

Mobilfunk und Gesundheit

 Aktuelle Forschungsergebnisse im Überblick



Impressum

Herausgeber	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Postfach 21 07 52 76157 Karlsruhe www.lfu.baden-wuerttemberg.de Juni 2004
Fachliche Verantwortung	Referat 33 – Luftqualität, Lärm, Verkehr
Wissenschaftliche Beratung	Prof. Dr.-Ing. habil. med. Jiri Silny Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu) www.femu.de
Redaktion	Science&Media Büro für Wissenschafts- und Technikkommunikation Betastraße 9A 85774 München-Unterföhring
Fotocredit	Linkes Foto Seite 10: Deutsches Herzzentrum Berlin
Bezug	www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/uis/strahlung

Ausführliche Informationen:

„Auswirkungen hochfrequenter Felder auf den Menschen“
Literaturstudie von Prof. Dr. Jiri Silny
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit
Dezember 2003
www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/uis/strahlung

Mobilfunk und Gesundheit

Sind Funkwellen gesundheitsschädlich oder nicht? Da es in Deutschland über 63 Millionen Handys gibt und mobil telefonieren damit zum Alltag gehört, ist das Interesse an dieser Frage nach wie vor hoch. Aus den Medien ist wenig Gesichertes zu erfahren, zu widersprüchlich sind die Meldungen zu Wirkungen elektromagnetischer Strahlung von Mobilfunk (D- und E-Netz), Schnurlostelefonen, WLAN und anderen Funkdiensten auf den Organismus. Mittlerweile gibt es tausende Studien zu diesem Thema und pro Jahr kommen etwa 500 neu dazu.

Den Stand des Wissens zu

dokumentieren war Ziel der Literaturstudie, die 2003 von Prof. Dr. Jiri Silny am Forschungszentrum für Elektromagnetische Umweltverträglichkeit der RWTH Aachen erstellt wurde. Es wurden tausende wissenschaftliche Untersuchungen der letzten 15 Jahre gesichtet. Auf rund 120, die besonders interessant erscheinen, wird näher eingegangen. Dabei konzentriert sich die Studie auf Mikrowellen mit Frequenzen von 500 bis 5000 Megahertz. Das von den Basistationen gebildete Mobilfunknetz nutzt Mikrowellen in diesem Frequenzbereich – ebenso wie die modernen Funkdienste zur

digitalen Datenübertragung: UMTS, WLAN und Bluetooth. Bewertet wurden nur Arbeiten, die nach wissenschaftlichen Kriterien erstellt und von unabhängigen Experten geprüft waren.

Die ausführliche Fassung mit detaillierten Informationen zu einer Vielzahl von Studien ist im Internet zu beziehen unter www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/uis/strahlung.

Die vorliegende Broschüre fasst die wichtigsten Ergebnisse der rund 90 Seiten starken Literaturstudie zusammen. Die Frage, ob und wie Mikrowellen unsere Gesundheit beeinflussen, wird behandelt.



Antennen sichern selbst in ländlichen Gebieten die Verbindung zu Mobiltelefonen.

Welche Studien gibt es?

Wissenschaftler haben vier verschiedene Strategien, um die Wirkung von elektromagnetischen Feldern auf den Menschen zu untersuchen:

- **Epidemiologische Studien:** Sie versuchen zwischen dem Auftreten bestimmter Krankheiten in Teilen der Bevölkerung und dem Vorhandensein von Funkwellen einen statistischen Zusammenhang herzustellen. Dabei lässt sich meist nicht eindeutig nachvollziehen, wie stark die untersuchten Personen den Feldern über die Jahre ausgesetzt waren. Des Weiteren lassen sich auch Einflüsse aus dem direkten Lebensumfeld nicht ausschließen.

- **Provokationsstudien:** In Blindversuchen werden Testpersonen Funkwellen ausgesetzt und die Reaktionen des Körpers beobachtet. Versuche über längere Zeit sind in diesem Aufbau nicht praktikabel.

