Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

http://www.ssk.de

Schutz vor elektromagnetischer Strahlung beim Mobilfunk

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 107. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 12. Dezember 1991
Veröffentlicht in:
– Bundesanzeiger Nr. 43 vom 03. März 1992
– Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 24

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 3

2 Mobilfunksysteme 3

3 Wirkungen der Hochfrequenzstrahlung 4

3.1 Physikalische Wechselwirkungen 5

3.2 Biologische Wirkungen 5

4 Bewertung gesundheitlicher Risiken und Entwicklung von Grenzwerten 7

4.1 Bewertung thermischer Effekte unter Berücksichtigung einer Ganzkörperexposition 7

4.2 Bewertung thermischer Effekte unter Berücksichtigung einer Teilkörperexposition 8

4.3 Spezielle Effekte 9

4.4 Probleme der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) 9

5 Empfehlungen der SSK 10

6 Literatur 11

1 Einführung

In den nächsten Jahren wird sich die Zahl der Mobilfunkgeräte (Funktelefone) weltweit, speziell auch in der Bundesrepublik, wesentlich erhöhen. Diese Entwicklung führt zu einer starken Zunahme der Hochfrequenzstrahlung in unserem Alltag.

Sollten von den Mobilfunk-Geräten gesundheitliche Risiken ausgehen, so wären davon zukünftig sehr weite Bevölkerungskreise betroffen. Hinzu kämen mögliche Wirkungen durch die vermehrte Anzahl von Funk-Feststationen.

Die vorliegende Empfehlung faßt den derzeitigen Kenntnisstand über biologische Wirkungen von Hochfrequenzstrahlung im Frequenzbereich der modernen Mobilfunktechnik sowie deren mögliche gesundheitliche Auswirkungen zusammen und führt zu einer Risikobewertung für die Benutzer und die Gesamtbevölkerung, auf deren Basis Grenzwerte vorgeschlagen werden. Hierbei steht das im Aufbau befindliche D-Netz im Vordergrund.

2 Mobilfunksysteme

Die historische Entwicklung der drahtlosen Nachrichtenübertragung in Deutschland begann mit Versuchen im Jahre 1918 in Berlin. 1958 wurde das erste, weitgehend flächendeckende A-Netz installiert. Es wurde 1972 vom technisch verbesserten B-Netz mit derzeit noch etwa 17 000 Teilnehmern abgelöst. Das neuere C-Netz hat in der Bundesrepublik einen derartigen Aufschwung erfahren, daß voraussichtlich Anfang 1993 die maximale Kapazität von 800 000 Teilnehmern erschöpft sein wird.

Alle herkömmlichen Netze arbeiten mit einer nationalen Norm, die die Nutzung der Endgeräte im Ausland ausschließt. Diese Einschränkung entfällt bei dem 1991 eingeführten D-Netz mit weltweiter Verwendungsmöglichkeit.

Bei den Mobilfunkgeräten für das D-Netz wird die Sendeleistung automatisch auf das tiefste nach den örtlichen Gegebenheiten mögliche Leistungsniveau heruntergeregelt. Dieser Vorteil kann jedoch wieder aufgehoben werden, wenn körpernahe Betriebsweise die Abstrahlungscharakteristik verschlechtert und dadurch die Leistung bis zum maximalen Wert hochgeregelt wird.

Neben den Funktelefonnetzen bestehen auch einseitig gerichtete flächendeckende Personenrufsysteme (Paging) und lokal begrenzte Mobilfunk-Systeme wie z.B. Bündelfunk (Betriebsfunk) oder das schnurlose Telefon. Eine Zusammenstellung der unterschiedlichen Systeme und Geräte zeigt Tabelle 1.

