Erde oder das des Magnetclips am Kühlschrank kann man sich entstanden denken aus bewegter elektrischer Ladung: bei der Erde fließen gigantische elektrische Ströme im tiefen und flüssigen Eisenkern, beim Magnetclip bewegen sich winzige Elementarladungen in den Atomen selbst.

Umgekehrt: Bewegt man eine Leiterschleife in einem Magnetfeld (zum Beispiel das der Erde), so fließt ein elektrischer Strom, auch dann, wenn



# Elektrosmog: die Grundlagen

keine Spannungsquelle (etwa eine Batterie) anliegt. Diese *elektromagnetische Induktion* entdeckte 1831 Michael Faraday.

## ■ Kann ich elektromagnetische Felder spüren?

*Direkt:* nein,  
*indirekt:* unter Umständen ja.

Der Mensch hat im Gegensatz zu bestimmten Tieren wie kleinsten Organismen und Vögeln kein direktes Sinnesorgan für elektrische und magnetische Felder. Das natürliche Magnetfeld der Erde, das künstliche Feld starker Magnete oder elektrische Felder von Haushaltsgeräten, die Felder von Antennen oder Mobilfunkgeräten – all das ist so schwach, dass ein Mensch sie nicht direkt wahrnehmen kann. Ausnahme: die Felder sind derart stark, dass Ihnen sprichwörtlich *die Haare zu Berge stehen*, sich vielleicht sogar Funken bilden und die Felder entladen.

## ■ Was passiert, wenn ich mich in elektromagnetischen Feldern aufhalte?

Treten Sie in ein elektrisches Feld, dann verteilen sich auf Ihrer Haut – der leitfähigen Körperoberfläche – Ladungen um: es fließen sogenannte

Oberflächenströme. Im Allgemeinen spüren Sie es nicht, denn die Spannungsunterschiede gleichen sich über die Luft oder andere Leiter aus: entweder langsam, und dann nicht spürbar, oder aber kurzzeitig, und dann sehr spürbar, etwa wenn Sie eine statisch aufgeladene Türklinke berühren. Zeitlich veränderliche Magnetfelder dagegen induzieren im Körper elektrische Wirbelfelder und -ströme. Damit können sich Nervenenden *fehlentladen* und etwa den Herzrhythmus verändern: Herzkammerflimmern ist die Folge. Einzelne Gewebeteile könnten gereizt werden, sich übermäßig erhitzen oder gar Eiweiß im Blut oder Auge zum Gerinnen bringen.

## ■ Was sind elektromagnetische Wellen?

Elektromagnetische Wellen kann man sich als elektrische und magnetische Felder vorstellen, die den Raum (und vor allem den luftleeren Raum, das Vakuum) durchqueren wie Wasserwellen die Oberfläche eines Sees – allerdings mit Lichtgeschwindigkeit. Sie entstehen, wenn man elektrische Ladungen beschleunigt:

- Elektronen, die durch den Draht einer Antenne geleitet hin- und herschwingen – sie erzeugen Funk- und Mikrowellen;

- Infrarot, sichtbares Licht und ultraviolettes Licht entstehen, wenn Elektronen in Atomen (zwischen Anregungsniveaus) springen und
- Röntgenstrahlen, wenn sehr schnelle Elektronen etwa in einem Metallblock heftig abgebremst werden.

Elektromagnetische Wellen unterscheiden sich sehr von anderen Wellen, wie Schall- oder Wasserwellen – denn die haben materielle Träger: hier Luft oder Wasser. Elektromagnetische Wellen dagegen brauchen keinen Träger – sie pflanzen sich im luftleeren Raum fort, das Vakuum selbst ist quasi der Träger.

1864 sagte James Clark Maxwell (1831–1879) als Erster diese Wellen voraus. 1888 gelang es dem 31-jährigen Heinrich Rudolf Hertz, diese Wellen nachzuweisen. Und 1895 schließlich gelang es Guglielmo Marconi, mit diesen Wellen zuerst die Strecke von 2.400 Metern und dann den Atlantik zu überbrücken – sehr zum Staunen der Physiker. Und heute werden genau diese Wellen benutzt, um Fernsehen zu übertragen, Satelliten anzuzapfen und mobil zu telefonieren.

## ■ Was heißt *elektromagnetisches Spektrum*?

Man bezeichnet die Gesamtheit aller elektromagnetischen Wellen als elektromagnetisches Spektrum. Es reicht von

- niederfrequenter Strahlung (10.000 Schwingungen in einer Sekunde, also bis 10 kHz) zunächst zu
- hochfrequenter Strahlung (bis 100 Milliarden Schwingungen in einer Sekunde, also bis 100 GHz). Sie fängt an mit Langwelle und geht über Mittel-, Kurz- und Ultrakurzwellen (UKW) des Radios (88 bis 105 MHz) bis hin zu Fernsehen, Mobil-, Richtfunk und Radar.
- Es schließt sich an das Infrarote, das ist die Wärmestrahlung, gefolgt vom sichtbaren Bereich, für den wir das Sinnesorgan Auge haben. Bis hier hin nennt man die Strahlung nichtionisierend.



Lästig: Handygeräusche in der Stereoanlage



# Elektrosmog ...

- Was folgt, ist ionisierende Strahlung. Sie ist energiereich genug und hart genug, aus Atomen einzelne Elektronen herauszuschlagen – zu ionisieren. Sie umfasst Röntgen und Gammastrahlen (der radioaktiven Atomkerne zum Beispiel).

(elektromagnetische Verträglichkeit) unterzogen. Meist liegt die Feldstärke, die Geräte ohne Störung überstehen müssen, bei 3 V/m. Viele Hersteller schirmen ihre Geräte von sich aus gegen viel höhere Belastungen ab.

## ■ Was versteht man unter *elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV)*?

Jeder kennt die seltsamen Störgeräusche, die Handys verursachen, wenn sie in der Nähe von Stereoanlagen oder Autoradios betrieben werden. Dabei wirken die Kabel und Verdrahtungen innerhalb der Geräte wie Antennen, die einen Teil der vom Handy ausgehenden elektromagnetischen Strahlung empfangen. Die leistungsfähige Elektronik verstärkt diese Störsignale und macht sie hörbar. In diesem Fall ist die Wirkung meist nur akustisch störend, durch elektromagnetische Wellen könnten Geräte aber auch beschädigt werden. Um dies zu vermeiden, wird jedes Elektrogerät für die Zulassung EMV-Tests

## ■ Wer kann mir helfen, wenn Funkwellen meine Geräte stören?

Die Bundesnetzagentur unterhält einen Messdienst, um Störungen durch Funksender nachzugehen. Dieser Dienst ist kostenlos.

► *Telefon: 0180-3 23 23 23*



# Wie Mobilfunk funktioniert

## ■ Warum können Millionen Nutzer auf nur wenigen Funkfrequenzen telefonieren?

Die eigentliche Leistung der Mobilfunkbetreiber besteht darin, mit einer begrenzten Anzahl von Frequenzen auszukommen, die eigentlich gerade für wenige hundert gleichzeitige Funkgespräche reichen würden. Denn das Frequenzband, das in Deutschland zum Beispiel für die beiden D-Netze reserviert ist – rund 25 MHz für jede Richtung – ist aufgeteilt in lediglich 124 nutzbare Kanäle.

Die Verfahren, mit denen man ein Zusammenbrechen des Netzes verhindert, verringern gleichzeitig die Belastung durch Elektrosmog. Besonders die tausende, voneinander unabhängige Funkzellen bestimmen diesen Effekt. Im Englischen nennt man Handys darum auch cellular phones.