- **Tierexperimente:** Wenn Tests für Menschen zu riskant sind, werden diese an Tieren ausgeführt, wobei immer mit einer Kontroll-

gruppe ohne Feldbelastung verglichen wird. An Tieren werden auch Langzeitstudien durchgeführt. Nicht immer ist aber klar, ob sich die Ergebnisse aus Tierexperimenten auf den Menschen übertragen lassen.

- **Reagenzglasuntersuchungen (in vitro):** Sie eignen sich, um die Wirkungsmechanismen der Felder auf die Zellen zu untersuchen und damit Hinweise beispielsweise aus Tierexperimenten zu erhärten.

Wichtig für die Aussagekraft und Glaubwürdigkeit jeder Untersuchung ist, dass die untersuchte Gruppe groß genug ist und stets Kontrollen an Gruppen ohne Einfluss von Feldern vorliegen. Außerdem müssen Dauer, Frequenz, Stärke und Art der Funksignale bekannt sein – eine scheinbar selbstverständliche Forderung, die aber vor allem in epidemiologischen Studien oftmals nur sehr bedingt umgesetzt werden kann.



Zahllose Studien untersuchen die Auswirkungen der elektromagnetischen Strahlung von Handys.

Wo entstehen Funkwellen?

Etwa 50.000 Basisstationen sorgen in Deutschland für die Übermittlung mobiler Telefonate, 6.000 davon in Baden-Württemberg. Mit der Einführung des UMTS-Mobilfunks werden sich diese Zahlen bis zum Jahre 2015 voraussichtlich verdoppeln. Hinzu kommen schnurlose DECT-Telefone, die in den meisten Privatwohnungen mittlerweile Standard sind, sowie immer mehr Funkknoten für drahtlose WLAN-Internetzugänge. Im Gegensatz zu konventionellen Radio- und Fernsehsendern, die mit mehreren Millionen Watt bis zu 100 Kilometer weit sen-

den können, geben Basisstationen des Mobilfunks einige zehn Watt ab, Handys nur maximal zwei Watt. Bei WLAN sind die Sendeleistungen noch deutlich geringer. Die Felder digitaler Funkdienste sind damit generell schwächer, werden allerdings, besonders bei Mobilfunktelefonen, dichter am Körper erzeugt.

Welche Feldstärke an bestimmten Orten herrscht, lässt sich nicht genau vorhersagen, weil Gebäude großen Einfluss auf die Ausbreitung haben. In mehreren Studien wurden die Feldstärken gemessen und mit den Grenzwerten verglichen:

- Trotz der rapiden Zunahme von Mobilfunk-Basisstationen in den letzten Jahren erzeugen Rundfunk- und Fernsehsender nach wie vor 60 bis 80 Prozent der hochfrequenten elektromagnetischen Felder. In einer weiträumigen Rastermessung mit 895 Messpunkten in Baden-Württemberg waren diese Felder an 80 Prozent der Messorte stärker, nur an 20 Prozent der Orte dominierten Mobilfunkfelder. Andere Studien fanden noch höhere Anteile von Rundfunk- und Fernsehfeldern.

- Die Grenzwerte für die Feldstärken werden überall deutlich unterschritten. Der höchste beim Funkwellenmessprojekt Baden-Württemberg gemessene Wert betrug 16 Prozent des Grenzwertes, der aber nur in unmittelbarer Nähe einer Basisstation auftrat. Ansonsten liegen die Messwerte meistens deutlich unter einem Prozent des Grenzwertes, insbesondere in ländlichen Gebieten. Ähnliche Resultate gab es auch bei Messungen von WLAN oder bei DECT-Telefonen.



Bevorzugt werden Antennen auf hohen Gebäuden installiert. Die Stationen erzeugen Mikrowellen, auf denen das Mobilfunknetz basiert.

Können Funkwellen Krebs auslösen oder beschleunigen?

Seit nun zwei Jahrzehnten steht der Einfluss hochfrequenter Felder auf Krebserkrankungen im Mittelpunkt der Forschung, insbesondere epidemiologischer Studien. Doch die haben Nachteile, weil sich ein Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung kaum nachweisen lässt. Zu stark beeinflussen andere Umweltfaktoren oder Vorerkrankungen die Ergebnisse. So zeigt ein Großteil der epidemiologischen Studien zu Feldern von D- und E-Netz-Handys ein so geringes Risiko, dass die Ergebnisse im Bereich der statistischen Unsicherheit liegen. Manche Studien fanden im Rahmen der Unsicherheit sogar ein verringertes Risiko.

