



Mobilfunk und Gesundheit
Eine Information für Ärzte

Ärzte

Inhalt

1. **Einleitung** Seiten 4 | 5
 - 1.1 Standards im Mobilfunk: GSM und UMTS
 - 1.2 Mobilfunk und Telemedizin
 - 1.3 Kenntnisstand zu Mobilfunk und Gesundheit

2. **Grundlagen des Mobilfunks** Seiten 6 | 11
 - 2.1 Aufbau des Mobilfunknetzes
 - 2.2 Ausbreitung der Felder
 - 2.3 Informationsübertragung
 - 2.4 GSM und UMTS im Vergleich

3. **Elektromagnetische Felder im Mobilfunk** Seiten 12 | 14
 - 3.1 Mobilfunkfelder: nichtionisierende Strahlung
 - 3.2 Frequenzen und Leistungen in der drahtlosen Kommunikation
 - 3.3 Sendeleistung der Handys
 - 3.4 Weitere elektromagnetische Felder

4. **Einwirkung von Mobilfunkfeldern auf Lebewesen** Seiten 15 | 17
 - 4.1 Niederfrequente Felder
 - 4.2 Hochfrequente Felder

5. **Athermische Effekte** Seiten 18 | 30
 - 5.1 Diskutierte Effekte
 - 5.2 Hirnströme und Schlafparameter
 - 5.3 Kognitive Leistungen
 - 5.4 Hormonausschüttung
 - 5.5 Öffnung der Blut-Hirn-Schranke
 - 5.6 Blutbild
 - 5.7 Mobilfunk und Kanzerogenese
 - 5.8 Auftreten von Befindlichkeitsstörungen

6. **Übersichtsarbeiten zu „Mobilfunk und Gesundheit“** Seiten 31 | 35

7. **Wechselwirkung mit Medizintechnik** Seite 36

8. Grenzwerte und Grenzwertvorschläge	Seiten 37 39
8.1 Basisgrenzwerte und abgeleitete Grenzwerte	
8.2 Andere Grenzwertvorschläge	
8.3 Behördliche Aufsicht	
9. Exposition gegenüber Mobilfunkfeldern	Seiten 40 43
9.1 Feldbelastung im Umfeld einer Basisstation	
9.2 Feldbelastung während eines Handytelefonats	
10. Schutz empfindlicher Personengruppen	Seiten 44 47
11. Risikowahrnehmung und -kommunikation	Seiten 48 53
11.1 Risiken aus Experten- und Laiensicht	
11.2 Risiko-Nutzen-Abwägung	
11.3 Arzt-Patienten-Gespräche über Mobilfunk	
11.4 Standorte von Mobilfunkbasisstationen	
11.5 Befindlichkeitsstörungen im Umfeld von Basisstationen	
11.6 Nutzung von Mobiltelefonen	
11.7 Baubiologie	
11.8 Gepulste Felder	
12. Fazit	Seiten 54 55
13. Mobilfunk und Umwelt	Seite 56
13.1 Recycling und Wiederverwendung	
13.2 Altgeräte als mobile Notrufsäule	
14. Literatur	Seiten 57 67
15. Glossar	Seiten 68 71
16. Wichtige Adressen	Seiten 72 73

1. Einleitung

Als Anfang der neunziger Jahre die heutigen Mobilfunknetze an den Start gingen, hat wohl niemand vorhergesehen, in welcher kurzen Zeit die neue Technologie sich flächendeckend durchsetzen würde. Im April 2008 überschritt die Zahl der Mobilfunkanschlüsse in Deutschland erstmalig die Marke von 100 Millionen. Längst hat sich das Handy vom Statussymbol zum Alltagsgegenstand gewandelt. Der Trend zur „Medienkonvergenz“ wird beim Handy deutlich sichtbar: Moderne Geräte sind Telefon, Navigationsgerät, Organizer, Miniferseher, MP3-Player und „elektronische Geldbörse“ in einem. Per Mobiltelefonat, Kurz- und Bildnachricht findet inzwischen ein Großteil der Kommunikation statt, und viele Menschen organisieren ihren privaten und beruflichen Alltag per Handy.

1.1 Standards im Mobilfunk: GSM und UMTS

Telefonate, SMS-/MMS-Versand und mobiles Surfen im Internet – all das geschah lange Zeit im D- und E-Netz unter dem GSM-Netzstandard (Global System for Mobile Communication). Doch mit zunehmendem Bedarf an schnelleren und umfangreicheren Datenübertragungen wuchsen auch die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Mobilfunk-Infrastruktur.

Mit der Einführung des UMTS-Standards (Universal Mobile Telecommunication System) wurde den gestiegenen Anforderungen Rechnung getragen. UMTS ermöglicht höhere Übertragungsgeschwindigkeiten und erlaubt so die gleichzeitige Übertragung von Sprache, Bildern und Daten. Die Einführung des neuen Standards war ein wichtiger Schritt in Richtung Medienintegration.

Gleichzeitig wurden auch die Möglichkeiten der Datenkommunikation mit den GSM-Netzen durch Einführung verbesserter Technologien wie GPRS (General Packet Radio Service) und EDGE (Enhanced Data Rates For GSM Evolution) stark verbessert.

1.2 Mobilfunk und Telemedizin

Die Mobilfunktechnik eröffnet auch der mobilen Gesundheitsüberwachung von Patienten („Mobile Health“) neue Möglichkeiten. Zum Beispiel können chronisch Kranke wie Diabetiker, Asthmatiker oder Epileptiker besser betreut und pflegebedürftige Patienten engmaschiger überwacht werden. Aus Patientensicht bedeutet dies einen Gewinn an Lebensqualität durch erhöhte Mobilität und ein größeres Gefühl der Sicherheit. Vorab definierte Alarmzonen können sowohl den Patienten als auch das Pflegepersonal (beispielsweise bei Demenzkranken) entsprechend warnen, wenn sich

der Patient einer Gefahr nähert oder einen bestimmten Bereich verlässt. Bei Unfällen und in Notfällen können wichtige Informationen wesentlich schneller übermittelt werden. Herzinfarktgefährdete Personen können im 20-Sekunden-Takt per 12-Kanal-EKG überwacht werden. Auch hier würde es die Informationsübertragung per Handy erlauben, ärztliche Hilfe im Ernstfall wesentlich schneller zu organisieren. Bereits jetzt ist es technisch möglich, Vitaldaten über ein Handy fortlaufend an eine Klinik oder eine Notfallstation zu übermitteln. Die Daten – wie etwa Blutdruck, Herzfrequenz, Körpertemperatur, Atemwegsparameter und ein EKG – werden dabei über entsprechende Sensoren erfasst und zusammen mit Standortdaten über das mit einem „Body Area Network“ verbundene Handy zur Klinik weitergeleitet.

Ärzte können über das Mobilfunknetz in Verbindung mit dem Body Area Network auch aktiv den Gesundheitszustand ihrer Patienten fernabfragen, ihnen gezielt Hinweise geben oder an Termine und die Einnahme von Medikamenten erinnern. Im Rahmen von Pilotprojekten wird der Einsatz des Handys als mobiles, vom Patienten zu bedienendes „klinisches Minilabor“ geprüft. Sicherlich werden mobilfunkgestützte Anwendungen im Gesundheitswesen künftig noch stärker dazu beitragen, die medizinische Versorgung der Bevölkerung zu verbessern.

1.3 Kenntnisstand zu Mobilfunk und Gesundheit

Allerdings werden Stimmen laut, die vor einem weiteren Ausbau der Mobilfunknetze warnen und diese Warnung mit fehlenden Kenntnissen über mögliche gesundheitliche Auswirkungen der im Mobilfunk verwendeten elektromagnetischen Felder begründen.

Dem Arzt kommt in diesem Zusammenhang eine besondere Verantwortung zu, da er von den meisten Menschen als kompetenter Ansprechpartner in Gesundheitsfragen angesehen wird. Nicht selten werden von Patienten unerklärbare Symptome auf den Einfluss von Mobilfunkfeldern zurückgeführt. Es ist dann die Aufgabe des Mediziners, eine sachliche, wissenschaftlich fundierte Beratung zu erbringen.

Anliegen dieser Publikation ist es, einen neutralen und sachlichen Überblick über den derzeitigen Erkenntnisstand zu gesundheitlichen Auswirkungen der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks aus umweltmedizinischer Sicht zu geben. Darüber hinaus will sie die Arzt-Patienten-Kommunikation zu diesem Thema unterstützen. Sie soll ihm darüber hinaus ermöglichen, den Inhalt von vielfach angebotenen Fortbildungsveranstaltungen kritisch zu hinterfragen.

2. Grundlagen des Mobilfunks

2.1 Aufbau des Mobilfunknetzes

Ein Mobilfunknetz besteht aus flächendeckenden, wabenförmig angeordneten Funkzellen. Jede dieser Funkzellen wird von einer Mobilfunkbasisstation versorgt. Diese dient als Sende- und Empfangsstation für die Kommunikation mit dem Mobiltelefon. Die Größe der Funkzelle hängt in erster Linie von den Versorgungsaufgaben ab: An Standorten mit einem hohen Gesprächsaufkommen sind die Funkzellen und die Leistung der sie versorgenden Basisstationen kleiner, in dünn besiedelten Gebieten sind Funkzellen größer ausgelegt. Beispielsweise beträgt der Radius einer Funkzelle um einen Bahnhof oder eine Flughafenhalle herum etwa 100 - 200 Meter und in Wohngebieten 0,5 - 2 Kilometer, während er auf dem Land oder entlang einer Autobahn etwa 5 - 10 Kilometer betragen kann. Die aktuelle UMTS-Technik erfordert sehr regelmäßig angeordnete, kleine Funkzellen, um die hohe Übertragungsgeschwindigkeit der Sprach- und Bilddaten zu gewährleisten.

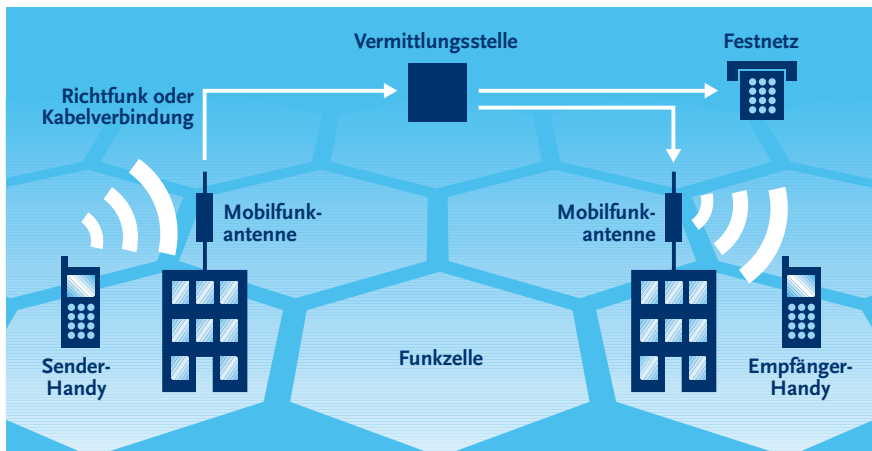
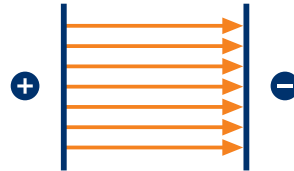


Abb. 1: Schematischer Aufbau und Funktionsweise eines Mobilfunknetzes

Basisstationen werden bevorzugt auf hohen Gebäuden (Hochhäusern, Kirchtürmen, Schornsteinen usw.) oder hoch gelegenen Geländestandorten errichtet. Durch sorgfältige Auswahl der Lage und Höhe des Antennenstandortes, der Sendeleistung und der Sendecharakteristik wird eine optimale Versorgung innerhalb der Funkzelle gewährleistet. So sind Handy-Telefonate auch in abgeschirmten Bereichen möglich, etwa im Innern von Gebäuden. Zentrale Standorte innerhalb einer Ortschaft sind hierfür funktechnisch besser geeignet als weiter entfernte Standorte außerhalb der Ortschaft. Die Exposition durch elektromagnetische Felder ist auch bei einem zentralen Standort sehr gering und liegt weit unterhalb der geltenden Grenzwerte.

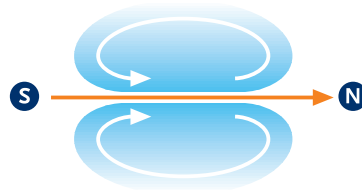
Elektrisches Feld

Ein elektrisches Feld bildet sich zwischen zwei räumlich getrennten elektrischen Ladungen unterschiedlichen Vorzeichens aus. Die elektrische Feldstärke wird in Volt pro Meter (V/m) gemessen.



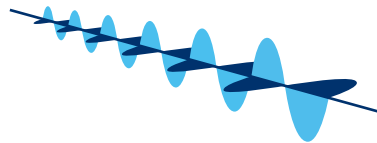
Magnetisches Feld

Ein magnetisches Feld ist das gerichtete Kraftfeld, das sich um einen stromdurchflossenen Leiter aufbaut. Die magnetische Feldstärke wird in Ampere pro Meter (A/m) gemessen (daneben wird auch die magnetische Flussdichte mit der Einheit Tesla verwendet).



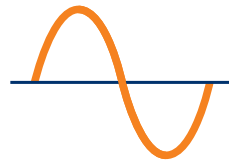
Elektromagnetisches Feld

Im elektromagnetischen (Wechsel-)Feld verschmelzen die elektrische und magnetische Feldkomponente.



Frequenz

Die Frequenz gibt an, wie oft eine elektromagnetische Welle pro Sekunde hin- und herschwingt. Die Maßeinheit lautet Hertz (Hz).



Leistungsflussdichte

Die Leistungsflussdichte ist ein Maß für die senkrecht auf eine Fläche eintreffende Leistung eines elektromagnetischen Feldes. Sie wird in Watt pro Quadratmeter (W/m^2) gemessen.

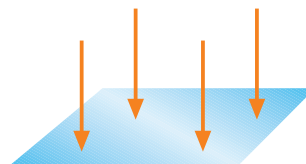


Abb. 2: Grundwissen zu elektromagnetischen Feldern

2.2 Ausbreitung der Felder

Die Antennen einer Basisstation senden das elektromagnetische Feld vorwiegend horizontal ab, mit einer leichten Neigung nach unten. Das Feld ist dabei in Hauptstrahlrichtung der Antenne gebündelt. Für die Feldausbreitung gelten dieselben physikalischen Gesetze, wie wir sie von der Ausbreitung des Lichtes her kennen:

- Die Feldstärke nimmt in größeren Abständen von der Antenne entlang der Hauptsenderichtung mit der Entfernung ab, die Leistungsflussdichte mit dem Quadrat der Entfernung.
- Hindernisse in der Ausbreitungsrichtung können das Feld abschwächen. Dazu zählen Witterungseinflüsse (Regen, Schneefall), Vegetation und Mauerwerk (insbesondere Stahlbeton). Gebäude können „Funkschatten“ verursachen.
- Reflexionen (durch Gebäude, Erdboden, verspiegeltes Glas usw.) sind möglich.

Die nachfolgende Abbildung illustriert, wie sich das elektromagnetische Feld einer Basisstation im Stadtbereich ausbreitet (s. auch Abschnitt 9.1).



Abb. 3: Typische Ausbreitung von Mobilfunkfeldern (Quelle: s. Bildquellennachweis)

2.3 Informationsübertragung

Wird ein Handy eingeschaltet, meldet es sich bei derjenigen Basisstation an, die den besten Empfang bietet. Solange nicht telefoniert wird, sendet das Handy nur in größeren Zeitabständen (je nach Netzbetreiber etwa alle 0,5–12 Stunden oder bei Wechsel der Funkzelle) ein kurzes Signal an die Station. Erst wenn das Handy angerufen wird oder wenn der Handynutzer selbst eine Nummer wählt und das Gerät eine Verbindung aufbaut, beginnt es zu senden. Die Sendeleistung wird sowohl im GSM- als auch im UMTS-Standard kontinuierlich angepasst, allerdings erfolgt dies auf unterschiedliche Weise. Beim Wechsel der Funkzelle wird die Verbindung automatisch und ohne Unterbrechung an die nächste Basisstation weitergereicht.

2.4 GSM und UMTS im Vergleich

Die Übertragung von Gesprächen, Daten oder Bildern geschieht beim Handy digital. Wie dies im Detail vor sich geht, hängt vom Mobilfunkstandard (GSM, UMTS) ab. Zwischen beiden Standards bestehen Unterschiede, deren Kenntnis für das Thema „Mobilfunk und Gesundheit“ nützlich ist.

Beim GSM-Standard wird die natürliche Sprache in kurze Sprechabschnitte aufgeteilt, die anschließend digitalisiert und zu Paketen komprimiert werden. Diese Pakete werden nicht im Dauerbetrieb, sondern in kleinen zeitlichen Abständen gesendet. Als Trägermedium für die Übertragung vom Handy zur Basisstation und umgekehrt dient ein hochfrequentes elektromagnetisches Feld. Jedem Handy steht für die Übertragung der Pakete 217-mal in der Sekunde ein bestimmter Zeitschlitz zur Verfügung. In der bis zum nächsten Zeitschlitz folgenden Pause bleibt das Handy stumm. Man spricht in diesem Zusammenhang von „niederfrequent gepulsten Hochfrequenzfeldern“. Die Pause in der Datenübertragung eines Handys nutzt die Basisstation zur Abwicklung anderer Handytelefonate auf dieser Frequenz. Durch die Sprachkompression und -dekompression erhalten alle Handynutzer den Eindruck, dass die Basisstation ununterbrochen zur Verfügung steht.

Der Signalverlauf während eines Telefonats verläuft beim Handy in einem festgelegten Zeitrahmen. Alle 4,6 Millisekunden ist das Handy für exakt 0,577 Millisekunden „auf Sendung“, anschließend ist es für ca. 4 Millisekunden stumm.

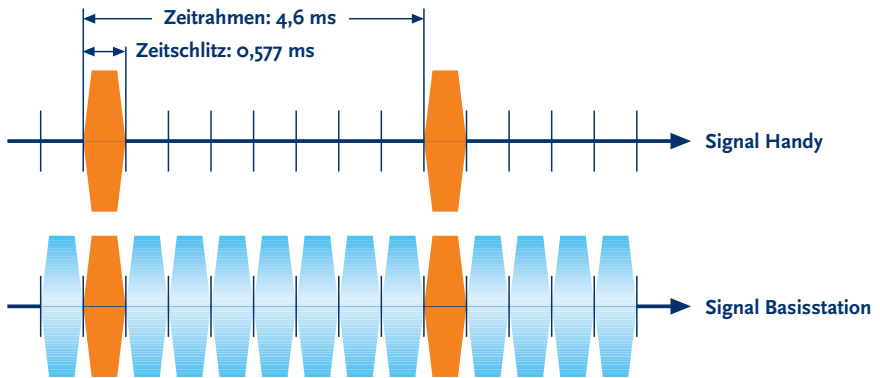


Abb. 4: Signalverlauf bei Handys und Basisstationen im GSM-Standard (idealisiertes Verlauf)

Im Gegensatz dazu hängt der Signalverlauf an der Basisstation davon ab, wie viele Telefonate sie gleichzeitig abwickeln muss. Entscheidend ist also die momentane Auslastung der Station.

Anders sieht die Datenübertragung beim UMTS-Standard aus. Hier verschicken alle Nutzer ihre Datenpakete zur gleichen Zeit und auf derselben Frequenz. Die richtige Zuordnung der Datenpakete zu den jeweiligen Empfängern wird durch eine individuelle Codierung ermöglicht. Das UMTS-Signal ist nicht mehr gepulst, sondern ähnelt einem kontinuierlichen Rauschsignal.

