



Mobilfunk und Gesundheit
Eine Information für Ärzte

Ärzte

1. Einleitung	Seiten 4 5	7. Wechselwirkung mit Medizintechnik	Seite 26
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 10	8. Grenzwerte und Grenzwertvorschläge	Seiten 27 29
2.1 Aufbau des Mobilfunknetzes		8.1 Basisgrenzwerte und abgeleitete Grenzwerte	
2.2 Ausbreitung der Felder		8.2 Andere Grenzwertvorschläge	
2.3 Informationsübertragung		8.3 Behördliche Aufsicht	
2.4 GSM und UMTS im Vergleich			
3. Elektromagnetische Felder im Mobilfunk	Seiten 11 12	9. Exposition gegenüber Mobilfunkfeldern	Seiten 30 31
3.1 Mobilfunkfelder: nichtionisierende Strahlung		9.1 Feldbelastung im Umfeld einer Basisstation	
3.2 Frequenzen und Leistungen in der drahtlosen Kommunikation		9.2 Feldbelastung während eines Handytelefonats	
3.3 Sendeleistung der Handys			
3.4 Weitere elektromagnetische Felder			
4. Einwirkung von Mobilfunkfeldern auf Lebewesen	Seiten 13 15	10. Schutz empfindlicher Personengruppen	Seiten 32 33
4.1 Niederfrequente Felder			
4.2 Hochfrequente Felder			
5. Athermische Effekte	Seiten 16 22	11. Risikowahrnehmung und -kommunikation	Seiten 34 39
5.1 Diskutierte Effekte		11.1 Risiken aus Experten- und Laiensicht	
5.2 Hirnströme		11.2 Risiko-Nutzen-Abwägung	
5.3 Kognitive Leistungen		11.3 Arzt-Patienten-Gespräche über Mobilfunk	
5.4 Schlafparameter		11.4 Standorte von Mobilfunkbasisstationen	
5.5 Hormonausschüttung		11.5 Befindlichkeitsstörungen im Umfeld von Basisstationen	
5.6 Öffnung der Blut-Hirn-Schranke		11.6 Nutzung von Mobiltelefonen	
5.7 Ionentransport durch Membranen		11.7 Baubiologie	
5.8 Blutbild		11.8 Gepulste Felder	
5.9 Mobilfunk und Kanzerogenese			
5.10 Auftreten von Befindlichkeitsstörungen			
6. Übersichtsarbeiten zu „Mobilfunk und Gesundheit“	Seiten 23 25	12. Mobilfunk und Umwelt	Seite 40
		13. Fazit	Seiten 41 42
		14. Literatur	Seiten 43 48
		15. Glossar	Seiten 49 52
		16. Wichtige Adressen	Seiten 53 54

1. Einleitung

Als vor 11 Jahren die heutigen Mobilfunknetze an den Start gingen, hat wohl niemand vorhergesehen, in welcher kurzen Zeit die neue Technologie sich flächendeckend durchsetzen würde. Mehr als 70 Millionen Handynutzer gibt es inzwischen in Deutschland. Längst hat sich das Handy vom Statussymbol zum Alltagsgegenstand gewandelt. 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 findet derzeit im D- und E-Netz noch unter dem GSM-Netzstandard (Global System for Mobile Communication) statt. Doch mit zunehmendem Bedarf an schnelleren und umfangreicheren Datenübertragungen wachsen auch die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Mobilfunknetz-Infrastruktur.

Mit der Einführung des neuen Standards UMTS (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.

1.2 Mobilfunk und Telemedizin

Die Mobilfunktechnik eröffnet auch der Telemedizin neue Möglichkeiten. Neue mobilfunkbasierte Anwendungen ermöglichen es, bestimmte Aspekte der Arzt-Patienten-Beziehung neu zu gestalten. Zum Beispiel könnten chronisch Kranke wie Diabetiker, Asthmatiker oder Epileptiker besser betreut und pflegebedürftige Patienten engmaschiger überwacht werden. Bei Unfällen und in Notfällen könnten 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 über das mit einem „Body Area Network“ verbundene Handy zur Klinik weitergeleitet.

Ärzte können über das UMTS-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.

Sicherlich werden mobilfunkgestützte Anwendungen im Gesundheitswesen erheblich dazu beitragen, die medizinische Versorgung der Bevölkerung zu verbessern.

1.3 Kenntnisstand zu Mobilfunk und Gesundheit

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

Anliegen dieser Publikation ist es, einen neutralen und sachlichen Überblick über den derzeitigen Erkenntnisstand zum Thema „Mobilfunk und Gesundheit“ aus umweltmedizinischer Sicht zu geben. Darüber hinaus will sie die Arzt-Patienten-Kommunikation zu diesem Thema unterstützen.

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 sowohl als Sende- als auch als Empfangsstation. 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 wenig 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 beträgt. Die neue UMTS-Technik erfordert generell wesentlich kleinere Funkzellen, um die hohe Übertragungsgeschwindigkeit der Sprach- und Bilddaten zu gewährleisten.

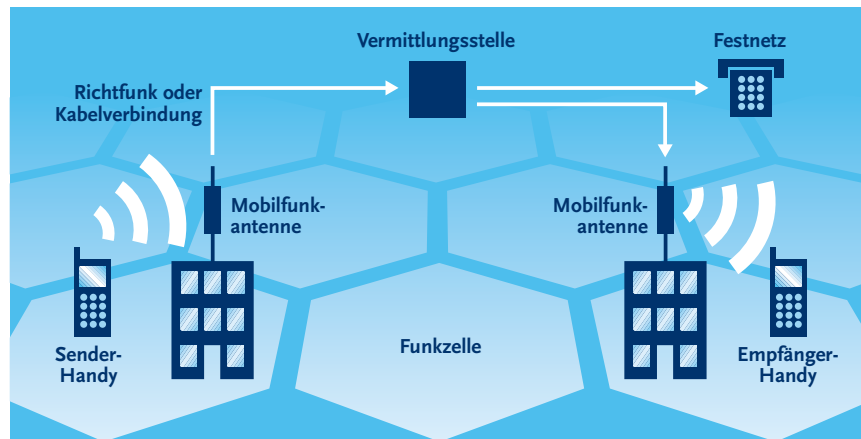


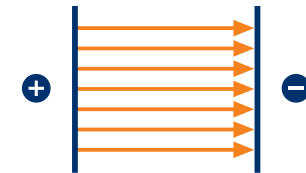
Abb. 1: Funkzellen im Mobilfunk

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. Auch die Belastung mit elektromagnetischen Feldern ist bei einem zentralen Standort in der Regel geringer.