Weit unkritischer sind sogar die Felder der Basisstationen. Durch die Entfernung zum Körper ist ihre Intensität am Aufenthaltsort von Menschen etwa 1000-mal schwächer als bei Mobiltelefonen. Ein leicht erhöhtes Krebsrisiko ergab sich in Studien nur für analoge Handys, die in Deutschland meist ausgemustert sind.

An Tieren, bei denen Krebs künstlich ausgelöst wurde, gab es vereinzelt Hinweise auf eine krebsfördernde Wirkung der Felder, wenn Feldstärken verwendet wurden, die höher als die stärksten Felder bei Handys waren. In weiteren Untersuchungen konnte dieser Effekt aber nicht mehr bestätigt werden.

Bei den Studien im Reagenzglas liegt das Augenmerk vor allem auf einer Schädigung des Erbguts, also der DNA-Stränge. Solche Schäden der DNA gelten als eine mögliche Ursache für Krebs. Vereinzelt wird von einer Schädigung in relativ starken und lange einwirkenden Feldern berichtet. Ob hier ein Zusammenhang vorliegt oder eher statistische Unsicherheiten einzelne Effekte vortäuschen, müssen Folgestudien klären. Sicher ist nur, dass es bei einer sehr starken Erhöhung der Temperatur im Hirngewebe um mehrere Grad Celsius zu Schäden im Erbgut kommen kann. So starke Felder treten jedoch in frei zugänglichen Bereichen nicht auf.



Die meisten Studien konnten keinen schädlichen Einfluss von Funkmasten nachweisen.

Beeinflussen Funkwellen Wohlbefinden und Hirnfunktionen?

Manche Handynutzer oder Nachbarn von Mobilfunkstationen berichten von Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlafstörungen, Konzentrationsproblemen und ähnlichen Symptomen. Stärker strahlende analoge Mobiltelefone scheinen laut Umfragen bei längeren Gesprächen die subjektiven Beschwerden zu erhöhen.

Viele Studien befassen sich daher mit den Wirkungen der Funkwellen auf das zentrale Nervensystem. Dazu setzt man Probanden gezielt

Feldern aus. Die Tests finden mal mit, mal ohne Feld statt, ohne dass die Versuchspersonen dies wissen.

Bisher konnte nicht gezeigt werden, dass die genannten Beschwerden von Feldern verursacht werden. Die Probanden mit und ohne Feld zeigten statistisch gesehen die gleichen Symptome.

Tests mit so genannten elektrosensiblen Personen (siehe auch Tabelle S.8), die nach eigenen Angaben die Anwesenheit von Feldern „spüren“, verliefen negativ.

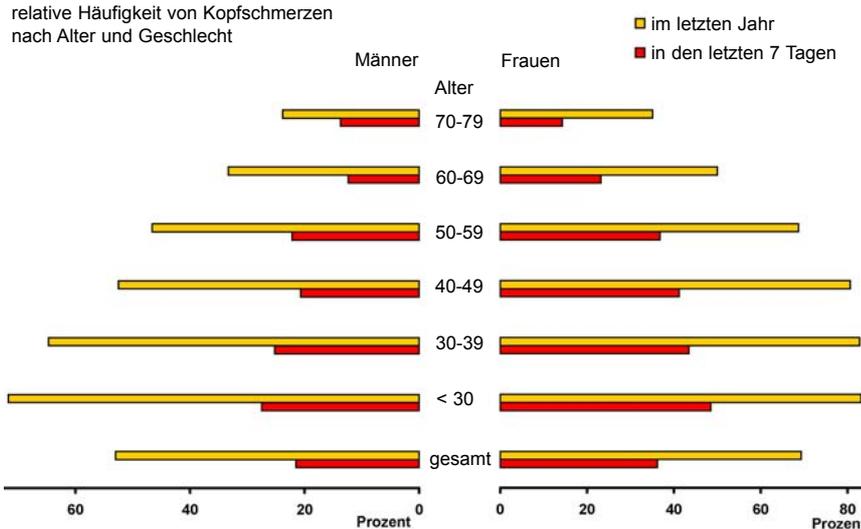
Im Gegenteil: Manche Probanden berichteten häufiger über Beschwerden bei ausgeschalteten Feldern.