Tab. 1: Mobilfunksysteme

Funkdienst	Frequenz	Leistung (max.)	System
Autotelefon	um 450 MHz	Geräteklassen: < 15 W 3,5 bis 8 W < 1 W	C-Netz, analog geregelt
	890 MHz bis 960 MHz	< 20 W eingebaut < 8 W portabel < 2 W Handgerät effektiv jeweils 1 : 8	D-Netz, digital pulsförmige Übertragung, Pulsrate 217 Hz
Schnurloses Telefon	800 MHz bis 1 GHz	typisch 10 mW	CT1, CT2, CT3
	1,88 GHz bis 1,90 GHz	typisch 10 mW	DECT,digital
Personenruf		Empfangsgeräte	Eurosignal, Cityruf, PEP, ERMES
Bündelfunk	410 MHz bis 430 MHz	typisch < 10 W	CHEKKER u.ä.
Betriebsfunk	verschiedene Frequenzen ab etwa 30 MHz	Leistungsklassen < 10 W < 1 W	analog
CB-Funk	um 27 MHz	< 4 W	Frequenz- oder Amplitudenmodulation, analog
Mobile Satelliten-kommunikation	um 1,6 GHz	typisch 100 W puls, 10 W effektiv	

Zum Betrieb der Netze sind Funk-Feststationen erforderlich. Ihre Anzahl hängt von der geplanten Zellengröße des jeweiligen Netzes ab. Für das D-Netz sind derzeit einige tausend Feststationen mit einer maximalen Leistung von jeweils 50 W geplant.

3 Wirkungen der Hochfrequenzstrahlung

Die Antennen der schon betriebenen wie auch der geplanten Mobilfunkgeräte strahlen Hochfrequenzwellen teilweise in Körpernähe und bei handgehaltenen Geräten in der Nähe des Kopfes ab. Zusätzlich kann es durch Funk-Feststationen oder andere Sendeanlagen zu einer Exposition des ganzen Körpers kommen. Eine Beurteilung der dabei denkbaren Gesundheitsrisiken setzt sowohl eine Kenntnis der physikalischen Expositionsbedingungen als auch eine Berücksichtigung organspezifischer Eigenschaften voraus. Für den Mobilfunk ist der Frequenzbereich zwischen etwa 30 MHz (Kurzwelle) und einigen GHz von Bedeutung.

3.1 Physikalische Wirkungen

Die Exposition durch Hochfrequenzstrahlung wird in der Regel durch Angabe der Leistungsflußdichte in der Einheit Watt pro Quadratmeter (W/m^2) beschrieben. Im Nahfeldbereich von Antennen (normalerweise Abstände von weniger als einer Wellenlänge) ist zur Beschreibung des Hochfrequenzfeldes sowohl die Angabe der elektrischen Feldstärke in Volt pro Meter (V/m) als auch der magnetischen Feldstärke in Ampere pro Meter (A/m) erforderlich.

Die Expositionsbedingungen werden in hohem Maße durch die elektrischen Eigenschaften sowie durch die Größe, Form und Orientierung der im Hochfrequenzfeld exponierten Objekte modifiziert. So können sehr komplexe Feldverteilungen innerhalb und außerhalb des Körpers und seiner Organe entstehen. Ungleichförmige Feld- bzw. Energieverteilungen werden auch durch frequenzabhängige Brechungs- oder Streuungseffekte hervorgerufen. Erstere schließen die Möglichkeit einer Energiefokussierung mit ein.

Der vom Körper absorbierte Energieanteil der Hochfrequenz ist für die biologische Wirkung maßgebend. Vor allem bei den zumeist wasserhaltigen biologischen Systemen wird der größte Teil der absorbierten Energie durch Dipoleffekte in Wärme umgewandelt. Es lassen sich jedoch nicht alle Wirkungen der Hochfrequenzstrahlung mit einer Energieumwandlung in Wärme erklären. So können unter Sonderbedingungen, wie über amplitudenmodulierte HF-Felder, auch direkte Wirkungen auf Makromoleküle, Zellmembranen oder Zellorganellen induziert werden.

3.2 Biologische Wirkungen

Da insgesamt von einer Dominanz thermischer Effekte auszugehen ist, setzt die Auslösung biologischer Wirkungen in aller Regel eine Überschreitung bestimmter Schwellenwerte der Energieabsorption voraus. Wirkungen, wie etwa Störungen des Stoffwechsels, des Nervensystems oder des Verhaltens sowie degenerative Effekte (z.B. grauer Star) können weitgehend mit der spezifischen Energieabsorption (in Joule pro kg Körpermasse, J/kg) oder der spezifischen Absorptionsrate (SAR-Wert in Watt pro kg Körpermasse, W/kg) korreliert werden.