Grundwissen zu elektromagnetischen Feldern

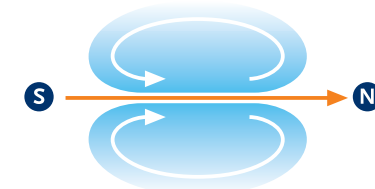
Elektrisches Feld

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



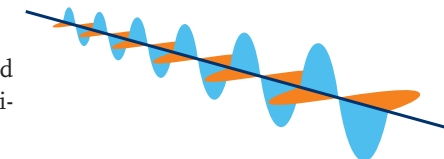
Magnetisches Feld

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



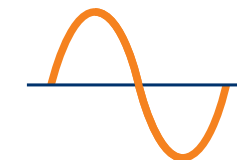
Elektromagnetisches Feld

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



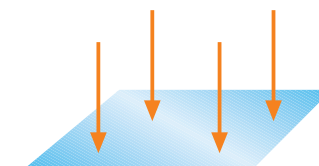
Frequenz

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



Leistungsflussdichte

Die Leistungsflussdichte ist ein Maß für die senkrecht auf eine Fläche eintreffende Leistung eines elektromagnetischen Feldes. Sie wird in Watt pro Quadratmeter gemessen.



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 einer bestimmten Richtung gebündelt. Für die Feldausbreitung gelten dieselben physikalischen Gesetze, wie wir sie von der Ausbreitung des Lichtes her kennen:

- die Feldstärke nimmt mit der Entfernung rasch ab, die Leistungsflussdichte mit dem Quadrat der Entfernung,
- Hindernisse in der Ausbreitungsrichtung können das Feld abschwächen (Bildung von Funkschatten),
- Reflexionen sind möglich.

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



Abb. 2: Ausbreitung der Mobilfunkfelder (Grafik: © O. Plotzke)

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 (etwa alle 30 Minuten 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 Handy eine Verbindung aufbaut, beginnt es zu senden. Nach erfolgreichem Verbindungsaufbau wird die Sendeleistung des Handys automatisch auf das niedrigste Niveau heruntergeregelt, auf dem eine gute Gesprächsqualität gerade noch möglich ist. Auf diese Weise wird die Sendeleistung kontinuierlich angepasst. 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, wie er derzeit in den D- und E-Netzen genutzt wird, 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.

3. Elektromagnetische Felder im Mobilfunk

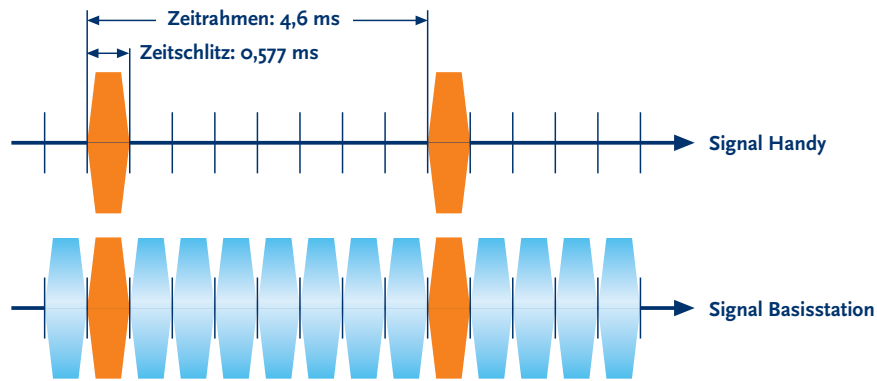


Abb. 3: Signalverlauf beim GSM-Handy und bei der Basisstation (idealisiertes Verhalten)

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 einen speziellen Code ermöglicht. Das UMTS-Signal ist nicht mehr gepulst, sondern ähnelt einem kontinuierlichen Rauschen.

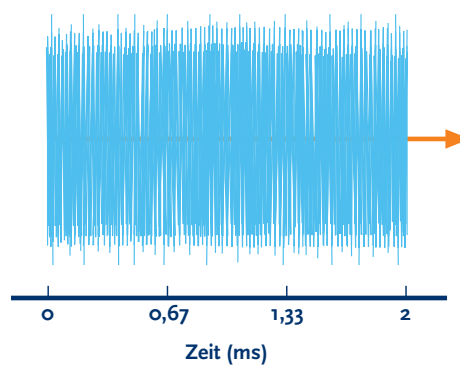


Abb. 4: Signalverlauf bei UMTS

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.

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 unter der Energie, die erforderlich ist, um chemische Bindungen (z. B. in Nucleinsäuren) aufzubrechen. Anders als UV-Licht oder Röntgenstrahlung sind Mobilfunkfelder somit aus energetischen Gründen nicht in der Lage, das Erbgut direkt zu schädigen und so einen Tumor zu initiieren.

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)	10 W typisch
zum Vergleich				
DECT schnurlose Telefone	DECT	1800 – 1900 MHz	100 Hz (niederfrequent gepulst)	Basisstation: 0,25 W Handset: 0,25 W (Spitze) Handset: 0,01 W (Mittelwert)

Tabelle 1: Frequenzen und Leistungen im Mobilfunk und bei der schnurlosen Telefonie

3.3 Sendeleistung der Handys

Die Sendeleistung moderner Handys liegt bei maximal 2 Watt bei GSM 900 bzw. 1 Watt bei GSM 1800 und UMTS. Dieser Wert bezeichnet den Spitzenwert während eines Sendepulses. Da das Handy jedoch nur während 1/8 der Zeit sendet und 7/8 der Zeit „stumm“ ist (s. 2.4), 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 herunterregelt wird, ist die tatsächliche mittlere Leistung während eines Telefonats weitaus geringer. Auch die Bauart der Handys hat Einfluss auf die Sendeleistung.

3.4 Weitere elektromagnetische Felder

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

- Rundfunk- und Fernsehsender sind uns seit langem vertraut. Ihre Sendeleistung liegt 100- bis 1.000fach über der einer Mobilfunk-Basisstation.
- Schnurlose Telefone nach dem DECT-Standard funktionieren nach demselben technischen Prinzip wie Mobiltelefone. Die Sendeleistung eines schnurlosen Telefons liegt sogar noch unter der eines Handys.
- Neuere Kommunikationstechnologien wie „Blue Tooth“ und „WLAN“ benötigen sehr geringe Sendeleistungen.

