II

(Nicht veröffentlichungsbedürftige Rechtsakte)

RAT

EMPFEHLUNG DES RATES
vom 12. Juli 1999
zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz — 300 GHz)

(1999/519/EG)

DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION —

gestützt auf den Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft, insbesondere auf Artikel 152 Absatz 4 Unterabsatz 2,

auf Vorschlag der Kommission,

nach Stellungnahme des Europäischen Parlaments [1],

in Erwägung nachstehender Gründe:

(1) Nach Artikel 3 Buchstabe p) des Vertrags muß die Gemeinschaft einen Beitrag zur Erreichung eines hohen Gesundheitsschutzniveaus leisten. Der Vertrag sieht ferner den Schutz der Gesundheit der Arbeitnehmer und der Verbraucher vor.

(2) Das Europäische Parlament hat in seiner Entschließung vom 5. Mai 1994 zur Bekämpfung der durch nichtionisierende Strahlung verursachten Gefahren [2] die Kommission aufgefordert, gesetzgeberische Maßnahmen zur Begrenzung der Exposition der Arbeitnehmer und der Bevölkerung gegenüber nichtionisierender elektromagnetischer Strahlung vorzuschlagen.

(3) Mindestvorschriften der Gemeinschaft für den Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern bestehen für die Arbeit an Bildschirmgeräten [3]. Es wurden Maßnahmen der Gemeinschaft zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes von schwangeren Arbeitnehmerinnen, Wöchnerinnen und stillenden Arbeitnehmerinnen [4] eingeführt, wonach die Arbeitgeber unter anderem verpflichtet sind, Tätigkeiten, bei denen ein besonderes Risiko einer Exposition gegenüber nichtionisierender Strahlung besteht, zu beurteilen. Es wurden Mindestvorschriften zum Schutz der Arbeitnehmer vor physikalischen Einwirkungen vorgeschlagen [5], die auch Maßnahmen gegen nichtionisierende Strahlung enthalten. Diese Empfehlung bezieht sich daher nicht auf den Schutz der Arbeitnehmer vor einer Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern am Arbeitsplatz.

(4) Es ist unbedingt notwendig, die Bevölkerung in der Gemeinschaft vor nachweislich gesundheitsschädlichen Auswirkungen zu schützen, die als Folge der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern eintreten können.

(5) Maßnahmen in bezug auf elektromagnetische Felder sollten für alle Bürger der Gemeinschaft ein hohes Schutzniveau gewährleisten. Entsprechende Bestimmungen der Mitgliedstaaten sollten sich in einen gemeinsam vereinbarten Rahmen einfügen, damit zur Gewährleistung eines einheitlichen Schutzes in der ganzen Gemeinschaft beigetragen wird.

(6) Nach dem Grundsatz der Subsidiarität können neue Maßnahmen in einem Bereich, der nicht in die ausschließliche Zuständigkeit der Gemeinschaft fällt, wie der Schutz der Bevölkerung vor nichtionisierender Strahlung, nur dann von der Gemeinschaft eingeleitet werden, wenn aufgrund des Umfangs oder der Auswirkungen der vorgeschlagenen Maßnahmen die Ziele eher von der Gemeinschaft als von den Mitgliedstaaten erreicht werden können.

(7) Die Maßnahmen zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern sollten gegenüber anderen Vorteilen auf dem Gebiet der Gesundheit, der Sicherheit am Arbeitsplatz und der öffentlichen Sicherheit abgewogen werden, die Geräte, bei denen elektromagnetische Felder erzeugt werden, für die Lebensqualität, zum Beispiel in den Bereichen Telekommunikation, Energie und öffentliche Sicherheit, mit sich bringen.

[1] ABl. C 175 vom 21.6.1999.
[2] ABl. C 205 vom 25.7.1994, S. 439.
[3] ABl. L 156 vom 21.6.1990, S. 14.
[4] ABl. L 348 vom 28.11.1992, S. 1.
[5] ABl. C 77 vom 18.3.1993, S. 12, und ABl. C 230 vom 19.8.1994, S. 3.

(8) Es ist erforderlich, durch Empfehlungen an die Mitgliedstaaten zum Schutz der Bevölkerung einen Gemeinschaftsrahmen für die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern festzulegen.

(9) Mit dieser Empfehlung wird bezweckt, die Gesundheit der Bevölkerung zu schützen; sie gilt deshalb insbesondere für die relevanten Bereiche, in denen sich Einzelpersonen der Bevölkerung unter dem Gesichtspunkt der von dieser Empfehlung erfaßten Wirkungen für eine erhebliche Zeit aufhalten.

(10) Der Gemeinschaftsrahmen, bei dem auf den bereits vorhandenen, umfangreichen Bestand an wissenschaftlicher Dokumentation zurückgegriffen werden kann, muß auf den besten verfügbaren wissenschaftlichen Daten und Gutachten in diesem Bereich beruhen und Basisgrenzwerte und Referenzwerte für die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern enthalten; dabei sind nur nachweisliche Auswirkungen als Grundlage für die empfohlene Begrenzung der Exposition herangezogen worden. Die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) hat hierzu Empfehlungen erarbeitet, die vom wissenschaftlichen Lenkungsausschuß der Kommission übernommen wurden. Der Gemeinschaftsrahmen muß anhand neuer Erkenntnisse und Entwicklungen im Bereich der Technologie und der Anwendung von Strahlungsquellen und Tätigkeiten, die mit einer Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern verbunden sind, regelmäßig überprüft und neu bewertet werden.

