

# MOBILFUNK



## Vorwort



Moderne Informations- und Kommunikationstechniken eröffnen jedem Bürger neue Möglichkeiten. Mittels Mobilfunk ist der Mensch jederzeit und überall erreichbar. Das bietet Vorteile für den Einzelnen im privaten Umfeld und im Beruf. Das Handy ist deshalb zum alltäglichen Gebrauchsgegenstand geworden.

Obwohl Handys heute selbstverständlich benutzt werden, ist häufig unbekannt, wie die für ihren Betrieb erforderlichen Mobilfunksysteme aufgebaut sind und funktionieren, welche Stärke die gesendeten elektromagnetischen Felder haben und wie diese Felder auf den Menschen wirken.

Fehlende Informationen sind oftmals die Ursache für Ängste vor möglichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch elektromagnetische Felder. Einzelne Veröffentlichungen über die Wirkungen elektromagnetischer Felder führen überdies zu Verunsicherung. Nur vollständige Informationen ermöglichen aber ein sachgerechtes Urteil.

Offen angesprochen werden muss, dass nicht alle Fragen zu möglichen Beeinträchtigungen der Gesundheit durch den Mobilfunk abschließend beantwortet sind. Zahlreiche Untersuchungen werden - auch mit Unterstützung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr - noch durchgeführt.

Mit dem vorliegenden Falblatt erhalten Sie in knapper und dennoch umfassender Form einen Überblick über den aktuellen Wissensstand zum Thema Mobilfunk. Sie werden erkennen: Durch die geltenden Vorschriften werden Sie vor den bekannten Gesundheitsgefahren geschützt.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'U. Müller'.

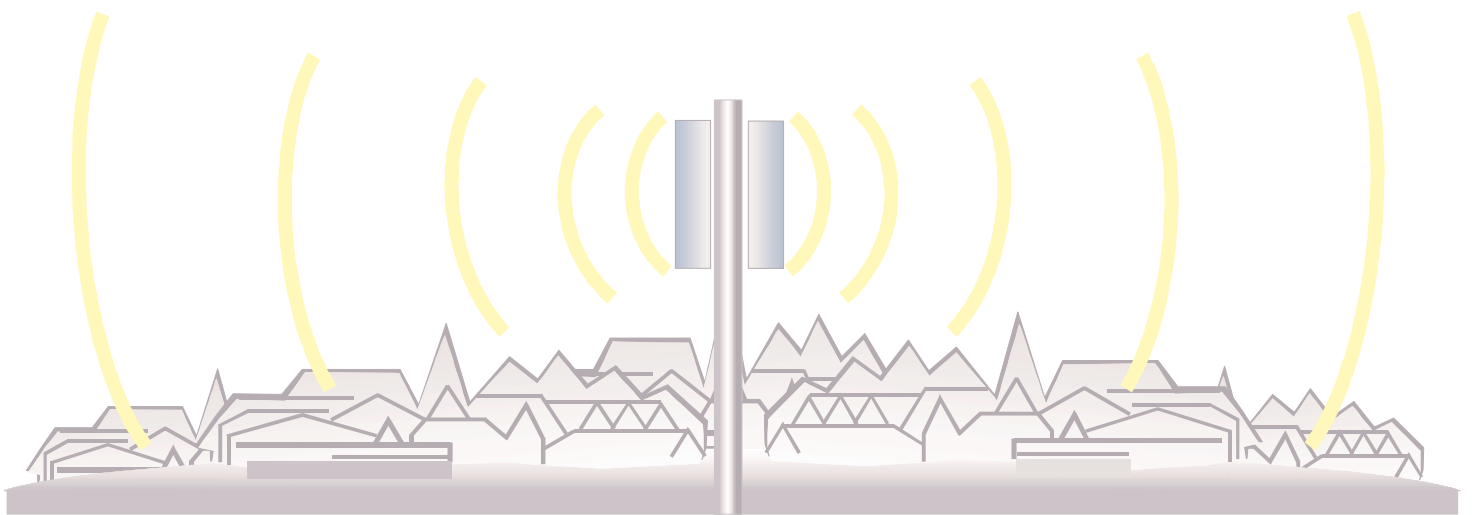
Ulrich Müller MdL  
Minister für Umwelt und Verkehr  
des Landes Baden-Württemberg

## Nutzen des Mobilfunks

Der Nutzen des Mobilfunks im Privat- wie im Geschäftsleben ist inzwischen offensichtlich. Im privaten Bereich kommt die Einführung des Mobilfunks dem zunehmenden Bedarf in der Gesellschaft nach Kommunikation entgegen. Darüber hinaus kann man in Notsituationen mit dem Handy ortsunabhängig schnell Hilfe herbeirufen. So ist diese Kommunikationsform kaum mehr aus unserem Leben wegzudenken.



Noch bedeutender fallen die Vorteile des Mobilfunks für die Wirtschaft aus. Bei wechselnden Einsatzorten von Mitarbeitern bringt der Mobilfunk neben bedeutender Zeiterparnis auch höhere Effektivität, Produktivität und Flexibilität in die Arbeitsabläufe. Damit ist das Vorhandensein von Mobilfunk ein wichtiger Wettbewerbsfaktor.



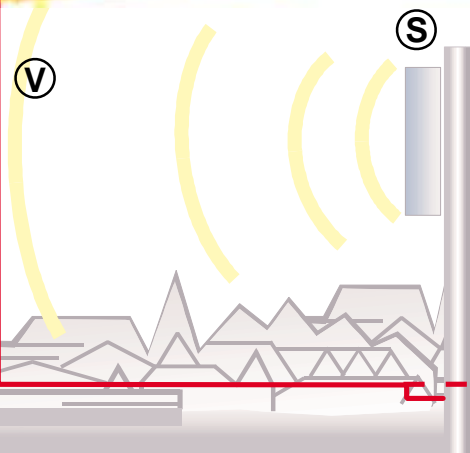
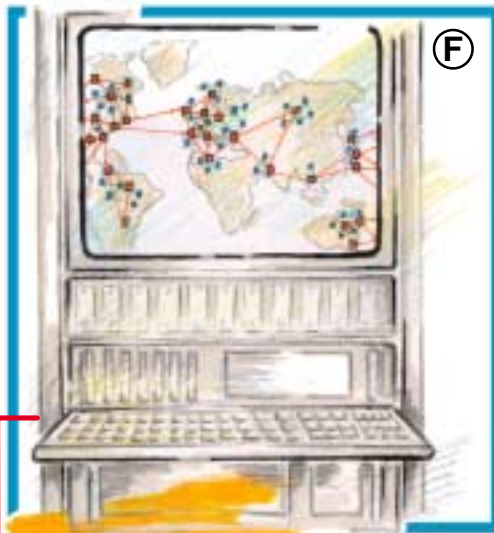
## Mobilfunk, was ist das ?