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.

4. Einwirkung von Mobilfunkfeldern auf Lebewesen

„Welche Wirkung elektromagnetische Felder auf Lebewesen ausüben, hängt in erster Linie von ihrer Frequenz ab“ (Bernhardt 1999, Glaser 2000, Silny 2001). Daneben ist die Intensität der Felder der zweitwichtigste Faktor.

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 gültige Grenzwertkonzept zum Schutz des Körpers vor niederfrequenten elektromagnetischen Feldern orientiert sich an den physiologischen Körperstromdichten beim Menschen.

4.2 Hochfrequente Felder

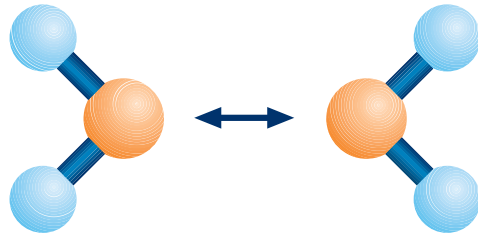
Hochfrequente elektromagnetische Felder – zu denen die Mobilfunkfelder zählen – dringen kaum in den Körper ein. Ursache hierfür ist zum einen der so genannte Skineffekt (siehe Kasten auf der folgenden Seite), zum anderen die ausgeprägte Absorption in den oberen Hautschichten.

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

Die bekannteste 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.

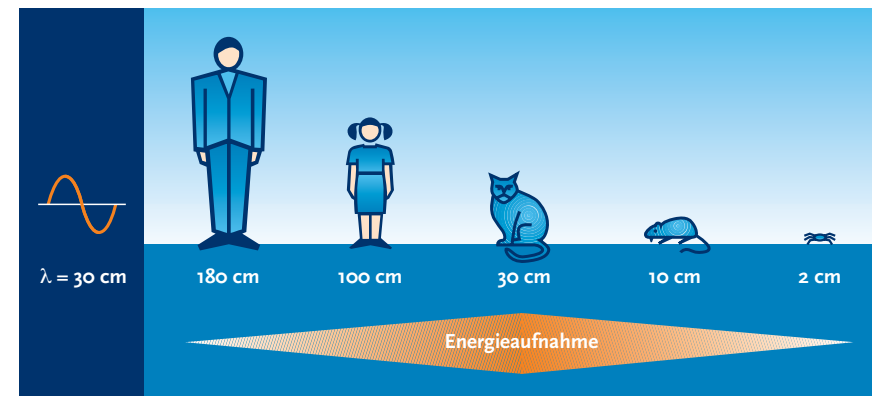
Skineffekt

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 gilt als wissenschaftlich erwiesen. Darüber hinaus wird in Teilen der Fachöffentlichkeit, noch mehr aber in der Bevölkerung die Frage diskutiert, ob Mobilfunkfelder bereits unterhalb der gültigen Grenzwerte biologische Wirkungen entfalten können, die weder auf die Erregung einer Membran, noch auf die Erwärmung des Lebewesens zurückgehen. Meist werden diese Effekte – fachlich nicht ganz korrekt – als „athermische“ oder „nichtthermische“ Effekte bezeichnet und dem Pulscharakter des GSM-Signals zugeschrieben.

5.1 Diskutierte Effekte

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

Berichtet wurde unter anderem über:

- Veränderungen von Hirnströmen (EEG),
- Veränderungen der kognitiven Leistungen,
- Veränderungen von Schlafparametern,
- das Auftreten von Befindlichkeitsstörungen (Schlaflosigkeit, Konzentrationsstörungen, Tinnitus),
- Veränderungen der Hormonausschüttung (insbesondere von Melatonin),
- Öffnung der Blut-Hirn-Schranke,
- veränderten Ionentransport durch Membranen (z. B. Kalzium).

Weitere Berichte betreffen das Blutbild („Geldrolleneffekt“, Retikulozytenausschüttung) und vor allem auch die Kanzerogenese.

Solche Berichte basieren in der Regel auf in vitro-Untersuchungen, auf Tierversuchen, Versuchen an Probanden und epidemiologischen Studien. Die jeweiligen Untersuchungsmethoden unterscheiden sich sehr in ihrer Aussagekraft. Einzelheiten hierzu können im Kasten „Herangehensweisen in der Forschung“ (s. 5.10) nachgelesen werden.

In den folgenden Abschnitten werden einige der athermischen Wirkungen, über die berichtet wurde, kurz vorgestellt und kommentiert.

5.2 Hirnströme

Untersuchungen zu Veränderungen von Hirnstromaktivitäten (EEG) unter dem Einfluss eines der Handynutzung entsprechenden Feldes liefern Hinweise auf eine Beeinflussung neurophysiologischer Prozesse, allerdings sind die Ergebnisse widersprüchlich (Hehl et al., 2002). Studien zum Ruhe-EEG sprechen eher gegen eine Beeinflussung der Hirnaktivität, während bei komplexen Aufgaben zur Informationsverarbeitung messbare Veränderungen festgestellt wurden. Die gesundheitliche Relevanz dieser geringen Änderungen ist ungewiss.

5.3 Kognitive Leistungen

Einige Studien zu Gedächtnisfunktion, Lern- und Reaktionsfähigkeit zeigen, dass Felder, die einer Handynutzung vergleichbar sind, die Reaktionszeit um mehrere Prozent verkürzen. Möglicherweise lässt sich dieser Befund mit einer lokalen Erwärmung des Gehirns durch das Hochfrequenznahfeld erklären. Die beschriebenen Veränderungen lagen in der Regel im natürlichen biologischen Schwankungsbereich, waren also nicht sehr ausgeprägt.

5.4 Schlafparameter

Mann und Röschke (1996) beobachteten, dass sich Einschlafzeit und REM-Dauer unter dem Einfluss von „Handyfeldern“ verringern. Diese Beobachtungen konnten von denselben Autoren in späteren Studien nicht bestätigt werden. Borbely et al. (1999) beobachteten ebenfalls eine eher schlaffördernde Wirkung der Mobilfunkfelder. Die Wachtraum-Phase war von 18 auf 12 Minuten signifikant verkürzt.

Die von einer Kieler Forschergruppe (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. Insgesamt ergeben die Studien kein konsistentes Bild und können die Hypothese, dass Mobilfunkfelder Schlafstörungen verursachen, nicht stützen.

5.5 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, so 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). Inzwischen wird angezweifelt, dass Melatonin mit der Belastung mit elektromagnetischen Feldern im Nieder- und Hochfrequenzbereich korreliert (Wunstorf et al. 2000).