(11) Diese Basisgrenzwerte und Referenzwerte sollten für alle von elektromagnetischen Feldern emittierten Strahlungen mit Ausnahme der optischen und der ionisierenden Strahlung gelten. Bei der optischen Strahlung bedürfen die einschlägigen wissenschaftlichen Daten und Empfehlungen noch zusätzlicher Prüfung; für die ionisierende Strahlung liegen entsprechende Gemeinschaftsbestimmungen bereits vor.

(12) Die einzelstaatlichen und die europäischen Normungsgremien (z. B. CENELEC, CEN) sind aufgerufen, im Rahmen der Gemeinschaftsvorschriften Normen für den Entwurf und die Prüfung von Vorrichtungen zu entwickeln, damit die Einhaltung der Basisgrenzwerte dieser Empfehlung überprüft werden kann.

(13) Die Einhaltung der empfohlenen Grenzwerte und Referenzwerte dürfte ein hohes Schutzniveau in bezug auf die nachweislichen gesundheitsschädlichen Auswirkungen durch Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern gewährleisten, schließt jedoch Störprobleme bei medizinischen Geräten wie metallische Prothesen, Herzschrittmacher und Defibrillatoren sowie Cochlea-Implantate und sonstige Implantate oder Auswirkungen auf den Betrieb solcher Geräte nicht zwangsläufig aus. Störprobleme bei Herzschrittmachern können bei Werten unterhalb der empfohlenen Referenzwerte auftreten und sollten deshalb durch entsprechende Vorkehrungen geregelt werden, die jedoch außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Empfehlung liegen und im Zusammenhang mit den Rechtsvorschriften für die elektromagnetische Verträglichkeit und für Medizinprodukte behandelt werden.

(14) Nach dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit stellt diese Empfehlung allgemeine Grundsätze und Methoden für den Schutz der Bevölkerung auf, wobei es jedoch den Mitgliedstaaten überlassen bleibt, nach Maßgabe der Gemeinschaftsbestimmungen über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer detaillierte Vorschriften bezüglich Quellen und Tätigkeiten, die elektromagnetische Felder verursachen, sowie für die Einstufungen von Expositionsbedingungen von Einzelpersonen als berufsbedingt oder nicht berufsbedingt vorzusehen.

(15) Die Mitgliedstaaten können in Einklang mit dem Vertrag ein über diese Empfehlung hinausgehendes Schutzniveau vorsehen.

(16) Maßnahmen der Mitgliedstaaten auf diesem Gebiet, ob sie nun verbindlich oder unverbindlich sind, und die Art und Weise, wie diese Empfehlung dabei berücksichtigt worden ist, sollten Gegenstand von Berichten auf einzelstaatlicher Ebene sowie auf Gemeinschaftsebene sein.

(17) Zur Steigerung des Risikobewußtseins und zur Aufklärung über die Schutzmaßnahmen gegenüber elektromagnetischen Feldern sollten die Mitgliedstaaten die Verbreitung von Informationen und praktischen Vorschriften auf diesem Gebiet besonders im Hinblick auf die Auslegung, Installation und Verwendung von Geräten fördern und dabei Expositionsniveaus anstreben, die die empfohlenen Grenzwerte nicht überschreiten.

(18) Es ist auf eine angemessene Aufklärung über die mit elektromagnetischen Feldern verbundenen Gefahren unter Berücksichtigung der Wahrnehmung der Risiken in der Öffentlichkeit zu achten.

(19) Die Mitgliedstaaten sollten den Fortschritt der wissenschaftlichen Kenntnisse und der Technologie in bezug auf den Schutz vor nichtionisierender Strahlung unter Berücksichtigung des Vorsorgeaspekts beachten. Sie sollten ferner anhand der Leitlinien einschlägiger internationaler Organisationen, wie der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung, für eine regelmäßige genaue Überprüfung und Beurteilung sorgen —

EMPFIEHLT:

I. Für die Zwecke dieser Empfehlung sollten die Mitgliedstaaten den in Anhang I Buchstabe A aufgeführten physikalischen Größen die dort definierte Bedeutung zuordnen.

II. Im Interesse eines hohen Gesundheitsschutzniveaus hinsichtlich der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern sollten die Mitgliedstaaten auf folgendes hinwirken:

a) Sie sollten ein System von Basisgrenzwerten und Referenzwerten auf der Grundlage des Anhangs I Buchstabe B einführen.

b) Sie sollten im Einklang mit dem genannten System Maßnahmen in bezug auf Quellen oder Tätigkeiten durchführen, die mit einer Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern verbunden sind, sofern eine erhebliche Expositionsdauer vorliegt; ausgenommen ist die Exposition zu medizinischen Zwecken, wobei Risiken und Nutzen der Exposition oberhalb der Basisgrenzwerte hinaus sorgfältig abgewogen werden müssen.

c) Sie sollten die Einhaltung der Basisgrenzwerte nach Anhang II für die Exposition der Bevölkerung anstreben.