GSM und UMTS unterscheiden sich auch in der Leistungsregelung beim Verbindungsaufbau und während des Telefonats: im GSM-Standard sendet das Handy zunächst mit maximaler Sendeleistung und regelt diese zwei Mal pro Sekunde auf das niedrigste Niveau herunter, das gerade noch eine gute Gesprächsqualität ermöglicht. Das UMTS-Handy dagegen beginnt den Verbindungsaufbau mit niedriger Sendeleistung und regelt letztere 1.500 Mal pro Sekunde auf das optimale Niveau (Baumann, J. u. Landstorfer,

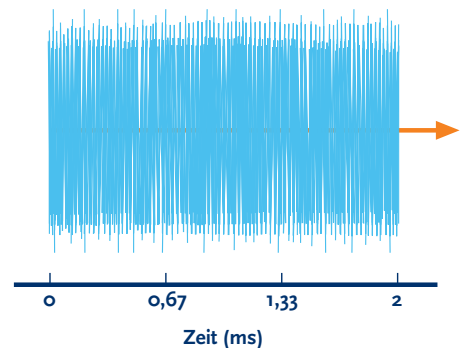


Abb. 5: Signalverlauf im UMTS-Standard

F.M. 2007). Diese Leistungsregelung ist für den Betrieb der Netze technisch unbedingt notwendig. Sie führt daneben aber auch zu einer Verlängerung der maximalen Gesprächsdauer bzw. der „Stand-by“-Zeit des Handys und einer verminderten Exposition sowohl durch das Handy als auch durch die Mobilfunkbasisstation.

Der Unterschied zwischen GSM und UMTS kann am Beispiel der Gespräche auf einer Party verdeutlicht werden. Während bei GSM die Gäste einzeln und nacheinander sprechen müssen, um verstanden zu werden, können bei UMTS die Gäste alle gleichzeitig miteinander sprechen, allerdings jeder mit seinem Partner in einer unterschiedlichen Sprache. Der Partner hört die für ihn bestimmte Information aus dem Sprachgewirr gut heraus. Gäste auf einer „UMTS-Party“, insbesondere neu hinzukommende, dürfen nicht zu laut sprechen, um das Sprachgewirr nicht zu übertönen.

3. Elektromagnetische Felder im Mobilfunk

3.1 Mobilfunkfelder: nichtionisierende Strahlung

Die im Mobilfunk verwendeten elektromagnetischen Felder liegen im so genannten Mikrowellenbereich. Dieser geht zu niedrigeren Frequenzen hin in die Rundfunk- und Fernsehwellen über, zum höheren Frequenzbereich hin schließen sich die Radarwellen, das infrarote und das sichtbare Licht an.

Die Mobilfunkfrequenzen gehören zur nichtionisierenden Strahlung. Ihre Energie liegt etwa 1.000.000-fach unterhalb der Energie, die erforderlich ist, um chemische Bindungen (z. B. in Nukleinsäuren) aufzubrechen. Anders als UV-Licht oder Röntgenstrahlung sind Mobilfunkfelder somit aus energetischen Gründen nicht in der Lage, das Erbgut direkt zu schädigen und einen Tumor zu initiieren. Ein indirekter Effekt, beispielsweise auf die komplexen DNA-Reparaturmechanismen, kann zunächst nicht ausgeschlossen werden. Die vorliegenden, im Peer-Review-Verfahren veröffentlichten Studien lassen insgesamt keinen wissenschaftlich begründbaren Verdacht auf eine genotoxische Wirkung der Felder des Mobilfunks erkennen (vgl. Abschnitt 5.7 „Gentoxizität“).

3.2 Frequenzen und Leistungen in der drahtlosen Kommunikation

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die beim Mobilfunk und bei anderen drahtlosen Kommunikationssystemen verwendeten Frequenzen und Leistungen.

Netz/Anwendung	Standard	Frequenz	Modulation	Basisstation (Sendeleistung pro Frequenzkanal)
D-Netz	GSM 900	890 – 960 MHz	217 Hz (niederfrequent gepulst)	10 – 20 W typisch
E-Netz	GSM 1800	1710 – 1880 MHz	217 Hz (niederfrequent gepulst)	10 W typisch
UMTS	UMTS	1900 – 2170 MHz	diverse Verfahren (nicht gepulst, Rauschsignal)	20 W typisch

Abb. 6: Frequenzen und Leistungen im Mobilfunk

3.3 Sendeleistung der Handys

GSM-Handy:

Die Sendeleistung moderner Handys liegt bei maximal 2 Watt bei GSM 900 bzw. 1 Watt bei GSM 1800. Dieser Wert bezeichnet den Spitzenwert während eines Sendeimpulses.

Das Handy sendet nur während $\frac{1}{8}$ der Zeit und ist $\frac{7}{8}$ der Zeit „stumm“ (siehe Kapitel 2.4). Daher liegt die mittlere Leistung bei maximal 0,25 bzw. 0,125 Watt. Dieser Wert wird jedoch nur dann erreicht, wenn die Sende- und Empfangsbedingungen sehr ungünstig sind. Da die Sendeleistung des Handys auf das für die Kommunikation erforderliche Minimum heruntergeregelt wird, ist die tatsächliche mittlere Leistung während eines Telefonats weitaus geringer.

UMTS-Handy:

Grundsätzlich unterstützen alle UMTS-Handys sowohl den UMTS- als auch den GSM-Standard. Im UMTS-Modus sind UMTS-Handys stets mit dem Netz verbunden. Ihre maximale Sendeleistung beträgt 0,125 Watt. Auch hier liegt die tatsächliche Sendeleistung unter guten Empfangsbedingungen weit unter dem Maximalwert.

Die Abbildung (rechts) zeigt einen SAR-Messkopf, mit dessen Hilfe die aktuelle Feldexposition des Mobiltelefon-Nutzers gemessen werden kann. Auf einfache Weise kann hier die Einhaltung der geltenden (Teilkörper)-Grenzwerte, die dynamische Regelung der Sendeleistung und der Einfluss der Handyposition am Kopf auf den SAR-Wert veranschaulicht werden.



Abb. 7: Ermittlung der elektromagnetischen Felder durch einen SAR-Messkopf

3.4 Weitere elektromagnetische Felder

Neben dem Mobilfunk gibt es weitere Anlagen, die mit elektromagnetischen Feldern arbeiten und die bereits zu einem festen Bestandteil unseres Alltags geworden sind:

- Rundfunk- und Fernsehsender sind uns seit Langem vertraut. Ihre Sendeleistung liegt 100- bis 1.000-fach über der einer Mobilfunk-Basisstation. Die neuen DVBT-Sender kommen im Vergleich zu analog arbeitenden TV-Sendern mit einer wesentlich geringeren (ca. einem Fünftel bis einem Zehntel) Sendeleistung aus.
- Schnurlose Telefone nach dem DECT-Standard funktionieren nach demselben technischen Prinzip wie Mobiltelefone. Die Sendeleistung eines schnurlosen Telefons liegt unter der eines Handys. DECT-Telefone stellen dennoch oftmals die stärkste Feldquelle in der Wohnung dar. Neuerdings werden DECT-Telefone mit Leistungsregelung und Feldabschaltung bei Auflage des Mobilteils auf der Ladeschale entwickelt und angeboten.
- Neuere Kommunikationstechnologien wie WPAN („Blue Tooth“) und WLAN benötigen sehr geringe Sendeleistungen (siehe Tabelle unten).

Manche dieser elektromagnetischen Felder in unserem Wohnumfeld werden kontinuierlich ausgestrahlt, andere dagegen sind gepulst.

Auch öffentliche Einrichtungen wie Polizei, Feuerwehr, Notfall- und Katastrophenschutzdienste nutzen für ihre Kommunikation Funknetze. Derzeit wird vom Bund ein solches digitales Funknetz nach dem TETRA-Standard aufgebaut, das Frequenzen um 400 MHz nutzt.

Netz/Anwendung	Standard	Frequenz	Modulation	Basisstation (Sendeleistung pro Frequenzkanal)
DECT schnurlose Telefone	DECT	1800 – 1900 MHz	100 Hz niederfrequent gepulst	Basisstation: 0,25 W Handset Spitzenwert: 0,25 W Mittelwert: 0,01 W
WPAN, Wireless Personal Area Network = „Blue Tooth“	IEEE 802.15.1	2400 – 2480 MHz	gepulst	Klasse 1: 0,1 W Klasse 2: 0,0025 W Klasse 3: 0,001 W
	IEEE -802.11	2400 MHz 5150 – 5350 MHz 5470 – 5725 MHz	gepulst	0,1 – 1 W (je nach Frequenz)
BOS Funk	Tetra 25	400 – 900 MHz	17,65 MHz gepulst	25 W

Abb. 8: Weitere Frequenzen und Sendeleistungen

4. Einwirkung von Mobilfunkfeldern auf Lebewesen

Die Wirkung elektromagnetischer Felder auf Lebewesen hängt in erster Linie von ihrer Frequenz, daneben von der Intensität der Felder ab. Die Dauer der Einwirkung der Felder ist grundsätzlich erst dann von Bedeutung, wenn für eine gegebene biologische Wirkung ein Schwellenwert überschritten wird.

4.1 Niederfrequente Felder

Niederfrequente elektromagnetische Felder mit Frequenzen bis etwa 30 Kilohertz dringen mit ihrer magnetischen Feldkomponente vergleichsweise tief in den Körper ein und können dort elektrische Ströme induzieren. Die elektrische Feldkomponente wird aufgrund der hohen Leitfähigkeit des Körpergewebes stark abgeschwächt. Sofern die Körperstromdichte bestimmte Schwellenwerte überschreitet, kann ihre Membran-depolarisierende Wirkung zu Reizerscheinungen an Nerven- und Muskelzellen führen. Diese Erregung tritt auch bei Feldern auf, deren Feldintensität nicht ausreicht, um das Gewebe signifikant zu erwärmen.

Das geltende Grenzwertkonzept zum Schutz des Körpers vor niederfrequenten elektromagnetischen Feldern orientiert sich an den physiologischen Körperstromdichten beim Menschen (Bernhardt 1999, Silny 2001).

4.2 Hochfrequente Felder

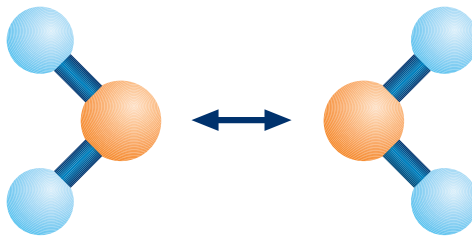
Hochfrequente elektromagnetische Felder – zu denen die Mobilfunkfelder zählen – dringen kaum in den Körper ein. Ursache hierfür ist zum einen der so genannte Skineffekt (siehe Kasten auf Seite 16), zum anderen die ausgeprägte Absorption in den oberen Hautschichten.

Hochfrequente Felder können das Ruhepotenzial von Zellen nicht beeinflussen. Die Erregung von Nerven- und Muskelzellen ist daher nicht möglich.

Die primäre Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Lebewesen ist ihre Wärmewirkung.

Wärmewirkung hochfrequenter Felder

Moleküle mit Dipolcharakter richten sich in einem Hochfrequenzfeld periodisch aus. Die größte Bedeutung haben hierbei die Wassermoleküle, deren so genannte Orientierungspolarisation zu Reibungsverlusten und damit zur Wärmebildung führt. Auf diesem Prinzip beruht auch die häusliche Mikrowelle.



Hochfrequente Energie wird am stärksten an der Oberfläche, also in der Haut absorbiert. Die dabei entstehende lokale Temperaturerhöhung kompensiert der Körper hauptsächlich, indem er die Wärme über den Blutkreislauf abtransportiert. Schlecht durchblutete Organe, wie etwa die Augenhornhaut und -linse, sind daher potentiell stärker gefährdet. Tieferliegende Organe – und beispielsweise auch ein Fötus – sind durch die Absorption an der Oberfläche und durch den Skineffekt wesentlich geringeren Feldern ausgesetzt.

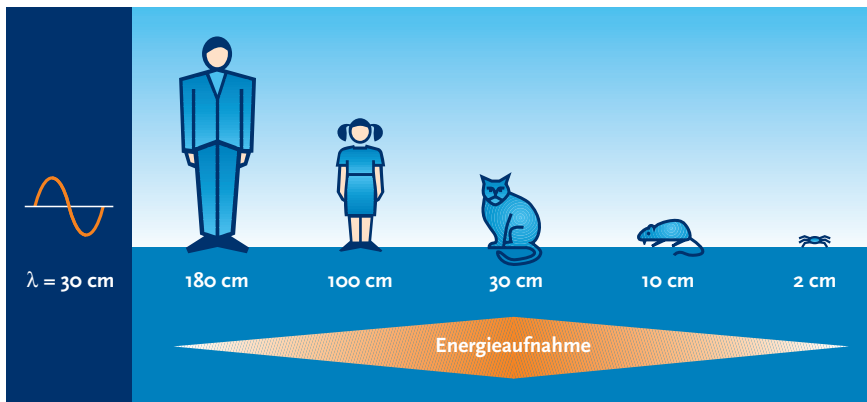
Skineffekt

Durch das elektrisch gut leitende Körpergewebe werden wie in einem „Faradayschen Käfig“ Feldlinien eines Hochfrequenzfeldes an die Körperoberfläche gedrängt. Dieser so genannte Skineffekt sorgt dafür, dass ein von außen einwirkendes Feld nur begrenzt in Lebewesen eindringt (Glaser 2000). Zum Beispiel wird ein elektromagnetisches Feld mit einer Frequenz von 915 Megahertz in einer Tiefe von 2,1 Zentimetern bereits auf die Hälfte, in einer Tiefe von 4,2 Zentimetern auf ein Viertel abgeschwächt. Diese Tatsache muss berücksichtigt werden, wenn aus Versuchen mit Kleintieren auf die Wirkung beim Menschen geschlossen werden soll. Felder, die das Gehirn eines Kleintieres vollständig durchdringen, erreichen das Gehirn beim Menschen nur in stark abgeschwächter Form oder überhaupt nicht.

In welchem Ausmaß hochfrequente Feldenergie aufgenommen wird, hängt nicht nur vom Wassergehalt und der Leitfähigkeit eines Lebewesens ab, sondern auch von seiner Größe. Ein Maximum erreicht die Energieaufnahme im so genannten Resonanzfall.

Resonanzerscheinungen

Wenn die Körpergröße etwa der halben Wellenlänge der Hochfrequenzstrahlung entspricht, kann der Körper in Resonanz mit dem äußeren Feld geraten und damit die Intensität des inneren Feldes erhöhen (Glaser 2000). Die Resonanzfrequenz für einen erwachsenen Menschen liegt bei etwa 100 Megahertz, für ein Kleintier, wie beispielsweise eine Ratte, bei ungefähr 400 Megahertz. Das Feld wirkt dabei in Richtung der Längsachse des Körpers. Bezogen auf die Verhältnisse an einer Mobilfunkbasisstation bedeutet dies, dass – bei gleicher Sendeleistung – die absorbierte Feldenergie vom Kleintier über das Kind zum Erwachsenen hin abnimmt. In der unteren Grafik wird deutlich, dass die Energieaufnahme bei einer Körperlänge von 30 cm (z. B. Katze) am höchsten ist.



Neben dem Skineffekt muss auch die Resonanzfrequenz berücksichtigt werden, wenn Ergebnisse aus Versuchen mit Kleintieren auf den Menschen übertragen werden sollen.

5. Athermische Effekte

Die oben beschriebene thermische Wirkung von hochfrequenten Feldern ist wissenschaftlich erwiesen. Darüber hinaus wird in Teilen der Fachöffentlichkeit, noch mehr aber in der Bevölkerung, die Frage diskutiert, ob Mobilfunkfelder bereits unterhalb der geltenden Grenzwerte biologische Wirkungen entfalten können, die nicht auf die Erwärmung des Lebewesens zurückgehen. Meist werden diese Effekte – fachlich nicht ganz korrekt – als „athermische“ oder „nichtthermische“ Effekte bezeichnet und oftmals dem Pulscharakter des GSM-Signals zugeschrieben.

5.1 Diskutierte Effekte

Viele der diskutierten „athermischen Wirkungen“ beziehen sich auf das zentrale Nervensystem, was angesichts der Handynutzung im Kopfbereich und der besonderen Bedeutung und Empfindlichkeit des Gehirns auch verständlich ist.

Berichtet wurde unter anderem über:

- Veränderungen von Hirnströmen (EEG) und Schlafparametern,
- Veränderungen der kognitiven Leistungen,
- Veränderungen der Hormonausschüttung (insbesondere von Melatonin),
- Öffnung der Blut-Hirn-Schranke,
- Veränderungen im Blutbild (Retikulozytenreifung, „Geldrolleneffekt“),
- das Auftreten von Befindlichkeitsstörungen (Schlaflosigkeit, Kopfschmerzen, Konzentrationsstörungen, Tinnitus).

Weitere Berichte betreffen die Genotoxizität und Kanzerogenese. Solche Berichte basieren auf In-vitro-Untersuchungen, auf Tierversuchen, Versuchen an Probanden und epidemiologischen Studien. Die jeweiligen Untersuchungsmethoden unterscheiden sich sehr in ihrer Aussagekraft. Einzelheiten hierzu sind dem Kasten „Herangehensweisen in der Forschung“ zu entnehmen.

Herangehensweisen in der Forschung

Versuche „in vitro“ bieten den Vorteil eines überschaubaren Systems. Mit ihnen wird es vermutlich am ehesten möglich sein, Wirkmechanismen elektromagnetischer Felder zu erkennen. Bisher ist im athermischen Bereich kein solcher Mechanismus bekannt, es existieren lediglich Hypothesen und Spekulationen. Wirkmechanismen sind jedoch für die Ableitung wissenschaftlich begründeter Grenzwerte von großer Bedeutung. Als nachteilig erweist sich bei In-vitro-Versuchen, dass Rückschlüsse auf die gesundheitliche Bedeutung eines gefundenen Effekts für den Organismus kaum möglich sind.

Versuche an Tieren gestatten Aussagen über mögliche Langzeitwirkungen und erfassen das Lebewesen in seinem komplexen Gefüge. Sowohl die Planung von Tierversuchen als auch die Übertragung der Ergebnisse auf den Menschen erfordern, dass artspezifische Besonderheiten und Unterschiede beispielsweise in der Körpergröße zwischen Mensch und Versuchstier beachtet werden (vgl. Kästen zum Skin- und Resonanzeffekt in Abschnitt 4.2).

Versuche an Probanden sind gut geeignet, um Kurzeffekte zu untersuchen, beispielsweise auf die kognitive Informationsverarbeitung, auf Schlafverhalten oder Hirnströme. Hinweise auf Wirkmechanismen können auf diese Weise nicht gewonnen werden.

Epidemiologische Langzeitstudien sollten eigentlich die besten Voraussetzungen bieten, um mögliche Auswirkungen des Mobilfunks auf die Gesundheit zu untersuchen (Glaser 2000, Silny 2002). In der Praxis stoßen Epidemiologen aber auf eine Reihe von Problemen: So müssen die Exposition genau erfasst, eine unbelastete Kontrollgruppe gefunden und Störfaktoren ausgeschlossen werden. Um Langzeitwirkungen zu erfassen, muss die Studie über viele Jahre hinweg andauern, wobei sich die Parameter der Mobilfunkfelder (Intensität, Frequenz, Modulation usw.) nicht ändern dürfen. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass epidemiologische Studien lediglich Korrelationen aufzeigen können, nicht jedoch Kausalitäten nachweisen.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass es bei der Erforschung von „Mobilfunk und Gesundheit“ keinen „Königsweg“ geben kann. Alle Versuchsansätze erbringen einen wichtigen Erkenntnisgewinn.

In den folgenden Abschnitten werden einige der athermischen Wirkungen, über die berichtet wurde, kurz vorgestellt und kommentiert. Die Auswahl setzt Schwerpunkte bei großen Forschungsvorhaben (z. B. Internationales EMF-Projekt, Interphone-Studie, Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm, REFLEX-Studie), berücksichtigt aber auch einzelne Studien, die besondere Aufmerksamkeit in den Medien erfahren haben.