Die Annahme, dass die Sekretion bestimmter Hypothalamushormone durch Handyfelder beeinflusst werde, konnte bisher auch noch nicht wissenschaftlich untermauert werden (de Seze et al. 1998, Mann et al. 1998).

5.6 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 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 neurones“). Diese Studie weist grobe

methodische Mängel auf. Ihr liegt nur ein einziges Experiment zugrunde, und unerklärterweise ließen die Autoren viele Wochen zwischen Feldeinwirkung und Messung des Effekts verstreichen. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand gibt es also 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.

5.7 Ionentransport durch Membranen

Die Beobachtungen zum Calcium-Efflux aus dem Hirngewebe von Küken sind zum Teil 20 Jahre alt und wurden unter sehr speziellen Bedingungen gemacht, die für den Mobilfunk nicht von Bedeutung sind (Amplitudenmodulation mit 16 Hz). Neuere Untersuchungen konnten diese Ergebnisse nicht bestätigen.

5.8 Blutbild

Gelegentlich führen Mobilfunkkritiker die Geldrollenagglutination von Erythrozyten als im Mikroskop sichtbaren Beweis für die Schädlichkeit von Mobilfunkfeldern an. In der neueren medizinischen Literatur ist hierzu nichts zu finden. Die „Geldrollenbildung“ (blood sludge) der Erythrozyten ist eine normale Eigenschaft des Blutes und dient zur Feinregulierung der Blutviskosität.

5.9 Mobilfunk und Kanzerogenese

Seit langem wird der Frage nachgegangen, ob Mobilfunkfelder das Krebsgeschehen beeinflussen. Wie bereits im Abschnitt 3.1 erwähnt, reicht die Energie der Mobilfunkfelder nicht aus, um die DNS direkt zu schädigen und auf diese Weise eine Tumorentstehung 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.

Besonderes Aufsehen hat die Arbeit des australischen Forschers Repacholi erregt (Repacholi et al. 1997). Er fand, dass gentechnisch veränderte Mäuse nach Exposition gegenüber 900 MHz-Feldern vermehrt Lymphome entwickelten. Allerdings weist die Studie eine Reihe von Mängeln auf. Derzeit werden Wiederholungsstudien durchgeführt. Eine bereits publizierte Nachfolgestudie (Utteridge et al. 2002) konnte Repacholis Ergebnisse nicht bestätigen. Die bisher veröffentlichten epidemiologischen Studien befassen sich vornehmlich mit einem möglichen Zusammenhang zwischen Handynutzung und Krebserkrankungen. Dagegen liegen nur wenige Untersuchungen zum Krebsgeschehen im Umfeld von Mobilfunkbasisstationen vor. 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 Fernsehseindern.

Die ersten Ergebnisse epidemiologischer Studien zur Krebshäufigkeit bei Handynutzern liegen vor. Sie kommen aus den USA, aus Skandinavien und aus Deutschland. Bei den als Fall-Kontroll-Studien angelegten Untersuchungen von Hardell et al. (1999, 2002, 2003), Muscat et al. (2000, 2002) und Inskip et al. (2001) ergaben sich insgesamt keine Hinweise darauf, dass Handy-Telefonate das Hirntumorrisiko steigern.

In Schweden werden neben der digitalen Übertragungstechnik auch analoge Mobiltelefone genutzt, die mit einer vergleichsweise hohen Leistungsflussdichte arbeiten. Hier wurde eine leichte Zunahme von Hirntumoren auf der Kopfseite gefunden, die zum Telefonieren genutzt wurde. Eine deutsche Studie ergab ein 3 - 4fach erhöhtes Risiko, an einem seltenen Augentumor (Uvealmelanom) zu erkranken (Stang et al. 2001). Hier ist die Anzahl der untersuchten Personen für eine belastbare Aussage zu gering, die Studie wurde nicht speziell für diese Fragestellung konzipiert. Eine neuere, von Johansen et al. (2002) durchgeführte Studie konnte den Zusammenhang nicht bestätigen.

Schüz und Michaelis (2001) weisen kritisch darauf hin, dass die Aussagekraft der gegenwärtig vorliegenden Studien aufgrund der nicht ausreichenden Fallzahlen und der langen Latenzzeiten zwischen Handynutzung und Tumordiagnose eingeschränkt ist.

Die Weltgesundheitsorganisation führt derzeit eine internationale Fall-Kontroll-Studie in zahlreichen Ländern durch. In dieser „Interphone“-Studie soll geklärt werden, ob die Handynutzung das Risiko erhöht, an bestimmten Tumoren zu erkranken. Die Forschung wird von der IARC (International Agency for Research on Cancer) in Lyon koordiniert. Erste Ergebnisse werden Anfang 2006 erwartet.

5.10 Auftreten von Befindlichkeitsstörungen

Eine vielzitierte „Kärntner Studie“ (Hutter et al. 2001) zu Befindlichkeitsstörungen im Umfeld von Basisstationen steht wegen methodischer Fehler in der Kritik der Fachöffentlichkeit. Sie zeigt im wesentlichen, dass bereits die Angst vor Mobilfunk krank machen kann: „Die meisten erhobenen Symptome und Beschwerden zeigen zwar einen Zusammenhang mit dem Ausmaß der Befürchtungen negativer gesundheitlicher Auswirkungen der Basisstation, nicht aber mit den erhobenen Feldstärken der hochfrequenten elektromagnetischen Felder. Davon weichen allerdings die Herz-Kreislauf-Beschwerden ab: Diese zeigen ausschließlich einen Zusammenhang mit den gemessenen Feldstärken und können nicht auf die Befürchtungen zurück geführt werden“.

6. Übersichtsarbeiten zu „Mobilfunk und Gesundheit“

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 4.2).

Versuche an Probanden sind gut geeignet, um Kurzzeiteffekte 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 darf nicht vergessen 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.

Eine Reihe renommierter Gremien und Fachleute, darunter die Weltgesundheitsorganisation WHO, englische und kanadische Expertengruppen sowie die deutsche Strahlenschutzkommission, haben die derzeit vorliegenden wissenschaftlichen Forschungsergebnisse zum Thema „Mobilfunk und Gesundheit“ gesichtet und bewertet. Besonderes Augenmerk galt dabei den Berichten zu athermischen Wirkungen. Angesichts der Vielzahl der Studien musste eine Auswahl nach bestimmten Kriterien getroffen werden.