III. Zur Erleichterung und Förderung der Einhaltung der Basisgrenzwerte nach Anhang II

a) sollten die Mitgliedstaaten zur Ermittlung der Exposition die Referenzwerte nach Anhang III oder, sofern vorhanden und von dem Mitgliedstaat anerkannt, europäische oder einzelstaatliche Normen berücksichtigen, die auf anerkannten, wissenschaftlich erhärteten Meß- und Berechnungsverfahren beruhen, die zur Beurteilung der Einhaltung der Basisgrenzwerte entwickelt wurden,

b) sollten die Mitgliedstaaten Situationen, bei denen Quellen mit mehr als einer Frequenz beteiligt sind, nach den Formeln in Anhang IV bewerten, und zwar sowohl hinsichtlich der Basisgrenzwerte als auch der Referenzwerte;

c) können die Mitgliedstaaten gegebenenfalls Kriterien wie Expositionsdauer, exponierte Körperteile, Alter und Gesundheitszustand der Bevölkerung berücksichtigen.

IV. Die Mitgliedstaaten sollten bei der Entscheidung darüber, ob Maßnahmen gemäß dieser Empfehlung erforderlich sind, die Risiken und Vorteile abwägen, wenn sie die Strategie oder Maßnahmen betreffend die Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern festlegen.

V. Zur besseren Aufklärung über die Risiken und den Schutz hinsichtlich der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern sollten die Mitgliedstaaten die Bevölkerung in angemessener Form über die gesundheitlichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder und die entsprechenden Abhilfemaßnahmen unterrichten.

VI. Zur Erweiterung der Kenntnisse über die gesundheitlichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder sollten die Mitgliedstaaten Forschungsarbeiten im Bereich dieser Felder und der menschlichen Gesundheit im Rahmen ihrer nationalen Forschungsprogramme unter Berücksichtigung gemeinschaftlicher und internationaler Forschungsempfehlungen und -anstrengungen, die aus möglichst vielen verschiedenen Quellen stammen, fördern und überprüfen.

VII. Als Beitrag zur Entwicklung eines konsistenten Systems zum Schutz gegenüber der Gefährdung durch elektromagnetische Felder sollten die Mitgliedstaaten Berichte über die Erfahrungen mit den Maßnahmen erstellen, die sie auf dem von dieser Empfehlung erfaßten Gebiet getroffen haben, und die Kommission hierüber nach Ablauf von drei Jahren nach Annahme dieser Empfehlung unterrichten und dabei angeben, wie diese Empfehlung bei den genannten Maßnahmen berücksichtigt worden ist.

FORDERT die Kommission auf,

1. auf die Festlegung der in Abschnitt III Buchstabe a) genannten europäischen Normen, einschließlich Berechnungs- und Meßmethoden, hinzuwirken;

2. die Erforschung der lang- und kurzfristigen Auswirkungen einer Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern in allen relevanten Frequenzbereichen bei der Durchführung des laufenden Forschungsrahmenprogramms zu fördern;

3. weiterhin an den Arbeiten der in diesem Bereich zuständigen internationalen Organisationen mitzuwirken und sich für das Zustandekommen eines internationalen Konsenses im Hinblick auf Leitlinien und Empfehlungen für Schutz- und Vorsorgemaßnahmen einzusetzen;

4. die in dieser Empfehlung behandelten Fragen im Hinblick auf ihre Überprüfung und Aktualisierung weiterhin zu verfolgen, wobei auch mögliche Auswirkungen zu berücksichtigen sind, die derzeit Gegenstand von Forschungsarbeiten sind, einschließlich der relevanten Aspekte der Vorsorge, und unter Berücksichtigung der Berichte der Mitgliedstaaten und der neuesten wissenschaftlichen Daten und Empfehlungen einen Bericht zu erstellen.

Geschehen zu Brüssel den 12. Juli 1999.

Im Namen des Rates

Der Präsident

S. NIINISTÖ

ANHANG I

BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Im Sinne dieser Empfehlung bezeichnet der Begriff „elektromagnetische Felder" (EMF) statische Felder, extrem niederfrequente Felder (ELF-Felder) und Radiofrequenzfelder (RF-Felder) einschließlich Mikrowellen im Frequenzbereich 0 Hz bis 300 GHz.

A. PHYSIKALISCHE GRÖSSEN

Im Zusammenhang mit der EMF-Exposition sind acht physikalische Größen gebräuchlich:

Der *Kontaktstrom* (I_C) zwischen einer Person und einem Gegenstand wird in Ampere (A) ausgedrückt. Ein leitfähiger Gegenstand in einem elektrischen Feld kann durch das Feld aufgeladen werden.

Die *Stromdichte* (J) ist der durch einen Einheitsquerschnitt senkrecht zu seiner Richtung in einem Volumenleiter wie dem menschlichen Körper oder einem Teil davon hindurchfließende Strom, geteilt durch die Fläche, ausgedrückt in Ampere pro Quadratmeter (A/m^2).

Die *elektrische Feldstärke* ist eine Vektorgröße (E), die der Kraft entspricht, die auf ein geladenes Teilchen ungeachtet seiner Bewegung im Raum ausgeübt wird. Ihre Einheit ist Volt/Meter (V/m).

Die *magnetische Feldstärke* ist eine Vektorgröße (H), die neben der magnetischen Flußdichte zur Beschreibung des magnetischen Feldes in jedem Raumpunkt dient. Sie wird ausgedrückt in Ampere pro Meter (A/m).