5.2 Hirnströme und Schlafparameter

Ältere Untersuchungen (insbesondere von Arbeitsgruppen an den Universitäten in Mainz und Zürich) lieferten widersprüchliche Ergebnisse zum Einfluss von elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks auf das Schlaf-EEG. So haben Mann und Röschke (Mainz 1996) beobachtet, dass sich Einschlafzeit und REM-Dauer unter dem Einfluss von „Handyfeldern“ verringern. Diese Beobachtungen konnten von denselben Autoren in späteren Studien nicht bestätigt werden (Wagner et al. 1998). Borbely et al. (1999) beobachteten eine eher schlaffördernde Wirkung der Mobilfunkfelder. Die Wachtraum-Phase war von 18 auf 12 Minuten verkürzt. Die von Fritzer et al. 2000 erfassten Schlafparameter wurden durch ein GSM-Feld nicht beeinflusst. Wagner et al. (2000) fanden gleichfalls keine Veränderungen in den Schlafparametern gesunder Probanden, ebenso eine Studie der Charité Berlin im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF). Die Versuche wurden bei unterschiedlichen Leistungsflussdichten, meist aber leicht unterhalb des Grenzwertes durchgeführt.

Eine weitere im Rahmen des DMF durchgeführte Literaturstudie kommt zu folgender Einschätzung: *„Insgesamt deuten die Resultate beider genannter Arbeitsgruppen auf einen eher schlafanstoßenden und schlaffördernden Einfluss der Mobilfunkfelder. Zusätzlich waren einige Parameter des Schlaf-EEG zwar leicht verändert, blieben aber im normalen physiologischen Bereich. Auf negative gesundheitliche Auswirkungen lassen diese Ergebnisse nicht schließen“* (Quelle: http://www.emf-forschungsprogramm.de/int_forschung/wirk_mensch_tier/stellungnahmen/gehirn_kognition.html).

Im Rahmen des DMF haben zwei Feldstudien der Charité Berlin und der Technischen Universität Graz untersucht, ob die Felder von Mobilfunkbasisstationen den Schlaf der Anwohner stören. Für die Studie der Charité Berlin wurden dazu mobile Sender in bislang unversorgten Gebieten aufgestellt. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Exposition durch die Sender die Schlafqualität nicht negativ beeinflusste. Bedenken wegen der möglichen gesundheitlichen Folgen der Anlage führten jedoch zu einer verminderten Schlafqualität, und zwar auch, wenn die Anlage nicht in Betrieb war.

Die EPROS-Studie des Instituts für Krankenhaustechnik der TU Graz (Leitgeb 2007) ging der Frage nach, ob hochfrequente elektromagnetische Felder (Mobilfunkbasisstationen, Mobiltelefonate in der Umgebung, Rundfunk, TV) Einfluss auf den Schlaf bei Personen mit selbst berichteter Elektrosensibilität haben. In den Schlafzimmern der Betroffenen wurde die Schlafqualität mit und ohne Feldabschirmung verglichen, wobei auch Scheinschirme verwendet wurden. Ein Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Schlafqualität wurde nicht gefunden. Nach Auffassung des Studienleiters ist ein EMF-Einfluss auf den Schlaf, wenn er sogar bei den am stärksten betroffenen Fällen (selektiertes Probandengut!) nicht nachgewiesen werden kann, auch sonst nicht zu erwarten. Interessant ist, dass bereits der Glaube an die Wirkung der Abschirmung eine deutliche Schlafverbesserung bewirkte, unabhängig davon, ob eine solche tatsächlich vorhanden war.

5.3 Kognitive Leistungen

Frühe Studien zu Gedächtnisfunktion, Lernfähigkeit und Reizwahrnehmung beschrieben gelegentlich einen positiven Einfluss von Feldern bei simulierter Handynutzung. Beispielsweise war die Reaktionszeit um mehrere Prozent verkürzt. Die beobachteten Veränderungen lagen in der Regel im natürlichen biologischen Schwankungsbereich, waren also nicht sehr ausgeprägt.

Später zeigte sich, dass Untersuchungen zu kognitiven Leistungen methodisch schwierig und oftmals schlecht reproduzierbar sind.

Neuere Studien mit verbessertem Studiendesign (standardisierter Kognitionstest, Durchführung als Doppelblind-Versuch, Studien über längere Zeiträume oder mit vielen Testpersonen) fanden keinen Einfluss der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks auf kognitive Fähigkeiten von Erwachsenen und Kindern (Bundesamt für Strahlenschutz 2008).

5.4 Hormonausschüttung

Bei Studien, die sich mit dem Einfluss handytypischer Felder auf den Hormonhaushalt beschäftigen, steht die Melatoninsekretion im Vordergrund. Melatonin wirkt als Hormon (u. a. Steuerung des Schlaf-wach-Rhythmus), als Antioxidans (Radikalfänger) und als Transmitter. Falls hochfrequente elektromagnetische Felder in der Lage wären, die Melatoninsekretion zu verringern, könnte dies den Schlaf-wach-Rhythmus und darüber hinaus das Krebsgeschehen im Sinne einer tumorpromovierenden Wirkung beeinflussen – so die Hypothese.

Experimentell konnte jedoch nicht bestätigt werden, dass die Melatoninsekretion unter GSM-Feldeinfluss abnimmt (Mann et al. 1998, Radon et al. 2001). Die im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms durchgeführten In-vitro- und In-vivo-Versuche am Tiermodell (isolierte Pinealdrüse, Hamster) ergaben bei Befeldungen bis zur Höhe des Ganzkörpergrenzwertes für die Allgemeinbevölkerung (0,08 W/kg) keine Beeinflussung der Melatoninproduktion. Bei einer Exposition mit gepulsten Feldern in Höhe von 0,8 W/kg – also der zehnfachen Grenzwertüberschreitung – stieg die Melatoninproduktion an, bei 2,7 W/kg verringerte sie sich. Möglicherweise ist die Zunahme der Melatoninsynthese auf einen geringfügigen Temperaturanstieg zurückzuführen. Eine Beeinflussung unter In-vivo-Bedingungen, d. h. im lebenden Organismus, erscheint sehr unwahrscheinlich (Lerchl et al. 2008).

Die beim Robert Koch-Institut angesiedelte Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“ kam im Jahr 2005 in ihrer Stellungnahme „Melatonin in der umweltmedizinischen Diagnostik im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern“ zu der Schlussfolgerung: *„Die Bestimmung von Melatonin bzw. seinen Metaboliten kann für den klinisch-umweltmedizinischen Bereich nicht empfohlen werden, da die Messergebnisse keine sinnvollen Aussagen oder Rückschlüsse in Bezug auf biologische Wirkungen von elektromagnetischen Feldern erlauben.“* Solche Bestimmungen sind erst recht nicht geeignet, aus den Ergebnissen gesundheitliche Schlussfolgerungen oder Gefährdungsabschätzungen vorzunehmen. Auch aus biochemisch-physiologischer Sicht sprechen mehrere Gründe gegen eine Korrelation von Melatonin mit der Belastung mit elektromagnetischen Feldern im Nieder- und Hochfrequenzbereich (Wunstorff et al. 2000).

Auch die Annahme, dass die Sekretion bestimmter Hypothalamushormone durch Handfelder beeinflusst werde, konnte bisher nicht wissenschaftlich untermauert werden (de Seze et al. 1998, Mann et al. 1998, Jauchem 2008).

5.5 Öffnung der Blut-Hirn-Schranke

Zu Beginn der 90er-Jahre erregten die Arbeiten von Salford et al. große Aufmerksamkeit. Seine histochemischen Untersuchungen hatten gezeigt, dass 915-MHz-Felder die Blut-Hirn-Schranke von Ratten zeitweilig für Plasmaalbumin öffnen konnten (Salford et al. 1993, 1994). Auffallend war allerdings, dass die niedrigste Befeldungsdosis dabei den größten Effekt und die größte Befeldungsdosis den geringsten Effekt hatte. Den Versuchen zufolge öffnete sich die Blut-Hirn-Schranke sowohl bei Befeldung mit einem konstanten als auch mit einem gepulsten Feld.

Nachfolgende Versuche von Fritze et al. (1997) konnten den Befund von Salford et al. nur für sehr hohe Feldstärken bestätigen, die bereits zu einer Erwärmung im Gehirn führten. Japanische Untersuchungen (Tsurita et al. 2000) und australische Studien konnten keine Störung der Blut-Hirn-Schranke feststellen.

In einer im Januar 2003 veröffentlichten Studie beschrieben Salford et al. den Übertritt von Albumin aus dem Blut ins Rattenhirn mit der Folge, dass Hirnnervenzellen degenerierten (Bildung von „dark neurons“). Diese Studie weist grobe methodische Mängel auf. Ihr liegt nur ein einziges Experiment zugrunde, Angaben zur Exposition sind unklar, es wurden Tiere unterschiedlichen Alters und Gewichts eingesetzt und unerklärterweise ließen die Autoren viele Wochen zwischen Feldeinwirkung und Messung des Effekts verstreichen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz hat die vorliegenden Studien eingehend gesichtet und bewertet (BfS ca. 2006). Eine im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms durchgeführte Drei-Generationen-Studie an Ratten konnte keine Beeinflussung der Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke feststellen (Franke 2008).

Nach gegenwärtigem Kenntnisstand gibt es keine ernst zu nehmenden Hinweise auf eine Störung der Blut-Hirn-Schranke unter dem Einfluss der bei der Handynutzung üblichen Felder. Erst recht gilt das für die um Größenordnungen schwächeren Felder von Mobilfunk-Basisstationen.

5.6 Blutbild

Gelegentlich werden Veränderungen in der Retikulozytenzahl oder die Geldrollenagglutination von Erythrozyten als im Mikroskop sichtbarer Beweis für die Schädlichkeit von Mobilfunkfeldern angeführt.

Zu beiden Punkten hat die Kommission beim Robert Koch-Institut „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“ im Jahr 2006 in ihrer Mitteilung „Parameter des roten Blutbildes bei Exposition durch Mobilfunkanlagen“ Stellung bezogen. Sie weist darauf hin, dass die zu einiger Bekanntheit gelangte Untersuchung eines niedergelassenen Arztes (P. Germann 2003) zum Mobilfunkeinfluss auf die Retikulozytenreifung in methodischer und statistischer Hinsicht nicht den üblichen wissenschaftlichen Standards entspricht. Die berichteten Blutwerte liegen im Normbereich, statistisch signifikante Unterschiede sind nicht erkennbar. Mehrere Zahlenangaben sind widersprüchlich. Die gezogenen Schlussfolgerungen sind aus den vorliegenden Daten nicht ableitbar.

Die „Geldrollenbildung“ (blood sludge) der Erythrozyten wiederum ist eine normale Eigenschaft des Blutes und dient zur Feinregulierung der Blutviskosität. Darüber hinaus ist sie bei Schockzuständen (z. B. nach Verbrennungen) und bei unzureichender Flüssigkeitsaufnahme zu beobachten.

Im Übrigen ist die Bestimmung der Retikulozytenzahlen bzw. der Geldrollenbildung als biologischer Marker für eine Belastung mit Feldern des Mobilfunks allein aufgrund der hohen intra- und interindividuellen Variabilität nicht sinnvoll (Lerchl 2004, Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“ 2006).

5.7 Mobilfunk und Kanzerogenese

Seit Langem wird der Frage nachgegangen, ob Mobilfunkfelder das Krebsgeschehen beeinflussen. Die Energie der Mobilfunkfelder reicht nicht aus, um die DNS direkt zu schädigen und auf diese Weise eine Tumorinitiation auszulösen. Die Forschung konzentriert sich daher auf die Frage, ob Mobilfunkfelder möglicherweise eine tumorpromovierende Wirkung haben können. Neben In-vitro-Studien an Zellen (Lymphozyten, Hirnzellen, Labor-Zelllinien) wurde und wird dabei auch mit Tierversuchen und epidemiologischen Studien gearbeitet.

Tierversuche

Besonderes Aufsehen hatte die Arbeit des australischen Forschers Repacholi



Abb. 9: Untersuchung der Auswirkung von UMTS-Mobilfunkfeldern auf Mäuse (Quelle: s. Bildquellennachweis)

erregt (Repacholi et al. 1997). Er fand heraus, dass gentechnisch veränderte Mäuse nach Exposition gegenüber 900-MHz-Feldern vermehrt Lymphome entwickelten. Allerdings weist die Studie eine Reihe von Mängeln auf. Daher wurden Wiederholungsstudien durchgeführt. Zwei Nachfolgestudien (Utteridge et al. 2002, Oberto et al. 2007) konnten Repacholis Ergebnisse nicht bestätigen. Der Einfluss hochfrequenter Mobilfunkfelder auf die Tumorentstehung und -promotion bei Ratten und Mäusen war Gegenstand des europäischen Forschungsprojekts PERFORM-A, an dem Wissenschaftler aus Deutschland, Österreich, der Schweiz und Italien beteiligt waren. Die Ergebnisse wurden im September 2007 veröffentlicht. In drei Teilstudien (A1, A2 und A4) konnten die Wissenschaftler keine Nachweise für eine nachteilige Wirkung der elektromagnetischen Felder auf das Krebsrisiko finden. Im vierten Teilprojekt (A3) wurden marginale Effekte bei Ratten mit einem von den Forschern erzeugten Mammakarzinom beobachtet, die allerdings nicht als repräsentativ eingestuft werden können (ITEM 2007).

Epidemiologische Studien

Die bisher veröffentlichten epidemiologischen Studien befassen sich vornehmlich mit einem möglichen Zusammenhang zwischen Krebserkrankungen und Handy-nutzung. Dagegen liegen nur wenige Untersuchungen zum Krebsgeschehen im Umfeld von Mobilfunkbasisstationen vor (s. u.). Der Grund hierfür ist, dass die deutlich höhere Feldexposition durch das Handy besser abgeschätzt werden kann als die Exposition gegenüber den Feldern der Basisstationen. Letztere werden zudem oft von anderen Feldquellen überlagert, beispielsweise von DECT-Telefonen oder nahen Fernsehsendern.

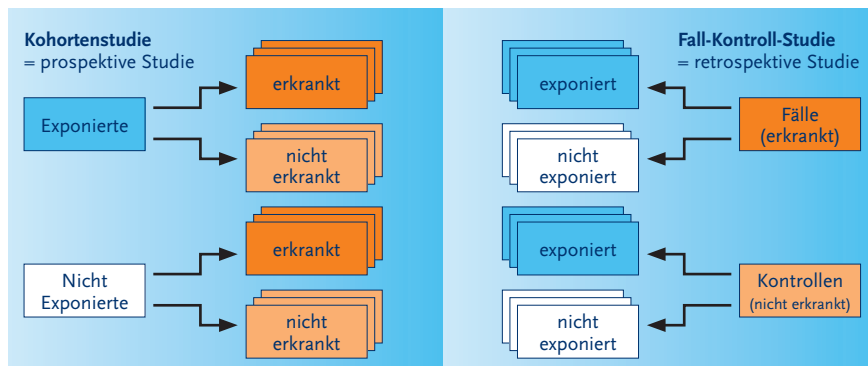


Abb. 10: Epidemiologische Studientypen

Handynutzung und Hirntumoren

Erste Ergebnisse epidemiologischer Studien zur Häufigkeit von Hirntumoren bei Handynutzern kamen aus den USA und aus Skandinavien (Hardell et al. (1999, 2002, 2003), Muscat et al. (2000, 2002) und Inskip et al. (2001). In einzelnen Studien wurden Auffälligkeiten beobachtet. Teilweise konnten hierfür plausible Gründe (z. B. Nutzung einer analogen Mobilfunktechnik mit hoher Sendeleistung in den 90er-Jahren in Schweden) gefunden werden, teilweise waren die Ergebnisse nicht reproduzierbar. Eine deutsche Studie ergab ein 3 bis 4-fach erhöhtes Risiko, an einem seltenen Augentumor (Uvealmelanom) zu erkranken (Stang et al. 2001). Hier ist die Anzahl der untersuchten Personen für eine belastbare Aussage allerdings zu gering, die Studie wurde nicht speziell für diese Fragestellung konzipiert. Eine spätere, von Johansen et al. (2002) durchgeführte Studie konnte den Zusammenhang nicht bestätigen.

Seit Mitte der 90er-Jahre befasst sich die Weltgesundheitsorganisation und die ihr zugehörige IARC (International Agency for Research on Cancer, Lyon) mit dieser Fragestellung. 14 Länder nahmen an einer in den Jahren 1998 und 1999 durchgeführten Machbarkeitsstudie teil, die später die Grundlage für die groß angelegte Interphone-Studie bildete. Das Studiendesign und die Zahl der zu untersuchenden Fälle sollten es ermöglichen, eine 1,5-fache Risikoerhöhung für Gliome, Meningeome, Akustikusneurinome und weitere Tumorarten im Kopf- und Halsbereich sicher zu erkennen.

Interphone-Studie

Die Weltgesundheitsorganisation führt seit Oktober 2000 die „Interphone-Studie“, eine multizentrische Fall-Kontroll-Studie in 13 Ländern, durch. Sie wird von der IARC in Lyon koordiniert.

Teilergebnisse aus einzelnen Ländern sind bereits veröffentlicht worden (IARC Februar 2008, Forschungsstiftung Mobilkommunikation April 2008), die besagen, dass bei Nutzungszeiten von weniger als 10 Jahren keine Risikoerhöhlungen beobachtet wurden. Bei Langzeitnutzung von mehr als 10 Jahren liegen Hinweise auf ein möglicherweise erhöhtes Risiko für Hörnervtumoren (Akustikusneurinome) sowie Hirngewebstumoren (Gliome) vor. Insgesamt ist jedoch die Analyse der gepoolten Daten abzuwarten, um die statistische Aussagekraft der Ergebnisse zu erhöhen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz fasst den Kenntnisstand vom Juli 2008 zusammen (BfS, 2008):

„Die bislang im Rahmen der INTERPHONE Studie veröffentlichten Ergebnisse von Teilstudien zeigen konsistent keinen Zusammenhang zwischen Mobilfunk und einer Hirntumor Erkrankung bei einer Nutzungsdauer von weniger als 10 Jahren und stützen damit nicht frühere Befunde erhöhter Risiken einer schwedischen Gruppe (Hardell).

Eine abschließende Bewertung insbesondere der Langzeiteffekte wird erst nach Abschluss aller Teilstudien und der Zusammenführung der Einzelergebnisse durch die IARC ... möglich sein.

Es ist allerdings unwahrscheinlich, dass diese abschließende Bewertung abschließende Antworten geben kann. Zum einen ist die Zahl der Langzeitnutzer über 10 Jahre nach wie vor sehr klein, zum anderen sind bei dieser Art Studie (Fall-Kontroll-Studie) Verzerrungen in der Risikoabschätzung durch Selektion, Recall Bias (verzerrte Erinnerung) und Unsicherheiten in der retrospektiven Expositionsabschätzung nicht völlig auszuschließen.“

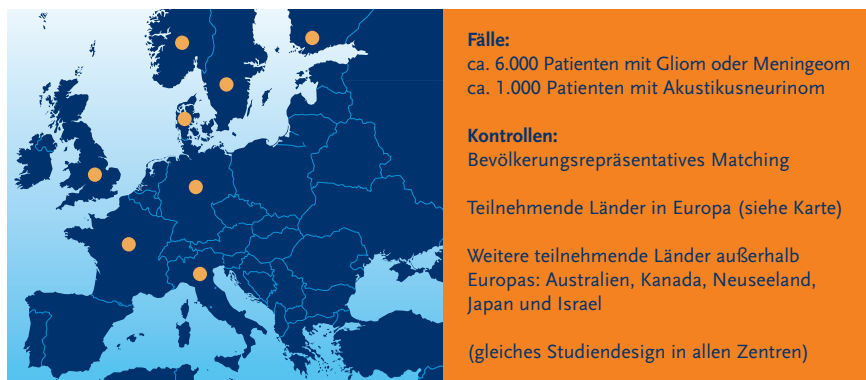


Abb. 11: An der „Interphone-Studie“ beteiligte Länder

Es erscheint äußerst fraglich, ob zukünftige epidemiologische Untersuchungen weitere Aufschlüsse geben können. Der Grund liegt darin, dass schon heute praktisch die gesamte Bevölkerung den Mobilfunk nutzt, so dass ein Vergleich zwischen exponierten und nicht exponierten Personen unmöglich wird.