Auswahlkriterien für Studien

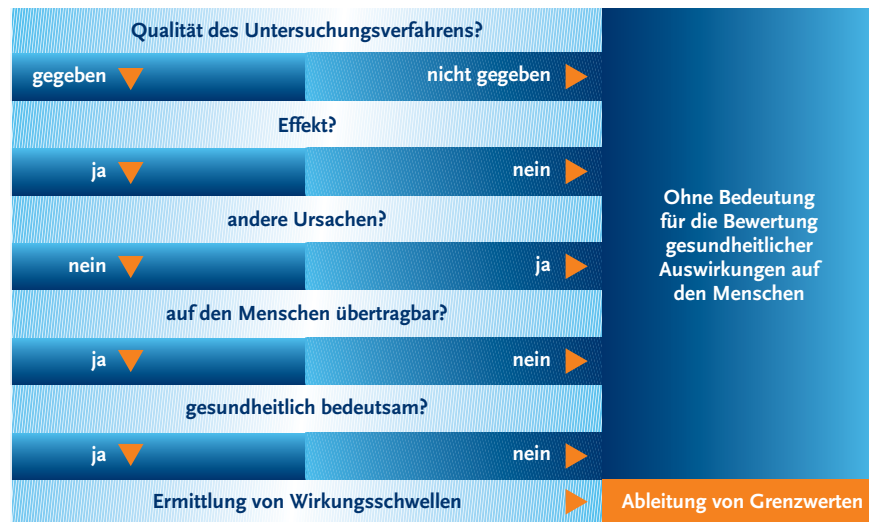
Ergebnisse, die in Zeitschriften mit einem peer review-System veröffentlicht werden, werden stärker gewichtet als Veröffentlichungen in Zeitschriften, die ohne dieses Verfahren arbeiten. Ferner wird geprüft, ob Untersuchungsmethoden korrekt und adäquat zur Fragestellung eingesetzt wurden, und ob eine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

Schließlich stellt sich die Frage, ob eine beobachtete Wirkung für die Gesundheit von Bedeutung ist. Das Schema auf Seite 24 illustriert dieses Bewertungsverfahren, das nicht nur beim Mobilfunk, sondern unter anderem auch bei toxikologischen und umwelthygienischen Fragestellungen angewandt wird.

Aus Platzgründen kann in der vorliegenden Publikation auf die meisten der bisher erschienenen Übersichten und wertenden Zusammenfassungen nur verwiesen werden. Sie sind im Literaturverzeichnis mit einem Sternchen gekennzeichnet. Einige Übersichtsarbeiten haben beträchtliche Beachtung gefunden, darunter insbesondere vier Gutachten (Benischke et al. 2000, Ecolog-Institut 2000, Glaser 2000 und Silny 2000), die zu dem Schluss kommen, dass es bis dato keine wissenschaftlichen Nachweise für Risiken unterhalb der gültigen Grenzwerte gibt. Allerdings sehen sie unterschiedlichen Handlungsbedarf in Bezug auf die Vorsorge.

Die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK) hat sich Mitte 2001 mit dem Kenntnisstand zum Thema „Mobilfunk und Gesundheit“ befasst und Empfehlungen formuliert. 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 Gesundheitsbe-

eintrüchtigungen vorliegen, die Zweifel an der wissenschaftlichen Bewertung aufkommen lassen, die den Schutzkonzepten der ICNIRP bzw. der EU-Ratsempfehlung zugrunde liegt.“ Auch 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“.



Verfahrensablauf bei der Bewertung wissenschaftlicher Studienergebnisse zum Thema „Umwelt und Gesundheit“ (nach: Autorenkollektiv (2002): Infoschrift „Mobilfunk und Gesundheit“. T-Mobile, Darmstadt)

Neuere Übersichtsarbeiten von Silny (2002) und Rösli et al. (2003) setzen sich kritisch mit den in den letzten Jahren erschienenen Veröffentlichungen auseinander. Beide Autorenkollektive bestätigen das Fazit der Strahlenschutzkommission vom September 2001.

Die nachfolgende Tabelle fasst den gegenwärtigen Erkenntnisstand zu mobilfunkbedingten Einflüssen auf die Gesundheit zusammen.

Art der Erkenntnisse	Auswirkung auf die Gesundheit	Expositionsquelle
gesichert (konsistente Befunde)	Verkehrsunfälle	Mobiltelefon (Gebrauch im Verkehr)
	Interferenz bei Implantaten	Mobiltelefon* (selten)
wahrscheinlich (mehrfache Hinweise)	Hirnströme	Mobiltelefon
	beschleunigte Reaktionszeiten	Mobiltelefon
	unspezifische Symptome**	Mobiltelefon
	Schlafphasen	Mobiltelefon
möglich (einzelne Hinweise)	Schlafqualität	Radiosender
	Hirntumoren***	Mobiltelefon
nicht beurteilbar (Studien mit wenig Aussagekraft)	Hormonsystem	diverse Quellen
	Immunsystem	diverse Quellen
	Herz-Kreislauf-System	Radiosender
	psychisches Befinden	diverse Quellen
	Augentumoren***	Mobiltelefon
unwahrscheinlich	Mortalität	Mobiltelefon
	weitere Tumoren	diverse Quellen

*hier ist der Gebrauch des Mobiltelefons gemeint
 **Kopfweg, Müdigkeit, Konzentrationsprobleme usw.
 ***vgl. hierzu 5.9

Tabelle 2: Gesicherte, mögliche und unwahrscheinliche Einflüsse des Mobilfunks auf die Gesundheit (nach: Rösli et al. 2003)

Die Übersicht macht deutlich, dass die große Mehrzahl der gesicherten, wahrscheinlichen oder möglichen Hinweise auf gesundheitliche Effekte mit dem Gebrauch des Mobiltelefons, nicht aber mit den Basisstationen in Verbindung gebracht werden. Dies erscheint plausibel, da die Feldexposition während eines Handytelefonats deutlich höher ist als die Exposition durch Basisstationen.

7. Wechselwirkung mit Medizintechnik

In seltenen Fällen können die von Mobilfunktelefonen 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. Mobilfunktelefone sollten diese Personen mit Bedacht und eventuell nach Rücksprache mit dem Arzt einsetzen. Schrittmacherpatienten sollten aus Vorsichtsgründen einen Abstand von mindestens 25 Zentimetern zwischen dem Handy und dem Schrittmacher einhalten.