Die *magnetische Flußdichte* ist eine Vektorgröße (B), aus der sich eine Kraft auf bewegte Ladungen ergibt; sie wird ausgedrückt in Tesla (T). Im leeren Raum und in biologischem Material können magnetische Flußdichte und magnetische Feldstärke anhand der Äquivalenz $1\ A\ m^{-1} = 4\ \pi\ 10^{-7}\ T$ umgerechnet werden.

Die *Leistungsdichte* (S) wird für sehr hohe Frequenzen benutzt, bei denen die Eindringtiefe in den Körper niedrig ist. Die Leistungsdichte ist der senkrecht zu einer Oberfläche auftreffende Energiefluß, geteilt durch die Fläche, und wird in Watt pro Quadratmeter (W/m^2) ausgedrückt.

Die *spezifische Energieabsorption* (SA) ist die je Masseneinheit biologischen Gewebes absorbierte Energie; sie wird ausgedrückt in Joule pro Kilogramm (J/kg). In dieser Empfehlung wird sie zur Begrenzung der nichtthermischen Wirkungen gepulster Mikrowellenstrahlung benutzt.

Die *spezifische Energieabsorptionsrate* (SAR), gemittelt über den ganzen Körper oder Teile davon, ist die Rate, mit der Energie je Masseneinheit des Körpergewebes absorbiert wird; sie wird ausgedrückt in Watt pro Kilogramm (W/kg). Die Ganzkörper-SAR ist ein weithin akzeptiertes Maß, um schädliche Wärmewirkungen zu einer RF-Exposition in Beziehung zu setzen. Neben der mittleren Ganzkörper-SAR sind lokale SAR-Werte notwendig, um übermäßige Energiekonzentrationen in kleineren Körperbereichen infolge besonderer Expositionsbedingungen zu bewerten und zu begrenzen. Beispiele hierfür: durch RF im niedrigen MHz-Bereich exponierte geerdete oder im Nahfeld einer Antenne exponierte Personen.

Von diesen Größen lassen sich magnetische Flußdichte, Kontaktstrom, elektrische und magnetische Feldstärke und die Leistungsdichte direkt messen.

B. BASISGRENZWERTE UND REFERENZWERTE

Bei der Anwendung der Grenzwerte aufgrund der Bewertung möglicher Auswirkungen auf die Gesundheit elektromagnetischer Felder sollte zwischen Basisgrenzwerten und Referenzwerten unterschieden werden.

Hinweis:

Diese Basisgrenzwerte und Referenzwerte zur Begrenzung der Exposition wurden nach sorgfältiger Auswertung aller veröffentlichten wissenschaftlichen Literatur entwickelt. Die bei der Auswertung zugrunde gelegten Kriterien wurden auf die Überprüfung der Glaubwürdigkeit der verschiedenen berichteten Ergebnisse hin ausgelegt; als Grundlage für die vorgeschlagenen Expositionsgrenzwerte wurden nur nachgewiesene Wirkungen herangezogen. Der Nachweis einer krebsauslösenden Wirkung einer EMF-Langzeitexposition galt als nicht erbracht. Da jedoch zwischen den Schwellenwerten für akute Wirkungen und den Basisgrenzwerten ein Sicherheitsfaktor von etwa 50 besteht, deckt die vorliegende Empfehlung implizit auch mögliche Langzeitwirkungen im gesamten Frequenzbereich ab.

Basisgrenzwerte. Direkt auf nachgewiesenen Auswirkungen auf die Gesundheit und biologischen Erwägungen beruhende Expositionsgrenzwerte in bezug auf zeitlich veränderliche, elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder werden als „Basisgrenzwerte" bezeichnet. Je nach der Feldfrequenz dienen als physikalische Größen zur Angabe dieser Grenzwerte die magnetische Flußdichte (B), die Stromdichte (J), die spezifische Energieabsorptionsrate (SAR) und die Leistungsdichte (S). Magnetische Flußdichte und Leistungsdichte können am exponierten Menschen problemlos gemessen werden.

Referenzwerte. Diese Werte dienen bei der praktischen Expositionsbewertung zur Beurteilung der Frage, ob die Basisgrenzwerte sicher eingehalten werden könnten. Einige Referenzwerte sind von einschlägigen Basisgrenzwerten mittels Meß- und/oder Rechenverfahren abgeleitet, andere berücksichtigen die Wahrnehmung und schädlichen indirekten Wirkungen der EMF-Exposition. Die abgeleiteten Größen sind elektrische Feldstärke (E), magnetische Feldstärke (H), magnetische Flußdichte (B), Leistungsdichte (S) und Strom durch die Gliedmaßen (I_L). Größen, die die Wahrnehmung und andere indirekte Wirkungen berücksichtigen, sind Kontaktstrom (I_c) und bei gepulsten Feldern die spezifische Energieabsorption (SA). In jeder Expositionssituation lassen sich die Meß- oder Rechenwerte jeder dieser Größen mit dem entsprechenden Referenzwert vergleichen. Die Einhaltung des Referenzwertes gewährleistet die Einhaltung des entsprechenden Basisgrenzwerts. Überschreitet der Meßwert den Referenzwert, so bedeutet dies noch nicht notwendigerweise die Überschreitung des Basisgrenzwerts. Es ist dann jedoch nachzuprüfen, ob der Basisgrenzwert eingehalten wird.