Die kognitiven Funktionen, also die Reizverarbeitung im Gehirn, verändern sich unter Einwirkung von Handystrahlung. Meist verbesserten sich Konzentrationsleistung und Reaktionsvermögen geringfügig. Reize wurden schneller verarbeitet, Lern- und Merkfähigkeit nahmen zu. Deshalb den Schluss zu ziehen, dass Handys das Denkvermögen steigern, wäre aber verkehrt. Die Wirkungsmechanismen sind nicht bekannt. Wie bei allen Studien an einer beschränkten Menge von Proben kann es sich um Effekte innerhalb der statistischen Unsicherheiten handeln.

In Tierversuchen wurde das Lernvermögen von Ratten beobachtet. Hier zeigten sich negative Veränderungen des Lernvermögens nur, wenn die elektromagnetischen Felder in den Köpfen der Ratten besonders stark waren und die Tiere dadurch vermutlich unter Wärmestress litten.

Kopfschmerzen bei jung und alt

relative Häufigkeit von Kopfschmerzen nach Alter und Geschlecht



Quelle: Robert Koch-Institut, Bundes-Gesundheitssurvey 1998

Zahlreiche Menschen in Deutschland leiden unter Kopfschmerzen. Ob auch Funkwellen eine Ursache sind, wird von vielen Studien bezweifelt.

Beeinflussen Funkwellen den Stoffwechsel?

Das so genannte neuroendokrine System ist die Steuerzentrale des Körpers. Sie regelt über Hormonausschüttung den Stoffwechsel und hält Kreislauf, Wasser- und Energiehaushalt und die Körpertemperatur stabil. Wegen seiner wichtigen Funktionen rückte das neuroendokrine System früh ins Blickfeld der Forschungsaktivität. Allerdings sind viele der komplexen Abläufe im Körper noch nicht verstanden, meist werden nur Teile davon isoliert untersucht. In diesem Rah-

men sind viele Studien, die in den frühen neunziger Jahre ausgeführt wurden, zu bewerten. Sie kommen zu dem Ergebnis, dass auch relativ starke Felder das neuroendokrine System, wenn überhaupt, dann nur sehr schwach beeinflussen. Künftige Untersuchungen sollen diesen Themenkomplex weiter beleuchten und ergründen, ob ein unmittelbarer Wirkungsmechanismus von Mikrowellen auf den Körper und das Zentralnervensystem überhaupt vorhanden ist.

Wichtig für den Stoffwechsel im Gehirn ist die Blut-Hirn-Schranke. Dieser Filter regelt, welche Stoffe aus dem Blutplasma zu den Gehirnzellen gelangen und welche nicht. Ist die Filterfunktion gestört, können Multiple Sklerose, Parkinson, bestimmte Arten von Epilepsie und weitere Krankheiten ausgelöst werden. Allerdings ist die Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke selbst bei gesunden Menschen sehr unterschiedlich. Die Ergebnisse aus Tierversuchen mit Ratten lassen sich deshalb nicht ohne weiteres auf Menschen übertragen. In den Tierversuchen zeigte sich, dass Stress die Durchlässigkeit für das Eiweißmolekül Albumin erhöht, sowohl mit Feld als auch ohne. Ein klarer Zusammenhang zwischen der Durchlässigkeit des Moleküls und der Feldstärke wird erst beobachtet, wenn es zu einer Erwärmung des Gehirns kommt, also bei einer Wärmeaufnahme über 4 Watt/kg. Im Alltag sind Menschen so starken Feldern nicht ausgesetzt.