## ■ Wie ist der Weg eines Handygesprächs?

Handys treten niemals direkt miteinander in Verbindung. Auch dann nicht, wenn sie sich unmittelbar nebeneinander befinden. Vielmehr kommunizieren sie ständig mit einer übergeordneten Funkstation, der sogenannten Basisstation.

Von dort aus wird das Gespräch zu einer übergeordneten Vermittlungsstelle per Festnetzleitung oder Richtfunkstrecke und von dort aus zu dem Hauptverbindungscomputer des Netzbetreibers weitergeleitet. Dieser Computer ist über den Standort aller Handys informiert und kann das Gespräch zu der Basisstation des Empfängers durchstellen. Dort werden auch die Gebühren berechnet. Damit der Hauptvermittlungsrechner immer weiß, wo sich alle Handys befinden, senden sie in regelmäßigen Abständen ein Ortungssignal.

## ■ Sendet mein Handy auch, wenn ich nicht telefoniere?

Ja, aber nur selten! Damit ein Gespräch zustande kommen kann, muss der Hauptverbindungsrechner des Netzbetreibers ständig darüber informiert sein, in welcher Funkzelle sich das Handy gerade befindet. Dazu meldet es sich zunächst beim Einschalten an und meldet sich anschließend in regelmäßigen Abständen beim Betreiber zurück. Erfolgen keine nennenswerten Ortsveränderungen, so werden lediglich in größeren Zeitabständen (etwa jede halbe Stunde) kurze Impulse von weniger als einer Sekunde ausgesendet.



Links:  
Werden viele Sendemasten eingesetzt, kann die Sendeleistung des einzelnen geringer sein

Mitte:  
Die Antennen eines Sendemastes strahlen fast ausschließlich in horizontaler Richtung

Rechts:  
Merkmal für D- und E-Netze: Benachbarte Funkzellen abenötigen unterschiedliche Sendefrequenzen



# Wie Mobilfunk funktioniert

Die Abstände werden kürzer, wenn man sich über größere Entfernungen bewegt und dabei Funkzellen wechselt.

Legen Sie ein eingeschaltetes Handy auf ein Radiogerät, dann können Sie diese Signale über einen längeren Zeitraum verfolgen.

## ■ Entsteht durch viele Sendemasten eine besonders hohe Belastung?

Im Gegenteil! Würden die Handys nur von einem zentralen oder von wenigen Sendemasten aus versorgt, hätte dies große Nachteile. Die Signale müssten dann extrem stark sein, damit auch das entfernteste Handy sie gerade noch empfangen könnte. Dies würde aber eine sehr hohe Belastung durch Elektromog in der unmittelbaren Nähe der Masten bedeuten. Werden dagegen sehr viele Sendemasten eingesetzt, dann kann die Sendeleistung des einzelnen geringer sein, da die Handys ja nicht so weit entfernt sind. Die durchschnittliche Belastung sinkt.

## ■ Wie stark ist die Strahlung durch einen Sendemast?

Bei einem normalen Standort für D- oder E-Netze werden die derzeit gültigen Grenzwerte bereits in einer Entfernung von rund 3 - 4 Metern unterschritten. Die Antennen strahlen dabei fast ausschließlich in horizontaler Richtung. Nach unten hin beträgt der einzuhaltende Sicherheitsabstand, außerhalb dessen der Grenzwert nicht mehr erreicht wird, meist nur rund 50 cm. Sogar bei stark genutzten Standorten auf großen Masten ist der Sicherheitsabstand selten größer als 10 - 12 m in horizontaler Richtung.

## ■ Was ist eine Funkzelle?

Viele kleine Sender verringern nicht nur die Belastung durch Elektromog. Sie erhöhen auch die Kapazität des Funknetzes, denn sie ermöglichen es den Betreibern, ein und dieselbe Frequenz mehrfach zu nutzen.

Bei einem Mobilfunknetz sind sogenannte Funkzellen wie die Waben eines Bienenstocks angeordnet, eine Zelle ist immer von höchstens sechs weiteren Zellen umringt. Wenn nun ein Funknetz geschickt geplant wird, ist es mit nur sieben unter-

schiedlichen Frequenzen möglich, beliebig viele Funkzellen so einzurichten, dass niemals zwei Funkzellen aneinander stoßen, die dieselbe Frequenz benutzen. Auf diese Weise lässt sich die Kapazität des Funknetzes beliebig steigern, obwohl nur relativ wenige Funkfrequenzen zur Verfügung stehen.

Genau genommen arbeitet eine Basisstation im D-Netz gleichzeitig auf bis zu zwölf Frequenzen. Da aber die Betreiber jeweils über beinahe 90 Einzel Frequenzen verfügen, ist das Prinzip dennoch das gleiche.

Bei den D-Netzen können rund 50 Personen gleichzeitig in einer Funkzelle telefonieren. Je mehr potentielle Teilnehmer sich in einem Bereich befinden, desto kleiner muss diese Funkzelle werden. Am Meer kann eine Zelle im Durchmesser bis zu 30 - 70 Kilometer groß sein, auf dem Land noch 10 - 15 und in der dichtbesiedelten Stadt ist sie höchstens noch 2 Kilometer groß. Auf manchen Messen sind spezielle Netze installiert mit Funkzellen, die in Hallen noch nicht einmal 50 m Durchmesser haben. Auch in einzelnen Wagen der ICE Züge sind solche Minisender eingerichtet, um den Empfang zu verbessern. Kein Wunder, dass in Deutschland rund 50.000 Basisstationen nötig sind, um die bestehenden Mobilfunknetze zu betreiben.

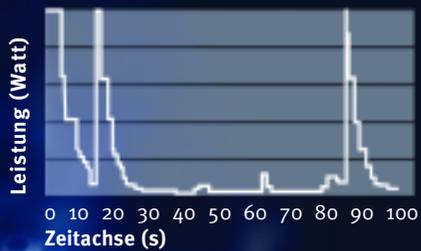
## ■ Was versteht man unter einem gepulsten Signal?

Um die Kapazität des Funknetzes zu erhöhen, wird jede Frequenz der D- und E-Netze von bis zu acht Teilnehmern gleichzeitig genutzt.

Dies ist möglich, weil sich die Daten der Gespräche für den Transport in digitale Pakete packen lassen. Da die Abstände zwischen den Paketen immer gleich sind, braucht das Handy oder die Basisstation immer nur jedes achte Paket zu entschlüsseln und zu einem Gespräch zusammensetzen. Wenn das Handy an die Basisstation sendet, nutzt es nur einen der acht Zeitabschnitte. Dadurch ergibt sich ein pulsierendes Sendesignal, bei dem ein Sendesignal alle 4,615 ms ausgesandt wird. Das entspricht rund 217 Pulsen pro Sekunde. Diese Frequenz von 217 Hz entspricht dem Ton, den Sie durch die Lautsprecher von Radio und Fernseher hören, wenn Sie ein Handy davor halten.