Mobilfunkbasisstationen und Krebs

Unter den bereits erwähnten Untersuchungen zur Krebshäufigkeit im Umfeld von Mobilfunkbasisstationen hat die Naila-Studie (Eger et al. 2004) Bekanntheit erreicht. Es handelt sich dabei um eine ökologische Studie niedergelassener Ärzte der oberfränkischen Ortschaft Naila (10.000 Einwohner), die Autoren selbst bezeichnen ihre Studie als epidemiologische Querschnittsstudie. Sie stellten fest, dass der Anteil neu aufgetretener Krebsfälle bei Patienten, die während der letzten 10 Jahre im „Nahbereich“ (400 Meter) einer Mobilfunkbasisstation in Naila gewohnt hatten, gegenüber Patienten im „Fernbereich“ (1.000 Meter) signifikant (2,3-fach) erhöht war und dass die Patienten durchschnittlich in jüngerem Alter erkrankten.



Nach Auffassung des Bundesamts für Strahlenschutz weist die Studie „eine Vielzahl methodischer Schwächen“ auf. Sie betreffen fehlende Angaben zur Alters- und Geschlechtsverteilung der Patienten, die fehlende Berücksichtigung anderer Risikofaktoren für Krebs (Rauchen, Ernährung, Beruf, Alkohol, genetische Veranlagung), eine fehlende Abschätzung der Exposition u. v. m.

Ein Vergleich mit Daten des saarländischen Krebsregisters zeigt, dass die Krebsinzidenz in Naila insgesamt nicht erhöht ist. Die (scheinbare) Risikoerhöhung erklärt sich u. a. aus einer zufälligen Konzentration der Fälle im Nahbereich bei gleichzeitiger Ausdünnung im Fernbereich. Eine solche „Clusterbildung“ ist aus statistischer Sicht bei kleineren Studien nicht ungewöhnlich. Dies ist auch das Ergebnis einer kürzlich erschienenen Studie des bevölkerungsbezogenen Krebsregisters Bayern zum Thema „Mobilfunkbasisstationen und Krebshäufigkeit in Bayern“ (Meyer et al. 2006). Die Schlussfolgerung dieser Autoren lautet: *„Die festgestellten großen Schwankungen der Inzidenz in Gemeinden ohne Basisstation relativieren Berichte über lokale Cluster von Krebsfällen in der Umgebung von Mobilfunkbasisstationen.“*

In der Vergangenheit wurde auch vereinzelt über das gehäufte Auftreten von Krebs, vor allem Leukämien im Kindesalter, in der Umgebung von Radio- oder Fernsehsendern berichtet, was als Indiz für ähnliche Gefahren durch Basisstationen gewertet wurde. Diese Frage ist in einer neuen ausführlichen epidemiologischen Studie untersucht worden (Merzenich u. a. 2008). Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass *„die Daten kein erhöhtes Risiko von Leukämien im Kindesalter zeigen, die mit Radiofrequenzfeldern assoziiert werden könnten“*.

Gentoxizität

Da eine endgültige Aussage über krebsfördernde Einflüsse von Mobilfunkfeldern durch die Epidemiologie nicht zu erwarten ist, besteht großes Interesse an Untersuchungen über durch sie möglicherweise hervorgerufene Veränderungen des Genoms. Zu dieser Frage gibt es sehr viele Untersuchungen – vor allem In-vitro-Studien von unterschiedlicher methodischer Qualität.

Die deutsche Strahlenschutzkommission hat sich ausführlich mit der Problematik beschäftigt und kommt in ihrer Stellungnahme zu der Beurteilung: *„Aufgrund der Auswertung der wissenschaftlichen Literatur bis Oktober 2006 stellt die SSK fest, dass sich*

auch aus der neueren Literatur weder ein wissenschaftlich begründeter Verdacht auf eine genotoxische Wirkung von HF-Feldern noch ein wissenschaftlich begründeter Verdacht auf einen Einfluss von HF-Feldern auf die Genregulation ergibt. Die Ergebnisse der vorliegenden Studien geben daher insgesamt keinen Anlass, von einer gesundheitsgefährdenden Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf das Genom auszugehen und die geltenden Grenzwerte in Frage zu stellen“ (SSK 2006). Neuere Übersichtsarbeiten (s. z.B. Vijayalaxmi und Prihoda 2008) bestätigen diese Aussage.

Für Aufsehen hat auch die REFLEX-Studie gesorgt. Es handelt sich dabei um eine von der EU geförderte Untersuchung unter Beteiligung von 12 europäischen Labors. Die Ergebnisse sind bisher nur teilweise veröffentlicht, wobei vor allem die Ergebnisse einer Wiener Arbeitsgruppe eine gewisse Beachtung fanden (Diem u. a. 2005), die über Veränderungen der DNA bei Expositionen deutlich unterhalb der Grenzwerte berichteten. Versuche, diese Befunde zu replizieren, scheiterten (Speit u. a. 2007).

5.8 Auftreten von Befindlichkeitsstörungen

Wiener/Kärntner Studie

In der vom Institut für Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien durchgeführten Studie zu Befindlichkeitsstörungen im Umfeld von Basisstationen (Hutter et al. 2006) wurden expositionsabhängig verstärkt auftretende Kopfschmerzen, kalte Hände/Füße und Konzentrationsschwierigkeiten beschrieben; der Unterschied war statistisch signifikant. Andere Symptome (Schwindelgefühl, Antriebsschwäche, Müdigkeit, Schlafbedürfnis) zeigten keinen solchen Zusammenhang. Ein Einfluss auf die Schlafqualität konnte nicht festgestellt werden. Die Exposition wurde durch eine Einmalmessung im Schlafzimmer des Studienteilnehmers bestimmt.

Bei den Messungen wurden nur Momentanwerte erfasst. Die Messungen des TÜV in Deutschland belegen jedoch die Zeitabhängigkeit solcher Messwerte (IZMF 2008). Ferner stellt sich die Frage nach der Exposition an anderen Aufenthaltsorten. Schließlich kann angesichts der Vielzahl der untersuchten Befindlichkeitsparameter die Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden, dass einige Assoziationen eher zufälliger Natur sind.

TNO-Studie

In den Niederlanden hat das TNO-Institut den Einfluss von GSM- und UMTS-Feldern auf das Wohlbefinden und auf kognitive Fähigkeiten (Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis) bei Personen mit und ohne selbst berichteter Elektrosensibilität untersucht (Zwamborn et al. 2003). Die Exposition durch ein GSM-Feld (Feldstärke 1 Volt pro Meter und Scheinexposition) hatte bei beiden Probandengruppen keinen Einfluss auf das Wohlbefinden. Dagegen war bei Exposition mit einem gleich starken UMTS-Feld das Wohlbefinden in beiden Gruppen (mit und ohne selbst berichteter Elektrosensibilität) geringfügig verschlechtert. Der Unterschied zur Scheinexposition war statistisch signifikant. Die Auswirkungen auf kognitive Leistungen waren komplexer Natur, ohne erkennbares Muster in Bezug auf Exposition (GSM, UMTS) und Probandengruppe. Mehrheitlich waren die kognitiven Leistungen während einer Exposition besser als während einer Scheinexposition.

Schweizer Nachfolgestudie zur TNO-Studie

Auf Anregung des Studienleiters und des EMF-Komitees des Niederländischen Gesundheitsrates wurde die Studie mit einem verbesserten Design in der Schweiz wiederholt (Regel et al. 2006). Hier führte die Exposition mit einem UMTS-Feld (Feldstärken 1 Volt pro Meter und 10 Volt pro Meter sowie Scheinexposition) zu keiner Veränderung des Wohlbefindens in beiden Probandengruppen (Personen mit und ohne selbst berichteter Elektrosensibilität). Auch konnte kein konsistenter Einfluss auf die kognitiven Leistungen nachgewiesen werden. Die Befunde der niederländischen TNO-Studie aus dem Jahr 2003 konnten nicht bestätigt werden.

QUEBEB-Studie

In Deutschland hat das BfS im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms das QUEBEB-Projekt von 2003 bis 2006 (<http://www.quebeb.de/>) gefördert. Es handelt sich dabei um eine **Q**uerschnittstudie zur **E**rfassung und **B**ewertung möglicher gesundheitlicher **B**eeinträchtigungen durch die elektromagnetischen Felder von Mobilfunkbasisstationen. Die Ergebnisse (www.gmds2006.de/Abstracts/247.pdf) zeigen – so das Fazit der Autoren –, dass *„die subjektiv berichteten Sorgen und Beeinträchtigungen durch Mobilfunkseedanlagen kaum durch die objektiv vorhandenen Mobilfunkbasisstationen ..., sondern eher durch die subjektive Wahrnehmung von Mobilfunkstationen durch die Bevölkerung“* erklärbar sind.

Zu ähnlichen Schlussfolgerungen kommt die Weltgesundheitsorganisation in ihrem Factsheet 304 vom Mai 2006 („Elektromagnetische Felder und Öffentliche Gesundheit – Basisstationen und drahtlose Technologie“). (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/en/index.html>)

6. Übersichtsarbeiten zu „Mobilfunk und Gesundheit“

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO), die International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) sowie zahlreiche nationale mit dem Strahlenschutz befasste Kommissionen, darunter die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK) und weitere Expertengruppen, sichten und bewerten regelmäßig die vorliegenden wissenschaftlichen Forschungsergebnisse zum Thema „Mobilfunk und Gesundheit“. Besonderes Augenmerk gilt dabei den Berichten zu athermischen Wirkungen. Angesichts der Vielzahl der Studien wird die Auswahl nach festgelegten Qualitätskriterien getroffen.

Auswahlkriterien für Studien

Ergebnisse, die in Zeitschriften mit einem Peer-Review-System veröffentlicht werden, werden stärker gewichtet als Veröffentlichungen in Zeitschriften, die ohne dieses Verfahren arbeiten. Ferner wird geprüft, ob Untersuchungsmethoden korrekt und adäquat zur Fragestellung eingesetzt wurden und ob eine gefundene Wirkung von unabhängigen Forschergruppen reproduziert werden konnte.

Zudem stellt sich die Frage, ob eine beobachtete Wirkung für die Gesundheit von Bedeutung ist. Das Schema (unten) illustriert dieses Bewertungsverfahren, das nicht nur beim Mobilfunk, sondern unter anderem auch bei toxikologischen und umwelthygienischen Fragestellungen angewandt wird.

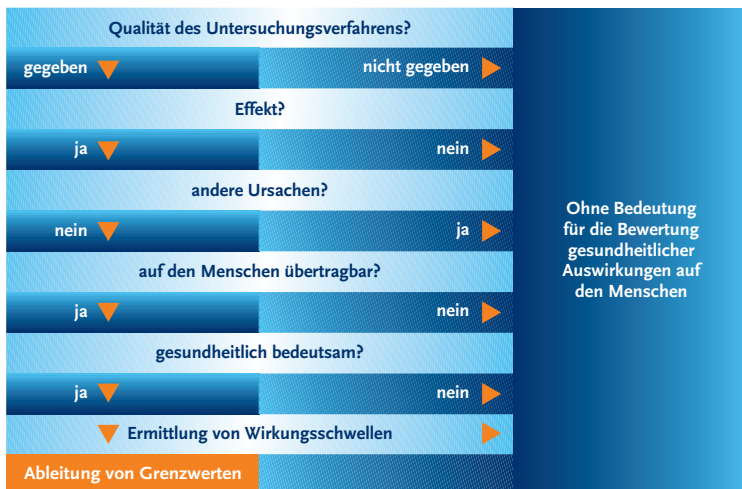


Abb. 12: Bewertungsverfahren für Studien zu möglichen Auswirkungen von Mobilfunkfeldern

Die wichtigsten der bisher erschienenen Übersichten und wertenden Zusammenfassungen sind im Literaturverzeichnis mit einem Sternchen gekennzeichnet.

Einige bedeutsame Stellungnahmen sind an dieser Stelle in chronologischer Abfolge angeführt:

SSK 2001 (Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern)

Die deutsche Strahlenschutzkommission hat sich Mitte 2001 mit dem Kenntnisstand zum EMF-Thema befasst und Empfehlungen formuliert (SSK 2001). Dabei hat sie auch das von der Europäischen Kommission geforderte Vorsorgeprinzip berücksichtigt. Die SSK kommt zu dem Schluss, *„dass auch nach Bewertung der neueren wissenschaftlichen Literatur keine neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse im Hinblick auf nachgewiesene Gesundheitsbeeinträchtigungen vorliegen, die Zweifel an der wissenschaftlichen Bewertung aufkommen lassen, die den Schutzkonzepten der ICNIRP bzw. der EU-Ratsempfehlung zugrunde liegt.“* Im Juni 2008 hat die Strahlenschutzkommission in ihrer Stellungnahme zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm diese Einschätzung bestätigt.

SRU 2002 (Umweltgutachten, SRU 2002)

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) hat in seinem Umweltgutachten von 2002 die geltenden Grenzwerte bestätigt. Der SRU merkt an, dass *„die Ergebnisse bisheriger wissenschaftlicher Untersuchungen nicht auf einen begründeten Verdacht für ein Gesundheitsrisiko hindeuten.“*

SSK 2003 (Neue Technologien (einschließlich UMTS): Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern)

Die SSK sieht die Notwendigkeit, *„aufgrund der dynamischen Entwicklung der neuen Technologien und der erkannten Defizite ..., die SSK-Empfehlung ‚Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern‘ neuerlich zu bekräftigen und im Hinblick auf die spezifischen Probleme bei der Einführung der neuen Technologien zu erweitern.“* Sie gibt darüber hinaus eine Reihe von Empfehlungen, z. B. zur Expositionsminimierung als Qualitätskriterium bei der Anlagenentwicklung und -errichtung, zur Offenlegung von Emissionsdaten neuartiger Anwendungen und Technologien einschließlich einer

geeigneten Verbraucherinformation, zu einem geeigneten Expositionsmonitoring und zur Erforschung möglicher Auswirkungen neuartiger Felder (z. B. sehr kurzer Ultra-Wideband-Impulse) auf die Gesundheit.

NRPB 2004 (Mobile Phones and Health) Großbritannien

Seitens der britischen Strahlenschutzbehörde (National Radiation Protection Board, NRPB, jetzt: Health Protection Agency HPA) liegen der Bericht ihrer unabhängigen Beratergruppe (AGNIR) („Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields: Report of an independent Advisory Group on Non-ionising Radiation“) und der Bericht des NRPB-Boards („Mobile Phones and Health 2004“) vor. Beide Berichte analysieren den Forschungsstand zu elektromagnetischen Feldern und Gesundheit, den Ausbaustand verschiedener Funkanwendungen in Großbritannien und verweisen – oft mit Bezug auf den IEGMP-Bericht („Stewart-Report“ von 2000) – auf die Notwendigkeit der Expositionsminimierung und die Anwendung des Vorsorgeprinzips.

Weltgesundheitsorganisation 2006 (Factsheet 304)

In ihrem Factsheet Nr. 304 vom Mai 2006 („Elektromagnetische Felder und Öffentliche Gesundheit – Basisstationen und drahtlose Technologie“) stellt die Weltgesundheitsorganisation fest: *„Berücksichtigt man die sehr niedrigen Feldstärken und die bisher vorhandenen Forschungsergebnisse, lässt sich kein überzeugender wissenschaftlicher Beleg dafür finden, dass sich die schwachen hochfrequenten Signale von Basisstationen und drahtlosen Netzwerken nachteilig auf die menschliche Gesundheit auswirken.“*

SSK 2006 (Mobilfunk und Kinder)

Ausführliche Darstellung siehe Kapitel 10.

SCENIHR 2007 (Possible Effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health)

Der bei der Europäischen Kommission (Generaldirektorat Gesundheit und Verbraucherschutz) angesiedelte Wissenschaftliche Ausschuss „Neu auftretende und neu identifizierte Gesundheitsrisiken“ (engl.: SCENIHR) kommt im Mai 2007 nach Auswertung der neuesten verfügbaren Literatur zu folgendem Schluss: *„In conclusion, no health effect has been consistently demonstrated at exposure levels below the ICNIRP-limits established in 1998. However, the data base for this evaluation is limited especially for*

long-term low-level exposure“. („Bei Expositionen unterhalb der im Jahr 1998 festgelegten ICNIRP-Grenzwerte konnte durchweg keine (nachteilige) Wirkung auf die Gesundheit festgestellt werden. Allerdings ist die Datenbasis für diese Bewertung begrenzt, insbesondere im Hinblick auf eine Langzeitexposition“. Übers. der Autoren)

Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm 2008 (Abschlussbericht)

Im Abschlussbericht des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF) wurden die Ergebnisse durch das Bundesamt für Strahlenschutz zusammengefasst und fachlich bewertet. Aufgrund seiner Aktualität und Bedeutung wird seine Zusammenfassung hier im Volltext wiedergegeben (DMF 2008):

„Hochfrequente elektromagnetische Felder, die z. B. in der Umgebung von Sendeanlagen wie Funktürme und Mobilfunk-Basisstationen oder beim Gebrauch von mobilen Endgeräten (Handys) auftreten, stehen in Verdacht, gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen zu haben. Hinweise auf biologische Wirkungen bei Intensitäten unterhalb der in Deutschland geltenden Grenzwerte führen zu Unsicherheiten bei der Bewertung des gesundheitlichen Risikos für die Bevölkerung bei der Nutzung dieser Technologien.

Um Kenntnislücken zu schließen und die Datenbasis für die Risikobewertung zu verbessern, wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm initiiert und koordiniert. Insgesamt 54 Forschungsprojekte wurden in den Jahren 2002 bis 2008 in den Bereichen Dosimetrie, Biologie, Epidemiologie und Risikokommunikation durchgeführt.

Es hat sich gezeigt, dass der Grad der Besorgnis bezüglich des Mobilfunks in der Bevölkerung in den letzten Jahren stabil, aber im Vergleich mit anderen Gesundheitsrisiken gering war. Nur für einzelne Gruppen war das Thema von hoher Bedeutung.

Trotz zunehmender Technisierung blieb die Exposition der Bevölkerung im Alltag deutlich unterhalb der Grenzwerte. Expositionen nahe an den Grenzwerten treten nur bei der Nutzung einiger körpernah betriebener Geräte, wie z. B. Handys, auf. Die früheren Hinweise auf gesundheitsrelevante Wirkungen hochfrequenter Felder konnten nicht bestätigt werden. Dies betrifft z. B. auch die vermuteten Einflüsse auf den Schlaf, die Hirnleistung, die Blut-Hirn-Schranke, Immunparameter, die Fortpflanzung, die Entwicklung oder die Verarbeitung von visuellen oder akustischen Reizen oder die Verursachung von Krebserkrankungen, Tinnitus oder Kopfschmerzen.

Es wurden auch keine neuen Hinweise für mögliche gesundheitsrelevante Wirkungen gefunden. Insbesondere auch keine athermischen Wirkmechanismen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm dazu beigetragen hat, die Datenlage der wissenschaftlichen Erkenntnisse bezüglich hochfrequenter Felder und deren Auswirkungen auf den Menschen entscheidend zu verbessern. Auf zwei Fragenkomplexe konnten aber trotz aller Bemühungen bis heute keine zufrieden stellenden Antworten gegeben werden. Dies betrifft zum einen die wesentliche Frage möglicher Langzeitriskiken für Handynutzungszeiten von mehr als 10 Jahren. Zum anderen existiert weiterhin Forschungsbedarf im Hinblick auf die Frage, ob Kinder stärker durch hochfrequente elektromagnetische Felder exponiert sind oder empfindlicher reagieren als Erwachsene. Darum ist auch weiterhin ein vorsichtiger Umgang mit drahtlosen Kommunikationstechniken angebracht. Die Beibehaltung der vom BfS und auch von der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK, 2006) formulierten einschlägigen Vorsorgemaßnahmen vor allem für Kinder und Jugendliche wird weiterhin empfohlen.“

Vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) wurde eine Broschüre zu den Zielen und Ergebnissen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms herausgegeben, die auf der Internetseite des BfS (http://www.bfs.de/de/bfs/druck/broschueren/bro_dmf.html) heruntergeladen werden kann.