Elektrosensibilität in Europa

Länder	Fälle pro Mio.	Sensibilität auf:			
		Stromnetz	Bildschirmstrahlung	Antennenstrahlung	Handys
Schweden	1132	25%	100%		55%
Norwegen	229	17%	33%		
Dänemark	192	31%	15%	67%	
Deutschland	181	100%	13%	81%	50%
Österreich	123	75%			
Irland	28	100%			
Finnland	20		100%		
Italien	1,7			25%	25%
Frankreich	1,7	33%		83%	
Großbritannien	0,2	14%			

Quelle: Bergquist, Vogel, Report for the European Commission, DGV 1997

Elektrosensibilität und Störungen des Wohlbefindens werden europaweit unterschiedlichen Verursachern zugeordnet.

Stören Funkwellen den Schlaf?

Viele Faktoren wie Alkoholkonsum, Stress oder Lärm können den Schlaf stark beeinflussen. Etwaige kleine Wirkungen von Funkwellen auf den Organismus sind im Schlaf deshalb besonders schwer zu bestimmen. In zahlreichen Studien wurde dennoch versucht, die elektrische Aktivität des Gehirns während der Schlaf- und Ruhephasen

mittels Elektroenzephalogramm (EEG) zu messen und mit den Einwirkungen von Mikrowellen in Verbindung zu bringen.

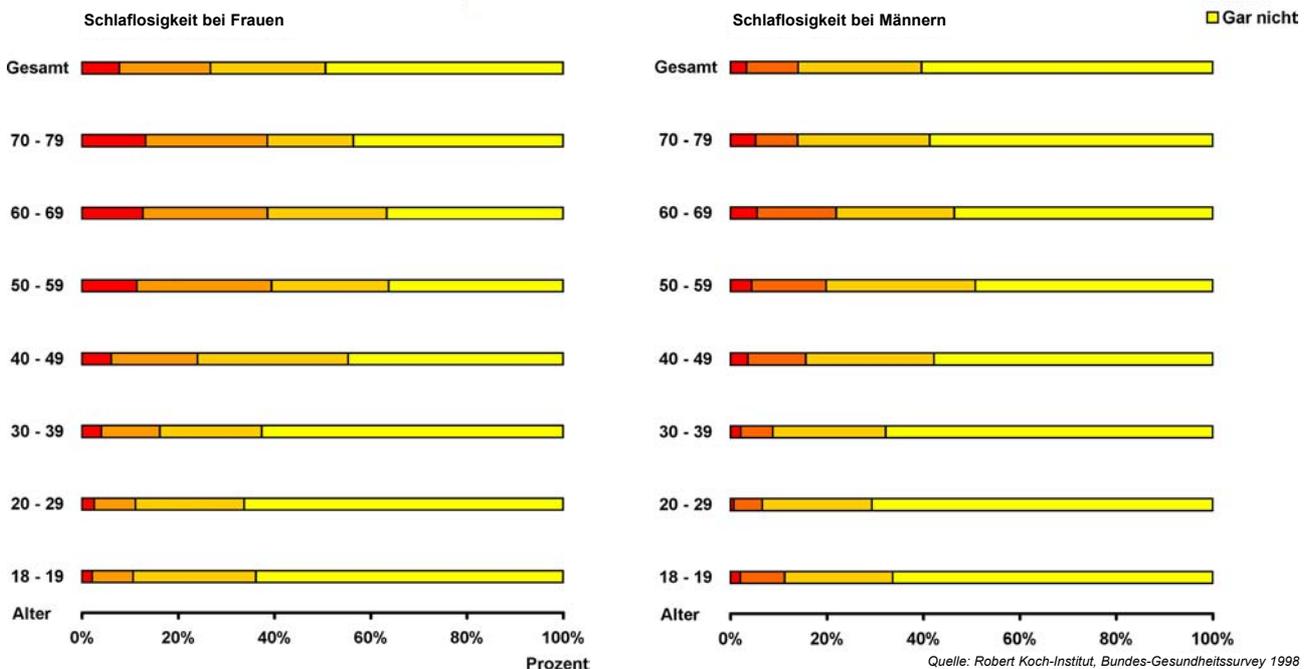
Die Ergebnisse deuten in keine klare Richtung. Mal wird über eine Verschlechterung des Schlafs berichtet, manchmal sogar über eine Verbesserung. Dabei waren die Felder in den Studien deutlich stärker als sie im

Alltag in der Nähe einer Mobilfunkbasisstation vorkommen. Zum Teil wurden neben den Betten Handys montiert.