## ■ Wie hoch ist die Sendeleistung eines Handys?

Die Leistung, mit der D-Netz-Handys maximal senden dürfen, beträgt 2 Watt. Man könnte nun argumentieren, dass ein Handy nur 1/8 der Zeit tat-



## Wie Mobilfunk funktioniert

sächlich sendet, also nur mit durchschnittlich 0,25 Watt. Diese Betrachtung ist allerdings sehr umstritten. Die maximale Sendeleistung von Handys für das E-Netz beträgt dagegen nur 1 Watt, die schnurlosen DECT-Festnetztelefone senden mit 0,01 – 0,25 Watt. Viel eher von Bedeutung ist dagegen die automatische Regelung der Sendeleistung der Handys. Wenn die Verbindung zur Basisstation sehr gut ist, dann regelt das Handy seine Sendeleistung herunter. So können aus den 2 Watt im Betrieb durchaus 0,05 Watt werden, solange die Verbindung gut ist. Je näher also der nächste Sendemast steht, desto geringer die Handystrahlung am Kopf. Auch in Innenräumen und im Auto sendet das Handy meist mit maximaler Energie. Als groben Anhaltspunkt über die zu erwartende Belastung können Sie die Empfangsanzeige ihres Handys verwenden. Zeigt diese nur dürrigen Empfang an, ist mit hoher Sendeleistung zu rechnen. Das Handy muss hoch regeln, um die Basisstation zu erreichen.

### ■ Worin unterscheidet sich das UMTS- von den GSM-Funknetzen?

Beim UMTS-Netz (Universal Mobiles Telecommunications System) werden die Daten völlig anders übermittelt als bei den bisherigen Funknetzen

nach GSM-Standard (Global System for Mobile Telecommunication). UMTS soll ja nicht nur für Telefonate, sondern auch für Bildtelefonate und Multimediaanwendungen geeignet sein. Diese vielfältigen Möglichkeiten machen es notwendig, dass der Nutzer nicht immer nur auf einen Teil der Übertragungskapazität wie bei den GSM-Kanälen festgelegt ist. Eine flexible Aufteilung ist da erheblich sinnvoller. Dies wird dadurch gewährleistet, dass alle Basisstationen auf derselben Frequenz senden. Es handelt sich um ein sehr breitbandiges Signal, das in jeder Richtung die gesamten 5 MHz eines UMTS-Netzbetreibers umfasst. Alle Gespräche und Informationen sind in dieses Signal eingebettet. Das Telefongespräch ist jetzt nicht mehr wie bei GSM einem schmalen Frequenzband zugeordnet, es versteckt sich vielmehr in einem Durcheinander von Signalen, das an ein völlig chaotisches Rauschen erinnert. Wenn das Netz nur wenige Teilnehmer nutzen, sind bei UMTS theoretisch bis zu 2 MBit pro Sekunde möglich, immerhin gut dreißigfache ISDN-Geschwindigkeit.

Dass die Basisstation oder das Handy aus diesem Durcheinander an Informationen überhaupt diejenige herausfinden kann, die für sie zutreffen, liegt an einer ausgefeilten Verschlüsselungstechnik. Jede Verbindung enthält einen Markierungscode, der sie eindeutig identifiziert. Und nur der Emp-

fänger, der diesen Code kennt, kann das Signal aus dem Durcheinander herausfiltern und entschlüsseln.

Trotzdem ist auch bei UMTS die Übertragungskapazität pro Funkzelle begrenzt. Um die Multimediaanwendungen auch einer großen Nutzerzahl verfügbar zu machen, sind noch wesentlich mehr Sendestationen notwendig als bei den bisherigen Funknetzen. Das engere Netz an Sendemasten hat aber auch den Vorteil, dass die Belastung je Sendemast weiter zurückgeht.

### ■ Was ist gefährlicher – Sendemasten oder Handy?

Ältere D-Netz-Antennen haben eine Sendeleistung von maximal 50 Watt. Ein typischer Standort mit drei Antennen bringt es also auf rund 150 Watt. Bei UMTS-Antennen wird im Regelfall von einer Sendeleistung von ca. 10 Watt ausgegangen. Somit hätte ein Sendemast mit drei UMTS-Antennen, die in unterschiedliche Richtungen strahlen, eine Sendeleistung von 30 Watt. Im Normalbetrieb senden all diese Antennen jedoch nur mit einem Teil der maximal möglichen Leistung.

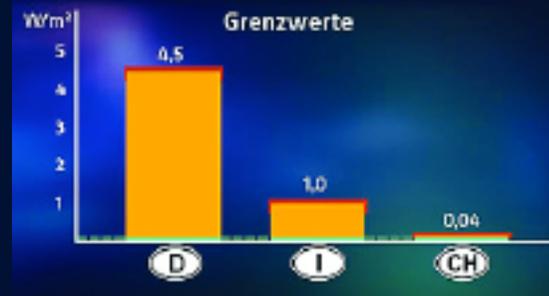
Am ehesten lassen sich Sendeannten über die von der Bundesnetzagentur festgelegten Sicherheitsabstände vergleichen, die jenen Bereich festlegen, der nicht dauerhaft von Personen betreten werden darf. In diesem Abstand tritt unter ungünstigsten Annahmen gerade noch der erlaubte Grenzwert auf, 0,08 W/kg bei einer Ganzkörperexposition.

Typische Abstände für D-Netz-Antennen sind ca. 3 - 4 Meter, für UMTS und E-Netz-Antennen liegen diese bei ca. 2,4 - 2,5 Meter. Je mehr Antennen sich an einem Standort befinden, desto größer wird der einzuhaltende Sicherheitsabstand. Auch für Handys gibt es Grenzwerte. Da jedoch das Handy viel näher am Körper strahlt, sind diese nicht einfach mit denen der Sendemasten zu vergleichen. D-Netz-Handys haben eine maximale Sendeleistung von 2 Watt.

### ■ Ist wenigstens eine grobe Abschätzung möglich?

Alleine wegen der Entfernung ist das Strahlenbad vom Sendemast vernachlässigbar im Vergleich zu dem eines Handys. Denn die Belastung durch elektromagnetische Strahlung nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab.

Für Deutschland typisch: gleich mehrere Mobilfunkantennen auf einem Dach



Nicht einheitlich: Mobilfunk-Grenzwerte in Deutschland, Italien und Schweiz. Grün eingezeichnet, die tatsächlich gemessenen Werte

## Wie Mobilfunk funktioniert

Nehmen wir einmal stark vereinfacht an, dass die körperliche Belastung im festgelegten Sicherheitsabstand von 3 Metern zu einer Sendeantenne genauso groß ist wie die eines Handys, das ebenfalls mit maximal erlaubter Leistung sendet, also genau mit dem festgelegten Grenzwert.

In rund fünfzig Metern Entfernung zur Antenne – das entspricht ungefähr dem 16fachen des Sicherheitsabstandes – beträgt die Strahlung nur etwa den zweihundertfünfzigsten Teil der Sendeleistung (genau  $3 \times 16 = 48$  m und  $16 \times 16 = 256$  m).

Um eine vergleichbare Belastung durch die Sendeantenne zu erhalten wie durch ein Handy, müsste man sich der Strahlung des Sendemastes etwa 250 mal länger aussetzen. Oder anders ausgedrückt: Die gesamte Belastung durch die Sendeantenne pro Tag in 50 m Entfernung entspricht ungefähr einem Handygespräch von knapp 10 Minuten Dauer  $[(24 \times 60 \text{ min}) / 250 = 5,76 \text{ min}]$ .