Die wesentlichen Bestandteile des Mobilfunks sind tragbare Mobiltelefone, allgemein als Handys (H) bezeichnet, die Sendemasten (S), auch Mobilfunk-Basisstationen genannt, die Funkverbindungsstellen (F) und die Telefonnetzverbindungen (V).

Eingeschaltete Handys und jeweils ein naher Mobilfunk-Sendemast stehen ständig in Funkverbindung. Auf diese Weise werden alle Handys im Empfangsbereich eines Senders identifiziert. Die erkannten Handys werden an die Funkverbindungsstelle weiter gemeldet. Über die Funkverbindung zwischen dem Handy und dem Sendemast wird die Sendeleistung des Handys in Abhängigkeit von der Verbindungsqualität gesteuert. Die Rufnummer des Handys sowie Gespräche und andere Informationen werden in beiden Richtungen analog (C-Netz) oder digital (D- und E- Netze) übertragen.

Der Betrieb von Handys ist nur an Orten möglich, die von einem Sendemast desselben Netzes versorgt werden. Jeder Sender deckt je nach seiner Leistung sowie der ihn umgebenden Landschaft und Bebauung Gebiete mit einem Umkreis zwischen 200 Metern und einigen Kilometern ab. Damit erschließt jede Station ein begrenztes Gebiet, das als Funkzelle bezeichnet wird. Um eine flächendeckende Mobil-

funkversorgung in Deutschland zu erreichen, sind ca. 50.000 aneinander grenzende Funkzellen erforderlich. Die Basisstationen liefern die gesammelte Information über herkömmliche Telefonleitungen oder mittels Richtfunk an die Funkvermittlungsstelle. Das sind spezielle Computer, die weltweit in Verbindung stehen. Wird ein Handy von einem anderen Teilnehmer über feste oder mobile Telefone angewählt, wird das Gerät zunächst in den nationalen Funkverbindungsstellen gesucht und bei Bedarf von hier ins Ausland umgeschaltet.



## Funkwellen der Handys

Die Verbindung zwischen Handys und Sendemasten erfolgt durch Übertragung hochfrequenter elektromagnetischer Felder (Funkwellen). Jedes Handy enthält einen Empfangs- und einen Sendeteil, welche dieselbe Antenne (A) nutzen. Im gesendeten Signal sind die Kennung des Handys sowie die Sprachdaten verschlüsselt (kodiert). Im C-Netz werden dazu kontinuierliche Wellen und in den D- und E-Netzen gepulste Wellenpakete verwendet.

Die maximale Sendeleistung beträgt bei C-Netz-Handys ca. 0,5 Watt (W), bei Handys in den D-Netzen können die Leistungsspitzenwerte maximal 2 W und in den E-Netzen 1 W erreichen. Bei einer guten Funkverbindung wird die gesendete Leistung bis auf ein Fünftel der maximal möglichen Leistung nach unten geregelt.

Bei maximaler Sendeleistung eines D-Netz Handys entsteht in unmittelbarer Umgebung der Handy-Antenne, beispielsweise am Kopf, ein elektrisches Feld mit einer Stärke von ca. 40 Volt pro Meter (V/m). Die Wellen dringen von der Antenne auch in den Körper ein und werden hier wesentlich stärker als in der Luft absorbiert. Diese vom Gewebe aufgenommene Energie wird in Wärme umgewandelt (thermische Effekte). Unterschiedliche Untersuchungen zeigen übereinstimmend, dass die Erwärmung des Kopfgewebes durch 2 W-Handys maximal  $0,1^{\circ}\text{C}$  betragen kann und damit vernachlässigbar ist.



## Sendemasten

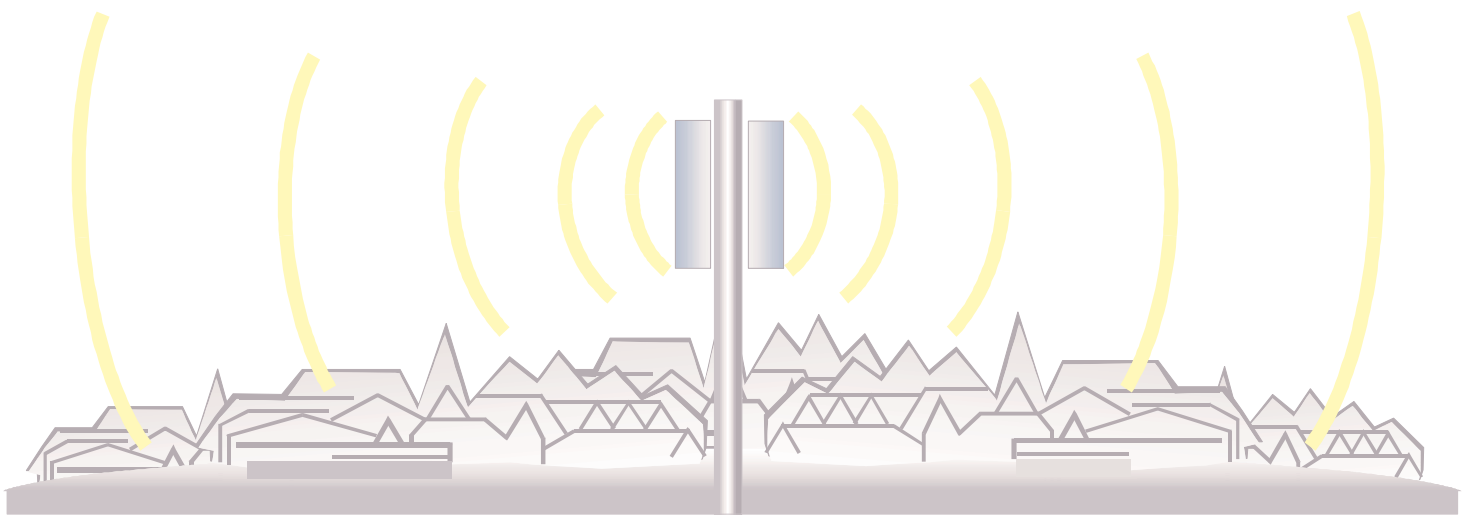
Die Sendemasten (Mobilfunk-Basisstationen) übermitteln Sprache und Steuerinformationen mit unterschiedlicher Frequenz und Verschlüsselung (Kodierung) an die Handys. Im C-Netz werden Signale im Frequenzbereich um 450 MHz, in den D- und E-Netzen in den Frequenzbereichen um 900 MHz bzw. 1800 MHz verwendet. Die Sendeleistung von Basisstationen liegt im D-Netz zwischen 4 und 10 W in Wohngebieten und bis zu 50 W entlang der Autobahnen. Bei den E-Netz-Systemen bleibt die Leistung unter 10 W und im C-Netz kommen bis zu 30 W zur Anwendung.