Ebenfalls aus Vorsichtsgründen wird in Krankenhäusern, speziell auf Intensivstationen, und in bestimmten Arztpraxen die Nutzung von Mobiltelefonen eingeschränkt oder untersagt. Die Industrie arbeitet verstärkt an der Entwicklung störungsempfindlicher 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 und Silny 2002).

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 Felder im Gewebe dient die so genannte spezifische Absorptionsrate (SAR). Eine SAR in Höhe von 4 Watt pro Kilogramm Gewebe wird als Wirkschwelle für den Ganzkörperbereich angesehen. Ein entsprechendes elektromagnetisches Feld erhöht die Körpertemperatur je nach Dauer der Einwirkung um bis zu 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 Deutschland sind die geltenden Grenzwerte 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

Diese Basisgrenzwerte liegen bis zu 50fach 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 so genannter 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 gültigen abgeleiteten Grenzwerte.

Land	Institution	elektr. Feldstärke ^{**} (V/m)	Leistungsflussdichte (W/m ²)
International	ICNIRP, WHO, EU	D-Netz: 41 [*] E-Netz: 58 [*] UMTS: 62 [*]	D-Netz: 4,5 [*] E-Netz: 9,0 [*] UMTS: 10,0 [*]
Deutschland	BMU	D-Netz: 41 E-Netz: 58 UMTS: 62	D-Netz: 4,5 E-Netz: 9,0 UMTS: 10,0

*Empfehlung **Referenzwert, abgeleitet von einem SAR-bezogenen Basisgrenzwert

Tabelle 3: Derzeit gültige Grenzwerte in den Mobilfunknetzen

Die Grenzwerte, die in Deutschland seit dem 01. Januar 1997 gültig sind, tragen dem Vorsorgegedanken Rechnung und sind unter der Annahme einer lebenslangen Einwirkung berechnet worden.

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 wurden zahlreiche Vorschläge für deutlich niedrigere Grenzwerte gemacht. Diese basieren auf einer besonderen Gewichtung ungesicherten Wissens, die daraus abgeleiteten Grenzwertvorschläge sind in der Regel wissenschaftlich nicht begründet. In einigen europäischen Ländern gelten von den ICNIRP-Empfehlungen abweichende Grenzwerte.

„Schweizer Grenzwerte“

Seit dem 1. Februar 2000 gilt in der Schweiz 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 Kinderspielflächen.

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.

9. Exposition gegenüber Mobilfunkfeldern

9.1 Feldbelastung im Umfeld einer Basisstation

Die folgende Abbildung macht den Feldverlauf im Umfeld einer Basisstation sichtbar.

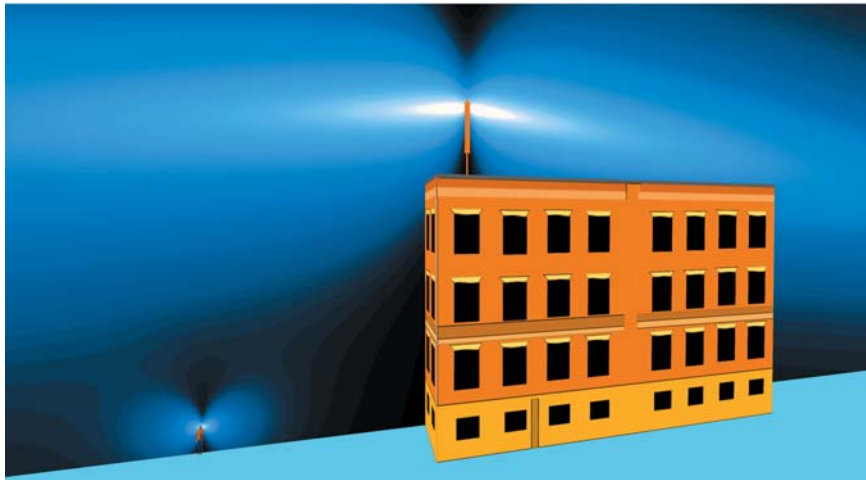


Abb. 5: Feldstärken im Umfeld einer Basisstation und bei Handynutzung (Grafik: © O. Plotzke)

An allen Orten, an denen sich Personen üblicherweise aufhalten, werden die Grenzwerte sicher eingehalten. Überall dort, wo Handynutzer telefonieren oder anrufbar bleiben wollen, müssen selbstverständlich elektromagnetische Felder messbar und von den Handys erfassbar sein.

Aufgrund der „leuchtturmartigen“ Ausbreitung des Feldes ist die Belastung unmittelbar unter einer Antenne äußerst gering. Im Innern der Gebäude ist die Feldstärke noch geringer, da die Bausubstanz stark dämpfend wirkt. Hier werden die Grenzwerte in der Regel um den Faktor 1.000 – 20.000 unterschritten. Das Feld, dem ein Handynutzer während eines Telefonats ausgesetzt ist, ist deutlich stärker, aber auch hier werden die Grenzwerte sicher eingehalten.

9.2 Feldbelastung während eines Handytelefonats

Wie hoch das Feld (genauer gesagt: das Nahfeld) in Kopfnähe während eines Handytelefonats ist, hängt von vielen Faktoren ab. Zum einen spielen die örtlichen Empfangsbedingungen und die Bauart des Handys eine Rolle, auf die die Nutzer keinen Einfluss haben. Von großer Bedeutung ist jedoch 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 Feldstärke. Der Verbindungsaufbau mit der Basisstation erfolgt mit voller Leistung, danach regelt das Handy seine Sendestärke auf ein Minimum herunter. Aus diesen Gründen ist es schwierig, die Feldbelastung während eines Mobiltelefonats zu beziffern. Auf jeden Fall ist sie deutlich größer als die Belastung durch das Feld der Basisstation.

SAR- und TCP-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.

Neben dem SAR-Wert wird neuerdings auch der sogenannte TCP-Wert angegeben. Er gibt Auskunft darüber, welcher Anteil der Sendeleistung des Handys zur Kommunikation verwendet wird. Je höher der TCP-Wert liegt, desto geringer ist die Körperbelastung während eines Telefonats.