Interessant wären Untersuchungen des Schlafverhaltens unter Einwirkung von Rundfunk- und Fernsehsendern, weil diese in vielen Gegenden eine höhere Feldstärke erzeugen als Mobilfunkbasisstationen.

Schlaflos in Deutschland

Auftreten von Schlaflosigkeit nach Alter und Geschlecht



Die Statistik belegt ein erhöhtes Auftreten von Schlaflosigkeit bei älteren Personen. Die Ursachen sind meist vielfältig. Ein starker Einfluss von Mobilfunk auf den Schlaf gilt als unwahrscheinlich.

Stören Handys Herzschrittmacher?

Herzschrittmacher, Herzdefibrillatoren, Cochlea-Implantate sowie Muskel- und Nervenstimulatoren enthalten empfindliche Elektronik, die von den niederfrequenten gepulsten digitalen Handys beeinflusst werden könnte. Studien seit Mitte der neunziger Jahre zeigen, dass moderne Herzschrittmacher deutlich störfester sind als die älteren Modelle.

Während in früheren Studien bis zu einem Viertel der Modelle durch Funkwellen aus dem Tritt gerieten, sind es in neuesten Tests nur noch ein bis zwei Prozent. Allerdings wurden die Handys jeweils direkt am Herzschrittmacher auf die Haut gelegt und mit voller Leistung betrieben. Im Alltag kann dieser Fall nur dann eintreten, wenn das Handy

im Augenblick eines eingehenden Anrufs in der Hemdtasche steckt. Träger eines Schrittmachers sollten deshalb einen Sicherheitsabstand von mindestens zehn Zentimeter zwischen dem Handy und dem Herzschrittmachers einhalten.

Zum Einfluss anderer, mit Elektronik bestückter Körperhilfen fehlen bisher Untersuchungen.



Manche elektronischen Geräte in der Medizin werden durch Funkwellen beeinflusst. In Kliniken und Praxen gilt daher Handyverbot. Träger von Herzschrittmachern sollten einen Sicherheitsabstand zum Handy einhalten.

Wie wirken Funkwellen auf die Sinnesorgane?

Dass elektromagnetische Felder Hören und Sehen beeinflussen können, ist seit längerem bekannt. Niederfrequente Felder erzeugen ab einer bestimmten Stärke ein Flimmern im Sehfeld. Hochfrequente Mikrowellenfelder können zu einer Linsentrübung führen, weil die Wärme im schlecht durchbluteten Auge nicht schnell genug abgeleitet wird. Sehr starke gepulste Mikrowellen können im Gehirn akustische Wellen auslösen, die von den Hörrezeptoren wahrgenommen werden. Die entscheidende Frage ist, ob die Felder von Mobiltelefonen stark genug sind, um diese Beschwerden wirklich auszulösen.

Tierexperimente zeigen,

dass Defekte und Trübungen des Auges erst bei viel höheren Leistungsdichten vorkommen als sie beim Telefonieren mit dem Mobiltelefon im Auge auftreten. Einige Medikamente aus der Augenheilkunde hatten in einem Tierversuch einen Einfluss auf diesen Effekt. Bestätigt sich dieser Befund einer einzelnen Studie in der Überprüfung, sollte man über Vorsichtsmaßnahmen für diesen speziellen Patientenkreis nachdenken.

Eine akustische Wahrnehmung von Handyfeldern ist ausgeschlossen. Die Felder liegen um den Faktor 1000 unter den Schwellen. Noch einmal um den Faktor 1000 schwächer sind die Felder der Basisstationen.



Die elektromagnetischen Felder des Handys sind nicht stark genug, um das Hör- und Sehvermögen zu beeinträchtigen.

Sind Funkwellen schädlich?