Die Abstrahlung der Funkwellen durch die Sendantennen erfolgt überwiegend in horizontaler Richtung. Direkt unter der Antenne ergibt sich, ähnlich wie beim Licht einer Kerze, ein Sendeschatten mit sehr schwachen Feldern. In der Hauptsenderichtung nimmt die Stärke der Felder mindestens proportional mit dem Abstand von der Antenne ab. Der Energiegehalt

der Funkwellen sinkt sogar quadratisch mit dem Abstand. Dadurch und aufgrund des Sendeschattens treten in der Regel nur Felder auf, deren Stärke etwa einem Hundertstel bis einem Tausendstel der Felder entspricht, die durch Handys im Kopfbereich entstehen. Beim Eindringen der Welle in ein Gebäude wird sie nochmals erheblich gedämpft.

Wegen der niedrigen Sendeleistung der Mobilfunk-Sendemasten sind deren Wellen an vielen Orten wesentlich schwächer als die Felder von Fernseh- und UKW-Radiosendern.







## Mobilfunk weltweit

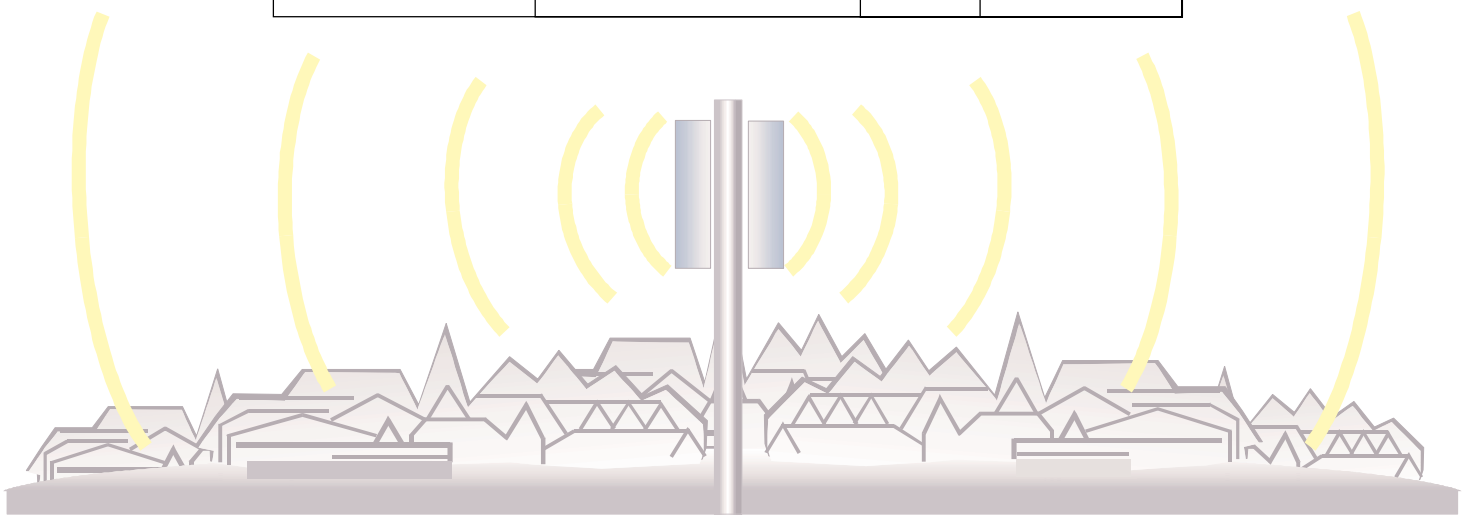
Der Mobilfunk ist die Wachstumsbranche in allen Industrienationen. Vorreiter sind die USA, wo die Anzahl der Mobilfunkteilnehmer in den letzten 10 Jahren um das Zwanzigfache auf über 100 Mio. angewachsen ist. In Europa führen die skandinavischen Länder, in denen fast 75 % der Bevölkerung Handynutzer sind.

Die Mobilfunksysteme sind weltweit nicht einheitlich. In den USA dominieren noch die älteren analogen Systeme. Später errichtete Netze wurden überwiegend digital mit unterschiedlichen Kodierungen aufgebaut.

Die älteren analogen Systeme können nur eine geringe Anzahl von Sprachkanälen übertragen, und dies bei schlechterer Sprachqualität als bei den digitalen Netzen. Deshalb werden die Netze derzeit weltweit auf digitale Systeme umgerüstet.

Ein Handy kann in verschiedenen Ländern benutzt werden, wenn es in einem bestimmten, dort zur Verfügung stehenden Frequenzband (z.B. 900 MHz oder 1800 MHz) arbeitet, und die entsprechenden Kodierungen (GSM, NADC etc.) versteht. Europäische Handys können daher heute z.B. in den USA und Kanada nicht verwendet werden.

Länder/Gebiete	Frequenz	Art	Kodierung
EU 	450 MHz 900 MHz, 1800 MHz	analog digital	AM GSM
USA 	150 MHz, 450 MHz 800-900 MHz	analog digital	AM NADC, MIRS, CDMA
Kanada 	450 MHz, 900 MHz 900 MHz, 1900 MHz	analog digital	AM NADC, PCS
Australien 	900 MHz	digital	GSM