10. Schutz empfindlicher Personengruppen

Die in der 26. BImSchV verankerten Grenzwerte zum Schutz der Allgemeinbevölkerung liegen etwa 50fach unterhalb der biologischen Wirkschwelle und berücksichtigen den Kenntnisstand in Bezug auf thermische und gesicherte athermische Wirkungen. Nach Ansicht der ICNIRP 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 - 1.000fach unter dem gültigen Grenzwert. Meistens werden auch Vorsorgewerte, wie sie von Mobilfunkkritischen Institutionen und Vereinigungen gefordert werden, problemlos eingehalten. Dann spielt der Umstand, dass Kinder aufgrund ihrer Körpergröße (s. 4.2, Kasten „Resonanzeffekt“) und des höheren Wassergehalts ihres Körpers das Feld etwa 1,5 - 2fach stärker absorbieren, 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:

Während eines Handytelefonats werden wesentlich höhere Feldstärken erreicht als im Umfeld einer Basisstation. Da sich das kindliche Gehirn noch in der Entwicklung befindet, sollte es allein aus Gründen der Vorsorge keiner unnötigen Feldbelastung ausgesetzt werden. Die Kommission für Umweltfragen der Deutschen Akademie für Kinder- und Jugendmedizin e. V., das Bundesamt für Strahlenschutz und weitere Fachleute haben Empfehlungen zur Handynutzung abgegeben, die sich insbesondere an Kinder richten.

In Anerkennung des Vorsorgegedankens empfehlen diese Gremien:

- grundsätzlich die Sprechzeiten möglichst kurz zu halten,
- Kindern und Jugendlichen von unnötig langer Nutzung abzuraten,
- stattdessen auf Kurzmitteilungen (SMS) auszuweichen,
- Freisprechanlagen und Autoantennen zu nutzen und
- beim Handykauf auf den SAR-Wert zu achten.

Empfehlungen zur Handynutzung durch Schrittmacherpatienten und Träger anderer elektronischer Medizintechnik finden sich im Kapitel 7 („Wechselwirkung mit Medizintechnik“).

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. Dies mag Anlass sein, sich einmal 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 gute 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, 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. Chemikalien 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 natürliche 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 „alternativer Wissenschaftler“ 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. 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.

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 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?

Die in der vorliegenden Publikation zusammengefassten Informationen sollen dazu beitragen, 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

Einige Anwohner, aber auch manche ärztliche Kollegen bringen 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 Bluthochdruck, Herzrhythmusstörungen, hirndegenerativen Erkrankungen, Epilepsie, Krebserkrankungen, Herzinfarkten und Schlaganfällen berichtet. Zunehmend häufiger wurden 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 gar nicht; es handelt sich um unbelegte Behauptungen.

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. Ausgenommen hiervon sind Träger von Herzschrittmachern und anderen implantierten medizinischen Geräten. Für diese Patienten haben die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und das Bundesamt für Strahlenschutz spezielle Nutzungsempfehlungen herausgegeben (s. Kap. 7).

Die auf dem Markt befindlichen Geräte müssen die gültigen Grenzwerte einhalten, die für eine lebenslange Exposition abgeleitet wurden. Allerdings liegen Hinweise darauf vor, dass elektromagnetische Felder, wie sie während eines Handytelefonats auftreten, beispielsweise die Informationsverarbeitung im Gehirn beeinflussen können. Die gesundheitliche Relevanz dieser Effekte ist noch nicht abschließend geklärt. Daher haben die deutschen Kinderärzte und das Bundesamt für Strahlenschutz Empfehlungen zu einer maßvollen und bedachtsamen Handynutzung ausgesprochen (s. Kap. 10 „Schutz empfindlicher Personengruppen“). Während der Schwangerschaft sind keine besonderen Schutzmaßnahmen erforderlich.

11.7 Baubiologie

Häufig werden Ärzten von Ratsuchenden „baubiologische Gutachten“ vorgelegt, mit denen eine „erhebliche Feldbelastung“ durch Mobilfunk-Basisstationen und DECT-Telefone 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 messen die Leistungsflussdichte oft nicht in der gebräuchlichen Maßeinheit „Watt pro Quadratmeter“, sondern in der 1.000.000fach kleineren Einheit „Mikrowatt pro Quadratmeter“. 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 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. Kap. 2 „Grundlagen des Mobilfunks“).

12. Mobilfunk und Umwelt

12.1 Recycling und Wiederverwendung

Ein funktionsunfähiges Handy gehört 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 wieder verwendbare Einzelteile zerlegt oder fachgerecht entsorgt. Funktionstüchtige Geräte können in Entwicklungsländern eingesetzt werden.

12.2 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, 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 – auch ohne SIM-Karte oder PIN-Code.

13. Fazit

In Deutschland wird die digitale Mobilfunktechnik nach dem GSM-Standard seit 11 Jahren eingesetzt und ausgebaut. Es ist verständlich, dass die komplexe Technik, die dem Mobilfunk zugrundeliegt, neben ihrem Nutzen auch Befürchtungen über 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 Bundesimmissionsschutzgesetzes (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 diskutiert, ob die zum Bereich der Hochfrequenz zählenden Mobilfunkfelder bereits unterhalb der Grenzwerte zu athermischen Effekten führen. Oft werden die vermuteten Wirkungen dem Pulscharakter dieser Felder zugeschrieben. Internationale und nationale Fachgremien haben die vorliegenden Befunde zu athermischen Effekten gesichtet und kommen zu dem Schluss, dass das gegenwärtige Grenzwertkonzept geeignet und flexibel genug ist, um vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch alltägliche Expositionen zu schützen. Teilweise beinhalteten 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.

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.

Dagegen kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden, dass das deutlich höhere Nahfeld während eines längeren Handytelefonats in der Lage ist, Hirnstromaktivitäten und kognitive Leistungen zu beeinflussen. Eine gesundheitliche Gefährdung ist derzeit nicht erkennbar, zumal sich viele Effekte im Bereich normaler biologischer Schwankungen bewegen. Ob die Handynutzung mit einem erhöhten Risiko

einhergeht, an einem Gehirntumor zu erkranken, wird intensiv untersucht. Die bisher vorliegenden Ergebnisse sprechen gegen diese Annahme. Im Rahmen der „Interphone“-Studie will die Weltgesundheitsorganisation dieser Frage im Detail nachgehen. Erste Ergebnisse werden Anfang 2006 erwartet.

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.