### ■ Wie werden neue Sendemasten genehmigt?

Das übliche Verfahren zur Errichtung einer Basisstation geht über eine Vielzahl von Stationen. Zunächst bestimmt die Netzplanungsabteilung des Mobilfunkbetreibers eine optimale Position

für einen Sendemast. Ein Mitarbeiter der Akquisitionsabteilung erhält eine Karte mit der Position des Standortes und versucht, in dem vom Planer vorgegebenen Suchradius ein optimales, hohes Gebäude oder Grundstück für einen Sendemast zu finden. Bei Standorten, die bis Ende 2001 erschlossen wurden, konnte der Akquisiteur sofort mit den Eigentümern des Gebäudes in Verbindung treten und ggf. einen Pachtvertrag für die Errichtung eines Sendemastes abschließen. Aufgrund der zunehmenden Bürgerproteste suchen die Mobilfunkbetreiber aber inzwischen den Dialog mit den Kommunen. Die Errichtung der meist nur wenige Meter hohen Sendemasten auf Hausdächern unterliegt nicht dem Baurecht. Allerdings muss jede Sendeanlage über 10 Watt Leistung von der Bundesnetzagentur genehmigt werden. Diese Behörde soll darauf achten, dass alle gültigen Grenzwerte eingehalten werden.

Für die Festlegung der Grenzwerte ist hingegen die Deutsche Strahlenschutzkommission zuständig. In der sogenannten Standortbescheinigung legt die Bundesnetzagentur die für den jeweiligen Standort errechneten Sicherheitsabstände fest. In diese Berechnungen gehen die Emissionen aller bekannten Sendeanlagen der Umgebung ein. Erst nach Erhalt der Standortbescheinigung kann die Anlage montiert und in Betrieb genommen werden.

## Grenzwerte für die Strahlung der Sendemasten

### ■ Wer legt die gültigen Grenzwerte für Mobilfunkstrahlung fest?

Grenzwerte sollen helfen, die Bevölkerung vor schädlicher Strahlenbelastung zu schützen. Grundlage für die meisten Grenzwerte, die in der Europäischen Union gelten, sind die Empfehlungen der ICNIRP (International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection). Diese unabhängige Organisation, die von der Weltgesundheitsorganisation WHO und der Europäischen Union offiziell anerkannt ist, hat Empfehlungen für die maximale Belastung der Bevölkerung durch Mobilfunkstrahlung veröffentlicht. Diese sind allgemein akzeptiert – doch jeder Staat kann entscheiden, ob er diese Werte auch wirklich übernimmt.

### ■ Welche Grenzwerte für Mobilfunkstrahlung gelten in Deutschland und Europa?

1999 veröffentlichte die Europäische Kommission eine Empfehlung, die sich an den von der ICNIRP empfohlenen Werten orientiert. Daraufhin schrieben nahezu alle EU-Staaten die ICNIRP-Werte in ihrer Gesetzgebung fest. Sie gelten auch in Deutschland. Diese Grenzwerte beziehen sich auf die maximale Belastung durch die Sendeantennen der Basisstationen – nicht auf die Handys selbst.

Für diese gilt ein anderer Grenzwert, der so genannte SAR-Wert (Spezifische Absorptionsrate).

**D-Netze:** 4,5 W/m<sup>2</sup>

**E-Netze:** 9 W/m<sup>2</sup>

**UMTS:** 10 W/m<sup>2</sup>

Die Einheit W/m<sup>2</sup> ist die Leistungsdichte. Sie beschreibt die Energie, die auf eine bestimmte Fläche einwirkt. Die Bundesnetzagentur veröffentlicht ihre Messergebnisse und die Angaben zu den von ihr genehmigten Sendeanlagen im Internet. Schaut man sich diese Daten an, zeigt sich, dass die Grenzwerte in nahezu allen Fällen weit unterschritten werden: sie liegen hundert- bis mehrere tausendfach unter dem offiziell Erlaubten.

### ■ Gibt es niedrigere Grenzwerte in der Schweiz?

Die Schweiz führte für die meisten Teile des Landes ebenfalls die europäischen Werte ein. Allerdings legte man so genannte *Orte mit empfindlicher Nutzung* fest. Dazu gehören alle Bereiche, an denen sich regelmäßig Personen für längere Zeit aufhalten, also auch Wohnungen. Für diese gelten strengere Grenzwerte.

**D-Netze:** 0,042 W/m<sup>2</sup>

**E-Netze:** 0,096 W/m<sup>2</sup>

**UMTS:** 0,096 W/m<sup>2</sup>



Gilt auch für die Schweiz: überall soll Mobilfunk funktionieren



Seltener Gast: das mobile Messsystem der Bundesnetzagentur auf dem Dach der BAKOM in Biel, Schweiz

# Grenzwerte für die Strahlung der Sendemasten

Eine weitere Besonderheit ergibt sich durch die direkte Demokratie in der Schweiz: keine Behörde legt alleine fest, wo Handyantennen stehen dürfen. Immer sind auch die Bürger gefragt. Und die können darauf bestehen, dass in ihren Wohnräumen Messungen durchgeführt werden.

oder gar überschritten. Diese Bereiche finden sich vor allem auf Balkonen oder Dachterrassen, die im direkten Strahlungsbereich einer nahen Sendeanenne liegen. Trotzdem werden in Deutschland in solchen Lagen auf jeden Fall die deutschen Grenzwerte eingehalten.

## ■ Sind Schweizer Bürger weniger strahlenbelastet?

Niedrigere Grenzwerte, weniger Strahlung? Das hört sich einfach und einleuchtend an. In der Schweiz sind die Grenzwerte teilweise hundertmal niedriger als in Deutschland. Doch ist deswegen auch die Strahlenbelastung hundertmal niedriger? Nein. Nach Aussagen von Experten des Schweizer BAKOM (Bundesamt für Kommunikation), einer Fachbehörde für Kommunikationstechnik, ist das Strahlungsniveau in der Schweiz mit dem in Deutschland vergleichbar. Dies zeigt, dass eine Senkung der Deutschen Grenzwerte auf Schweizer Niveau, wie von vielen Mobilfunkgegnern gefordert, die tatsächliche Belastung in Deutschland kaum verringern würde.

Nur an sehr wenigen Standorten werden selbst in Deutschland die Schweizer Grenzwerte erreicht

## ■ Kann man Deutsche und Schweizer Messwerte vergleichen?

Die Bundesnetzagentur hat 2007 anlässlich der *Quarks*-Sendung für einige Wochen ein transportables Messgerät an die BAKOM ausgeliehen. Es misst in der Schweiz die Belastung an unterschiedlichen Messpunkten nach den in Deutschland vorgeschriebenen Messmethoden. Üblicherweise sind die Messmethoden der einzelnen Staaten stark an die jeweilige Gesetzes- und Genehmigungssituation angepasst, lassen daher kaum einen direkten Vergleich zu. Mit dem *Quarks*-Experiment bietet sich jedoch erstmals genau diese Möglichkeit: Messwerte aus einem Land mit hundertfach niedrigerem Grenzwert mit denen aus Deutschland direkt zu vergleichen, für jeden im Internet einsehbar. Die Angaben sind im Juni 2007 auf der Seite der Bundesnetzagentur online gestellt worden.

## ■ Wer kontrolliert, ob Grenzwerte auch wirklich eingehalten werden?

Unabhängig von dem Standortgenehmigungsverfahren ist die Bundesnetzagentur auch dafür zuständig, dass bundesweit alle Grenzwerte eingehalten werden. Hierzu werden regelmäßig Messkampagnen durchgeführt, in denen das gesamte elektromagnetische Spektrum überprüft wird. Für die Messungen werden Standorte ausgewählt, die als besonders belastet gelten oder über die Umweltämter der Kommunen von besorgten Bürgern vorgeschlagen wurden. Die Ergebnisse dieser Messungen sind übrigens im Internet abrufbar: auf der Homepage der Bundesnetzagentur ([www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de)) unter dem Stichwort *EMVU*.