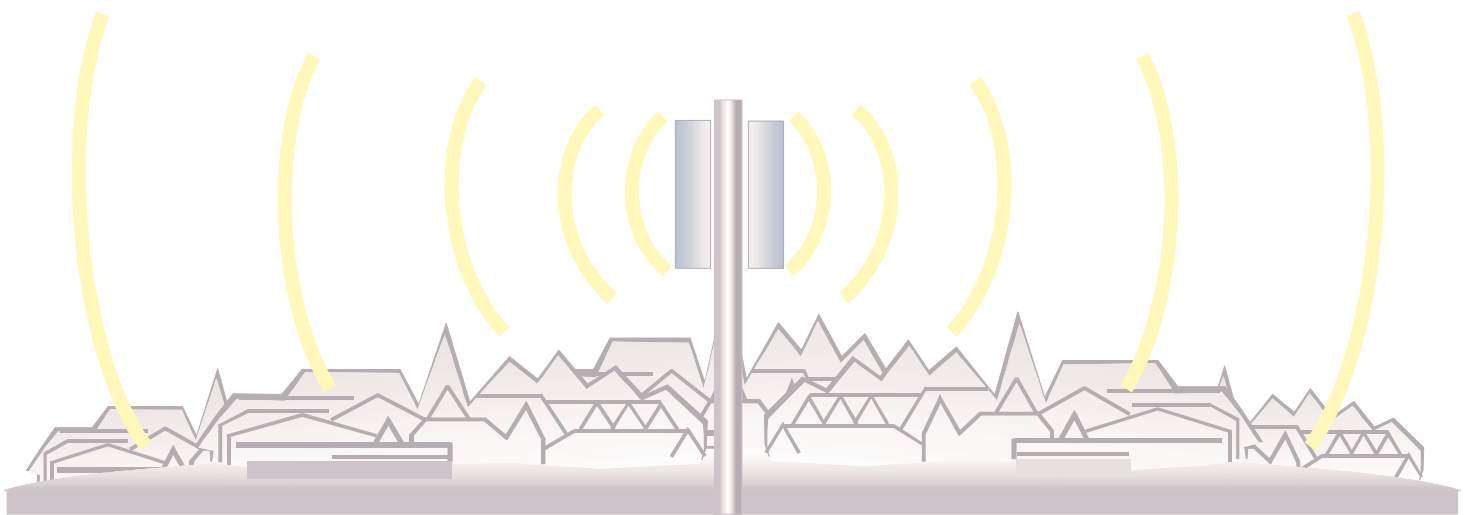
## Grenzwerte

Starke hochfrequente elektromagnetische Felder können das Wohlbefinden des Menschen beeinträchtigen oder sogar gefährlich sein. Die Forschung setzt sich seit Jahren mit der Problematik der Einwirkung solcher Felder auf den menschlichen Organismus auseinander. Ihre Ergebnisse werden laufend von nationalen Gremien wie der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK) und internationalen Gremien wie der Weltgesundheitsorganisation (WHO) oder der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) bewertet.

Die Beurteilungsbasis bilden die derzeit nachgewiesenen thermischen Effekte (Wärmewirkungen). Auf dieser Grundlage werden Grenzwertempfehlungen erarbeitet; dabei wird eine sehr geringe Erwärmung des Körpers durch die Mobilfunkfelder um höchstens  $0,1^{\circ}\text{C}$  als ungefährlich eingestuft. Mögliche nicht-thermische Effekte werden bei der Festlegung von Grenzwerten nicht berücksichtigt, da sie bisher nicht eindeutig wissenschaftlich belegt wurden.

In Deutschland sind diese Grenzwerte für elektromagnetische Felder des Mobilfunks gesetzlich in der "Verordnung über elektromagnetische Felder" (26. BImSchV) festgeschrieben. Sie müssen in allen Bereichen, in denen sich Menschen nicht nur vorübergehend aufhalten, eingehalten werden.

Wie Messungen unter praktischen Bedingungen gezeigt haben, liegen die Stärken der Felder von Handys in allen Netzen unter diesen Werten. Die Stärken der Felder von Sendemasten sind in der Regel um einen Faktor 100 bis 1000 schwächer.



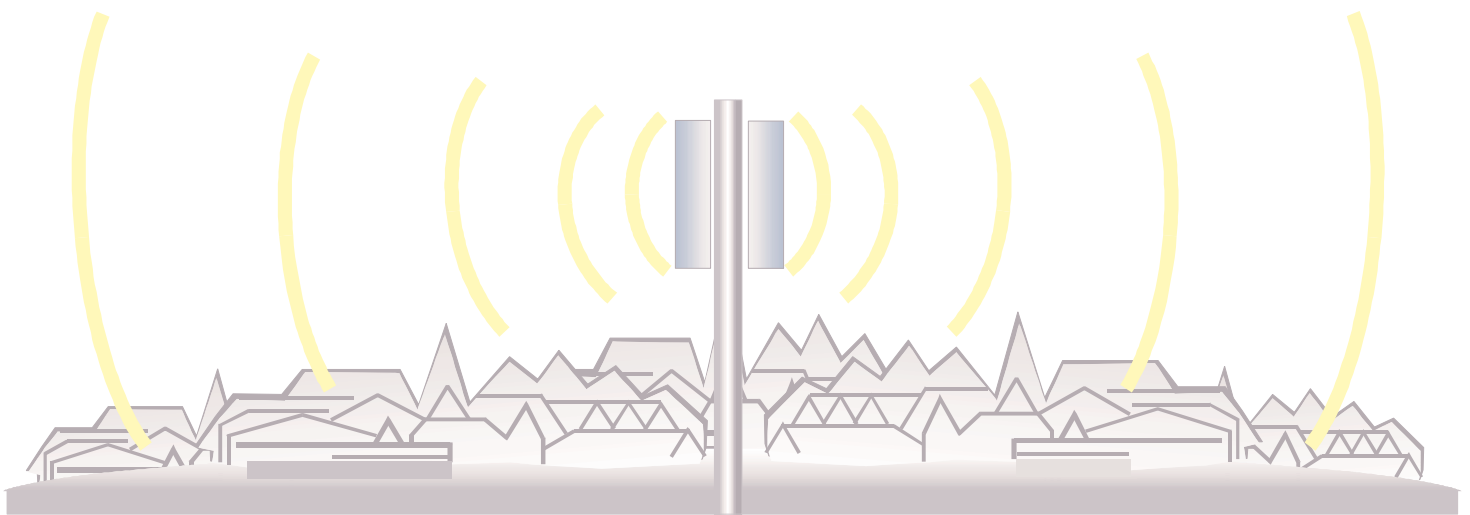
## Mobilfunk von morgen

Weltweit wird der Mobilfunk schrittweise auf digitale Übertragungsverfahren umgestellt. Zukünftige Systeme, wie z.B. das UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), werden nicht mehr nur die Übertragung von Sprache oder kurzen Texten erlauben. Das UMTS besticht durch eine gegenüber heutigen Systemen 200-fach schnellere Datenübertragung. Dadurch werden Live-Übertragungen von bewegten Bildern in hoher Qualität möglich. Viele bisher nicht realisierbare Möglichkeiten, wie z.B. mobiles Internet-Surfen oder die Übertragung von Videofilmen und weitere, wirtschaftliche Nutzenanwendungen rücken mit diesem System in greifbare Nähe.



Wegen der niedrigen Sendeleistung der UMTS-Sendeanlagen mit bis zu 20 W lassen die vorgesehenen neuen Systeme nur eine geringe Anhebung des heutigen Pegels elektromagnetischer Felder im Alltag erwarten. Die Inbetriebnahme dieser Netztechnik ist zuerst in Ballungszentren zu erwarten.

Die für UMTS-Netze vorgesehenen Frequenzbänder liegen im Bereich um 2000 MHz, wobei eine digitale Kodierung mit dem CDMA-Verfahren favorisiert wird. Dieses Verfahren erlaubt, dass die UMTS-Handys mit der gleichen oder gar geringerer Sendeleistung als GSM-Handys arbeiten können. Damit würde die Exposition der Handy-Benutzer durch hochfrequente Felder gegenüber heute gleich bleiben oder sich sogar verringern.