Abb. 13: Broschüre des BfS zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm
(Grafik: Bundesamt für Strahlenschutz)

7. Wechselwirkung mit Medizintechnik

In seltenen Fällen können die von Mobiltelefonen ausgehenden Felder die Elektronik von medizinischen Implantaten und von Geräten, die am Körper getragen werden, beeinflussen. Die Strahlenschutzkommission sieht in der möglichen Störung dieser Geräte ein ernstes Problem.

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin mahnt an, dass Träger von Schrittmachern, Defibrillatoren, Insulinpumpen, Magen- und Blasenstimulatoren, Innenohrprothesen, Hörhilfen sowie Nerven- und Muskelstimulatoren sich der Möglichkeit einer Störbeeinflussung stets bewusst sein sollten. Mobiltelefone sollten diese Personen mit Bedacht und eventuell nach Rücksprache mit dem Arzt einsetzen. Schrittmacherpatienten sollten aus Vorsichtsgründen einen Abstand von mindestens 15, besser noch 25 Zentimetern zwischen dem Handy und dem Schrittmacher einhalten und auf der dem Schrittmacher abgewandten Kopfseite telefonieren. Weitere Informationen finden sich auf der Website www.elektrosmoginfo.de (R. Wölfle 2005).

Ebenfalls aus Vorsichtsgründen wird in vielen Krankenhäusern, speziell auf Intensivstationen, und in bestimmten Arztpraxen die Nutzung von Mobiltelefonen eingeschränkt oder untersagt. Oft geschieht das auch mit Rücksicht auf andere Patienten. Allerdings ist hier ein Trend hin zur Lockerung dieses Verbots zu beobachten, sicherlich auch vor dem Hintergrund, dass Ärzte, Krankenschwestern und Pflegepersonal in Kliniken seit Jahren schnurlose Telefone und Mobiltelefone nutzen. Die Industrie arbeitet verstärkt an der Entwicklung störunempfindlicher medizintechnischer Geräte.

Gelegentlich wird die Störung medizintechnischer Geräte in die Diskussion eingebracht, um mobilfunkbedingte gesundheitliche Effekte und athermische Wirkungen plausibler erscheinen zu lassen. Eine solche Gleichsetzung ist nicht zulässig, da die elektronische Störung auf bekannten, nachvollziehbaren physikalischen Gesetzmäßigkeiten beruht (nichtlineares Verhalten der Elektronik in gepulsten hochfrequenten Feldern). In biologischen Strukturen ist ein solches Verhalten dagegen nicht bzw. nur im niederfrequenten Bereich gefunden worden (Glaser 2000, Silny 2002, Glaser 2004, Gollnick 2006).

8. Grenzwerte und Grenzwertvorschläge

Das geltende Konzept zum Schutz des Körpers vor hochfrequenten elektromagnetischen Feldern basiert auf den gut bekannten thermischen Wirkungen dieser Felder und auf gesicherten athermischen Effekten.

Als Maß für die Absorption elektromagnetischer Feldenergie im Gewebe pro Zeiteinheit dient die so genannte spezifische Absorptionsrate (SAR), die in Watt pro Kilogramm Gewebe angegeben wird. Eine SAR in Höhe von 4 Watt pro Kilogramm Gewebe wird als Wirkschwelle für den Ganzkörperbereich angesehen. Sofern die Einwirkung lange genug andauert und in dieser Zeit (etwa 30 Min.) das thermische Gleichgewicht erreicht wird, steigt die Körpertemperatur dabei um etwa 1 °C. Zum Vergleich: Die metabolische Wärmeproduktion des Körpers im Ruhezustand liegt bei etwa 1 Watt pro Kilogramm Körpergewicht.

Die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP = International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) hat aus dieser Wirkschwelle Richtwerte für den Ganzkörper- und den Teilkörperbereich abgeleitet. Diesen Werten, in die bereits Sicherheitsfaktoren eingerechnet sind, haben sich die WHO und der Rat der Europäischen Union angeschlossen.

Die ICNIRP-Richtwerte sind von den meisten nationalen mit der Grenzwertsetzung betrauten Gremien übernommen worden. In einigen europäischen Ländern (z. B. in den Niederlanden, Frankreich, Spanien und einigen skandinavischen Ländern) gibt es bislang keine gesetzlich festgelegten EMF-Grenzwerte für den öffentlichen Bereich (Wiedemann et al. 2001). Andere Länder (z. B. Italien, Luxemburg, Schweiz) haben abweichende Regelungen getroffen. (www.ralf-woelfle.de/elektrosmog)

In Deutschland entsprechen die Grenzwerte den ICNIRP-Richtlinien. Sie sind in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (26. BImSchV 1997) festgeschrieben worden.

8.1 Basisgrenzwerte und abgeleitete Grenzwerte

Das ICNIRP-Gremium hat folgende Basisgrenzwerte für die spezifische Absorptionsrate SAR festgelegt:

Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung (SAR-Ganzkörperwert):	0,08 W/kg
Basisgrenzwert für Teilkörperexposition (SAR-Teilkörperwert):	2,00 W/kg*

*Genau genommen liegt der Wert bei 20 mW/10 g Gewebe und gilt für den Kopf- und den Rumpfbereich. Der Teilkörperwert für die Extremitäten ist doppelt so hoch. Für berufliche Exposition gelten höhere Werte. Grundsätzlich müssen gleichzeitig sowohl der SAR-Ganzkörper- als auch der Teilkörperwert eingehalten werden.

Diese Basisgrenzwerte liegen bis zu 50-fach unterhalb der oben genannten Wirkschwelle.

Die Messung und Überwachung der SAR-Basisgrenzwerte gestaltet sich jedoch schwierig, da hierfür eine (Temperatur-)Messung im Gewebe notwendig wäre. Daher wurde in den nationalen und internationalen Verordnungen zusätzlich ein abgeleiteter Grenzwert festgelegt, der sich auf die leichter zu messende elektrische Feldstärke bezieht. Oft wird auch die maximal zulässige Leistungsflussdichte angegeben, die ebenfalls mit dem SAR-Basisgrenzwert zusammenhängt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die derzeit geltenden abgeleiteten Grenzwerte. Diese Grenzwerte sind unter der Annahme einer lebenslangen Einwirkung ohne nachteilige gesundheitliche Wirkungen berechnet worden. Sie sind in Deutschland seit dem 01. Januar 1997 gültig.

Land	Institution	elektr. Feldstärke ^{**} (V/m)		Leistungsflussdichte (W/m ²)	
International	ICNIRP, WHO, EU	D-Netz:	41 [°]	D-Netz:	4,5 [°]
		E-Netz:	57 [°]	E-Netz:	9,0 [°]
		UMTS:	61 [°]	UMTS:	10,0 [°]
Deutschland	BMU	D-Netz:	41	D-Netz:	4,5
		E-Netz:	57	E-Netz:	9,0
		UMTS:	61	UMTS:	10,0

[°]Empfehlung ^{**}Referenzwert, abgeleitet von einem SAR-bezogenen Basisgrenzwert

Abb. 14: Grenzwerte in den Mobilfunknetzen

Internationale und nationale Fachgremien (ICNIRP, Weltgesundheitsorganisation WHO, in Deutschland die Strahlenschutzkommission SSK) überprüfen etwa alle zwei bis drei Jahre den aktuellen Kenntnisstand zur Wirkung elektromagnetischer Felder auf die menschliche Gesundheit.

8.2 Andere Grenzwertvorschläge

Von Mobilfunk-kritischen Institutionen und Vereinigungen werden immer wieder deutlich niedrigere Grenzwerte gefordert. Diese Forderungen basieren auf einer besonderen Gewichtung ungesicherten Wissens, die daraus abgeleiteten Grenzwertvorschläge sind in der Regel wissenschaftlich nicht begründet. Ungeachtet dessen haben einige europäische Länder von den ICNIRP-Empfehlungen abweichende Grenzwerte festgelegt (vgl. Einleitung zu Kapitel 8).

So gilt in der Schweiz seit 2000 die Verordnung des Bundesrates über den Schutz vor nichtionisierender elektromagnetischer Strahlung (NISV). Die Verordnung sieht zwei verschiedene Grenzwertkategorien vor. Generell gelten in der Schweiz Immissionsgrenzwerte laut Anhang II der NISV, die mit den Empfehlungen der ICNIRP übereinstimmen. Zusätzlich wurden anlagenbezogene Emissionsgrenzwerte festgelegt (Anhang I der NISV). Die Anlagengrenzwerte liegen – bezogen auf die elektrische Feldstärke – zehnfach unter den Immissionsgrenzwerten. Die Anlagengrenzwerte gelten für Mobilfunkanlagen an Orten mit empfindlicher Nutzung, beispielsweise in Wohngebäuden oder auf Kinderspielplätzen.

Immissionsgrenzwerte geben Auskunft über die Gesamtbelastung an einem Standort, während anlagenbezogene Grenzwerte die von einer einzelnen Anlage ausgehende Emission begrenzen sollen. Falls mehrere Anlagen an einem Standort betrieben werden, dürfen sie in der Summe die Immissionsgrenzwerte nicht überschreiten.

8.3 Behördliche Aufsicht

Sendeanlagen (darunter fallen auch die Mobilfunkbasisstationen) unterliegen in Deutschland der Aufsicht durch die Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (vormals Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post – RegTP). Sofern die entsprechenden Voraussetzungen erfüllt sind, stellt die Behörde eine Standortbescheinigung für die Basisstation aus und legt einen Sicherheitsabstand fest. Dieser beträgt in der Regel einige Meter horizontal von der Antenne. Vertikal beträgt er meist nur einige Dezimeter. Bei der Berechnung des Sicherheitsabstandes werden auch andere Funkquellen in der Umgebung berücksichtigt. Die Bundesnetzagentur prüft in unregelmäßigen Abständen und ohne Vorankündigung, ob die Anlage in Übereinstimmung mit der Genehmigung betrieben wird und die geltenden Grenzwerte einhält. Die Ergebnisse dieser Messungen sowie die Koordinaten und Sicherheitsabstände aller Mobilfunksendeanlagen sind in einer Standortdatenbank der Bundesnetzagentur für die Öffentlichkeit frei zugänglich (<http://emf.bundesnetzagentur.de>).

9. Exposition gegenüber Mobilfunkfeldern

9.1 Feldbelastung im Umfeld einer Basisstation

Dieser Abschnitt knüpft an die vorangegangenen Ausführungen zur Feldausbreitung (Abschnitt 2.2) an. Die folgende Abbildung macht den Feldverlauf im Umfeld einer Basisstation sichtbar.

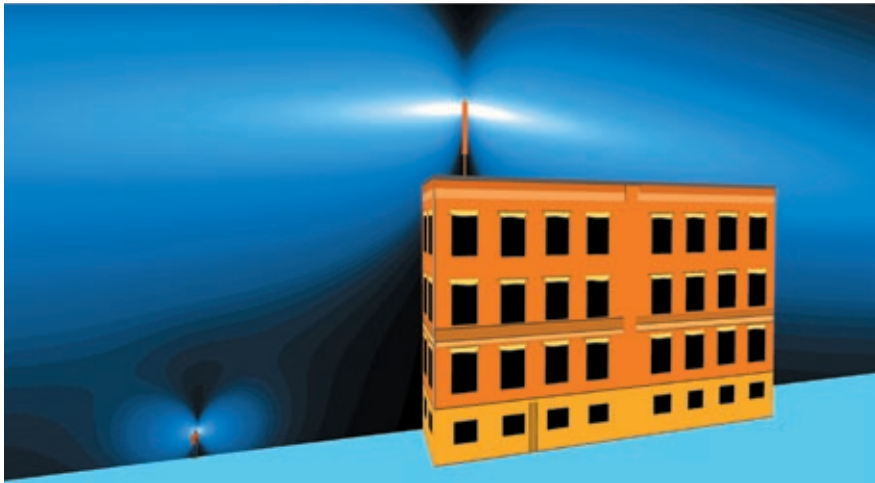


Abb. 15: Typische Feldstärken im Umfeld einer Basisstation und bei Handynutzung
(Quelle: s. Bildquellennachweis)

Das Feld wird – mit einer leichten Neigung der Hauptsenderichtung nach unten – gerichtet abgestrahlt.

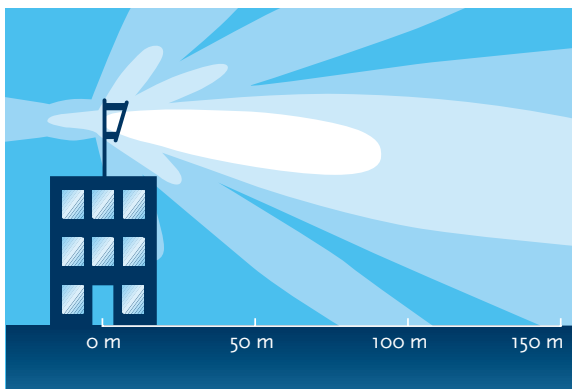


Abb. 16: Elektromagnetisches Feld einer Basisstation
mit Haupt- und Nebenarmen

Technisch bedingt sendet die Antenne nicht nur in der Hauptsenderichtung, sondern in geringerem Maß auch in andere Richtungen („Nebenarme“). Aufgrund der „leuchtturmartigen“ Ausbreitung des Feldes ist die Belastung unmittelbar unter einer Antenne äußerst gering. Im Innern der Gebäude ist die Feldstärke nochmals

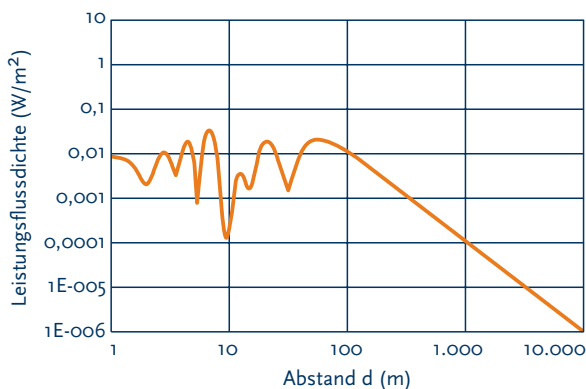


Abb 17: Leistungsfussdichte im Umfeld einer Mobilfunkantenne (typisch)

deutlich geringer, da die Bausubstanz stark dämpfend wirkt.

Das Abstandsgesetz (Abnahme der elektrischen Feldstärke mit der Entfernung) gilt grundsätzlich auch für die Sendeanlagen einer Mobilfunkbasisstation. Aufgrund der gerichteten, leicht nach unten geneigten Abstrahlung und der Existenz von Nebenarmen steigt

die am Erdboden gemessene elektrische Feldstärke mit zunehmender Entfernung von der Basisstation jedoch typischerweise zunächst an, durchläuft am Ort des Auftreffens der Hauptsenderichtung auf den Erdboden ein Maximum und fällt danach ab. Die ebenerdige Entfernung von der Basisstation ist also kein geeignetes Maß für die tatsächliche Feldbelastung.

An allen Orten, an denen sich Personen üblicherweise aufhalten, werden die Grenzwerte sicher eingehalten – auch bei Volllastbetrieb der Basisstation. Typischerweise werden sie – das bestätigen die Messreihen sowohl der Bundesnetzagentur als auch die im Auftrag des IZMF durchgeführten Messreihen des TÜVs in verschiedenen Bundesländern (IZMF 2008) – um mehrere Größenordnungen unterschritten (etwa um den Faktor 100 bis 20.000). Selbstverständlich müssen überall dort, wo Handynutzer telefonieren oder anrufbar bleiben wollen, elektromagnetische Felder noch messbar und von den Handys erfassbar sein.

9.2 Feldbelastung während eines Handytelefonats

Das Feld, dem ein Handynutzer während eines Telefonats durch sein Handy ausgesetzt ist, ist meist deutlich stärker als die Felder der umgebenden Mobilfunkantennen, aber auch hier gibt es Grenzwerte, die auch bei maximaler Sendeleistung des Handys sicher eingehalten werden.

Wie hoch das Feld (genauer gesagt: das Nahfeld) in Kopfnähe während eines Handytelefonats ist, hängt von vielen Faktoren ab. Zum einen sind es die örtlichen Empfangsbedingungen, zum anderen die Netzart (infolge unterschiedlicher Art der Leistungsanpassung) und die Bauart des Handys. Von großer Bedeutung ist auch der Abstand des Handys vom Kopf bzw. vom Körper. Die Feldbelastung nimmt bereits dann erheblich ab, wenn das Handy nur wenige Millimeter weiter vom Kopf entfernt gehalten wird; noch deutlicher sinkt sie, wenn eine Freisprecheinrichtung benutzt wird.

Bei schlechter Empfangsqualität, beispielsweise bei Telefonaten im Auto, in einer Tiefgarage oder in großer Entfernung von der Basisstation, sendet das Handy mit größerer, oft mit maximaler Feldstärke. Der Verbindungsaufbau mit der Basisstation erfolgt im GSM-Standard ebenfalls mit maximaler Leistung, danach regelt das Handy seine Sendestärke auf ein Minimum herunter. Im UMTS-Standard beginnt das Handy den Verbindungsaufbau mit niedriger Sendeleistung und regelt diese 1.500-mal pro Sekunde auf das für die Verständigung optimale Niveau.

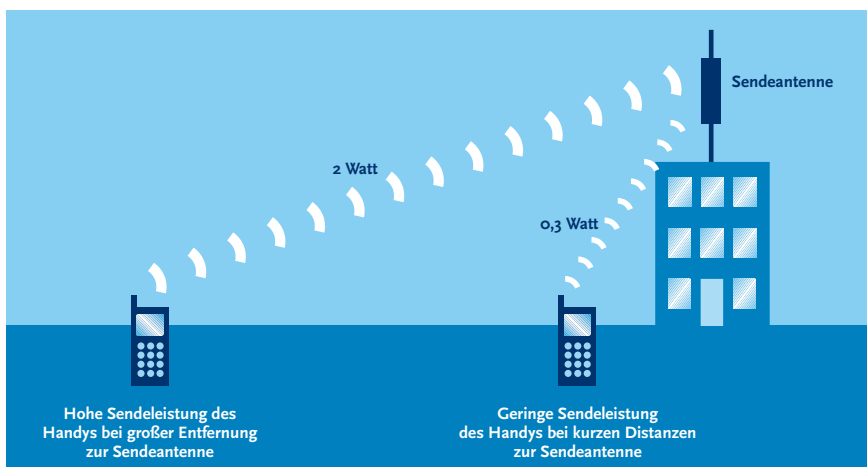


Abb. 18: Die Sendeleistung eines Handys ist u. a. abhängig von der Entfernung zur Basisstation

Die Höhe der Sendeleistung hängt auch davon ab, ob gesprochen oder nur zugehört wird. Eine Studie des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms hat gezeigt, dass UMTS infolge des unterschiedlichen Regelverhaltens eine wesentlich geringere Exposition als GSM verursacht, weil der maximale SAR-Wert unter UMTS nicht einmal annähernd erreicht wird (DMF 2008).

Aus diesen Gründen ist es schwierig, die Feldbelastung während eines Mobiltelefonats exakt zu beziffern. Sie ist aber deutlich größer als die Belastung durch das Feld einer Basisstation.

Der SAR-Wert

Die spezifische Absorptionsrate SAR für Mobiltelefone darf den Grenzwert von 2 Watt pro Kilogramm nicht überschreiten. Dieser Wert muss auch in jedem höchstens 10 Gramm schweren Teilbereich des Gewebes eingehalten werden. Die SAR-Werte aktueller Handymodelle sind im Internet unter den Adressen www.izmf.de, www.handywerte.de sowie auf den Seiten des Bundesamtes für Strahlenschutz (www.bfs.de) abrufbar. Je geringer der SAR-Wert ist, desto geringer ist die Feldbelastung.