## ■ Auf dem Dach genau gegenüber (bzw. über mir) steht eine Sendeanenne. Bin ich gefährdet?

Nach Ansicht der deutschen Strahlenschutzkommission ist diese Frage eindeutig mit nein zu beantworten. Sofern die von dieser Kommission festgelegten Werte ausreichend sind, ist auch wirklich nicht mit Problemen zu rechnen. Über die für jede neue Sendeanlage erforderliche Standort-

genehmigung der Bundesnetzagentur ist gewährleistet, dass sich garantiert niemand im Bereich zu hoher Strahlungswerte aufhalten kann. Bei der Genehmigung werden überdies die technisch maximal möglichen Sendeleistungen zugrundegelegt. Die realen Belastungen sind erheblich geringer.

Selbst wenn die Grenzwerte verschärft würden, wäre vermutlich kaum jemand betroffen. Wie die Messungen der Bundesnetzagentur an besonders belasteten Punkten gezeigt haben, werden die Grenzwerte nie auch nur annähernd erreicht.

## ■ Wo erhalte ich Informationen über Sendemasten?

Die Bundesnetzagentur veröffentlicht im Internet detaillierte Messreihen und Angaben zu den Mobilfunkmasten.

- ▶ [www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de)
- Das Bundesamt für Strahlenschutz: ▶ [www.bfs.de](http://www.bfs.de)
- Die Strahlenschutzkommission: ▶ [www.ssk.de](http://www.ssk.de)
- Die Forschungsgemeinschaft Funk e.V. ▶ [www.fgf.de](http://www.fgf.de)



Erbgutschäden an Zellen durch Handystrahlen?  
Forscher suchen weltweit nach Hinweisen



Mäuse in einem Versuch mit elektromagnetischer Strahlung. Es zeigt sich kein Unterschied zwischen bestrahlten und unbestrahlten Tieren

# Handys

## und die Frage nach der Gesundheit

# Handys und

# die Frage nach der Gesundheit

### ■ Können Funktelefone meine Gesundheit gefährden?

Ja, aber nicht unbedingt durch Elektrosmog. Mehrere Studien haben nämlich gezeigt, dass die Gefahr von Verkehrsunfällen durch das Telefonieren am Steuer steigt, und dieses Risiko und seine Höhe sollte man nicht unterschätzen. In Deutschland ist das normale Telefonieren mit einem Handy im Auto deshalb seit dem 1. Februar 2001 verboten. Das Telefonieren mit einer Freisprechanlage ist weiterhin erlaubt, aber Tests der Stiftung Warentest haben gezeigt, dass auch dann ein erhöhtes Unfallrisiko bleibt. Das Verbot rührt also zunächst nicht von einer möglichen Gefahr durch Elektrosmog her. Über eine mögliche Beeinträchtigung der Gesundheit durch das elektromagnetische Feld selbst weiß man immer noch sehr wenig.

Schlaf- oder Konzentrationsstörungen – und natürlich die Frage nach dem Krebs. Dazu gibt es etwa siebzig Studien an Menschen und Tieren. Außerdem wurde vielfach an Zellen untersucht, ob Mobilfunkstrahlung einen Einfluss auf die Entstehung von Erbgutveränderungen hat oder ob sie den Stoffwechsel der Zellen verändert. Der größte Geldgeber für Gesundheitsstudien ist ein Mobilfunkunternehmen, Motorola, dicht gefolgt von der EU. Weil die Mobilfunkunternehmen viele Studien finanzieren, haben Schweizerische Wissenschaftler untersucht, in welchem Zusammenhang Geldgeber und Studienergebnis stehen. Und tatsächlich finden sich in den von der Industrie finanzierten Gesundheitsstudien seltener Hinweise auf Beeinträchtigungen als bei den öffentlich finanzierten Untersuchungen. Aber die qualitativ besten Studien waren trotzdem nicht etwa die rein öffentlich finanzierten, sondern die mit gemeinsamer Beteiligung von Industrie und öffentlicher Hand.

### ► Hochfrequente elektromagnetische Felder

Hochfrequente elektromagnetische Felder wechseln ihre Richtung 100.000 oder bis zu 300 Milliarden mal pro Sekunde. Man sagt: Sie schwingen mit einer Frequenz von 100 Kilohertz bis 300 Gigahertz. Je höher die Frequenz ist, desto kürzer ist die elektromagnetische Welle. Hochfrequente elektromagnetische Strahlung geht nicht nur von Mobiltelefonen und -Basisstationen aus, sondern auch von

### ■ Wirkt sich die Finanzierung einer Studie auf das Ergebnis aus?

Allein innerhalb der EU sind es schon etwa 125 Millionen Euro: riesige Summen wurden für Studien ausgegeben, die die gesundheitlichen Auswirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern klären sollten. Gegenstand waren verschiedene Folgen für die Gesundheit, darunter

Rundfunksendern, von schnurlosen Telefonen, von kabellosen Internetverbindungen (W-LAN), von der Küchen-Mikrowelle und von Radargeräten. Elektromagnetische Felder mit einer Frequenz von weniger als 100 Kilohertz gelten als niederfrequent. Sie entstehen durch Stromleitungen und elektrische Geräte. Auch Haushaltsgeräte (vom batteriebetriebenen Wecker bis zur Waschmaschine) erzeugen ein niederfrequentes elektromagnetisches Feld. Hier beträgt die Frequenz meistens 50 Hertz.

dosis die Menschen tatsächlich bekommen haben: Mobilfunkwellen werden von Häusern und anderen Gegenständen stark gedämmt oder reflektiert. Im gleichen Abstand zur Antenne kann sich die Stärke der elektromagnetischen Felder um den Faktor 10.000 unterscheiden.

### ■ Gibt es neben Handymasten mehr Krebskranke?

Rund 60.000 Mobilfunkmasten gibt es in Deutschland. Manche stehen sehr nah an Wohnhäusern, zum Teil sogar auf den Dächern. Die Strahlenbelastung in der Umgebung eines solchen Sendemasts ist zwar erheblich schwächer als die Strahlung, die ein Handy beim Telefonieren aussendet – aber dafür dauert sie 24 Stunden pro Tag. Im bayerischen Ort Naila haben Hausärzte tatsächlich eine erhöhte Krebsrate in der Nähe eines Mobilfunkmasts festgestellt. Daraufhin untersuchte das zuständige Krebsregister 48 weitere Gemeinden – und fand keinen Zusammenhang mit dem Abstand zum Mobilfunkmast. Also Aussage gegen Aussage? Aus wissenschaftlicher Sicht sind beide Studien nur eingeschränkt verwertbar – denn bei keiner der beiden weiß man, was für eine Strahlen-

### ■ Wie stellt man fest wie hoch jemand belastet ist?

Mobilfunkmasten sind nur eine von vielen möglichen Quellen hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung – angefangen bei der Mikrowelle in der Küche bis hin zum Rundfunksendeturm. Daher sind viele Wissenschaftler mittlerweile der Meinung, dass man für eine aussagekräftige Studie die Strahlendosis ermitteln müsste, der ein Mensch in seinem Alltag tatsächlich ausgesetzt ist. Dafür gibt es bereits kleine Messgeräte, die sich Testpersonen um den Oberarm schnallen können. Sie liefern allerdings keine Informationen darüber, wie viel Strahlung die Person in ihrem früheren Leben abbekommen hat, und das spielt gerade bei der Entstehung von Krebs und langfristigen Schäden eine Rolle. Das Verfahren ist dazu sehr aufwändig. Deshalb gibt es heute noch kein anerkanntes Rezept für die Durchführung einer Studie zum Krebsrisiko durch Sendemasten.