Thermisch vermittelte Wirkungen der HF-Strahlung wurden in großem Umfang duch Tierexperimente untersucht. Nachweisbare Effekte traten vielfach nach einer Temperaturerhöhung des ganzen Körpers oder einzelner Gewebe ab etwa 1°C auf. Dem entsprechen bei Dauereinwirkung SAR-Werte oberhalb von etwa 2 W/kg (gemittelt über den ganzen Körper). Bei einer SAR um 0,5 W/kg ist der Temperaturanstieg in aller Regel tolerabel. In diesem Rahmen fügen sich auch Befunde über das Auftreten von Entwicklungsstörungen in utero: Teratogene Wirkungen sind nach einem Temperaturanstieg der Muttertiere von weniger als 1°C unwahrscheinlich. Bei einer weiteren Temperaturerhöhung kommt es jedoch infolge der hohen Thermosensibilität und der geringen Wärmeabfuhr der Embryonen zu einer sprungartigen Zunahme der Mißbildungen und der Keimletalität.

Tierexperimentelle Daten über chronische Expositionen mit niedrigen Intensitäten liegen kaum vor. Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, daß es keine Spätwirkungen gibt, solange die Expositionen unterhalb thermisch signifikanter SAR-Werte (0,4 bis 2 W/kg) liegen. Eine chronische Exposition von Mäusen mit 2 bis 8 W/kg führte zu erhöhter Progression spontaner Tumoren. Entsprechendes gilt für Hauttumoren bei Mäusen, deren Haut mit chemischen Kanzerogenen behandelt wurde.

Die tierexperimentellen Daten (einschließlich der von Primaten) weisen auf Wirkungen hin, die möglicherweise auch beim Menschen bei einer vergleichbaren Hochfrequenzabsorption auftreten. Die Übertragbarkeit dieser Befunde auf den Menschen wird jedoch durch speziesbedingte Unterschiede in der Thermotoleranz und der Thermoregulation (u.a. durch Blutfluß, Transpiration, Behaarung) eingeschränkt.

Über spezielle Effekte, die nicht auf der Erwärmung beruhen, wird in der Literatur seit ungefähr 15 Jahren berichtet. Wenn eine Hochfrequenzstrahlung mit einer anderen Frequenz amplitudenmoduliert ist, können Feldwirkungen auftreten, welche bei unmodulierter Strahlung nicht existieren. Es handelt sich meistens um Veränderungen der Permeabilität von Zellmembranen. Beispielsweise wurde festgestellt, daß bei einer HF-Strahlung mit einer Frequenz von 147 MHz, die mit Frequenzen zwischen 6 und 20 Hertz moduliert war, der Kalziumausstrom aus Zellkulturen bei bestimmten Frequenzen signifikant (um 10 bis 20 %) erhöht war.

Insgesamt wurde eine komplexe Abhängigkeit dieser Effekte von Intensität und Frequenz beobachtet, wobei spezielle Frequenzbereiche besonders wirksam sind. Die Membraneffekte wurden vielfach bestätigt, so daß ihre Existenz heute als gesichert gilt. Hervorzuheben ist, daß die SAR-Werte hierbei teilweise kleiner als 0,01 W/kg sind und damit erheblich unterhalb thermisch relevanter Intensitäten liegen.

Außer den in vivo und in vitro beobachteten Wirkungen auf die Membranpermeabilität von Kalziumionen wurden bei Katzen und Kaninchen auch Veränderungen des EEG sowie der Phagozytoseaktivität von Lymphozyten festgestellt. Einige dieser Beobachtungen haben sich als nicht reproduzierbar erwiesen. Die physiologische Bedeutung der amplitudenmodulierten Effekte ist bisher unklar.