Mengenmäßige Beschränkungen für statische elektrische Felder werden in dieser Empfehlung nicht angegeben. Es wird jedoch empfohlen, die störende Wahrnehmung elektrischer Oberflächenladungen und unangenehme bzw. belastende Funkenentladungen zu vermeiden.

Einige Größen wie die magnetische Flußdichte (B) und die Leistungsdichte (S) dienen bei bestimmten Frequenzen gleichzeitig als Basisgrenzwerte und Referenzwerte (siehe Anhänge II und III).

ANHANG II

BASISGRENZWERTE

Je nach Frequenz werden folgende physikalische Größen (dosimetrische/exposimetrische Größen) zur Angabe der Basisgrenzwerte bei elektromagnetischen Feldern herangezogen.

— Zwischen 0 und 1 Hz bestehen Basisgrenzwerte für magnetische Flußdichten für statische Magnetfelder (0 Hz) und Stromdichten für zeitlich veränderliche Felder bis 1 Hz, um den Auswirkungen auf das kardiovaskuläre und das Zentralnervensystem vorzubeugen.

— Zwischen 1 Hz und 10 MHz bestehen Basisgrenzwerte für die Stromdichte, um den Auswirkungen auf die Funktionen des Nervensystems vorzubeugen.

— Zwischen 100 kHz und 10 GHz bestehen Basisgrenzwerte für SAR-Werte, um die Wärmebelastung des ganzen Körpers und eine übermäßige lokale Gewebeerwärmung zu vermeiden. Im Bereich von 100 kHz bis 10 MHz wurden Grenzwerte sowohl für die Stromdichte als auch für den SAR-Wert eingeführt.

— Zwischen 10 GHz und 300 GHz wurden Basisgrenzwerte für die Leistungsdichte eingeführt, um eine Erwärmung des Gewebes an oder nahe der Körperoberfläche zu vermeiden.

Die in Tabelle 1 angegebenen Basisgrenzwerte sind so angesetzt, daß Unsicherheiten infolge individueller Empfindlichkeit, Umgebungsbedingungen und unterschiedlichen Alters und Gesundheitszustands von Einzelpersonen der Bevölkerung Rechnung getragen wird.

Tabelle 1

Basisgrenzwerte für elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (0 Hz — 300 GHz)

Frequenzbereich	Magnetische Flußdichte (mT)	Stromdichte (mA/m²) (Effektivwerte)	Mittlere Ganzkörper — SAR (W/kg)	Lokale SAR (Kopf und Rumpf) (W/kg)	Lokale SAR (Gliedmaßen) (W/kg)	Leistungsdichte S (W/m²)
0 Hz	40	—	—	—	—	—
>0 — 1 Hz	—	8	—	—	—	—
1 — 4 Hz	—	8/f	—	—	—	—
4 — 1 000 Hz	—	2	—	—	—	—
1 000 Hz — 100 kHz	—	f/500	—	—	—	—
100 kHz — 10 MHz	—	f/500	0,08	2	4	—
10 MHz — 10 GHz	—	—	0,08	2	4	—
10 — 300 GHz	—	—	—	—	—	10

Hinweise:

1. *f* ist die Frequenz in Hertz.

2. Der Basisgrenzwert für die Stromdichte soll vor akuten Expositionswirkungen auf ZNS-Gewebe in Kopf und Rumpf schützen und enthält einen Sicherheitsfaktor. Die Basisgrenzwerte für ELF-Felder beruhen auf nachgewiesenen schädlichen Wirkungen auf das Zentralnervensystem. Solche akuten Wirkungen sind im wesentlichen momentan, und es besteht keine wissenschaftliche Begründung für eine Änderung der Basisgrenzwerte für eine kurzzeitige Exposition. Da der Basisgrenzwert jedoch für schädliche Wirkungen auf das Zentralnervensystem gilt, können in anderen Körpergeweben als dem zentralen Nervensystem unter den gleichen Expositionsbedingungen höhere Stromdichten zulässig sein.

3. Aufgrund der elektrischen Inhomogenität des menschlichen Körpers sollten die Stromdichten über einen Querschnitt von 1 cm² senkrecht zur Stromrichtung gemittelt werden.

4. Für Frequenzen bis 100 kHz können die Spitzenwerte für die Stromdichten erhalten werden, indem der Effektivwert mit $\sqrt{2}$ (~1,414) multipliziert wird. Für Pulse der Dauer t_s sollte die auf die Basisgrenzwerte anzuwendende Frequenz über $f = 1/(2t_s)$ ermittelt werden.

5. Für Frequenzen bis 100 kHz und für gepulste Magnetfelder können die mit den Pulsen verbundenen maximalen Stromdichten aus den Anstieg- und Abfallzeiten sowie der maximalen Änderungsrate der magnetischen Flußdichte berechnet werden. Die induzierte Stromdichte läßt sich dann mit den entsprechenden Basisgrenzwerten vergleichen.