Eine Wissenschaftlerin befragt eine gesunde Person aus der Vergleichsgruppe zu ihren Telefongewohnheiten

# Handys und die Frage nach der Gesundheit

## ■ Gibt es in Tierversuchen Hinweise auf Krebs?

Im Labor haben es die Wissenschaftler dagegen viel leichter: sie können genau festlegen, wie stark das elektromagnetische Feld sein soll. Der australische Biologe Michael Repacholi hat in einem berühmten Experiment Mäuse mit Handy-Wellen bestrahlt, jeden Tag zweimal dreißig Minuten lang. Die Tiere hatten eine genetische Veranlagung für Lymphdrüsenkrebs. Tatsächlich entwickelten sie unter Bestrahlung häufiger Lymphdrüsenkrebs als die unbestrahlte Kontrollgruppe. Aber ein Befund gilt in der Wissenschaft erst dann als Beweis, wenn andere Studien zu einem gleichen Ergebnis kommen – und das hat bisher noch niemand geschafft. Mehrere andere Forscher führten Studien mit Tieren durch, bei denen sie ähnliche Versuchsaufbauten benutzten, teilweise mit anderen Frequenzen. Doch sie konnten keinen Zusammenhang zwischen elektromagnetischem Feld und Krebshäufigkeit feststellen.

Daher stehen Repacholis Ergebnisse bisher allein und sind nicht gesichert. Bei allen Tierexperimenten gilt allerdings die Einschränkung, dass sie sich nur eingeschränkt auf den Menschen übertragen lassen.

## ■ Kann Mobilfunk das Erbgut schädigen?

Schäden am Erbgut einer Zelle können ein erster Schritt bei der Entstehung eines Tumors sein. Doch im Gegensatz zu radioaktiver Strahlung reicht die Energie der elektromagnetischen Strahlung von Handys und Sendemasten nicht aus, um die Erbsubstanz direkt zu beschädigen.

Es gibt aber auch indirekte Schädigungen, zum Beispiel durch freie Radikale. Ob hier die Mobilfunkstrahlung eine Rolle spielt, wurde in Dutzenden von Laborexperimenten untersucht – leider mit ziemlich uneinheitlichen Ergebnissen: manchmal fand sich eine Veränderung, häufig aber auch nicht. Die Studien sind kaum vergleichbar, weil die Wissenschaftler sie meistens mit ganz unterschiedlichen Versuchsbedingungen durchgeführt haben. Wichtig dabei ist, dass ein Erbgutschaden in einer Zelle noch längst nicht unbedingt zu Krebs führen muss – was solche im Laborversuch festgestellten Veränderungen letztendlich für die Gesundheit bedeuten würden, weiß niemand.

## ► Freie Radikale

*Freie Radikale entstehen im ganz normalen Stoffwechsel gesunder Zellen – und doch können sie der Zelle gefährlich werden: Freie Radikale sind Bruchstücke von Molekülen mit einem ungepaarten Elektron. Dadurch sind sie äußerst reaktionsfreudig und können Elektronen aus anderen Molekülen herausreißen, die dann ihrerseits mit einem ungepaarten Elektron zurückbleiben und zum freien Radikal werden. An der DNA können freie Radikale auf diese Weise Schäden verursachen. Allerdings hat der Körper eine Reihe von Schutzmaßnahmen, mit denen er sich gegen freie Radikale zur Wehr setzt. Fresszellen des Immunsystems nutzen die freien Radikale sogar, um damit Bakterien abzutöten.*

## ■ Machen Handys Hirntumore?

Die Strahlenbelastung durch das Handy ist beim Telefonieren um ein Vielfaches höher als die Feldstärke, die von einem Mobilfunkmast ausgeht. Besonders betroffen ist davon das Gehirn. Um herauszufinden, ob Handys Hirntumore verursachen können, haben Wissenschaftler Hirntumorpatienten zu ihren Telefongewohnheiten befragt. Dann haben sie die Ergebnisse mit gesunden Vergleichspersonen verglichen. Für die heutigen digitalen Handys zeigte sich in den meisten

Erhebungen kein Unterschied. Nur eine schwedische Forschergruppe meldet deutlich erhöhte Risiken, doch deren Arbeiten werden unter Kollegen kritisch betrachtet. Das Problem aller dieser Studien ist, dass es nur wenige Menschen gibt, die über viele Jahre mit dem Handy telefoniert haben. Diese Langzeitnutzer haben wiederum vor allem analoge Handys verwendet – die digitalen Modelle sind später auf den Markt gekommen, in Deutschland erst 1992. Für die alten, analogen Geräte gab es in einer weiteren Arbeit schwache Hinweise auf ein erhöhtes Risiko für einen gutartigen Tumor des Hörnervs bei Langzeitnutzern, eine andere Forschergruppe fand Hinweise auf vermehrte bösartige Tumoren. Beide Studien beziehen sich allerdings auf weniger als 15 Hirntumorpatienten.

Seit 2001 werden analoge Mobiltelefone in Deutschland nicht mehr verwendet, und eine Übertragbarkeit auf moderne Handys ist fraglich. Wenn in vielen Jahren Daten für die im Jahr 2007 aktuelle Technik vorliegen, ist vielleicht auch diese längst wieder überholt. Zur Zeit plant die WHO eine internationale Studie, in der 250.000 Menschen über viele Jahre begleitet und zu ihren Telefongewohnheiten befragt werden sollen – vielleicht weiß man danach mehr.



Links:  
Weder der Eingangstest mit Symbolen noch andere Tests zu verschiedenen Wahrnehmungsleistungen zeigten Unterschiede zwischen Elektrosensiblen und Nicht-Elektrosensiblen

Mitte:  
Der international standardisierte Fragebogen zu Angst und Alltagsbefinden umfasst 40 Fragen

Rechts:  
Der Faraday-Raum ist komplett abgeschirmt, so dass keine störenden Strahlen eindringen können

## Elektrosensibel – gibt es das?

## Elektrosensibel ...

### ■ Elektrosensibilität – wie viele sind betroffen?

Es gibt Menschen, die davon überzeugt sind, dass sie durch elektromagnetische Strahlen krank werden. Die Betroffenen haben sehr unterschiedliche Beschwerden: von Migräne über Müdigkeit, Schwindel, Übelkeit bis hin zu Herzrhythmusstörungen. Fachleute sprechen von einer Elektro-Hypersensitivität (EHS) – oder kurz von Elektrosensibilität. Sehr umstritten ist, wie viele Menschen überhaupt elektrosensibel sind. Geht die Weltgesundheitsorganisation (WHO) von einigen Individuen pro Million Einwohner aus, sind Schätzungen einiger Selbsthilfegruppen weitaus höher. Eine Studie des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) aus dem Jahre 2001 beschreibt zum Beispiel, dass sich fast sechs Prozent der befragten Bundesbürger durch die elektromagnetischen Strahlen des Mobilfunks in ihrer Gesundheit beeinträchtigt fühlen.