Über Wirkungen einer akuten oder chronischen Exposition durch HF-Felder auf den Menschen gibt es nur relativ wenige Untersuchungen. Schwellenwerte für Hauterwärmung im Frequenzbereich von 2 bis 10 GHz liegen oberhalb von 200 W/m^2 und sind dabei von der Größe der exponierten Fläche und der Dauer der Exposition abhängig. Eine Ganzkörper-Exposition von Freiwilligen mit SAR-Werten von 4 W/kg führte nach 15 bis 20 Minuten zu Temperaturerhöhungen bis zu 0,5°C, was für gesunde Personen als akzeptabel angesehen werden kann. Die daraus resultierende Temperaturerhöhung hängt jedoch auch von der körperlichen Aktivität der exponierten Personen und von ihrer Fähigkeit zur Thermoregulation ab. Bei Personen mit Fieber, bei Diabetikern, älteren Personen sowie nach Einnahme bestimmter Medikamente kann der Bereich der Thermoregulation eingeschränkt sein.

Im Frequenzbereich von 300 MHz bis 2000 MHz können bei einer Exposition des menschlichen Kopfes durch Resonanzeffekte oder aufgrund quasioptischer Fokussierung lokal überhöhte Energieabsorptionen, sog. "hot-spots", entstehen. Bei gepulster oder modulierter Hochfrequenzstrahlung können periodische thermische Ausdehnungen der "hot-spots" im akustischen Frequenzbereich auftreten und zu hörbaren Wahrnehmungen führen. Untersuchungen mit Einzelimpulsen von weniger als 30 Mikrosekunden Dauer ergaben als Wirkungsschwelle für die dabei absorbierte spezifische Energie einen Wert von 10 mJ/kg.

4 Bewertung gesundheitlicher Risiken und Entwicklung von Grenzwerten

Für die Abschätzung von möglichen Risiken müssen die Auswirkungen der von den Mobilfunk-Geräten bzw. von den Funk-Feststationen abgestrahlten Hochfrequenzstrahlung auf Mensch und Umwelt bewertet werden. Dabei stehen Wirkungen durch die vom menschlichen Körper absorbierte Hochfrequenzenergie im Vordergrund. Hinzu kommen technische Aspekte der elektromagnetischen Verträglichkeit, wie z.B. bei Herzschrittmachern.

4.1 Bewertung thermischer Effekte unter Berücksichtigung einer Ganzkörperexposition

Das Wissen um eine Beeinträchtigung oder Gefährdung der Gesundheit durch hochfrequente elektromagnetische Strahlungsfelder hat dazu geführt, daß in vielen Ländern, einschließlich der Bundesrepublik Deutschland, Begrenzungen für die Stärke der Felder angegeben werden.

Die strahlenhygienische Bewertung der tierexperimentellen Befunde führte zum Ergebnis, daß oberhalb eines SAR-Wertes von 4 W/kg (gemittelt über den ganzen Körper bei längerer Exposition) Schädigungen möglich sind. Die Unsicherheiten bei der Übertragung tierexperimenteller Daten auf den Menschen werden durch Einführung von Sicherheitsfaktoren berücksichtigt.

Wie dargelegt, bewirkt die Absorption von Hochfrequenzenergie auch beim Menschen in erster Linie eine Erhöhung der Körpertemperatur. Unter Normalbedingungen führen bei Erwachsenen nach Erreichen des thermischen Gleichgewichtes SAR-Werte von 1 bis zu 4 W/kg zu einer durchschnittlichen Temperaturerhöhung von weniger als 1°C. Durch körperliche Aktivitäten kann die körpereigene Wärmeproduktion zusätzlich 3 bis 5 W/kg betragen.

Nach einer neuerlichen Bewertung durch eine WHO-Arbeitsgruppe (EHC-Dokument 1992 "Radiofrequency Fields 300 Hz - 300 GHz") wird für die berufliche Exposition (z.B. technisches Personal im Bereich von Sendeanlagen) der seit Jahren eingeführte Basisgrenzwert von 0,4 W/kg als hinreichend erachtet*). Hierbei wird zudem ein Sicherheitsfaktor hinsichtlich möglicher Komplikationen bei ungünstigen thermischen Umgebungsbedingungen berücksichtigt.