10. Schutz empfindlicher Personengruppen

Die in der 26. BImSchV verankerten Grenzwerte zum Schutz der Allgemeinbevölkerung liegen etwa 50-fach unterhalb der biologischen Wirkschwelle und berücksichtigen den Kenntnisstand in Bezug auf thermische und gesicherte athermische Wirkungen. Nach Ansicht der ICNIRP, der Strahlenschutzkommission (SSK) und des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) gewährleistet der hohe Sicherheitsfaktor einen ausreichenden Schutz auch für Kinder, Schwangere und andere besonders empfindliche Menschen. Im Folgenden wird die Exposition durch Mobilfunkbasisstationen und durch Handys aus ärztlicher Sicht differenziert betrachtet:

Mobilfunkbasisstationen:

Die tatsächliche Feldexposition liegt so gut wie immer 100- bis 1.000-fach unter dem geltenden Grenzwert. Nebenbei bemerkt werden fast immer auch Vorsorgewerte, wie sie von Mobilfunk-kritischen Institutionen und Vereinigungen gefordert werden, eingehalten. Der Umstand, dass Kinder aufgrund ihrer Körpergröße (s. Abschnitt 4.2, Kasten „Resonanzerscheinungen“) und des höheren Wassergehalts ihres Körpers das Feld etwas stärker absorbieren, spielt angesichts der erheblichen Grenzwertunterschreitung de facto keine Rolle mehr. Auch Schwangere sind nicht stärker gefährdet als andere Personengruppen. Der bereits genannte „Skineffekt“ schützt das Ungeborene vor dem mobilfunkbedingten Feld.

Handynutzung durch Kinder und Jugendliche:

Die Nutzung von Mobiltelefonen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Gerade unter Kindern und Jugendlichen steigt die Zahl derer, die ein Mobiltelefon bzw. Handy besitzen. Während 1998 nur 3 % der 12- bis 13-Jährigen ein Mobiltelefon hatten, waren es im Jahr 2002 schon 69 %. Aktuell hat nahezu jeder Jugendliche (92 %) mindestens ein Handy zur Verfügung. Nicht zuletzt aufgrund dieser Zahlen wird immer häufiger die Frage gestellt, ob die elektromagnetischen Felder während eines Mobiltelefonats möglicherweise einen Einfluss auf die Kindergesundheit haben können.

Dabei wird argumentiert, dass Kinder, die jetzt aufwachsen, im Laufe des Lebens erheblich länger den elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks ausgesetzt seien und nicht ausgeschlossen werden könne, dass der jugendliche Organismus empfindlicher als der des Erwachsenen reagiert. Da auf diesem Gebiet bisher nur wenige speziell auf Kinder ausgerichtete Studien veröffentlicht wurden, ist eine eindeutige Aussage derzeit aber noch nicht möglich.

Die Strahlenschutzkommission (SSK 2007) hat im Jahr 2006 die verfügbare wissenschaftliche Literatur gesichtet und bewertet. Dabei standen vier Fragen im Vordergrund:

1. Gibt es entscheidende Unterschiede in Bezug auf das Absorptionsverhalten zwischen Kindern und Erwachsenen?

Generell dringen Mobilfunkfelder nur wenig in den Körper ein. Die Vermutung, dass Kinder stärker gefährdet seien, liegt jedoch zunächst nahe. Kinder haben eine andere Kopfform als Erwachsene, die Kopfhaut und die Schädelknochen sind dünner, zudem ist das Ohr als Distanzhalter zwischen Handy und Kopf elastischer. Daher könnte der Kopf eines Kindes einen größeren Anteil der abgestrahlten Energie absorbieren als der eines Erwachsenen.

Das Fazit der SSK hierzu lautet:

„Die bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungen belegen zwar eine tendenziell höhere Absorption in Kinderköpfen, die Unterschiede zu Erwachsenen nehmen jedoch bereits nach den ersten Lebensjahren stark ab und sind bei 5-Jährigen bereits kleiner als die interpersonellen Variationen. Für jüngere Kinder liegen bisher keine Studien vor.“

Im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms wurde ein anatomisches Kinderkopf-Modell entwickelt, das die Realität besser abbildet und zukünftig zur Bestimmung des Energieeintrags Verwendung finden soll.

2. Liegen wissenschaftliche Hinweise dafür vor, dass der jugendliche Organismus anders als der erwachsene auf die Einwirkung von Mobilfunkfeldern reagiert?

Zur Frage einer besonderen Empfindlichkeit von Kindern und Jugendlichen gegenüber chemischen und physikalischen Umwelteinwirkungen haben mehrere nationale und internationale Fachgremien und Fachleute, darunter auch das Umweltbundesamt, Stellung genommen.

Fazit der SSK:

„Der Einfluss der Umwelt auf die Gesundheit der Kinder ist häufig stärker als auf die Gesundheit von Erwachsenen, dies ist aber nicht immer der Fall. In der Praxis sollte man nicht von einer grundsätzlich höheren Empfindlichkeit der Kinder ausgehen.“

Allgemein sind sich in der Entwicklung befindliche Systeme störanfälliger als statische. Im Mittelpunkt der Überlegungen der SSK standen daher der Einfluss hochfrequenter Felder des Mobilfunks auf Entwicklungsprozesse im Gehirn (Synaptogenese und Myelinisierung) sowie Unterschiede in den elektrischen Eigenschaften des Gehirns eines Kindes und eines Erwachsenen.

Hier kommt die SSK zu dem Schluss:

„Die wenigen bisherigen Untersuchungen an Kindern ab 5 Jahren ergeben keine belastbaren Hinweise auf eine erhöhte Empfindlichkeit des Organismus von Kindern und Jugendlichen.“

3. Gibt es wissenschaftliche Hinweise einer kurzzeitigen oder dauerhaften Gesundheitsschädigung durch Mobilfunknutzung, insbesondere bei Kindern und Jugendlichen?

Es liegen noch keine aussagekräftigen epidemiologischen Studien zu einem Zusammenhang zwischen Mobiltelefonnutzung und gesundheitlichen Auswirkungen auf Kinder und Jugendliche vor (eine epidemiologische Untersuchung des DMF bezüglich akuter Gesundheitseffekte durch Mobilfunk bei Kindern und Jugendlichen ist noch nicht abgeschlossen). Daher müssen Erkenntnisse zur Wirkung des Mobilfunks auf Erwachsene herangezogen werden.

Hierzu die SSK:

„Die gegenwärtige epidemiologische Literatur enthält keine belastbaren Daten, mit denen sich Gesundheitsschädigungen durch langzeitige Einwirkungen von Mobilfunkfeldern belegen ließen. Studien speziell zu Kindern existieren nicht.“

Der Frage, ob Mobiltelefonnutzung das Risiko für Hirntumore erhöht, geht die (noch nicht abgeschlossene) Interphone-Studie der Weltgesundheitsorganisation nach. Die bisher vorliegenden Teilergebnisse sprechen gegen eine erhebliche Risikoerhöhung. Allerdings wurden hierbei Kinder nicht als eigenständige Gruppe betrachtet. Daher sind nun zwei Fall-Kontroll-Studien speziell zu kindlichen Hirntumoren in Arbeit. Die eine Studie (CEFALO) läuft bereits seit 2006 in vier Ländern und soll 2009 abgeschlossen werden. Eine weitere Studie („MOBI-Kids“) befindet sich in der Vorbereitungsphase.

Die häufig gestellte Frage nach Langzeitwirkungen wird sich angesichts der noch neuen und sich gleichzeitig rasch verändernden Mobilfunktechnik wahrscheinlich nicht kurzfristig abschließend beantworten lassen.

4. Gibt es wissenschaftliche Hinweise auf mögliche Einflüsse von Mobilfunkfeldern auf die körperliche und geistige Entwicklung im Kindes- und Jugendalter?

Die SSK äußert sich dazu folgendermaßen:

„In Bezug auf mögliche Einflüsse auf die körperliche oder geistige Entwicklung von Kindern und Jugendlichen durch Mobilfunkfelder liegen bisher keine wissenschaftlichen

Untersuchungen vor. Eine Beeinflussung kognitiver Funktionen ist weder bei Erwachsenen noch bei Kindern belegt.“

Fazit und Empfehlungen:

Nach derzeitigem Wissensstand weisen Kinder und Jugendliche keine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Hochfrequenzfeldern auf.

In Hinblick auf die noch unzureichende Datenlage empfiehlt die SSK, Empfehlungen zur Verringerung der Exposition zu beachten. Diese richten sich an die Hersteller von Mobiltelefonen, Geräte mit niedrigen SAR-Werten zu entwickeln und mit technischen Mitteln (Headsets, Signalisierung der Telefonatsdauer) für eine weitere Expositionsminderung zu sorgen.

Durch folgende Maßnahmen kann die Exposition verringert werden:

- Standorte mit guten Empfangsbedingungen aussuchen. Gute Empfangsbedingungen korrespondieren mit guten Sendebedingungen. Auf entsprechende Displayanzeige achten.
- Mobiltelefon erst nach dem Verbindungsaufbau und der Gesprächsannahme ans Ohr halten oder ein Headset benutzen und die Gesprächszeiten kurz halten.
- Ein Mobiltelefon mit geringem SAR-Wert auswählen (vgl. die Listen des Bundesamtes für Strahlenschutz (www.bfs.de) und des Informationszentrums Mobilfunk (www.izmf.de)).
- Eltern sollten über die Nutzung eines Mobiltelefons umso restriktiver entscheiden, je jünger das Kind ist. Zudem sollte die Gesprächsdauer der Kinder und Jugendlichen begrenzt werden (z. B. durch die Nutzung von Kinder- und Jugendtarifen).

Bereits früher hatten das Bundesamt für Strahlenschutz, die Kommission für Umweltfragen der Deutschen Akademie für Kinder- und Jugendmedizin e. V. und weitere Fachleute ähnlich lautende Empfehlungen zur Handynutzung abgegeben.

Im Ergebnis des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms wird weiterer Forschungsbedarf zum Thema „Mobilfunk und Kinder“ gesehen (DMF 2008).

11. Risikowahrnehmung und -kommunikation

Stellt der Mobilfunk durch seine Infrastruktur (Netz von Basisstationen) und durch die Nutzung von Mobiltelefonen möglicherweise eine Gefahr für die menschliche Gesundheit und für die Umwelt dar?

Auf diese Frage geben wissenschaftliche Fachgremien und Experten, Netzbetreiber, Handynutzer und „Betroffene im Umfeld einer Basisstation“ ganz unterschiedliche Antworten. Vor diesem Hintergrund scheint es ratsam, sich prinzipiell mit den Unterschieden zu befassen, die zwischen der Risikowahrnehmung durch Fachleute und derjenigen durch Laien bestehen. Aus der Kenntnis dieser Unterschiede heraus lassen sich Empfehlungen für eine sinnvolle Arzt-Patienten-Kommunikation ableiten.

11.1 Risiken aus Experten- und Laiensicht

Es ist inzwischen gut bekannt, dass die wissenschaftliche Risikoeinschätzung durch die Fachöffentlichkeit und die intuitive Risikobeurteilung durch Laien auf unterschiedlichen Risikokonzepten, auf unterschiedlicher kognitiver Verarbeitung und auf verschiedenen Informationsquellen beruhen (Slovic 1987 u. 1993, Wiedemann und Schütz 1996, Wiedemann et al. 2001 und 2005, Fülgraff 1996, WHO 2002, Büllingen et al. 2002).

Fachleute nutzen ihr Wissen über mögliche Wirkmechanismen (hier: thermische und gesicherte athermische Effekte der Mobilfunkfelder), über Dosis-Wirkungs-Beziehungen und über Expositionszeiten.

Laien nehmen häufig eine Einteilung in „schädlich“ oder „unschädlich“ vor, ohne eine Dosis-Wirkungs-Beziehung zu berücksichtigen. In der Natur vorkommende Stoffe und elektromagnetische Felder natürlichen Ursprungs betrachten Laien in der Regel als weniger schädlich im Vergleich zu künstlichen Stoffen oder Feldern. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist das UV-Licht der Sonne, dessen Bedeutung für das Hautkrebsgeschehen meist unterschätzt wird.

Laien neigen dazu, jeden Expertenstreit als Zeichen einer tiefgreifenden und grundlegenden Unsicherheit in der Risikobewertung zu interpretieren – auch wenn eine Spaltung der Wissenschaftlergemeinschaft in diesem Umfang nicht existiert. Oft steht lediglich eine kleine Zahl von Wissenschaftlern der Mehrzahl der nach anerkannten Regeln der Wissenschaft arbeitenden Fachleute gegenüber.

Fachleute und Laien verfolgen mit einer Risikoabschätzung unterschiedliche Ziele. Die Aufgabe der Fachöffentlichkeit ist es, Risiken oder Gefahren quantitativ überschaubar, verwaltbar und letztlich verantwortbar zu machen sowie Prioritäten in der Vorsorge zu setzen. Dazu zählt auch die Bemessung und Zuweisung der hierfür erforderlichen finanziellen Mittel.

Dieser mehr oder weniger objektiven wissenschaftlichen Betrachtungsweise steht die subjektive Risikoeinschätzung und -wahrnehmung des Laien gegenüber, in die zwangsläufig auch persönliche Wertvorstellungen und Erfahrungen einfließen. Bekanntlich werden Risiken durch Laien höher bewertet, wenn es sich um nicht steuerbare, nicht selbst verantwortete, unfreiwillig eingegangene Risiken handelt, und wenn der subjektiv befürchtete Schaden (beispielsweise eine mögliche Krebserkrankung) als besonders gravierend angesehen wird.

Die Bewertung von Gesundheitsrisiken durch Laien wird in hohem Maße durch die Medien geprägt: Je häufiger über elektromagnetische Felder, Mobilfunk und vermutete Gesundheitsschäden berichtet wird, je leichter man sich einen Schaden vorstellen kann und je plastischer die verwendeten Bilder und Vergleiche sind, desto stärker wird die Bedeutung des Themas überschätzt. „Gefühlte Risiken“ können sich in einer Spirale medial-öffentlicher Erregung soweit verstärken, dass sie zu einer eigenen gesellschaftlichen Realität werden (Schnabel 2008). Neben der (möglichst glaubwürdigen) Vermittlung sachlicher Fakten wird dann das „Empörungsmanagement“ zunehmend wichtig.

Die gegenwärtige Diskussion zu „Mobilfunk und Gesundheit“ schließt sich nahtlos an frühere „Elektrosmog“-Diskussionen zur Schädlichkeit bzw. Unschädlichkeit von Mikrowellengeräten, Computerbildschirmen und Hochspannungsleitungen an. Dabei wird meist übersehen, dass erhebliche Unterschiede zwischen diesen EMF-Quellen in Bezug auf Feldstärke, Frequenz und Modulation bestehen (vgl. dazu auch Berz 2003, Lerchl 2007).

11.2 Risiko-Nutzen-Abwägung

Nutzen und Risiko werden in der Regel nach höchst individuellen Maßstäben bewertet. Damit Laien ein – tatsächliches oder fiktives – Risiko auf sich nehmen, muss für sie ein persönlicher Nutzen erkennbar sein, der das Risiko aufwiegt. Oft sind aber Risiko und Nutzen auf unterschiedliche Personenkreise aufgeteilt.

11.3 Arzt-Patienten-Gespräche über Mobilfunk

Ärzte verfügen über hohe Kompetenz in Gesundheitsfragen und haben in der Bevölkerung eine besondere Vertrauensstellung. Ihr als ausgewogen und sachlich geltendes Urteil ist auch dann gefragt, wenn ein potenzieller Standort für eine Basisstation bewertet werden soll, wenn persönliche Befindlichkeitsstörungen oder Krankheiten mit diesen Stationen in Verbindung gebracht werden, wenn nach Auswirkungen der Handynutzung gefragt wird oder wenn ganz generell Ängste darüber geäußert werden, wie sich diese neue Technologie auf Mensch und Natur auswirken mag.

Ärzte besitzen von Berufs wegen Erfahrung in der Kommunikation und können gezielt auf den Wissensstand von Laien eingehen. Daher kommt Medizinern eine besondere Rolle zu, wenn Patienten durch zuweilen spektakulär in den Massenmedien präsentierte Forschungsergebnisse beunruhigt sind. Hier können Ärzte aufklären und hervorheben, dass die Medizin nach gesichertem Wissen über Krankheitsprävention und Therapie strebt und dies auch für das Thema „Mobilfunk und Gesundheit“ zu fordern ist.

11.4 Standorte von Mobilfunkbasisstationen

Wenn es um einen geplanten oder bereits bestehenden Standort geht, sollte zunächst die Konfliktlage genauer analysiert werden. Stehen mögliche Auswirkungen auf die Gesundheit tatsächlich im Vordergrund? Oder steht das Gesundheitsthema stellvertretend für andere Aspekte, etwa für wirtschaftliche oder optische Gründe? Wird womöglich vorrangig ein Wertverlust der Immobilie befürchtet? Welche Vorgeschichte hat die gegenwärtige Konfliktlage in Bezug auf Beteiligung, Fairness und Transparenz bei der Standortwahl? Welche Vorstellungen haben Ratsuchende von der Mobilfunktechnik und woher beziehen sie ihr Wissen?

Mit der Risikokommunikation auf kommunaler Ebene hat sich die Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik (MUT) des Forschungszentrums Jülich ausführlich befasst und Empfehlungen hierfür ausgearbeitet (Wiedemann 2005).

Ziel der vorliegenden Publikation ist es, die Wissensvermittlung im Rahmen des Arzt-Patienten-Gesprächs zu unterstützen. Erfahrungsgemäß ist auch die persönliche Haltung von Ärzten zum Thema Mobilfunk für Patienten von großer Bedeutung.

11.5 Befindlichkeitsstörungen im Umfeld von Basisstationen

Immer wieder bringen Anwohner im Umfeld von Mobilfunkbasisstationen, aber auch manche ärztliche Kollegen eine Reihe von Symptomen und Erkrankungen mit den vom Mobilfunk ausgehenden elektromagnetischen Feldern in Verbindung.

Freiburger Appell

Im „Freiburger Appell“ vom Oktober 2002 wird von einem dramatischen Anstieg schwerer chronischer Erkrankungen wie Blutdruckentgleisungen, Herzrhythmusstörungen, hirndegenerativen Erkrankungen, Epilepsie, Krebserkrankungen, Herzinfarkten und Schlaganfällen berichtet. Zunehmend häufiger würden auch Konzentrations- und Verhaltensstörungen bei Kindern, Kopfschmerz und Migräne, chronische Erschöpfung, innere Unruhe, Schlaflosigkeit, Infektanfälligkeit und vieles mehr beobachtet. Dabei wird ein Zusammenhang zwischen den Erkrankungen und dem Ausbau der Mobilfunknetze bzw. der Handynutzung der Betroffenen hergestellt.

Die Unterzeichner des „Freiburger Appells“ verkennen hierbei die Grundhäufigkeit psychovegetativer Beschwerden in der Bevölkerung. Sie liegt auch in nicht speziell belasteten Personengruppen bei über 50 %.

Die genannten Symptome entsprechen denen, die auch von (vermeintlich) durch Amalgam, Holzschutzmittel, Pyrethroide oder andere Chemikalien vergifteten Personen genannt werden.

Schließlich ist kaum verständlich, auf welche Weise elektromagnetische Felder ätiopathogenetisch völlig unterschiedliche Erkrankungen wie Herzinfarkt, Leukämien oder Morbus Alzheimer hervorrufen sollen (Eikmann und Herr 2003).

Wie der Vergleich mit regelmäßig durch das Robert Koch-Institut oder die Krebsregister erhobenen Gesundheitsdaten zeigt, gibt es den im Appell genannten „dramatischen Anstieg“ für die meisten genannten Krankheiten nicht.

Auch nachfolgende Ärzteappelle (z. B. Bamberger Appell, Appell Allgäu-Bodensee-Oberschwaben) sind den Beweis für nachteilige Wirkungen des Mobilfunks auf die Gesundheit schuldig geblieben.

Im Arzt-Patienten-Gespräch können behutsam auch andere Ursachen angesprochen werden, die möglicherweise zu den individuellen Befindlichkeitsstörungen beigetragen haben, wie etwa Stress, schwierige Lebenssituationen, Lebensstil oder Bewegungsmangel.

11.6 Nutzung von Mobiltelefonen

Gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse, die es rechtfertigen würden, besonders schutzbedürftigen Personengruppen von der Handynutzung abzuraten, liegen gegenwärtig nicht vor. Träger von Herzschrittmachern und anderen implantierten medizinischen Geräten sollten allerdings besondere Vorsichtsmaßnahmen beachten. Für diese Patienten haben die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und das Bundesamt für Strahlenschutz spezielle Nutzungsempfehlungen herausgegeben (s. Kapitel 7 „Wechselwirkung mit Medizintechnik“).