### ■ Wie sieht ein typischer Test mit Elektrosensiblen aus?

Die Arbeitsgruppe *Elektrische Felder* der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin in Berlin beschäftigt sich mit dem Problem. Schon seit Mitte der 1990er Jahre erforscht das Team, wie elektromagnetische Strahlung auf Menschen wirkt. Die Psychologin Gerlinde Kaul wollte zusammen

mit ihren Kollegen in einem Experiment prüfen, ob elektromagnetische Felder von Menschen wahrgenommen werden können. 24 freiwillige Probanden, die sich selbst als elektrosensibel einstufen, nahmen am Versuch teil. Außerdem gab es eine Kontrollgruppe aus Nicht-Elektrosensiblen. Zum zentralen Experiment wurden die Versuchsteilnehmer in einen Faraday-Raum geführt – ein mit Metallplatten und Hochfrequenzabsorbern abgeschirmter Versuchsraum. Um die Strahlung eines Mobiltelefons nachzubilden, erzeugte ein Signalgenerator das elektromagnetische Feld. Ein Leistungsverstärker sorgte für die richtige Intensität.

Dann begann der Test – in Zehn-Minuten-Intervallen aktivierten die Forscher das elektromagnetische Feld oder schalteten es ab, und zwar von außerhalb des Raumes aus. Die Teilnehmer konnten nicht sehen, wann der Versuchsleiter den Schalter drückte; sie wussten also nicht, wann es Strahlung im Raum gab und wann nicht. Am Ende eines jeden Zehn-Minuten-Abschnitts wurden die Probanden gefragt, ob sie etwas wahrgenommen hatten oder nicht. Der Versuch dauerte genau eine Stunde. Hatten die Elektrosensiblen eine bessere Trefferquote erzielt als die Nicht-Elektrosensiblen? Die Antwort war eindeutig – nein! Beide Gruppen, Elektrosensible und Nicht-Elektrosensible konnten das Feld nicht wahrnehmen. Ihre Trefferquote lag lediglich im Zufallsbereich.

### ■ Können Experimente das Problem Elektrosensibilität endgültig klären?

Zusammenhänge zwischen der Handystrahlung und der Elektrosensibilität konnten die Forscher zwar nicht finden. Doch unabhängig davon, wie die Experimente ausgefallen sind: die Beschwerden und Ängste der Menschen bleiben. Sie sind nicht wegzudiskutieren, sagen auch Gerlinde Kaul und ihre Kollegen. Die mannigfaltigen Symptome von Elektrosensiblen müssen – da sind sich alle Fachleute einig – weiterhin individuell beurteilt und behandelt werden. Selbsthilfegruppen und Handy-Gegner behaupten ohnehin, dass die bisherigen Messmethoden die Reaktion von Körpern auf Elektrosmog nicht erfassen können.

Beim Umgang mit solchen Risiken und Symptomen empfehlen wir deshalb: Wenn die Ursache einer Krankheit unklar ist und man sich über einen möglichen Effekt des Mobilfunks sorgt, kann man zur eigenen Beruhigung besonders darauf achten, seine Belastung beim Telefonieren zu reduzieren (siehe Schutztipp). Einer Basisstation kann man natürlich weniger gut ausweichen, aber die Sorge, dass hiervon Schaden ausgeht, halten die meisten Experten für unbegründet (siehe Frage zu Basisstationen).

### Fünf *QUARKS-Tipps* zum richtigen Handygebrauch

- 1. Das Handy sollte**, wann immer möglich, ausgeschaltet sein; dann gibt es gar kein Feld.
- 2. Ist das Handy eingeschaltet**, sollte es möglichst nicht direkt am Körper aufbewahrt werden, damit man sich nicht den elektromagnetischen Wellen aussetzt.
- 3. Lässt sich die Aufbewahrung** eines eingeschalteten Handys am Körper nicht vermeiden, dann sollte man das Telefon so aufbewahren, dass der Kontakt zur nächsten Basisstation möglichst leicht hergestellt werden kann und das Handy die Leistung nicht unnötig heraufregeln muss. Also lieber in der Außentasche des Mantels als in der Innentasche des Jacketts.
- 4. Auch während des Telefonierens gilt:** je besser der Kontakt, desto geringer die Belastung. Wer innerhalb geschlossener Räume telefoniert oder das Handy beim Telefonieren mit der eigenen Hand oder Schulter zu stark abdeckt, riskiert eine schlechte Verbindung, und das Handy regelt zum Ausgleich die Leistung herauf. Deshalb ist es besser, draußen zu telefonieren und das Handy nicht unnötig abzudecken.
- 5. Bei allen Telefonaten**, insbesondere aber bei schlechtem Empfang, gilt: je kürzer und seltener die Telefonate sind, desto geringer die Belastung.



Besonders empfindlich: Der Kopf, auch wenn der SAR-Grenzwert vor Wärmeschäden schützt

## Der SAR-Wert

### ■ Ich möchte mir ein risikoarmes Funktelefon kaufen. Wie wähle ich aus?

Eine Patentregel gibt es nicht. Die Energie, die der Körper vom Mobiltelefon aufnimmt, wird als spezifische Absorptionsrate (der SAR-Wert) gemessen. Als Faustregel gilt: je niedriger der SAR-Wert, desto belastungsärmer das Funktelefon.

Informationen zur SAR einzelner Telefone gibt es im Internet unter: ► [www.handywerte.de](http://www.handywerte.de)

### ■ Was bedeutet der SAR-Wert und wie wird er gemessen?

Im Mobilfunk genutzt wird nur ein Teil des breiten Spektrums an elektromagnetischen Wellen:

- Im digitalen D-Netz sind es Frequenzen von 890 bis 960 Megahertz (das sind 890 bis 960 Millionen Schwingungen pro Sekunde) oder
- im digitalen E-Netz von 1760 bis 1865 Megahertz.
- Schnurlose Telefone (analog, digital) liegen bei 864 bis 868 Megahertz Sendefrequenz.

Bei diesen Sendeleistungen handelt es sich um sogenannte nichtionisierende Strahlung. Zusammen mit vielen internationalen, europäischen und

nationalen Kommissionen entwickelten Fachleute Empfehlungen und Grenzwerte. Die Weltgesundheitsorganisation WHO und ihre Umweltorganisation UNEP haben gemeinsam die aktuellen wissenschaftlichen Ergebnisse in den *Environmental Health Criteria* (so zum Beispiel im EHC Doc. 137) zusammengefasst. Darauf aufbauend hat die Internationale Strahlenschutzkommission ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) Grenzwerte entwickelt, die auch in der die Bundesregierung beratenden Strahlenschutzkommission SSK umgesetzt sind.

Viel weiß man noch nicht über den Wirkmechanismus oder gar die Schädlichkeit von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in lebenden Organismen. Um aber einen objektivierbaren Vergleich anstellen zu können, betrachten Physiker und Ingenieure das, worauf es biologisch eigentlich ankommt: die Energierate (in Watt) nämlich, die Körpergewebe (pro Masse in kg) durch elektromagnetische Strahlung aufnimmt (absorbiert). So entsteht die spezifische Absorptionsrate (SAR), der SAR-Wert, angegeben in Watt pro Kilogramm.

Die absorbierte Energie kann das betreffende Körpergewebe erwärmen – wie in der Mikrowelle, wo ja diese Erwärmung sogar dringend erwünscht ist. Sollte sich aber das Körpergewebe um gerade mal ein Grad zusätzlich erwärmen, dann wäre – so die

## Tipps für Handynutzer

Festlegung des Grenzwertes – die absorbierte Dosis als kritisch anzusehen. Auf dieser Vorstellung beruhen die sogenannten Basisgrenzwerte für die Allgemeinbevölkerung im Hochfrequenzbereich des elektromagnetischen Spektrums: der SAR-Wert von 0,08 Watt pro kg – als gemittelter Grenzwert über den ganzen Körper und der Teilkörpergrenzwert von 2 Watt pro kg – als Grenzwert gemittelt über 10 g Körpergewebe. In einem standardisierten Prüfverfahren werden in Prüflabors SAR-Werte für Handys im Gebrauch ermittelt. Dabei ersetzt man den menschlichen Kopf durch eine mit einer Zucker-Wasserlösung gefüllte Schale, die elektrisch die gleichen Eigenschaften wie das Gehirn und das menschliche Gewebe haben soll. Ein Messroboter tastet das gesamte Kopfinnere ab, ermittelt die jeweiligen Feldstärken und vor allem die absorbierte Energierate. Gemittelt über einen genau definierten Bereich ergibt sich dann der SAR-Wert des Handytyps.