Für die Allgemeinbevölkerung, die auch empfindliche Personengruppen umfaßt, wird ein SAR-Wert von 0,08 W/kg zum Schutz vor thermischen Effekten durch Hochfrequenzstrahlung als ausreichend angesehen. Beide Basisgrenzwerte sind inzwischen weitgehend international akzeptiert. Sie stimmen mit den IRPA-Basisgrenzwerten von 1988 überein. Die Werte wurden inzwischen auch in den neuen DIN VDE Entwurf 0848, Teil 2 (1991), übernommen, in dem noch zusätzliche Anforderungen für die Praxis enthalten sind.

---

*) In Anlehnung an die Empfehlung der IRPA von 1988 wird hier unter dem Begriff "Basisgrenzwert" die Angabe eines SAR-Wertes in W/kg verstanden. Für die Erfordernisse der Praxis werden "abgeleitete Grenzwerte" verwendet, wie z.B. die Leistungsflußdichte in W/m^2.

Die angegebenen SAR-Werte basieren auf einer Mittelung über den ganzen Körper und über 6-Minuten-Intervalle. Letztere ergeben sich aus der thermischen Zeitkonstanten, d.h., nach 6 bis 10 Minuten bildet sich im Körper eine stationäre Temperaturverteilung aus.

Auch beim Betrieb von Funk-Feststationen und anderen HF-Sendern ist die Begrenzung der Ganzkörper-SAR-Werte wichtig. Sie sind jedoch der direkten Messung nur schwer zugänglich. Mit Dosimetern erfaßbare, aus den Basisgrenzwerten abgeleitete Meßgrößen sind frequenzabhängige Werte für die elektrische oder magnetische Feldstärke bzw. für die Leistungsflußdichte. Weitere Anforderungen sind z.B. bei gleichzeitiger Einwirkung von HF-Strahlungen aus verschiedenen Quellen zu berücksichtigen, indem man sie in die Basisgrenzwerte einbezieht. Im Normentwurf DIN VDE 0848, Teil 2 (1991), wird dies mit Summenformeln geregelt.

4.2 Bewertung thermischer Effekte unter Berücksichtigung einer Teilkörperexposition

Im Nahbereich der Sendeantenne eines Mobilfunkgerätes treten sehr inhomogene Energieabsorptionen auf, die von einer Vielzahl von Faktoren abhängen. Die Größe und Verteilung der SAR-Werte, z.B. im menschlichen Kopf, ist nicht nur von der Ausgangsleistung und Frequenz des Gerätes, sondern auch vom Antennentyp, vom Abstand und der Position der Antenne zum Kopf und von der Betriebsart (z.B. Dauer der Empfangs- und Sprechphasen) abhängig. Die von einem Gerät abgestrahlte Leistung ist deshalb kein geeignetes Maß, um auf die möglichen gesundheitlichen Risiken der Hochfrequenzstrahlung zu schließen.

Eine Reihe von Beispielen zeigt, daß bei speziellen Expositionsbedingungen im beruflichen Bereich (z.B. bei dielektrischer oder induktiver Erwärmung oder bei Exposition im Nahfeldbereich von Antennen) hohe lokale SAR-Werte zu räumlich begrenzten Temperaturerhöhungen führen können. Es ist daher notwendig, zusätzlich zum Ganzkörper-SAR-Wert eine Begrenzung durch einen lokalen SAR-Wert einzuführen.

In diesem Zusammenhang muß insbesondere auf das Auge als kritisches Organ hingewiesen werden. Mit einer guten Wärmeableitung durch den Blutstrom ist nur in der Nähe der das Auge umschließenden Aderhaut zu rechnen, während das Innere des Auges, vor allem die Linse, relativ temperaturisoliert ist. Beim Auge sollte daher eine Mittelung der SAR-Werte über 10 g erfolgen.