6. Sämtliche SAR-Werte sind über 6-Minuten-Intervalle zu mitteln.

7. Die zu mittelnde Gewebemasse für lokale SAR-Werte beträgt 10 g eines beliebigen zusammenhängenden Körpergewebes; die so ermittelten SAR-Maximalwerte sollten für die Expositionsermittlung verwendet werden. Diese 10 g Gewebe sollen eine Masse von benachbartem Gewebe mit nahezu gleichen elektrischen Eigenschaften sein. Hinsichtlich der Bestimmung einer Masse von zusammenhängendem Gewebe wird anerkannt, daß dieses Konzept bei der Computerdosimetrie angewandt werden kann, bei direkten physikalischen Messungen jedoch zu Schwierigkeiten führen kann. Es kann eine einfache geometrische Form, beispielsweise eine kubische Gewebemasse verwendet werden, sofern die berechneten dosimetrischen Größen konservative Werte in bezug auf die Expositionsleitlinien aufweisen.

8. Für Pulse der Dauer t_s sollte die äquivalente, auf die Basisgrenzwerte anzuwendende Frequenz über $f = 1/(2t_s)$ ermittelt werden. Darüber hinaus wird bei gepulsten Expositionen für den Frequenzbereich von 0,3 bis 10 GHz und für die lokale Exposition des Kopfes ein zusätzlicher Basisgrenzwert empfohlen, um durch thermoelastische Expansion bedingte Höreffekte einzuschränken oder zu vermeiden. Danach sollte die SA 2mJ kg^{-1} nicht überschreiten, gemittelt über je 10 g Gewebe.

ANHANG III

REFERENZWERTE

Referenzwerte werden zum Vergleich mit den Meßwerten angegeben. Die Einhaltung aller empfohlenen Referenzwerte gewährleistet auch die Einhaltung der Basisgrenzwerte.

Sind die Meßwerte größer als die Referenzwerte, bedeutet dies nicht zwangsläufig auch eine Überschreitung der Basisgrenzwerte. Es sollte dann aber geprüft werden, ob die Expositionswerte unter den Basisgrenzwerten liegen.

Die Referenzwerte für die Expositionsbegrenzung werden aus den Basisgrenzwerten für maximale Kopplung des Feldes an die exponierte Einzelperson ermittelt, wodurch ein maximaler Schutz erzielt wird. Ein Überblick über die Referenzwerte enthalten die Tabellen 2 und 3. Die Referenzwerte sollen generell über die Körperdimension der exponierten Einzelperson räumlich gemittelte Werte sein, jedoch unter der wichtigen Voraussetzung, daß die lokalen Expositionsbasisgrenzwerte nicht überschritten werden.

In bestimmten Situationen mit stark lokaler Exposition, etwa bei Mobiltelefonen und dem menschlichen Kopf, ist von der Anwendung der Referenzwerte abzuraten. In diesen Fällen sollte die Einhaltung der lokalen Basisgrenzwerte direkt bewertet werden.

Feldwerte

Tabelle 2

Referenzwerte für elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (0 Hz-300 GHz, ungestörte Effektivwerte)

Frequenzbereich	Stärke des E-Felds (V/m)	Stärke des H-Felds (A/m)	B-Feld (µT)	Entsprechende Leistungsdichte ebener Wellen S_{eq} (W/m²)
0-1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	—
1-8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10 000	4 000/f	5 000/f	—
0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	—
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25	—
3-150 kHz	87	5	6,25	—
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	—
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	0,73/f	0,92/f	—
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2 000 MHz	$1,375\ f^{1/2}$	$0,0037\ f^{1/2}$	$0,0046\ f^{1/2}$	f/200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Hinweise:

1. *f* wie in der Frequenzbereichsspalte.

2. Bei Frequenzen zwischen 100 kHz und 10 GHz sind S_{eq}, E^2, H^2 und B^2 über beliebige 6-Minuten-Intervalle zu mitteln.

3. Bei Frequenzen über 10 GHz sind S_{eq}, E^2, H^2 und B^2 über beliebige $68/f^{1,05}$-Minuten-Intervalle zu mitteln (*f* in GHz).

4. Kein E-Feld-Wert wird für Frequenzen <1 Hz angegeben, bei denen es sich um statische elektrische Felder handelt. Bei den meisten Menschen sind elektrische Oberflächenladungen bei Feldstärken unter 25 kV/m nicht störend wahrnehmbar. Belastende bzw. störende Funkenentladungen sollten vermieden werden.

Hinweis:

Für kurzzeitige Expositionen sind keine höheren Referenzwerte für die Exposition durch ELF-Felder vorgesehen (siehe Hinweis 2 zu Tabelle 1). In vielen Fällen, bei denen die Meßwerte den Referenzwert überschreiten, bedeutet dies nicht zwangsläufig, daß der Basisgrenzwert überschritten wird. Sofern schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit durch indirekte Expositionswirkungen (z. B. Mikroschocks) vermieden werden können, können die Referenzwerte für die Bevölkerung anerkanntermaßen überschritten werden, sofern der Basisgrenzwert für die Stromdichte nicht überschritten wird. In vielen konkreten Expositionssituationen erzeugen externe ELF-Felder bei den Referenzwerten Stromdichten in ZNS-Gewebe, die unter den Basisgrenzwerten liegen. Ferner ist bekannt, daß eine Reihe gewöhnlicher Geräte lokale Felder erzeugen, die über den Referenzwerten liegen. Dies geschieht jedoch in der Regel unter Expositionsbedingungen, bei denen die Basisgrenzwerte aufgrund schwacher Kopplung zwischen dem Feld und dem Körper nicht überschritten werden.