# Mobilfunk und Gesundheit

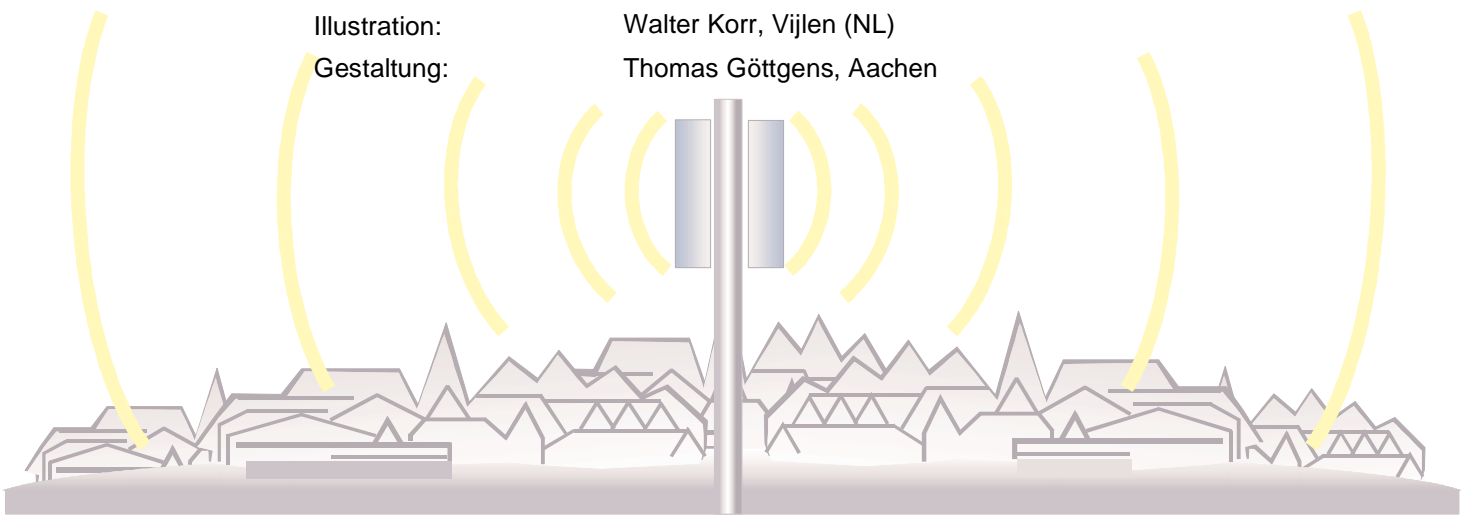
Die rasche und flächendeckende Einführung des Mobilfunks hat in der Öffentlichkeit Sorgen und sogar Ängste geweckt. Befürchtet werden mögliche gesundheitsschädigende Wirkungen der vom Mobilfunk ausgehenden elektromagnetischen Felder, umgangssprachlich als "Elektrosmog" bezeichnet. Symptome wie Migräne, Schlaflosigkeit oder Erkrankungen wie Krebs wurden in jüngster Zeit mit den hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunkanlagen in Verbindung gebracht.

Ursprung solcher Befürchtungen sind nicht überprüfte Einzelberichte und falsche Interpretationen von Veröffentlichungen. Für die Beurteilung des tatsächlichen Wissensstandes ist jedoch eine Betrachtung der weltweit zu diesem Thema veröffentlichten Forschungsergebnisse notwendig. Dabei ist zu überprüfen, ob bestimmte Effekte von verschiedenen Forschergruppen übereinstimmend beobachtet werden und sich gegenseitig bestätigen.

Der häufig geforderte lückenlose Nachweis der Unschädlichkeit der durch den Mobilfunk auftretenden elektromagnetischen Felder ist prinzipiell nicht möglich. Aufgrund der großen Verbreitung des Mobilfunks ist es jedoch notwendig, durch weitere Forschung offenen Fragen und Hinweisen nachzugehen.

## Impressum Online-Version

Herausgeber:	Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg Postfach 10 34 39, 70029 Stuttgart
Autor:	Prof. Dr.-Ing. habil. med. J. Silny Forschungszentrum für Elektromagnetische Umweltverträglichkeit, RWTH Aachen <a href="http://www.femu.rwth-aachen.de">www.femu.rwth-aachen.de</a>
Redaktion:	Referat 43, Ministerium für Umwelt und Verkehr <a href="http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de">www.uvm.baden-wuerttemberg.de</a> Referat 33, Landesanstalt für Umweltschutz <a href="http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de">www.lfu.baden-wuerttemberg.de</a>
Illustration:	Walter Korr, Vijlen (NL)
Gestaltung:	Thomas Göttgens, Aachen



## Nachgewiesene Effekte

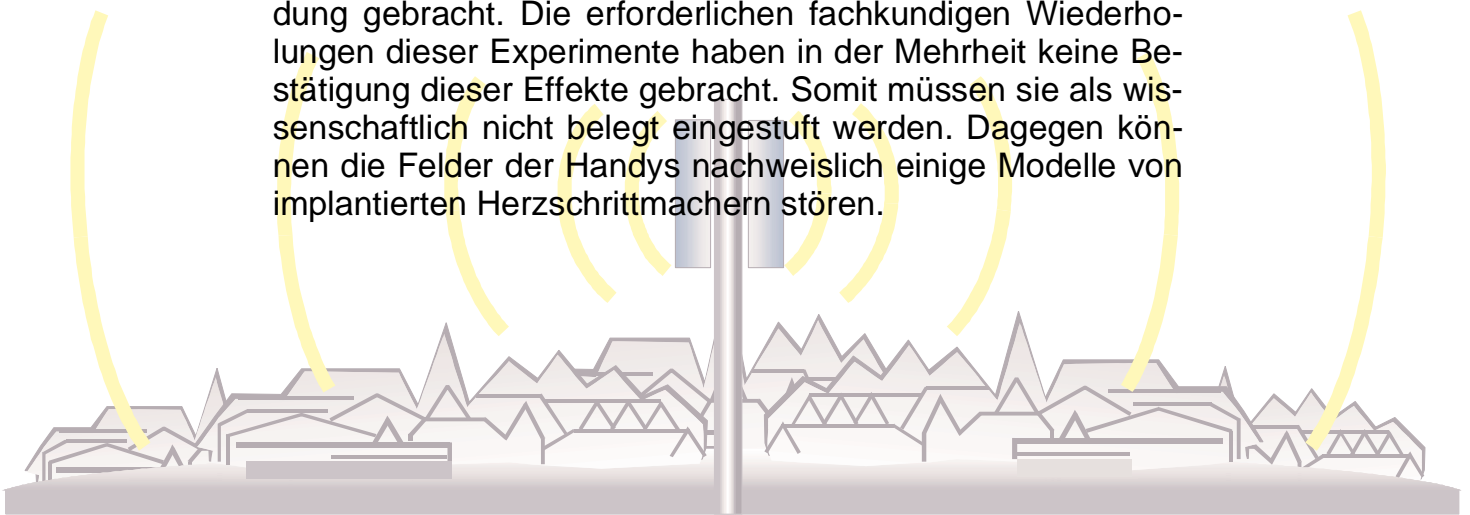
Hochfrequente elektromagnetische Felder werden vom Körpergewebe stark absorbiert und in Wärme umgewandelt. Der Körper selbst erzeugt Wärme und führt diese ab, um die innere Körpertemperatur unabhängig von der Körperarbeit oder der äußeren Temperatur in einem schmalen Temperaturbereich zwischen 36°C und 39°C zu halten. Der typische Wärmeumsatz im Ruhezustand beträgt beim Menschen etwa 4 Watt pro Kilogramm (W/kg) Körpermasse. Eine vergleichbare, durch den thermischen Effekt der Funkwellen im Körper erzeugte Wärme, die als Spezifische Absorptionsrate (SAR) bezeichnet wird, könnte den Wärmehaushalt überfordern.