Alle auf dem Markt befindlichen Geräte müssen die geltenden Grenzwerte einhalten. Was Langzeitwirkungen anbetrifft, erscheint es im Licht neuerer Studien als sehr unwahrscheinlich, dass Felder während eines Mobiltelefonats nachteilige Wirkungen auf die Gesundheit haben (vgl. Kapitel 5). Die bislang im Rahmen der Interphone-Studie veröffentlichten Ergebnisse von Teilstudien zeigten keinen Zusammenhang zwischen Mobilfunk und einer Hirntumorerkrankung bei einer Nutzungsdauer von weniger als 10 Jahren. Eine abschließende Bewertung wird allerdings erst nach Abschluss aller Teilstudien und der Zusammenschau der Einzelergebnisse möglich sein.

Vorsorglich haben die deutschen Kinderärzte und das Bundesamt für Strahlenschutz Empfehlungen zu einer maßvollen und bedachtsamen Handynutzung ausgesprochen (s. Kapitel 10 „Schutz empfindlicher Personengruppen“). Während der Schwangerschaft sind keine besonderen Schutzmaßnahmen erforderlich.

11.7 Baubiologie

Gelegentlich werden Ärzten von Ratsuchenden „baubiologische Gutachten“ vorgelegt, mit denen eine „erhebliche Feldbelastung“ durch Mobilfunkbasisstationen und Schnurlostelefone dokumentiert werden soll.

Für derartige Untersuchungen gibt es kaum eine Qualitätssicherung. Ob die technisch sehr aufwändigen Messungen sachgerecht und mit der hierfür geeigneten Messtechnik (die Kosten für adäquate Messgeräte liegen im sechsstelligen Bereich!) vorgenommen wurden, können nur Fachleute beurteilen.

Baubiologen geben die Leistungsflussdichte oft nicht in der gebräuchlichen Maßeinheit „Watt pro Quadratmeter“, sondern in der 1.000.000-fach kleineren Einheit „Mikrowatt pro Quadratmeter“ an. Dadurch erscheinen die Messwerte horrend hoch und signalisieren einen scheinbar hohen Handlungsbedarf. Wenn die Messwerte für die Leistungsflussdichte in die für Laien gedanklich besser zugängliche Maßeinheit „Watt pro Quadratmeter“ umgerechnet werden, ergeben sich meist verschwindend geringe Werte. Der – fast immer beruhigende – Vergleich mit den Grenzwerten ist dann auch für Ratsuchende besser möglich.

Vielfach werden im Gutachten teure und unnötige Sanierungsmaßnahmen gleich mit aufgeführt: die Auskleidung/Abschirmung der Wohnung mit Metalltapeten, die Verwendung von Spezialgardinen, der Einbau von Metallgeflechten in den Dachstuhl u. v. m. Die möglichen Nebenwirkungen, wie etwa die mögliche Schimmelbildung infolge verschlechterter Feuchteregulierung, werden von Baubiologen selten erwähnt.

11.8 Gepulste Felder

„Gepulste Strahlung“ wird von etlichen Laien als besonders gefährlich betrachtet. In der Mehrzahl aller wissenschaftlichen Studien haben sich gepulste elektromagnetische Felder gegenüber ungepulsten jedoch nicht als besonders wirksam erwiesen. Im UMTS-Standard ist zudem keine streng periodische Pulsung mehr feststellbar wie beim GSM-Standard, das Signal ähnelt einem Rauschen (s. Kapitel 2 „Grundlagen des Mobilfunks“).

12. Fazit

In Deutschland wird die digitale Mobilfunktechnik nach dem GSM-Standard seit Anfang der neunziger Jahre eingesetzt und ausgebaut. Es ist verständlich, dass die komplexe Technik, die dem Mobilfunk zugrunde liegt, neben ihrem Nutzen auch Befürchtungen über mögliche gesundheitliche Folgen hervorbringt.

Die Forschung zur Wirkung elektromagnetischer Felder auf Lebewesen zeichnet inzwischen ein recht klares Bild: Im Niederfrequenzbereich können diese Felder beim Überschreiten bestimmter Schwellenwerte Reizerscheinungen an Nerven- und Muskelzellen hervorrufen. Im Hochfrequenzbereich steht die thermische Wirkung dieser Felder im Vordergrund. Die in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) festgelegten Grenzwerte für Hoch- und Niederfrequenzfelder beziehen sich auf diese grundlegenden Wirkungen sowie auf nachgewiesene athermische Effekte.

Von einer Minderzahl von Wissenschaftlern wird behauptet, dass die zum Bereich der Hochfrequenz zählenden Mobilfunkfelder bereits unterhalb der Grenzwerte zu pathogenen athermischen Effekten führen. Oft werden die vermuteten Wirkungen dem Pulscharakter dieser Felder zugeschrieben. Teilweise beinhalten Studien zu athermischen Effekten methodische Fehler, teilweise konnten die Ergebnisse nicht reproduziert werden und teilweise zeigten sich zwar biologische Effekte, es war jedoch keine negative Auswirkung auf die menschliche Gesundheit erkennbar. Internationale und nationale Fachgremien sichten fortlaufend die vorliegenden Befunde zu athermischen Effekten und kommen zu dem Schluss, dass das gegenwärtige Grenzwertkonzept geeignet und flexibel genug ist, um vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch alltägliche Expositionen zu schützen.

In der Zusammenfassung der Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms wird explizit gesagt, dass frühere Befürchtungen über mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht bestätigt werden konnten und auch keine neuen Hinweise für mögliche gesundheitsrelevante Wirkungen – insbesondere auch keine athermischen Wirkmechanismen – gefunden wurden.

Die Felder im Umkreis einer Basisstation unterschreiten die bestehenden Grenzwerte meist mehr als hundertfach. Daher erscheint es äußerst unwahrscheinlich, dass durch sie Hirnströme, Schlafparameter, das Wohlbefinden, die Hormonausschüttung oder gar die Blut-Hirn-Schranke beeinflusst werden.

Ob die Handynutzung mit einem erhöhten Risiko einhergeht, an einem Gehirntumor zu erkranken, wird intensiv untersucht. Die bisher vorliegenden Teilergebnisse der „Interphone“-Studie für Nutzungszeiten bis zu 10 Jahren sprechen gegen diese Annahme. Bei Langzeitnutzung von mehr als 10 Jahren liegen epidemiologische Hinweise auf ein möglicherweise erhöhtes Risiko für bestimmte Hirntumorarten vor. Hier sind die Endergebnisse auf der Basis der gepoolten Daten abzuwarten, die für 2009 erwartet werden.

In Anerkennung des Vorsorgegedankens haben der Dachverband der deutschen Kinderärzte und das Bundesamt für Strahlenschutz Empfehlungen zur Handynutzung durch Kinder ausgesprochen, die zu einem bedachtsamen Umgang mit dieser neuen Technologie raten.

Die Art und Weise, wie das in technischer, physikalischer und medizinischer Hinsicht komplexe Thema Mobilfunk häufig in den Medien dargestellt wird, trägt nicht dazu bei, die Verunsicherung in der Bevölkerung zu verringern. Ärztinnen und Ärzten bietet sich aufgrund ihrer Kompetenz in Gesundheitsfragen und ihrer Vertrauensstellung die Möglichkeit, sachlich und ausgewogen zum Mobilfunk zu informieren, auf die Ängste und Befürchtungen der Betroffenen einzugehen und sie in Bezug auf Handynutzung bzw. Nähe zu einer Basisstation zu beraten. Die in der vorliegenden Publikation enthaltenen Informationen können hierzu beitragen.

13. Mobilfunk und Umwelt

13.1 Recycling und Wiederverwendung

Handys gehören nicht in den Hausmüll. Mobiltelefone sowie integrierte Batterien beinhalten schwer bzw. nicht abbaubare und bioakkumulative Substanzen. Vor allem Einzelteile wie die Leiterplatte und das Flüssigkristalldisplay (LCD) machen zusammen mehr als 90 Prozent der Schadstoffe aus. Geraten diese Stoffe durch eine unsachgemäße Entsorgung in die Umwelt, können sie über die Pfade Boden, Grundwasser und Atmosphäre zu einer Gefahr für Mensch und Umwelt werden.

Um negative ökologische Auswirkungen gebrauchter Geräte zu begrenzen, nehmen die Mobilfunknetzbetreiber Altgeräte wieder zurück. Sie werden dann entweder in wiederverwendbare Einzelteile zerlegt oder fachgerecht entsorgt.



13.2 Altgeräte als mobile Notrufsäule

Auch ein ausrangiertes, aber funktionstüchtiges Handy kann noch gute Dienste leisten, beispielsweise in der Organisation des kommunalen Gesundheitswesens. Einige Städte und Gemeinden nehmen gebrauchte Mobiltelefone entgegen und geben diese an Mitbürger weiter, die sich kein eigenes Handy leisten können. Diese Geräte können noch als mobile Notrufsäule genutzt werden, denn mit der Notrufnummer 112 kann man vom Handy in Deutschland, Europa und weiteren Ländern gebührenfrei die Notrufzentralen erreichen.

14. Literatur

Übersichtsarbeiten, Gutachten, Stellungnahmen und große Forschungsprogramme sind mit einem Stern (*) gekennzeichnet.

Baumann, J.; Landstorfer, F. M. (2007):

Vergleich der realen Exposition durch GSM- und UMTS Mobilfunktelefone in der Praxis. Quelle: FGF Newsletter Vol. 15, Page 20-30, http://www.fgf.de/publikationen/newsletter/einzeln/NL_07-02/Vergleich_der_realen_Exposition_02-07d.pdf

***Benischke, A. u. Mit. (2000):**

Gutachten zum Erkenntnisstand zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen des Mobilfunks. Öko-Institut e. V. Nukleartechnik und Anlagensicherheit, Darmstadt. Abrufbar unter www.emf-risiko.de

Bernhardt, J. H. (1999):

Gesundheitliche Aspekte des Mobilfunks. Deutsches Ärzteblatt 96, Heft 13: A-845-852

Berz, R. (2003):

Krank durch Mobilfunk? Verlag Huber, Bern; (August 2003)

Borbely, A. A.; Huber R.; Graf, T. et al. (1999):

Pulsed high-frequency electromagnetic fields affects human sleep and sleep electroencephalogram. Neuroscience Letters 275 (3): 207-210

Büllingen, F. et al. (2002):

Elektromagnetische Verträglichkeit zur Umwelt (EMVU) in der öffentlichen Diskussion – Situationsanalyse, Erarbeitung und Bewertung von Strategien unter Berücksichtigung der UMTS-Technologien im Dialog mit dem Bürger. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). WIK Consult, Bad Honnef

***Bundesamt für Strahlenschutz (ca. 2006):**

Die Blut-Hirn-Schranke (BHS) – Bewertung. cf. http://www.emf-forschungsprogramm.de/int_forschung/wirk_mensch_tier/stellungnahmen und http://www.emf-forschungsprogramm.de/int_forschung/wirk_mensch_tier/stellungnahmen/bhs02.html

Bundesamt für Strahlenschutz (2007):

„Moderne Kommunikationsmittel“ http://www.bfs.de/de/elektro/hff/modern_kommunikation.html

***Bundesamt für Strahlenschutz (2008):**

„Gehirn und Kognition“ http://www.emfforschungsprogramm.de/int_forschung/wirk_mensch_tier/stellungnahmen/

***Bundesamt für Strahlenschutz (April 2008):**

Naila-Mobilfunkstudie – Aktualisierte Stellungnahme des BfS, http://www.bfs.de/elektro/papiere/Stellungnahme_Naila

***Bundesamt für Strahlenschutz (Juli 2008):**

Studienbewertung. www.emf-forschungsprogramm.de/int_forschung/wirk_mensch_tier/Synopse_EMFStudien_2008.pdf

Danker-Hopfe, H.; Dorn, H. (2008):

Untersuchung der Schlafqualität bei Anwohnern einer Basisstation

***Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) (2008):**

http://www.emf-forschungsprogramm.de/abschlussphase/DMF_Internet_Abschlussbericht_deutsch.pdf

***Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) (2008):**

Rubrik „Mobilfunk und Kinder“. www.emf-forschungsprogramm.de/abschlussphase/abschlusskonferenz.html/DMF_FinalConference_June2008_Weiss.pdf

Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) (2008):

„Bestimmung der spezifischen Absorptionsrate (SAR-Werte), die während der alltäglichen Nutzung von Handys auftritt“. http://www.emf_forschungsprogramm.de/forschung/dosimetrie/dosimetrie_abges/dosi_050.html

Diem, E.; Schwarz, C.; Adlkofer, F.; Jahn, O.; Rüdiger, H. (2005):

Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro. *Mutat Res.* 583: 178-83

***ECOLOG-Institut (2000):**

Mobilfunk und Gesundheit. Abrufbar unter www.emf-risiko.de

Eger, H.; Hagen, K. U.; Lucas, B.; Vogel, P.; Voit, H. (2004):

Einfluss der räumlichen Nähe von Mobilfunksendeanlagen auf die Krebsinzidenz. Umwelt – Medizin – Gesellschaft (4): 326-322

Eikmann, T. ; Herr, C. (2003):

Der Freiburger Appell – ein neuer Aspekt in der öffentlichen Diskussion über elektromagnetische Felder. Umweltmed Forsch Prax 8 (1): 3-5
<http://www.ecomed-medizin.de/sj/ufp/Pdf/doi/ufp2003.01.002>

Forschungsstiftung Mobilkommunikation (April 2008):

http://www.mobile-research.ethz.ch/var/Kommentar_Interphone.pdf

Franke, H. (2008):

Influence of GSM and UMTS on the Blood Brain Barrier – in vitro – additional results, http://www.emf-forschungsprogramm.de/abschlussphase/KP_intFG_Langzeiteffekte.html

Fritze, K. et al. (1997):

Effect of global system for mobile communication (GSM) microwave exposure on blood-brain barrier permeability in rat. Acta Neuropathol 94 (5): 465-470

Fritzer, G. et al. (2000):

Kurz- und Langzeitauswirkung elektromagnetischer Hochfrequenzfelder auf die Qualität des menschlichen Schlafes und der hieraus resultierenden Tagesempfindlichkeit. Studie der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Universität Kiel, Schlafmedizinisches Labor. Zitiert nach Silny 2002

Fülgraff, G. (1996):

Von Äpfeln und Birnen. Politische Ökologie 47: 37-42

Germann, P. (ca. 2003):

Einfluss der Mobilfunkbelastung auf die Retikulocytenreifung; Vorläufige Bewertung anhand von 1000 Analysen. Im Internet unter www.izgmf.de/Einfluss_Mobilfunk_auf_Retikulocyten.pdf

***Glaser, R. (2000):**

Darstellung und Bewertung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen des Mobilfunks in Relation zu bestehenden Empfehlungen und Normen. Humboldt-Universität Berlin, Institut für Biologie. Abrufbar unter www.emf-risiko.de

Glaser, R. (2004):

Newsletter der FGF Seite 18 – 24. http://fgf.de/publikationen/newsletter/einzeln/NL_04-04/Spielen_Modulationen_eine_Rolle_bei_biologischen_Effekten_hochfrequenter_Felder_04-04d.pdf

Gollnick, F. (2006):

Gepulste Vorgänge im menschlichen Körper: Bieten sie Angriffspunkte für die Einwirkung gepulster elektromagnetischer Felder? Newsletter 01_2006 der FGF: 44 – 60 www.fgf.de/publikationen/newsletter/einzeln/NL_06-01/Pulsung_in_der_Physiologie_01-06d.pdf

Hardell, L. et al. (1999):

Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: A case-control-study. *Int. J. Oncol.* 15: 113-116

Hardell, L.; Mild, K. H.; Carlberg, M. (2002):

Case-control study on the use of cellular and cordless phones and the risk for malignant brain tumours. *Int J Radiat Biol.* 78 (10): 931-936

Hardell, L.; Mild, K. H.; Carlberg, M. (2003):

Further aspects on cellular and cordless telephones and brain tumours. *Int J Oncol.* 22 (2): 399-407

Hutter, H. P. et al. (2006):

Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base. *Occupational Environmental Medicine* 2006; 63: 307-313. DOI: 10.1136/oem.2005.020784

IARC (2008):

Interphone results update. <http://www.iarc.fr/en/Media/Files/Research-Groups/INTERPHONE-Results-update-7-February-2008>

***ICNIRP (1998):**

Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys 74 (4): 494-52, s. a. www.icnirp.org

***Independent Expert Group on Mobile Phones (GB, „Stewart-Report“) (2000):**

Report – Mobiles Phones and Health. www.iegmp.org.uk/report/text.htm

Informationszentrum Mobilfunk (IZMF) (2008):

Sicherheit durch Transparenz – TÜV und IZMF stellen den Mobilfunk auf den Prüfstand, www.izmf.de

Inskip, P. D. et al. (2001):

Cellular-telephone use and brain tumours. N. Engl. J. Med. 344: 79-86

ITEM Jahresbericht 2007:

www.item.fraunhofer.de/de/medien/item2007.pdf

Jauchem, J. R. (2008):

Effects of low-level radio.frequency (3 kHz to 300 GHz) energy on human cardiovascular, reproductive, immune, and other systems: A review of the recent literature. Int. J. Hyg. Environ. Health 211: 1 -29

Johansen, C. et al. (2002):

Mobile phones and malignant melanoma of the eye. Br J Cancer 86 (3): 348-349

Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“ (2005):

Melatonin in der umweltmedizinischen Diagnostik im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 48: 1406 – 1408
<http://www.apug.de/archiv/pdf/Melatonin-BGBL-12-2005.pdf>

Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“ (2006):

Parameter des roten Blutbildes bei Exposition durch Mobilfunkanlagen. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 49: 833 – 835
<http://www.izmf.de/download/downloads/Blutbild.pdf>

Leitgeb, N.: Schlafstudie EPROS (2007):

Elektrosmog und Schlafstörungen,
www.handywellen.de/pdf/epros-pressehandout-2006.pdf

Lerchl, A. (2004):

Blutuntersuchungen in der EMF-Forschung – Dichtung und Wahrheit http://www.fgf.de/publikationen/newsletter/einzeln/NL_04-03/Blutuntersuchungen_in_der_EMF_Forschung_03-04d.pdf

Lerchl, A. (2007):

Macht Mobilfunk krank? Daten, Fakten, Hintergründe. Verlag: Zuckschwerdt 2007, ISBN-13: 9783886039197

Lerchl, A. et al. (2008):

Effects of mobile phone electromagnetic fields at nonthermal SAR values on melatonin and body weight of Djungarian hamsters (*Phodopus sungorus*). *J Pineal Res*, 22 (4): 177-83

Mann, K.; Röschke, J. (1996):

Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep. *Neuropsychobiology* 33 (1): 41-47

Mann, K. et al. (1998):

Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on the neuroendocrine system. *Neuroendocrinology* 67 (2): 139-144

Merzenich, H.; Schmiedel, S.; Bennack, S.; Brüggemeyer, H.; Philipp, J.; Blettner, M.; Schuez, J. (2008):

Childhood Leukemia in Relation to Radio Frequency Electromagnetic Fields in the Vicinity of TV and Radio Broadcast Transmitters *American Journal of Epidemiology*, Doi:10.1093/aje/kwn230

Meyer, M.; Gärtig-Daug, A.; Radespiel-Tröger, M. (2006):

Mobilfunkbasisstationen und Krebshäufigkeit in Bayern, *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 11 (2): 89-97. <http://www.ecomed-medizin.de/sj/ufp/Abstract/ArtikelId/8315>

Muscat, J. E. et al. (2000):

Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer. *JAMA* 284: 3001-3007

Muscat, J. E. et al. (2002):

Handheld cellular telephones and risk of acoustic neuroma. *Neurology* 58 (8): 1304-1306

***NRPB 2004 (Mobile phones and health):**

www.hpa.org.uk/ (home > news > NRPB archive > 2005 archive > Mobile Phones and Health) und www.hpa.org.uk/web/HPAweb&HPAwebStandard/HPAweb_C/1195733821582

***Oberfeld, G. et al. (2000):**

Internationale Konferenz Situierung von Mobilfunksendern.
<http://www.salzburg.gv.at/celltower>

Oberto, G. et al. (2007):

Carcinogenicity study of 217 Hz pulsed 900 MHz electromagnetic fields in Pim1 transgenic mice. Radiat Res 168 (3): 316-26

Radon, K. et al. (2001):

No effects of pulsed radio frequency electromagnetic fields on melatonin, cortisol, and selected markers of the immune system in man. Bioelectromagnetics 22 (4): 280-287

Regel, S.; Negovetic, S.; Rössli, M.; Berdinas, V.; Schuderer, J.; Huss, A.; Lott, U.; Kuster, N.; Achermann, P. (2006):

UMTS Base Station-Like Exposure, Well Being and Cognitive Performance Environ Health Perspect. Vol. 114 (8): 1270-5

Repacholi, M. H. et al. (1997):

Lymphomas in Eμ-Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. Radiat. Res. 147: 631-640.