Bei Spitzenwerten gelten für die E-Feldstärke (V/m), H-Feldstärke (A/m) und das B-Feld (µT) folgende Referenzwerte:

— Bei Frequenzen bis 100 kHz werden die maximalen Referenzwerte durch Multiplikation der entsprechenden Effektivwerte mit $\sqrt{2}$ (~1,414) ermittelt. Bei einer Impulsdauer von t_s ist die jeweilige äquivalente Frequenz zu errechnen als $f = 1/(2t_s)$.

— Bei Frequenzen zwischen 100 kHz und 10 MHz sind die maximalen Referenzwerte durch Multiplikation der entsprechenden Effektivwerte mit

10^{α} zu ermitteln, wobei $\alpha = (0{,}665 \log(f/10^5) + 0{,}176)$, f in Hz.

— Bei Frequenzen zwischen 10 MHz und 300 GHz sind die maximalen Referenzwerte durch Multiplikation der entsprechenden Effektivwerte mit 32 zu ermitteln.

Hinweis:

Im allgemeinen bestehen bei gepulsten und/oder transienten Feldern bei niedrigen Frequenzen frequenzabhängige Basisgrenzwerte und Referenzwerte, von denen eine Gefahrenabschätzung und Expositionsleitlinien für gepulste und/oder transiente Quellen abgeleitet werden können. Im Rahmen eines konservativen Ansatzes wird ein gepulstes oder transientes EMF-Signal als Fourier-Spektrum seiner Komponenten in jedem Frequenzbereich dargestellt und dann mit den Referenzwerten für diese Frequenzen verglichen. Die Summierungsformel für eine gleichzeitige Exposition durch Mehrfrequenzfelder kann ebenfalls angewandt werden, um festzustellen, ob die Basisgrenzwerte eingehalten werden.

Obwohl über die Beziehung zwischen biologischen Wirkungen und Spitzenwerten von gepulsten Feldern nur wenig bekannt ist, wird vorgeschlagen, daß bei Frequenzen über 10 MHz das über die Impulsbreite gemittelte S_{sc} das Tausendfache der Referenzwerte nicht überschreiten sollte oder daß die Feldstärken das 32fache der Feldstärke-Referenzwerte nicht überschreiten sollten. Bei Frequenzen zwischen etwa 0,3 GHz und mehreren GHz und bei lokaler Exposition des Kopfes muß zur Begrenzung bzw. Vermeidung auditiver Effekte durch thermoelastische Dehnung die spezifische Impulsabsorption begrenzt werden. In diesem Frequenzbereich entspricht der SA-Schwellenwert von 4—16 mJ kg^{-1} zur Erzeugung dieser Wirkung bei 30-µ-Impulsen SAR-Spitzenwerten von 130—520 W kg^{-1} im Gehirn. Zwischen 100 kHz und 10 MHz ergibt sich der Faktor für die Spitzenwerte für die Feldstärken durch Interpolation des Faktors 1,5 bei 100 kHz zum Faktor 32 bei 10 MHz.

Kontaktströme und Ströme durch die Gliedmaßen

Bei Frequenzen bis 110 MHz werden zur Vermeidung einer Gefährdung durch Kontaktströme zusätzliche Referenzwerte empfohlen. Die Kontaktstrom-Referenzwerte sind in Tabelle 3 angegeben. Dabei wurde berücksichtigt, daß die Schwellenkontaktströme, die biologische Reaktionen bei Frauen und Kindern hervorrufen, etwa zwei Drittel bzw. die Hälfte der Werte für Männer betragen.

Tabelle 3

Referenzwerte für Kontaktströme durch leitfähige Gegenstände (f in kHz)

Frequenzbereich	Maximaler Kontaktstrom (mA)
0 Hz - 2,5 kHz	0,5
2,5 kHz - 100 kHz	0,2 f
100 kHz - 110 MHz	20

Für den Frequenzbereich 10 MHz bis 110 MHz wird ein Referenzwert von 45 mA — bezogen auf den durch eine beliebige Extremität fließenden Strom — empfohlen. Damit soll die lokale SAR über einen beliebigen 6-Minuten-Zeitraum begrenzt werden.

ANHANG IV

EXPOSITION DURCH QUELLEN MIT MEHREREN FREQUENZEN

Bei gleichzeitiger Exposition gegenüber Feldern mit unterschiedlichen Frequenzen muß die Möglichkeit erwogen werden, daß diese Expositionen sich in ihren Wirkungen summieren. Berechnungen auf der Grundlage einer solchen Summierung sind für jede Wirkung separat durchzuführen; so sind für thermische und elektrische Stimulationseffekte am Körper separate Bewertungen vorzunehmen.

Basisgrenzwerte

Bei gleichzeitiger Exposition gegenüber Feldern mit unterschiedlichen Frequenzen sollten in bezug auf die Basisgrenzwerte die nachstehenden Kriterien erfüllt werden.