Bei einer Mittelung über größere Gewebebereiche kann bei einem stärkeren Temperaturgradienten eine lokale Überwärmung nicht ausgeschlossen werden. Lokale SAR-Grenzwerte müssen gewährleisten, daß sich für kein Körperteil oder Organ als Folge der Hochfrequenzabsorption eine Temperaturerhöhung von mehr als 1°C ergibt. Bei einer Begrenzung des Teilkörper-SAR-Wertes auf 10 W/kg (gemittelt über 10 g Körpergewebe) bleibt die Erwärmung bei einer Hochfrequenzbestrahlung auch unter ungünstigen Bedingungen überall unter dieser Grenze.

Das bisher in der Bundesrepublik Deutschland existierende sog. "7-W-Konzept", in dem angenommen wird, daß der Betrieb von Geräten mit Leistungen unterhalb von 7 W zu keiner Beeinträchtigung des Wohlbefindens oder der Gesundheit führt, ist mit den Basisgrenzwerten nicht konsistent. Experimentelle Untersuchungen an gewebeäquivalenten Phantomen zeigten, daß die Basisgrenzwerte bei Benutzung eines 7 W abstrahlenden Mobilfunk-Gerätes erheblich überschritten werden können. Im Bereich zwischen 900 MHz und 2000 MHz wurden für das

Auge sowie für das Hirn-, Muskel- und Fettgewebe lokale SAR-Werte im Bereich von 15 - 35 W/kg ermittelt.

Die Einhaltung des Teilkörper-SAR-Wertes von 10 W/kg (gemittelt über 10 g) ist die grundlegende Voraussetzung dafür, daß gesundheitliche Risiken bei Verwendung von Mobilfunkgeräten ausgeschlossen sind. Für die Allgemeinbevölkerung sollte, wie im Normentwurf DIN VDE 0848, Teil 2 (1991), festgelegt, ein Teilkörper-SAR-Wert von 2 W/kg (gemittelt über 10 g) nicht überschritten werden. Die Werte können unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen berechnet oder experimentell bestimmt werden.

4.3 Spezielle Effekte

Neben den bisher betrachteten Wirkungen der Hochfrequenzstrahlung können spezielle Effekte vor allem dann auftreten, wenn die Strahlung gepulst oder niederfrequent amplitudenmoduliert ist. Gut untersucht ist der Höreffekt durch gepulste oder mit Hörfrequenz modulierter Hochfrequenzstrahlung. Dieser Effekt kann auftreten, wenn die absorbierte spezifische Energie im Frequenzbereich von 300 MHz bis 9 GHz bei einzelnen kurzen Pulsen etwa 10 mJ/kg übersteigt. Nach bisherigen Kenntnissen muß der Höreffekt für Anwendungen in der Mobilfunktechnologie jedoch nicht berücksichtigt werden.

Neben dem Höreffekt werden seit langem Wirkungen amplitudenmodulierter Hochfrequenzstrahlung auf die Permeabilität von Zellmembranen diskutiert (vergl. 3.2.). Die SAR-Werte für diese Effekte sind sehr klein; sie liegen etwa um einen Faktor 10 unterhalb der derzeitigen Basisgrenzwerte für die Bevölkerung. Es läßt sich bisher nicht abschätzen, ob solche Effekte für die Risikobewertung signifikant sind. Auch im Hinblick auf die Mobilfunkkommunikation sollte hier weitere Forschung erfolgen, da bei einigen Systemen eine mit 100 Hz oder 217 Hz gepulste Hochfrequenzstrahlung emittiert wird.

Bei gepulster Strahlung empfehlen IRPA (1988) und DIN (1991), für Frequenzen über 30 MHz den Spitzenwert für die elektrische bzw. magnetische Feldstärke auf das 32-fache des Grenzwertes für die zeitlich gemittelten Feldstärken zu begrenzen. Dies entspricht dem 1000-fachen des Grenzwertes für die Leistungsflußdichte.