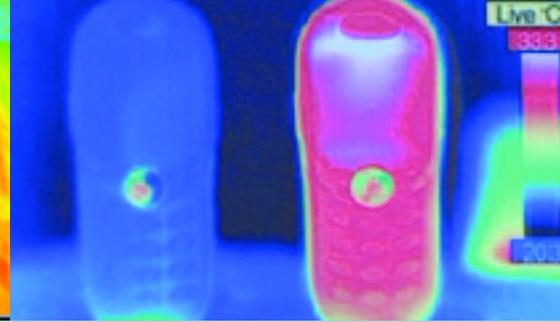
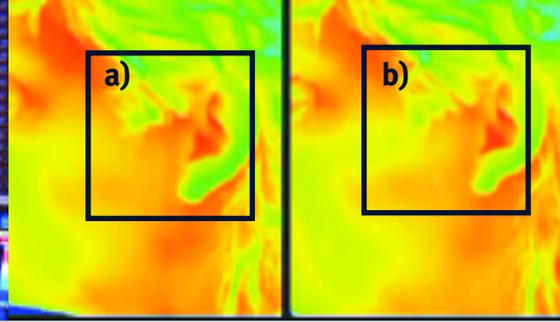
### ■ Was sollte ich beim Telefonieren im Auto beachten?

Mit einer im Auto eingebauten Außenantenne und Freisprechanlage werden die elektromagnetischen Wellen aus dem Auto heraus und vom Körper ferngehalten. Wer ohne diese Hilfsmittel

normal mit dem Handy im Auto telefoniert, etwa auf dem Parkplatz, riskiert erhöhte Belastung: im Auto regelt das Handy meistens hoch, und die Wellen werden sogar von den Autowänden auf den Körper reflektiert. Deshalb empfiehlt es sich, Handytelefonate im Auto zu vermeiden, wenn man keine Freisprechanlage und Außenantenne hat.

### ■ Kann ich mein Kind ein Handy benutzen lassen?

Ja, aber so wenig wie möglich. Es gibt berechtigte Gründe, das Risiko bei Kindern als höher einzuschätzen. Denn erstens haben sie eine besonders lange Nutzungsdauer von vielen Jahrzehnten vor sich, zweitens nehmen sie wegen ihrer kleineren Größe womöglich mehr Energie auf als Erwachsene, und drittens ist das sich noch entwickelnde Nervensystem bei Kindern unter Umständen besonders empfindlich. Deshalb gilt bei Kindern zusätzlich zu den Tipps zur richtigen Handhabung ganz besonders: je weniger und kürzer telefoniert wird, desto besser. Kinder ganz von Mobiltelefonen fernzuhalten, empfehlen wir allerdings nicht: denn Handys können andere Lebensrisiken mindern, zum Beispiel wenn das Kind in Notfallsituation die Eltern anrufen kann.



Links:  
Mit einer Wärmebildkamera konnte die Erwärmung des Ohres direkt gemessen werden

Mitte:  
Erster Durchgang: Test mit ausgeschaltetem Handy. Links vor dem Versuch, rechts hinterher: die Bilder (a+b) sind kaum zu unterscheiden, die Erwärmung sieht man kaum

Rechts:  
Deutlich tiefer: Der aufgeheizte Akku. Er erwärmt das ganze Handy

## Heiße Ohren beim Telefonieren

### Der Quarks & Co Test: warum erwärmt sich das Ohr bei langen Telefonaten?

Trotz des SAR-Grenzwertes berichten Menschen nach einem langen Gespräch mit dem Handy oft, dass sie am Ohr oder an der Wange eine Erwärmung spüren. Viele Studien haben schon gezeigt, dass das eigentlich nicht an der Strahlung selbst liegen kann – die ist dank Grenzwert wirklich zu schwach. Quarks & Co hat diesen Effekt in einem Test gemeinsam mit Experten untersucht: was ist die Ursache dafür, dass Menschen nach einem langen Handytelefonat eine oft unangenehme Wärmeempfindung haben?

### Erster Durchgang: Test mit ausgeschaltetem Handy

Zuerst haben wir getestet, ob die Erwärmung ganz einfach dadurch entsteht, dass das Handy Ohr und Wange isoliert, etwa wie Ohrschützer im Winter. Im klimatisierten Labor hielt die Testperson für 20 Minuten ein ausgeschaltetes Handy ans Ohr, das zu Beginn exakt auf Raumtemperatur temperiert war. Mit der Wärmebildkamera konnten wir die genauen Temperaturen auf der Haut messen. Das

Ergebnis war eindeutig: Bei der Auswertung zeigte sich, dass sich das Ohr um weniger als ein Grad erwärmte. Unsere Probandin spürte davon nichts.

### Test mit voller Leistung

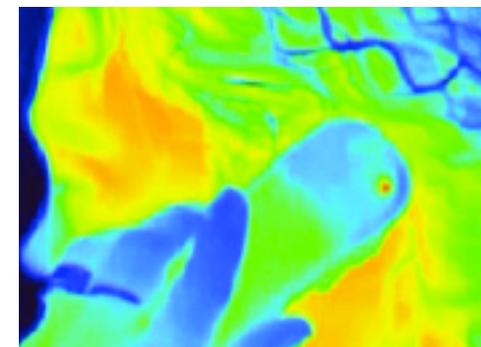
Im zweiten Durchgang wurde ein weit entfernter Sendemast simuliert. Dadurch sendete das Handy im Versuch mit voller Leistung. Ein normales Gespräch ließ sich im hermetisch abgeschirmten Labor natürlich nicht führen.

### Der Akku macht den Unterschied

Die Messung nach dem Versuch belegte das subjektive Gefühl unserer Freiwilligen: die Wange hatte sich um zwei Grad, das Ohr sogar fast um drei Grad erwärmt. Die Ursache hierfür ist der Akku. Dieser erwärmt sich, wenn er Leistung abgeben muss. In unserem Fall heizte er das Handy um neun Grad auf und erreichte damit ziemlich genau die Temperatur der Haut. Da der Kopf eine der am besten durchbluteten Regionen des Körpers ist, strahlt dieser auch sehr viel Wärme ab. Beim ausgeschalteten Handy wurde diese Wärme vom rela-

## Heiße Ohren beim Telefonieren

tiv kühlen Handy abgeführt, das sich seinerseits etwas erwärmte. Je nach Material ist dieser Effekt unterschiedlich. Leitet das Handy die Wärme gut ab, bleibt die Haut kühler, wie in unserem Experiment geschehen. Isoliert das Handy dagegen wie ein Ohrschützer, steigt die Hauttemperatur schnell an. Stärker isolierend wirkt das Handy, wenn es sich durch den warmen Akku auf Hauttemperatur aufheizt. Dann fehlt die Wärmedifferenz, die Körperwärme staut sich. Und das fühlen und messen wir als Wärme.



Oben:  
Der Handyakku erwärmt sich deutlich: Grün ist im Wärmebild wärmer als Blau