***Rössli, M.; Rapp, R.; Braun-Fahrländer, C. (2003):**

Hochfrequente Strahlung und Gesundheit – eine Literaturanalyse. Gesundheitswesen 65: 378-392

***Royal Society of Canada (1999):**

A Review of the Potential Health Risks of Radiofrequency Fields from Wireless Telecommunication Devices. www.rcs.ca/english/Rfreport.pdf

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2002):

Umweltgutachten 2002. www.umweltrat.de/frame02.htm

Salford, L. G.; Brun, A.; Eberhardt, J. L.; Persson, B. B. (1993):

Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50, 200 Hz. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics* 30: 293-301.

Salford, L. G.; Brun, A.; Stuesson, K.; Eberhardt, J. F.; Persson, B. B. (1994):

Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz Electromagnetic Radiation, Continuous Wave and Modulated at 8, 16, 50 and 200 Hz. *Microscopy Research and Technique* 27: 535-542.

Salford, L. et al. (2003):

Nerve Cell Damage in Mammalian Brain after Exposure to Microwaves from GSM Mobile Phones. *Environmental Health Perspectives*; 1-17. <http://dx.doi.org/doi:10.1289/ehp.6039>

***SCENIHR 2007:**

http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_0_007.pdf

Schnabel, U. (2008):

Die Konjunktur der Ängste, ZEIT ONLINE vom 19.6.2008, 26/2008 S. 31
<http://www.zeit.de/2008/26/U-Risikowellen>

Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV), Bundesgesetzblatt (1996):

1,66, http://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_26/index.html

Seze, R. de; Fabbro-Peray P. ; Miro, L. (1998):

GSM radiocellular telephones do not disturb the secretion of antepituitary hormones in humans. *Bioelectromagnetics* 19 (5): 271-278

***Silny, J. (2000):**

Gesundheitliche Auswirkungen der Mikrowellen von Mobilfunkanlagen im D-Netz. FZ für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit RWTH Aachen, s. a. www.emf-risiko.de

Silny, J. (2001):

Nichtionisierende elektromagnetische Felder. In Wichmann, Schlipkötter, Fülgraff (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin, 21. Erg. Lfg 3/2001. Ecomed Verlag, Landshut

***Silny, J. (2002):**

Gesundheitsrelevante Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks und anderer neuer Kommunikationssysteme (NKS). www.izmf.de/html/de/6277.html

Slovic, P. (1987):

Perception of Risk. Science 236: 280-285

Slovic, P. (1993):

Perceived Risk, Trust, and democracy. Risk Analysis 13: 675-681

Speit, G.; Schütz, P.; Hoffmann H. (2007):

Genotoxic effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) in cultured mammalian cells are not independently reproducible. Mutat Res. 626: 42-47.

Stang, A. et al. (2001):

The possible role of radiofrequency radiation in the development of uveal melanoma. Epidemiology 12 (1): 7-12

***Strahlenschutzkommission (SSK) (2001):**

Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern. <http://www.ssk.de/2001/ssk0102k.htm>

Strahlenschutzkommission (SSK) (2003):

Neue Technologien (einschließlich UMTS): Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern. <http://www.ssk.de/werke/kurzinfo/2003/ssk0303.htm>

Strahlenschutzkommission (SSK) (2006):

Wirkung hochfrequenter Felder auf das Genom: Genotoxizität und Genregulation
Stellungnahme der Strahlenschutzkommission

***Strahlenschutzkommission (SSK) (2007):**

Mobilfunk und Kinder. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission und wissenschaftliche Begründung. www.ssk.de/werke/kurzinfo/2006/ssk0619.htm

***Strahlenschutzkommission (SSK) (2008):**

Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. <http://www.ssk.de/werke/kurzinfo/2008/ssko804.htm>

Tsurita, G. et al. (2000):

Biological and morphological effects on the brain after exposure of rats to a 1439 MHz TDMA field. *Bioelectromagnetics* 21 (5): 364-371

Utteridge, T. D. et al. (2002):

Long-term exposure of E μ -Pim1 transgenic mice to 898,4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence. *Radiat. Res.* 158: 357-364

Vijayalaxmi, V.; Prihoda, T. J. (2008):

Genetic damage in mammalian somatic cells exposed to radiofrequency radiation: a meta-analysis of data from 63 publications (1990-2005) *Radiat Res.* 169: 561-574

Wagner, P.; Röschke, J.; Mann, K. et al. (1998):

Human sleep under the influence of pulsed radiofrequency electromagnetic fields: a polysomnographic study using standardized conditions. *Bioelectromagnetics* 19 (3): 199-202

Wagner, P. et al. (2000):

Human sleep EEG under the influence of pulsed radio frequency electromagnetic fields. Results from polysomnographies using submaximal high power flux densities. *Neuropsychobiology* 42 (4): 207-12

***Weltgesundheitsorganisation (WHO) (1999):**

International EMF Project: health and environmental effects of exposure to static and time varying electric and magnetic fields. <http://www.who.int/peh-emf/>

***Weltgesundheitsorganisation (WHO) (2000):**

Electromagnetic fields and public health: cautionary policies. www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/EMF-Precaution.htm

Weltgesundheitsorganisation (WHO) (2002):

Establishing a dialogue on risks from electromagnetic fields. WHO, Genf. http://www.who.int/peh-emf/publications/risk_hand/en/

***Weltgesundheitsorganisation (WHO) (2006):**

Fact sheet 304 („Elektromagnetische Felder und Öffentliche Gesundheit – Basisstationen und drahtlose Technologie“). http://www.who.int/ionizing_radiation/pub_meet/factsheets/bs_fs_304_german.pdf

Wiedemann, P. M.; Schütz H. (1996):

Ich sehe was, was Du nicht siehst. Politische Ökologie 47: 40-41

Wiedemann, P. M.; Mertens, J.; Schütz, H.; Hennings, W.; Kallfass, M. (2001):

Risikopotential elektromagnetischer Felder: Bewertungsansätze und Vorsorgeoptionen (Bd. 1). Endbericht für das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen. Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik. Jülich 2001.
http://www.fz-juelich.de/inb/inb-mut//publikationen/hefte/heft_81.pdf

Wiedemann, P. M. et al. (2005):

Information und Beteiligung bei der Standortfindung von Mobilfunkanlagen: was bringt was ?
http://www.fz-juelich.de/inb/inb-mut//publikationen/hefte/heft_92.pdf

Wölfle, R. (2005):

www.ralf-woelfle.de/elektrosmog/biologie/herz.htm

Wölfle, R. (2006):

http://www.ralf-woelfle.de/elektrosmog/allgemein/recht_a.htm

***Wölfle, R. (2008):**

<http://www.ralf-woelfle.de/elektrosmog/biologie/interphone.htm>

Wunstorf, B.; Boikat, U.; Lichtenberg, W. (2000):

Melatonin – Schlüssel für die Bewertung der Wirkung elektrischer und magnetischer Felder?
Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 43: 715-721
<http://www.springerlink.com/content/cwyfqbyut9duh7a/>

Zwamborn, A.; Vossen, S.; Leersum, B. van; Ouwens, M.; Mäkel, W. (2003):

Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. The Hague, Netherlands: TNO Physics and Electronics Laboratory (TNO-report FEL-03-C148). http://www.ai.ch/dl.php/de/och2e-69prqu/TNO_Studie_Oiginal.pdf

15. Glossar

Athermische Effekte

Als athermische Effekte (Wirkungen) werden mögliche biologische Wirkungen sehr schwacher, hochfrequenter elektromagnetischer Felder bezeichnet, die nicht mit einem Wärmeeffekt verbunden sind (z.B. Veränderungen des Zellstoffwechsels). Zu den nachgewiesenen athermischen Wirkungen gehören Reizwirkungen durch niederfrequente Ströme entsprechender Stromdichte an Nerven- und Muskelfasern. Weitere Informationen siehe Kapitel 5.

Basisstation

Sende- und Empfangsstation für den Funkverkehr, der innerhalb einer Funkzelle (Wabe) stattfindet. Die Basisstation besteht aus dem Antennenträger sowie einer Versorgungseinheit, in der die Sender, Empfänger sowie die Schalt- und Steuerungselemente untergebracht sind. Die Basisstation nimmt das Signal vom Mobiltelefon und damit die zu vermittelnden Informationen über ihre Antenne auf und sendet selbst Signale an die Telefone. Die Kommunikation der Basisstation mit der Mobilfunkvermittlungszentrale erfolgt über herkömmliche Datenleitungen beziehungsweise über Richtfunk. Weitere Informationen siehe Kapitel 2.

BfS (Bundesamt für Strahlenschutz)

Behörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Im Zusammenhang mit der Bewertung des Mobilfunks erfüllt das BfS drei wichtige Aufgaben: Beratung der Bundesregierung, Information der Öffentlichkeit und Initiierung der Forschung.

26. BImSchV

Abkürzung für die 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) vom 16. Dezember 1996, Bundesgesetzblatt (BGBl.) I, Seite 1966.

Bundesnetzagentur

Mit der Novellierung des Energiewirtschaftsgesetzes Mitte Juni 2005 wurde die frühere Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) mit neuen Kompetenzen ausgestattet und in Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Bundesnetzagentur) umbenannt. Die Behörde übernimmt neben vielen anderen Regulierungsaufgaben eine Schlüsselfunktion, was die Sicherheit von Mobilanlagen betrifft. Nur sie darf die Erlaubnis zum Betreiben einer Mobilfunkanlage auf der Grundlage der 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (26. BImSchV) erteilen.

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications)

Standard für die digitale, erweiterte schnurlose Telekommunikation. Dieser Standard nutzt hoch entwickelte digitale Funktechniken, die aufgrund ihrer niedrigen Funkstörungseigenschaft eine leistungsfähige Kommunikation ermöglichen.

EMVU (elektromagnetische Verträglichkeit mit der Umwelt)

Unter der elektromagnetischen Verträglichkeit mit der Umwelt (EMVU) versteht man die Verträglichkeit elektromagnetischer Felder mit allen in der Umwelt vorhandenen Lebewesen (Makro- und Mikroorganismen, Menschen, Tieren und Pflanzen). Dabei sind sowohl thermische als auch athermische Einwirkungen von elektromagnetischen Feldern auf biologische Systeme von Bedeutung.

Funkzelle

Jedes Mobilfunknetz besteht aus einer großen Anzahl von Sende- und Empfangsanlagen. Sie versorgen jeweils ein bestimmtes Gebiet, die so genannte Funkzelle. Die aneinander grenzenden Zellen bilden eine flächendeckende Struktur. Weitere Informationen siehe Kapitel 2.

Gepulste Felder

Einige Mobilfunksysteme wie GSM oder DECT übertragen die Daten nicht in einem kontinuierlichen Strom; sie senden nur zu ganz bestimmten wiederkehrenden Zeiträumen, auch Zeitschlitze genannt. Während nachfolgender Zeitschlitze können andere Nutzer senden, bis der erste Nutzer wieder an der Reihe ist. Weitere Informationen siehe Kapitel 2 und 11.

GSM (Global System for Mobile Communication)

GSM ist ein Standard für den digitalen Mobilfunk. Die Struktur der Signale und der Ablauf des Datenaustausches in den deutschen D- und E-Netzen läuft nach diesem Standard ab. Seine Einhaltung gewährleistet, dass Netztechnik und Mobiltelefone überall zusammenpassen und „sich verstehen“. GSM in seiner ursprünglichen Form (ohne GPRS, HSCSD oder EDGE) überträgt Daten mit einer Geschwindigkeit von 9,6 Kbit/s. Die Datenübertragungsgeschwindigkeit von EDGE ist etwa 10 bis 20-fach (download/upload) höher.

IARC (International Agency for Research on Cancer)

Das „Internationale Krebsforschungszentrum“ (IARC) gehört zur Weltgesundheitsorganisation (WHO). Es koordiniert und betreibt Forschung zu den Ursachen und der Genese von Krebs und entwickelt wissenschaftliche Strategien zur Krebsbekämpfung. Es ist an epidemiologischer Forschung und Laborversuchen beteiligt und

verbreitet wissenschaftliche Informationen durch Veröffentlichungen, Tagungen, Kurse und Forschungsstipendien.

ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)

Die ICNIRP (Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung) ist eine unabhängige wissenschaftliche Organisation. Sie ist von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Europäischen Union als kompetente Institution für Grenzwert-Empfehlungen im Bereich der nichtionisierenden Strahlen anerkannt.

Ionisierende Strahlung

Ionisierend nennt man Strahlen, die eine Schädigung der Zellbestandteile/Moleküle durch Ionisation hervorrufen können. Dabei werden Elektronen aus dem Molekülverband entfernt und es entstehen stark reaktive Moleküle, die dann die Zelle schädigen können. Bei elektromagnetischen Wellen liegt die Grenze zwischen nichtionisierender Strahlung und ionisierender Strahlung im Bereich zwischen UV- und Röntgen-Strahlung.

MMS (Multimedia Messaging Service)

MMS ist eine Weiterentwicklung des Short Message Service (SMS). Anders als beim textbasierten Kurznachrichten-Dienst SMS können mit dem Multimedia-Nachrichtendienst auch Bilder, Grafiken und Videos von Handy zu Handy geschickt werden. Voraussetzung sind eine schnelle Übertragungstechnik wie GPRS oder UMTS und Endgeräte, die den Dienst unterstützen.

Nichtionisierende Strahlung

Nichtionisierende Strahlung umfasst den Bereich der statischen elektrischen und magnetischen Felder (z. B. Erdmagnetfeld), der niederfrequenten elektromagnetischen Felder (z. B. beim technischen Wechselstrom), der hochfrequenten elektromagnetischen Felder (z. B. Radio- und Mikrowellen sowie Mobilfunk) und den Bereich der optischen Strahlung (z. B. Infrarotstrahlung, sichtbares Licht, UV-Strahlung). Die Energie nichtionisierender Strahlung ist zu gering, um chemische Bindungen aufbrechen zu können. Weitere Informationen siehe Kapitel 3.

SAR-Wert

SAR ist die Abkürzung für „Spezifische Absorptionsrate“. Sie ist das Maß für die Aufnahme elektromagnetischer Energie durch den Körper. Der SAR-Wert wird in Watt pro Kilogramm Körpergewebe (W/Kg) angegeben. Weitere Informationen siehe Kapitel 8.

SMS (Short Message Service)

SMS ist die Bezeichnung für den mobilen Versand und Empfang von kurzen Texten mit bis zu 160 Zeichen – von Handy zu Handy oder vom PC zum Handy.

SSK (Strahlenschutzkommission)

Die deutsche Strahlenschutzkommission ist ein unabhängiges Beratungsgremium des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Sie berät das Ministerium in allen Angelegenheiten des Schutzes vor ionisierenden und nichtionisierenden Strahlen. Zu den nichtionisierenden Strahlen zählen auch die Funkwellen, die der Mobilfunk nutzt.

Thermische Effekte

Die Energie hochfrequenter elektromagnetischer Felder, die auch der Mobilfunk nutzt, wird im Körper in Wärme umgewandelt. Das bezeichnet man als thermischen Effekt. Weitere Informationen siehe Kapitel 4 und 5.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

Bezeichnung des vornehmlich in Europa und Japan eingesetzten Mobilfunksystems der dritten Generation. UMTS sendet wie der GSM-Standard im Hochfrequenzbereich mit Frequenzen zwischen 1.900 und 2.170 MHz. Mit UMTS lassen sich große Mengen digitaler Daten schnell mobil senden und empfangen. Die Datenübertragungsrate kann derzeit bis zu 7.2 MBit/s im Download betragen. Weitere Informationen siehe Kapitel 2.

16. Wichtige Adressen

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Referat Öffentlichkeitsarbeit
11055 Berlin
Telefon: 03018 - 305-0
Telefax: 03018 - 305-2044
E-Mail: service@bmu.bund.de
www.bmu.bund.de

Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Bundesnetzagentur)

Tulpenfeld 4; 53113 Bonn
Telefon: 0228 - 14-0
Telefax: 0228 - 14-8872
E-Mail: poststelle@bnetza.de
www.bundesnetzagentur.de

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Postfach 100 149; 38201 Salzgitter
Telefon: 03018 - 333-0
Telefax: 03018 - 333-1885
E-Mail: epost@bfs.de
www.bfs.de

Strahlenschutzkommission (SSK)

Geschäftsstelle im Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 120 629; 53048 Bonn
Telefax: 0228 - 676459
E-Mail: info-ssk@bfs.de
www.ssk.de

Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP)

ICNIRP-Sekretariat, c/o Gunde Ziegelberger
Bundesamt für Strahlenschutz
Ingolstädter Landstraße 1; 85764 Oberschleißheim
Telefon: 03018 - 333-2156
Telefax: 03018 - 333-2155
www.icnirp.de

Weltgesundheitsorganisation (WHO) (EMF-Projekt)

Health Communications and Public Relations, WHO, Genf
Telefon: 0041 - 22791-2532
Telefax: 0041 - 22791-4858
www.who.int/peh-emf/

Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit an der RWTH Aachen (FEMU)

Pauwelsstr. 20; 52074 Aachen
Telefon: 0241 - 8087007
Telefax: 0241 - 8082636
E-Mail: info@femu.rwth-aachen.de
www.femu.rwth-aachen.de
www.emf-portal.de

Informationszentrum Mobilfunk e.V. (IZMF)

Hegelplatz 1; 10117 Berlin
Telefon: 030 - 2091698-0
Telefax: 030 - 2091698-11
E-Mail: info@izmf.de
www.izmf.de

Kinderumwelt gGmbH (Kinderärztliche Umweltberatung)

Westerbreite 7; 49084 Osnabrück
Telefon: 0541 - 9778900
Telefax: 0541 - 9778905
E-Mail: info@allum.de
www.allum.de

Bildquellenverzeichnis:

Abbildung 3, S. 8: Plotzke, O.; Berlin, 2003
Abbildung 9, S. 24: Lerchl, A.; Jacobs University Bremen, 2009
Abbildung 13, S. 35: Bundesamt für Strahlenschutz; Salzgitter, 2008
Abbildung 15, S. 40: Plotzke, O.; Berlin, 2003

Impressum

Autoren:

Dr. rer. nat. Matthias Otto
Prof. Dr. med. Karl Ernst von Mühlendahl

Herausgeber:

Kinderumwelt gemeinnützige GmbH
der Deutschen Akademie für Kinder-
und Jugendmedizin e. V.
Westerbreite 7 | 49084 Osnabrück
Tel.: 0541 - 9778900
Fax: 0541 - 9778905
E-Mail: info@allum.de
www.allum.de (Öffentlichkeit)
www.uminfo.de (Fachöffentlichkeit)

In Zusammenarbeit mit dem
Informationszentrum Mobilfunk e. V.
Hegelplatz 1 | 10117 Berlin
Tel.: 030 - 2091698-0
Fax: 030 - 2091698-11
Kostenfreie Hotline: 0800 - 3303133
E-Mail: info@izmf.de
www.izmf.de

Danksagung:

Wir danken Herrn Prof. Dr. Jürgen Kiefer
von der Universität Gießen für seine
Unterstützung bei der fachlichen Über-
arbeitung.

Stand:

März 2009
Zweite, vollständig überarbeitete Auflage