4.4 Probleme der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)

EMV-Probleme betreffen Einflüsse der Hochfrequenzstrahlung auf andere Funkdienste, die Funktionsbeeinflussung elektrischer und elektronischer Systeme in der Nähe von Sendern (Datenverarbeitung, Elektronik im Auto oder die moderne Flugzeugsteuerung) sowie Störungen von elektrischen oder elektronischen Implantaten (z.B. Herzschrittmacher). Die EMV-Problematik ist seit einigen Jahren bekannt und wird möglichst schon in der Herstellungsphase berücksichtigt. Von europäischen Normungsgremien gemeinsam erarbeitete Prüfvorschriften werden ebenfalls zu einer verbesserten elektromagnetischen Verträglichkeit der Geräte beitragen. Aufgrund der zur Anwendung kommenden Frequenzen und Leistungen kann davon ausgegangen werden, daß eine Beeinflussung von implantierten Herzschrittmachern durch Mobilfunk unwahrscheinlich ist, wenn die in Kapitel 5 genannten SAR-Grenzwerte eingehalten werden.

5 Empfehlungen der SSK

A. Die Strahlenschutzkommission empfiehlt, aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse über die Hochfrequenzabsorption vom sog. "7-W-Konzept" (vgl. Kap. 4.2.), welches gegenwärtig in der Bundesrepublik Deutschland noch Anwendung findet, Abstand zu nehmen. Dieses Konzept ist durch Basisgrenzwerte auf der Grundlage von SAR-Werten zu ersetzen, die mit den gegenwärtigen internationalen Werten des American National Standardisation Institute (ANSI) und der IRPA sowie der DIN VDE 0848, Teil 2, Entwurf 1991 in Einklang stehen. Dementsprechend empfiehlt die Strahlenschutzkommission für die Bevölkerung einen Ganzkörper-SAR-Wert von 0,08 W/kg, gemittelt über 6-Minuten-Intervalle und über den ganzen Körper, sowie einen Teilkörper-SAR-Wert von 2 W/kg, gemittelt über 6-Minuten-Intervalle und 10 g Gewebe.

   Für die berufliche Exposition gelten um den Faktor 5 höhere Werte. Diese sind durch geeignete Messungen zu kontrollieren.

   Die Strahlenschutzkommission ist nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand der Überzeugung, daß bei Einhaltung der genannten Grenzwerte ein ausreichender Schutz der gesamten Bevölkerung gewährleistet ist.

   Für die auf dem Markt befindlichen und zukünftig angebotenen Mobilfunkgeräte muß gewährleistet sein, daß die angegebenen Teilkörper-SAR-Werte unter allen auftretenden Betriebsbedingungen nicht überschritten werden. Gegebenenfalls sind in den Gebrauchsanleitungen Anweisungen für die richtige Handhabung der Geräte aufzunehmen.

B. Auch bei der Installation von frei zugänglichen Funk-Feststationen darf ein Ganzkörper-SAR-Wert von 0,08 W/kg nicht überschritten werden. Dabei sind evtl. auftretende Hochfrequenzimmissionen aus anderen Quellen mit zu berücksichtigen. Gegebenenfalls sind auch Zusatzbedingungen zur Vermeidung von Verbrennungen infolge indirekter Einwirkung (Begrenzung von Körperableitströmen) zu beachten.

C. Die Strahlenschutzkommission weist darauf hin, daß der Nachweis für die Einhaltung der Basisgrenzwerte unter Berücksichtigung der Expositionsbedingungen rechnerisch erbracht werden kann. Durch Verwendung von geeigneten Körperphantomen ist auch eine meßtechnische Bestimmung möglich.

D. Bis zum Nachweis, daß beim Betrieb der auf dem Markt befindlichen Mobilfunkgeräte keine Basisgrenzwerte überschritten werden, empfiehlt die Strahlenschutzkommission die Einhaltung von Sicherheitsabständen der Geräte zum Körper. Bei Ausgangsleistungen bis zu 0,5 W ist ein Mindestabstand des Körpers bzw. des Kopfes zur Antenne aus strahlenhygienischer Sicht nicht erforderlich. Für höhere Leistungen sind in Tabelle 2 beispielhaft Orientierungswerte für die einzuhaltenden Mindestabstände genannt.