Eine lokale Erwärmung des Gewebes über 41°C führt zur Schädigung, noch höhere Temperaturen zu Verbrennungen des Gewebes. Die geltenden Grenzwerte beschränken die SAR unter der Einwirkung von Funkwellen auf 0,08 W/kg, wodurch nur eine geringe Erwärmung des Gewebes von ca. 0,1°C erzeugt werden kann.

Eine derartige Erwärmung können nur die Felder von Handys verursachen. Der Wärmebeitrag durch die Felder der Sendemasten ist vernachlässigbar gering.

Vereinzelte Veröffentlichungen kommen zu dem Schluss, dass die gepulsten Felder des Mobilfunks den Organismus beeinflussen können (nicht-thermische Effekte). So werden z.B. die sogenannte Elektrosensibilität, Einfluss auf Krebs oder auf die Gehirnaktivität mit diesen Feldern in Verbindung gebracht. Die erforderlichen fachkundigen Wiederholungen dieser Experimente haben in der Mehrheit keine Bestätigung dieser Effekte gebracht. Somit müssen sie als wissenschaftlich nicht belegt eingestuft werden. Dagegen können die Felder der Handys nachweislich einige Modelle von implantierten Herzschrittmachern stören.



## ■ Elektrosensibilität ?

Einige Mitbürger leiden an unspezifischen körperlichen und psychischen Beschwerden wie Migräne, Depressionen oder Schlaflosigkeit, die von den Betroffenen selbst auf eine Elektrosensibilität gegenüber Feldern des Mobilfunks, und speziell der Sendemasten, zurückgeführt werden. Diese Symptome stellen kein neues Krankheitsbild dar, es handelt sich vielmehr um

weit verbreitete Beschwerden, die durch eine Vielzahl möglicher Ursachen ausgelöst werden können.

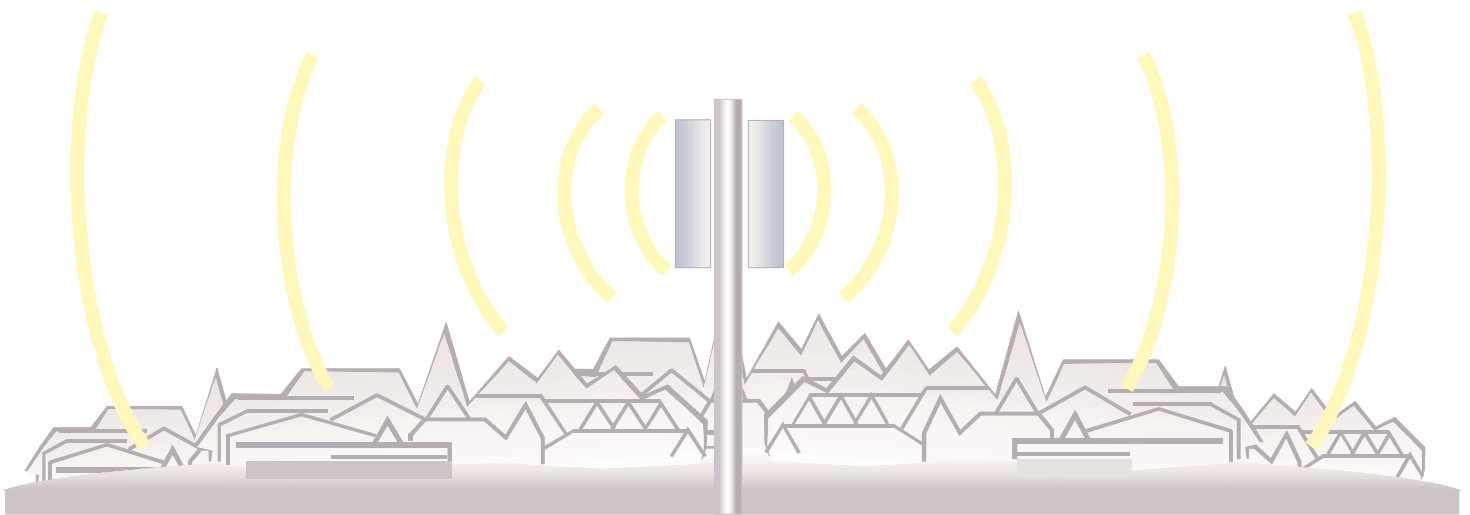


Zur Überprüfung einer möglichen Elektrosensibilität wurden Untersuchungen mit zufällig verteilten Expositionen, sogenannte Provokationsstudien, an Patienten durchgeführt, die sich selbst als elektrosensibel

bezeichnen. Ihre Beschwerden konnten allerdings nicht mit dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Funkwellen in Verbindung gebracht werden.

Die ersten Untersuchungen über den Einfluss der Mobilfunkfelder auf den Schlaf von wenigen Versuchspersonen haben ein schnelleres Einschlafen und eine Veränderung der Traumdauer (sogenannte REM-Phase) unter der Einwirkung von Funkwellen ergeben. Inwieweit dadurch die Schlafqualität negativ beeinflusst werden könnte, ist unklar.

Darüber hinaus konnten umfassendere Wiederholungsuntersuchungen in neurologischen Schlaflabors keine Einflussnahme von Feldern des Mobilfunks auf den Schlaf gesunder Personen belegen.