Bei elektrischer Stimulation und Frequenzen von 1 Hz bis 10 MHz sind die induzierten Stromdichten zu addieren nach:

$$\sum_{i=1\ \mathrm{Hz}}^{10\ \mathrm{MHz}} \frac{J_i}{J_{L,i}} \leq 1$$

Bei thermischen Wirkungen ab 100 kHz sind die spezifischen Energieabsorptionsraten und Leistungsdichten zu addieren nach:

$$\sum_{i=100\ \mathrm{kHz}}^{10\ \mathrm{GHz}} \frac{SAR_i}{SAR_{L,i}} \quad \sum_{i>10\ \mathrm{GHz}}^{300\ \mathrm{GHz}} \frac{S_i}{S_{L,i}} \leq 1$$

Dabei ist

J_i die Stromdichte bei der Frequenz i;

$J_{L,i}$ der Stromdichte-Basisgrenzwert bei der Frequenz i nach Tabelle 1;

SAR_i die SAR durch Exposition bei der Frequenz i;

$SAR_{L,i}$ der SAR-Basisgrenzwert nach Tabelle 1;

S_i die Leistungsdichte bei der Frequenz i;

$S_{L,i}$ der Leistungsdichte-Basisgrenzwert nach Tabelle 1.

Referenzwerte

Bei der Anwendung der Basisgrenzwerte sollten folgende Kriterien für die Referenzwerte der Feldstärken zugrunde gelegt werden.

Bei induzierten Stromdichten und elektrischen Stimulationswirkungen bis 10 MHz sind die beiden folgenden Anforderungen an die Feldniveaus zu erfüllen:

$$\sum_{i=1\ \mathrm{Hz}}^{1\ \mathrm{MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} \quad \sum_{i>1\ \mathrm{MHz}}^{10\ \mathrm{MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

und

$$\sum_{j=1\ \mathrm{Hz}}^{150\ \mathrm{kHz}} \frac{H_j}{H_{\sim j}} \quad \sum_{j>150\ \mathrm{kHz}}^{10\ \mathrm{MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1$$

Dabei ist:

E_i die elektrische Feldstärke bei der Frequenz i;

$E_{\sim i}$ der Referenzwert der elektrischen Feldstärke nach Tabelle 2;

H_j die magnetische Feldstärke bei der Frequenz j;

$H_{\sim j}$ der Referenzwert der magnetischen Feldstärke nach Tabelle 2;

a beträgt 87 V/m, b beträgt 5 A/m (6,25 µT).

Im Vergleich zu den ICNIRP-Leitlinien (1), die sich sowohl mit beruflicher als auch mit allgemeiner Exposition befassen, entsprechen die Eckpunkte in den Summen den Expositionsbedingungen für Einzelpersonen der Bevölkerung.

Die Anwendung konstanter Werte (a und b) oberhalb 1 MHz für das elektrische Feld und oberhalb 150 kHz für das Magnetfeld ist darauf zurückzuführen, daß die Summierung auf induzierten Stromdichten beruht, und ist nicht mit den Verhältnissen bei der thermischen Wirkung zu verwechseln. Letztere bildet die Grundlage für $E_{\sim}$ und $H_{\sim i}$ oberhalb 1 MHz bzw. 150 kHz nach Tabelle 2.

Für thermische Wirkungen ab 100 kHz gelten für die Feldniveaus die beiden folgenden Anforderungen:

$$\sum_{i=100\ \mathrm{kHz}}^{1\ \mathrm{MHz}} \left(\frac{E_i}{c}\right)^2 \quad \sum_{i>1\ \mathrm{MHz}}^{300\ \mathrm{GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{\sim i}}\right)^2 \leq 1$$

$$\sum_{j=100\ \mathrm{kHz}}^{150\ \mathrm{kHz}} \left(\frac{H_j}{d}\right)^2 \quad \sum_{j>150\ \mathrm{kHz}}^{300\ \mathrm{GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{\sim j}}\right)^2 \leq 1$$

Dabei ist:

E_i die elektrische Feldstärke bei der Frequenz i;

$E_{\sim i}$ der Referenzwert für das elektrische Feld nach Tabelle 2;

H_j die magnetische Feldstärke bei der Frequenz j;

$H_{\sim j}$ der Magnetfeld-Referenzwert nach Tabelle 2;

c beträgt $87/f^{1/2}$ V/m, d beträgt $0{,}73/f$ A/m.

Auch hier wurden gegenüber den ICNIRP-Leitlinien einige Anpassungen zur Berücksichtigung lediglich der Exposition der Bevölkerung vorgenommen.

(1) Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung, Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics 74(4): 494–522 (1998).
Response to Questions and Comments on ICNIRP, Health Physics 75(4): 438–439 (1998).

Für Kontaktstrom bzw. Strom durch die Gliedmaßen sollten die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

$$\sum_{k=10\ \mathrm{MHz}}^{110\ \mathrm{MHz}} \left(\frac{I_k}{I_{Lk}}\right)^2 \leq 1 \qquad \sum_{n=1\ \mathrm{Hz}}^{110\ \mathrm{MHz}} \left(\frac{I_n}{I_{Gn}}\right)^2 \leq 1$$

Dabei ist:

I_k die Komponente für den Strom durch die Gliedmaßen bei der Frequenz k;

I_{Lk} der Referenzwert für den Strom durch die Gliedmaßen, 45 mA;

I_n die Kontaktstrom-Komponente bei der Frequenz n;

I_{Gn} der Referenzwert für Kontaktstrom bei der Frequenz n (siehe Tabelle 3).

Die obigen Summierungsformeln unterstellen bei den Feldern aus mehreren Quellen die jeweils ungünstigsten Bedingungen. Als Ergebnis können die typischen Expositionssituationen in der Praxis zu weniger restriktiven Expositionswerten führen, als die obigen Formeln für die Referenzwerte ergeben.