Tab. 2: Mindestabstände der Antenne von Mobilfunkgeräten zum Körper für die Bevölkerung.
Bedingungen zur Einhaltung des Teilkörper-SAR-Wertes von 2 W/kg (Mittelwerte über 10 g Gewebe und 6-Minuten-Intervalle).

Frequenz	Spitzenleistung	Mindestabstände
450 MHz	bis 0,5 W	kein Mindestabstand
analog	bis 1 W	ca. 4 cm
	bis 5 W	ca. 20 cm
	bis 20 W	ca. 40 cm
900 MHz	bis 0,5 W	kein Mindestabstand
analog	bis 1 W	ca. 5 cm
	bis 5 W	ca. 25 cm
	bis 20 W	ca. 50 cm
900 MHz (GSM)	bis 2 W	kein Mindestabstand
digital	bis 4 W	ca. 3 cm
	bis 8 W	ca. 5 cm
	bis 20 W	ca. 8 cm
1800 MHz (DCS 1800)	bis 1 W	kein Mindestabstand
digital	bis 2 W	ca. 3 cm
	bis 8 W	ca. 7 cm
	bis 20 W	ca. 12 cm

Bei digitalen zellularen Systemen (GSM, DCS 1800 etc.) ist die pulsförmige Abstrahlung (Puls/Pause = 1/8) berücksichtigt worden.
Für die berufliche Exposition sind um den Faktor 2 kleinere Abstände zulässig.

6 Literatur

Bernhardt, J.H., Matthes, R.:
Mobilfunkkommunikation. Basiskriterien zur strahlenhygienischen Risikobewertung, Vortrag im Rahmen des Fachgesprächs: "Mögliche gesundheitliche Auswirkungen durch die moderne Telekommunikation", 22. April 1991 in Neuherberg

Cleveland, R.F., Athey, T.W.:
Specific Absorption Rate (SAR) in Models of the Human Exposed to Hand-Held UHF Portable Radios.
Bioelectromagnetics 10, 173 - 186, 1989

DIN VDE 0848, Teil 2, Entwurf Oktober 1991:
Sicherheit bei elektromagnetischen Feldern; Schutz von Personen im Frequenzbereich von 30 kHz bis 300 GHz.
Beuth Verlag GmbH, Berlin

Fachverband für Strahlenschutz:
Nichtionisierende Strahlen.
21. Jahrestagung, 7.-9. November 1988, Bericht FS-88-47-T, 1988
(Zu beziehen durch Sekretariat, H. Brunner, Paul-Scherrer Institut, CH-5232 Villigen)

IRPA/INIRC:
Guidelines on Limits of Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 100 kHz to 300 GHz.
Health Physics, 54, 115 - 123, 1988

Kuster, N.:
Messung und Berechnung zur absorbierten Hochfrequenzenergie bei körpernah betriebenen Antennen.
Vortrag im Rahmen des Fachgesprächs: "Mögliche gesundheitliche Auswirkungen durch die moderne Telekommunikation", 22. April 1991 in Neuherberg

NCRP:
Biological Effects and Exposure Criteria for Radiofrequency Electromagnetic Fields.
NCRP Report No. 86, National Council on Radiation Protection and Measurement, Bethesda, MD, USA, 1986

Polk, C., Postow, E.:
CRC Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields.
CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 1986.

Repacholi, M.H. (ed.):
Non-Ionizing Radiation: Physical Characteristics, Biological Effects and Health Hazard Assessment.
Proceedings of the International Non-Ionizing Radiation Workshop, Melbourne, 5. - 9. April 1988, Australian Radiation Laboratory, Lower Plenty Road, Yallambie, Victoria, Australia, 1988

Strahlenschutzkommission:
Nichtionisierende Strahlung,
Klausurtagung der Strahlenschutzkommission, 7.-9. Dezember 1988,
Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 16,
Hrsg.: Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1990

WHO:
UNEP/WHO/IRPA Environmental Health Criteria Document:
Electromagnetic Fields 300 Hz - 300 GHz.
WHO, Geneva, 1992