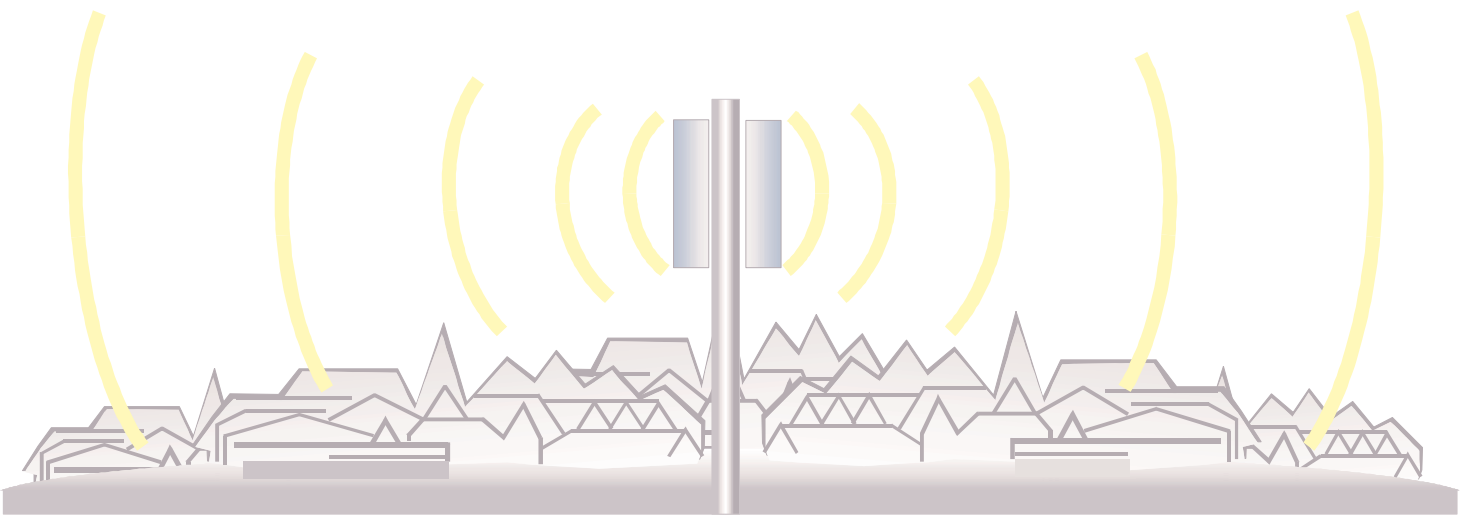
## Mobilfunk und Krebs ?

Ein Einfluss elektromagnetischer Felder auf Krebserkrankungen wird seit mehr als 30 Jahren wissenschaftlich untersucht und diskutiert. Lange wurden nur die niederfrequenten Felder der Stromversorger mit Krebs in Verbindung gebracht. In zahlreichen epidemiologischen Studien und direkten Untersuchungen am Gewebe konnten diese Zusammenhänge bis heute nicht schlüssig nachgewiesen werden.

Eine jüngere Arbeit hat auch für Funkwellen, wie sie etwa von Handys gesendet werden, bei genetisch behandelten Mäusen bestimmte krebsfördernde Wirkungen festgestellt. Unabhängig von der fehlenden Bestätigung dieser Effekte ist ihre Übertragbarkeit auf den Menschen fraglich, da vergleichbare genetische Kombinationen beim Menschen nicht vorkommen. Auch sind mögliche Wirkungsmechanismen der Funkwellen auf die Entstehung oder die Entwicklung von Krebs nicht bekannt.

Die stärksten Funkwellen bauen sich bei der Benutzung von Handys im Kopfbereich auf; demnach sind mögliche Einflüsse auf Hirntumore vorrangig zu betrachten. Hirntumore kommen allerdings mit einer niedrigen Rate von 3 bis 4 Fällen auf 100.000 Einwohner relativ selten vor, und ihre Häufigkeit hat sich in den vergangenen Jahren nicht wesentlich geändert. All diese Fakten lassen bisher keinen Zusammenhang zwischen den Mobilfunkfeldern und Krebs erkennen.

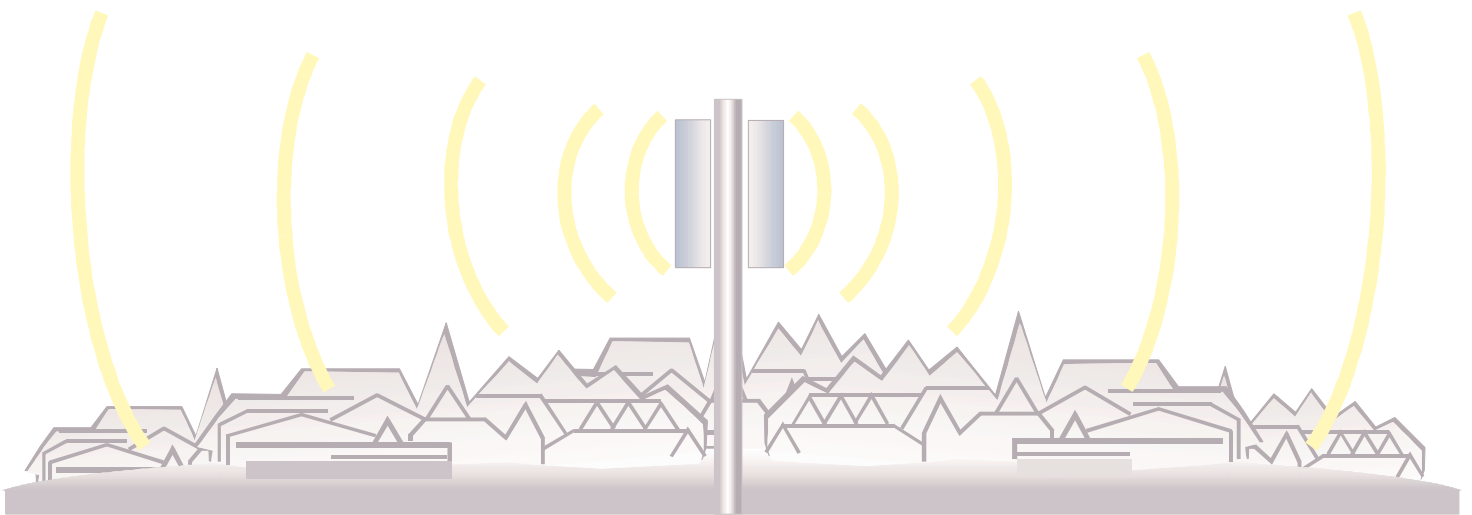
Um eine möglichst abschließende Aussage zu erhalten, wird zur Zeit eine umfangreiche epidemiologische Untersuchung unter Leitung der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) in Lyon durchgeführt. An dieser Studie sind neben 12 anderen Ländern auch Forschungsinstitute aus Deutschland beteiligt.