14. Literatur

Übersichtsarbeiten bzw. Gutachten sind mit einem Stern gekennzeichnet

Autorenkollektiv (2002):

Infoschrift „Mobilfunk und Gesundheit“. T-Mobile, Darmstadt

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

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

* **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

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

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

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

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

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

Eikmann, Th. und C. Herr (2003):

Der Freiburger Appell – ein neuer Aspekt in der öffentlichen Diskussion über elektromagnetische Felder. *Umweltmed Forsch Prax* 8 (1); 3-5

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

*** 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

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., K. H. Mild und M. Carlberg (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., K. H. Mild und M. Carlberg (2003):

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

Hehl, O. u. Mit. (2002):

Endbericht „Gesundheitliche Auswirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf die Bevölkerung in Niedersachsen – Bestandsaufnahme und Machbarkeitsüberlegungen“. Niedersächsisches Landesgesundheitsamt Hannover

Hutter, H.P., H. Moshhammer und M. Kundi (2001):

Auswirkungen von Mobilfunk-Basisstationen auf Gesundheit und Wohlbefinden. Institut für Umwelthygiene der Universität Wien, noch unveröffentlicht

*** 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) (2000):**

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

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

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

Johansen, C. et al. (2002):

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

Mann, K. und J. Röschke (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

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

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

Internationale Konferenz Situierung von Mobilfunksendern. www.land-sbg.gv.at/celltower/

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

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

Lymphomas in Eμ-Pim 1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Radiat. Res.* 147: 631-640.

*** Rösli, M., R. Rapp u. C. Braun-Fahländer (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.rsc.ca/english/Rfreport.pdf

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2002):

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

Salford L. G., A. Brun, J. Eberhardt und B. Persson (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., A. Brun, K. Stuesson, J. Eberhardt und B. Persson (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>

Schüz, J. und J. Michaelis (2001):

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

Sechszwanzigste Verordnung

zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV); Bundesgesetzblatt I,66, 1996

*** 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 emocracy. *Risk Analysis* 13; 675-681

Stang, A., et al. (2001):

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

*** Strahlenschutzkommission (2001):**

Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern. <http://www.ssk.de/2001/ssk0102k.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 Eμ-Pim 1 transgenic mice to 898,4 MHz microwaves does not increase lymphoma incidence. *Radiat. Res.* 158: 357-364.

Wagner, P., J. Röschke, K. Mann 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

***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/>

***WHO (2000):**

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

WHO (2002):

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

Wiedemann, P. M. und H. Schütz (1996):

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

Wiedemann, P. M. et al. (2001):

Risikopotenziale elektromagnetischer Felder: Bewertungsansätze und Vorsorgeoptionen. Endbericht für das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen. Forschungszentrum Jülich

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

Melatonin – Schlüssel für die Bewertung der Wirkung elektrischer und magnetischer Felder? *Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz* 43; 715-721

Athermische Effekte

Unter athermischen Effekten (Wirkungen) versteht man mögliche biologische Wirkungen sehr schwacher, energiereicher elektromagnetischer Felder wie etwa Veränderungen des Zellstoffwechsels oder der Hirnströme. 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 Schlüssel-funktion, was die Sicherheit von Mobilanlagen betrifft. Denn 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 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 etwa 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 Communications)

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 oder HSCSD) überträgt Daten mit einer Geschwindigkeit von 9,6 Kbit/s.

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 des Zellmaterials 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) und den Bereich der optischen Strahlung (z. B. Infrarotstrahlung, sichtbares Licht, UV-Strahlung). Die Energie nichtionisierender Strahlung ist zu gering, um chemische Bindungen beeinflussen 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, die in Körperwärme umgewandelt wird. Der SAR-Wert wird in Watt pro Kilogramm Körpergewebe (W/kg) angegeben. Weitere Informationen siehe Kapitel 8.

16. Wichtige Adressen

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 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 (Wirkung). 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 384 kBit/s betragen. Weitere Informationen siehe Kapitel 2.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Referat Öffentlichkeitsarbeit
11055 Berlin
Telefon: 01888 - 305 - 0
Telefax: 01888 - 305 - 2044
E-Mail: service@bmu.bund.de
www.bmu.bund.de

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit

Referat Kommunikation und Internet
11019 Berlin
Telefax: 030 - 2014 - 5208
E-Mail: info@bmwa.bund.de
www.bmwa.bund.de/Navigation/Wirtschaft/Telekommunikation-und-Post/Mobilfunk/Gesundheit

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.bnetza.de

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Postfach 100149; 38201 Salzgitter
Telefon: 01888 - 333 - 0
Telefax: 01888 - 333 - 1885
E-Mail: epost@bfs.de
www.bfs.de

Strahlenschutzkommission (SSK)

Geschäftsstelle im Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 12 06 29; 53048 Bonn
Telefax: 0228 - 67 64 59
E-Mail: hheller@bfs.de
www.ssk.de

Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP)

ICNIRP-Sekretariat
c/o Dipl.-Ing. R. Matthes
Bundesamt für Strahlenschutz
Ingolstädter Landstraße 1; 85764 Oberschleißheim
Telefon: 01888 - 333 - 0
Telefax: 01888 - 333 - 1885
www.icnirp.de

Weltgesundheitsorganisation (WHO) (EMF-Projekt)

Health Communications and Public Relations,
WHO, Genf
Telefon: 0041 - 227 91 - 25 32
Telefax: 0041 - 227 91 - 4858
www.who.int/peh-emf/

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

Pauwelsstr. 20; 52074 Aachen
Telefon: 0241 - 80 - 870 07
Telefax: 0241 - 80 - 826 36
E-Mail: info@femu.rwth-aachen.de
www.femu.rwth-aachen.de
www.emf-portal.de

Forschungsgemeinschaft Funk (FGF)

Rathausgasse 11a; 53111 Bonn
Telefon: 0228 - 726 22 - 0
Telefax: 0228 - 726 22 - 11
E-Mail: info@fgf.de
www.fgf.de

Informationszentrum Mobilfunk (IZMF)

Hegelplatz 1; 10117 Berlin
Telefon: 030 - 209 16 98 - 0
Telefax: 030 - 209 16 98 - 11
E-Mail: info@izmf.de
www.izmf.de

Kinderumwelt

Westerbreite 7; 49084 Osnabrück
Telefon: 0541 - 977 89 00
Telefax: 0541 - 977 89 05
E-Mail: info@allum.de
www.allum.de

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 - 977 89 00
Fax: 0541 - 977 89 05
E-Mail: info@allum.de
www.allum.de

In Zusammenarbeit mit dem

Informationszentrum Mobilfunk e.V.
Hegelplatz 1 | 10117 Berlin
Tel: 030 - 209 16 98 - 0
Fax: 030 - 209 16 98 - 11
Kostenfreie Hotline: 0800 - 330 31 33
E-Mail: info@izmf.de
www.izmf.de

Stand: Oktober 2003,
überarbeiteter Nachdruck September 2005