Eine klare Antwort auf diese Frage konnte die Wissenschaft trotz zwei Jahrzehnten intensivster Forschung bislang noch nicht finden. Sie lässt sich prinzipiell auch nicht geben, wenn es keine oder nur schwache Effekte durch Mobilfunk gibt. Dass die Suche nach gesundheitlichen Gefahren bisher erfolglos war, lässt die Schlussfolgerung zu, dass Wirkungen von Funkwellen auf den Körper – sofern sie überhaupt existieren – äußerst gering sind. Dies gilt sowohl für Krebserkrankungen als auch für subjektive Beschwerden wie Kopfschmerzen oder Schlaflosigkeit. Wenn einzelne Studien dennoch Gesundheitsbeschwerden finden, so sind diese immer eine Folge hoher, im Alltag unüblicher Feldstärken oder der Effekt trat nur innerhalb der statistischen Unsicherheiten auf. Für kleinere Effekte machen einzelne Autoren die leichte Wärmewirkung der Mikrowellen verantwortlich. Der große Teil der Studien stimmt darin überein, dass

der digitale Mobilfunk nach dem GSM-Standard keine nachteilige Wirkung auf den Organismus hat.

Nennenswerte Feldstärken gehen nur von Handys aus, weil sie direkt am Körper betrieben werden. Im Lebensraum des Menschen

sind die Felder der Basisstationen dagegen verschwindend gering. Mit noch kleineren Sendeleistungen arbeiten digitale Funkdienste wie UMTS, Bluetooth oder WLAN. Allerdings kann hier nicht auf Langzeiterfahrungen zurückgegriffen werden.



Durch moderne Kommunikation wird der Nutzer überall erreichbar. Schnell und unabhängig sind Informationen verfügbar.

Wichtige Begriffe kurz erklärt:

- Mikrowellen** Elektromagnetische Felder mit Frequenzen zwischen 800 und 5500 Megahertz (Millionen Schwingungen pro Sekunde). Mikrowellenstrahlung erzeugt im Gewebe Wärme - ein Prinzip, das sich der Mikrowellenherd in der Küche zu Nutze macht. Er arbeitet mit einer Frequenz von 2400 Megahertz.
- Gepulste Funkwellen** Funkwellen werden als „gepulst“ bezeichnet, wenn sie nicht kontinuierlich ausgesendet, sondern in regelmäßigen Abständen ein- und ausgeschaltet werden. Dies ist zum Beispiel bei GSM-Handys der Fall: die Informationen werden gebündelt und dann als Datenpakete übertragen, die nur Bruchteile einer Sekunde andauern. Dabei ist die Frequenz dieser „Pulse“ weit niedriger als die Frequenz des Trägersignals der Mobilfunkwellen. Durch „gepulste“ Funkwellen wird erreicht, dass eine Sendefrequenz gleichzeitig von mehreren Teilnehmern genutzt werden kann.
- GSM** Global System for Mobile Communication – Mobilfunkstandard, der in 155 Ländern verbreitet ist. Auch die D- und E-Netze in Deutschland basieren auf dem GSM-Standard. Sie nutzen Frequenzen von 890 - 960 Megahertz (D-Netz) beziehungsweise 1710 - 1880 Megahertz (E-Netz).
- UMTS** Universal Mobile Telecommunication System – Neuer Mobilfunkstandard, der auch Videoübertragung ermöglicht. Frequenz: 1920 - 2170 Megahertz.
- DECT** Digital Enhanced Cordless Telecommunications – Übertragungsstandard für schnurlose Telefone im Heimbereich. Frequenz: 1880 - 1900 Megahertz.
- WLAN** Wireless Local Area Network – Drahtloser Internetzugang, der häufig in Hotels, Restaurants, Flughäfen usw. angeboten und auch im Heimbereich genutzt wird. Arbeitet in Frequenzbereich von 2400 - 2485 Megahertz.
- Bluetooth** Funkstandard zur Überbrückung kurzer Entfernungen, z.B. bei Laptop, Auto-Freisprecheinrichtung, Pocket-PC usw.. Frequenz: 2400 - 2480 Megahertz.
- SAR** Spezifische Absorptionsrate – Leistung in Watt, die ein Kilogramm Körpergewebe aus den Funkwellen aufnimmt. Der Körper eines Erwachsenen hat in Ruhe einen Wärmeumsatz von 4 W/kg. Eine zusätzliche von außen zugeführte Wärmeenergie von unter 4 W/kg wird ausgeglichen und gilt als unschädlich.