## Andere Einflüsse ?

Die Beeinflussung der sogenannten "Gehirnströme" durch die Felder des Mobilfunks wird häufig als Argument für gesundheitliche Schädigungen herangezogen. In wenigen Experimenten eines einzelnen Labors wurden zwar Veränderungen des Elektroenzephalogramms (EEG), das die elektrische Aktivität des Gehirns wiedergibt, festgestellt; jedoch bestehen Zweifel an der Richtigkeit dieser Untersuchungen. Die Behauptung, dass auf diese Weise die Beeinflussung der Informationsverarbeitung im Gehirn belegt wurde, ist nicht haltbar, da das EEG einer wachen Person eine sehr unspezifische Größe darstellt. Darüber hinaus haben von anderen Wissenschaftlern durchgeführte Wiederholungsversuche keine Bestätigung dieser Effekte gebracht.

Einige Veröffentlichungen behaupten, dass die höheren Gehirnaktivitäten (die kognitiven Funktionen - Erkennen und Reagieren) durch die Felder des Mobilfunks beeinflusst werden. Unabhängig von der noch ausstehenden Überprüfung der Existenz dieser Effekte muss bezweifelt werden, ob die beobachtete Verkürzung der Reaktionszeit der Versuchspersonen primär als gesundheitsschädigende Wirkung der Funkwellen ausgelegt werden darf.



## ■ Implantate, Körperhilfen

Implantierte Herzschrittmacher überwachen die Herzfunktion und sind im Stande, die Aktivität des Herzens voll aufrecht zu erhalten. Die elektronischen Schaltungen der Herz-

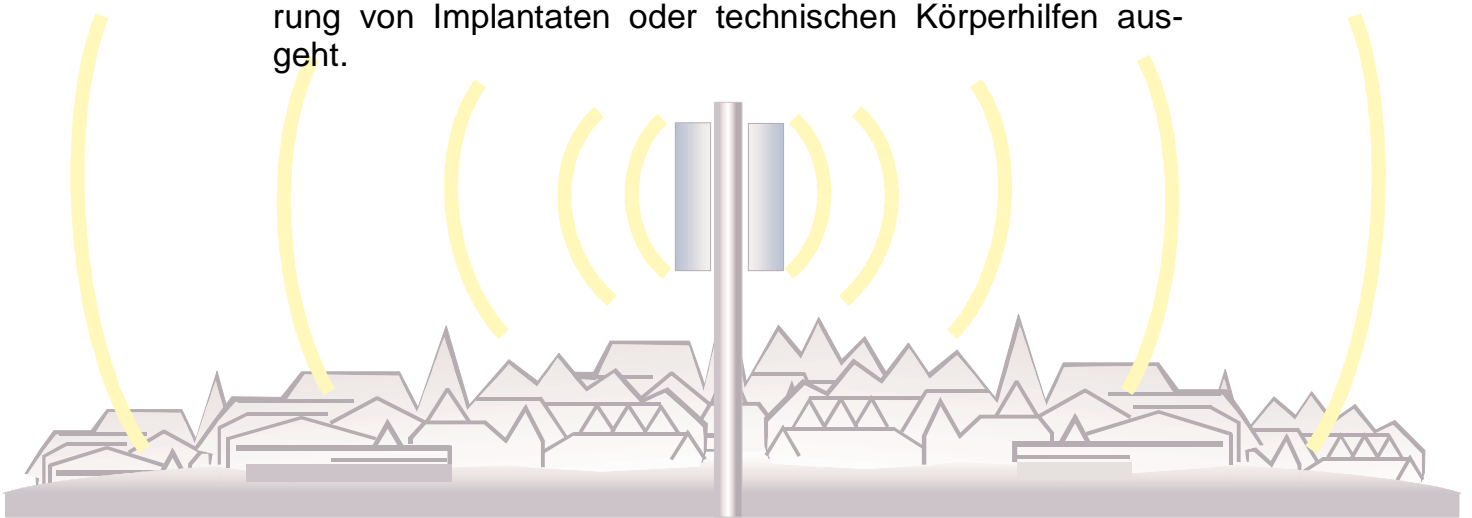


schrittmacher können durch Funkwellen gestört werden. Insbesondere gepulste Wellen, wie sie von Handys gesendet werden, können sie aus dem Takt bringen. Einige stör anfällige Herzschrittmacher werden beeinflusst, wenn das Handy auf weniger als 15 cm angenähert wird. Mehr als 70 % der heutigen Herzschrittmacher werden als störungsfest angesehen.

Patienten, die die Störempfindlichkeit ihres Schrittmachers nicht kennen, sollten das eingeschaltete Handy nicht in der Westentasche oberhalb des Herzschrittmachers tragen und beim Telefonieren die vom Herzschrittmacher abgewandte Kopfseite benutzen.

Hörgeräte oder Innenohr-Prothesen können ebenfalls durch ein in unmittelbarer Nähe betriebenes Handy gestört werden. Wirksame Abhilfe wird auch hier durch das Anlegen des Handys auf der dem Implantat abgewandten Seite des Kopfes oder durch die Verwendung von speziellen Handys mit einer vom Kopf weg verlagerten Sendeantenne geschaffen.

Die elektromagnetischen Felder der Sendemasten sind dagegen, abgesehen vom unmittelbaren Nahbereich (wenige Meter), so schwach, dass von ihnen keine Gefahr einer Störung von Implantaten oder technischen Körperhilfen ausgeht.



## Mobilfunk im Auto

Die Verwendung von Mobilfunk im Auto hat sich eingebürgert, da während der Fahrt sowohl private als auch geschäftliche Angelegenheiten zeitsparend geregelt werden können. Allerdings birgt die Verwendung des Handys während der Fahrt Gefahren in sich, da der Fahrer durch die Bedienung des Handys und auch vom Gespräch selbst abgelenkt und somit seine Aufmerksamkeit als Fahrzeugführer beeinträchtigt wird.

Es ist daher beabsichtigt, bei der nächsten Änderung der Straßenverkehrsordnung nur noch die Benutzung von sogenannten Freisprecheinrichtungen zuzulassen.

Freisprecheinrichtungen im Auto können den Fahrer bei der Benutzung seines Mobilfunkgeräts während der Fahrt wesentlich entlasten.

Dennoch bleibt auch dann eine Minderung der Aufmerksamkeit durch das Gespräch selbst bestehen.

Dieser Effekt tritt natürlich ebenso bei einem Gespräch mit einem anwesenden Mitfahrer auf; andererseits kann ein Gespräch einen ermüdeten Fahrer aber auch wachhalten.

