

Hochfrequente elektromagnetische Strahlung

Grenzwerte, Richtwerte und Vorsorgewerte

Dr. Brüggemeyer

Stand 05.2002

Internationale und nationale Richt- und Grenzwerte

Die Exposition von Menschen durch hochfrequente Felder ist mit dem Einsatz der Funktechnologie für Rundfunk, Fernsehen und Mobilfunk untrennbar verbunden. Da diese Technologien weltweit eingesetzt werden, gibt es vergleichbare Expositionen auch in anderen Ländern. Um zu vermeiden, dass es durch diese Expositionen zu Gesundheitsbeeinträchtigungen oder Gefährdungen kommt, haben sich Verantwortliche in vielen Ländern schon mit dieser Frage beschäftigt. Da diese Fragestellung sehr komplex ist und das Wissen aus vielen verschiedenen Fachrichtungen wie Medizin, Biologie, Physik, Statistik, Epidemiologie, Psychologie und Ingenieurwissenschaften zu einer adäquaten Bearbeitung benötigt wird, wurden wissenschaftliche Fachgremien von staatlicher Seite damit beauftragt. Zu diesen Gremien gehören u.a. die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK), der niederländische Gezondheidsraad, die britische Independent Expert Group on Mobil Phones und die kanadische Royal Society of Canada.

Ein Reihe von staatlichen Institutionen beschäftigen sich auch mit dieser Fragestellung. Diese sind u.a. das deutsche Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), die deutsche Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), die amerikanische Environmental Protection Agency (EPA), das britische National Radiological Protection Board (NRPB) und das schweizerische Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Aber auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat eine Arbeitsgruppe, die sich mit dieser Fragestellung intensiv beschäftigt.

Da diese Fragestellung ja weitgehend unabhängig von den betreffenden Staaten ist, haben sich die damit befassten Wissenschaftler auch international organisiert. So bietet u.a. die Bioelectromagnetic Society eine Plattform für internationalen Austausch durch wissenschaftliche Fachtagungen und eine spezielle Zeitschrift. Die renommierte internationale Strahlenschutzorganisation (IRPA) hat sich mit dieser Fragestellung schon viele Jahre beschäftigt und speziell dazu eine Kommission gegründet: die International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Die ICNIRP ist ein weltweiter Zusammenschluss von industrieunabhängigen Wissenschaftlern aus staatlichen und privaten Gutachterorganisationen sowie aus Hochschulen, die sich mit der Frage des Schutzes vor nichtionisierender Strahlung beschäftigen. Neben den 14 persönlichen Mitgliedern, die in der Regel das gesammelte Fachwissen aus großen Institutionen wie z.B. BfS, NRPB, Battelle (Int. wiss. Org.) einbringen, gibt es in den vier Unterkomitees noch ca. 80 Wissenschaftler, die an speziellen Fragestellungen mitarbeiten. Zum Schutz vor unzulässigen Einflüssen durch ökonomische Interessen hat sich diese Kommission durch sehr strikte Regularien geschützt (siehe auch Bundestagsdrucksache 14/7907).

Alle diese Institutionen, die für dieses Gebiet Vorschläge für rechtsverbindliche Grenzwertempfehlungen und Regelungen erarbeitet haben, sind nach dem folgenden Muster vorgegangen: Die Grundlage der Arbeit waren immer die

Gesamtheit der veröffentlichten wissenschaftlichen Untersuchungen; dies sind z.Z. mehr als 20.000 Arbeiten und pro Jahr erscheinen in verschiedenen Fachzeitschriften ca. 500 weitere Arbeiten. Es ist in der Wissenschaft allgemeiner Standard für weitere Auswertungen nur solche Arbeiten zu verwenden, die in wissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlicht worden sind und die sich damit dem wissenschaftlichen Diskurs gestellt haben. Bei der ersten Sichtung wird überprüft, ob die wiss. Standards für Untersuchungen eingehalten sind. Diese sind u.a. in den "Guidelines for quality EMF Research" der WHO veröffentlicht worden. Danach wird überprüft, ob die beschriebene Untersuchung einen Beitrag zur Klärung dieser Fragestellung der gesundheitlichen Relevanz leisten kann. Dazu wurden sowohl Arbeiten in Vitro (an Zellen und Zellverbänden), in Vivo (an Pflanzen oder Tieren), bei Probanden oder in der Gesellschaft mit Methoden der Epidemiologie durchgeführt. Es wurden schon eine Vielzahl von biologischen Endpunkten wie zelluläre Effekte, Erkrankungen wie z.B. Krebs und Kopfschmerzen, Verhalten, Lernen, biologische Parameter wie z.B. Gehirnstromableitung (EEG) oder Vererbung untersucht. Nach Sichtung der in der Fachliteratur beschriebenen Effekte wurde dann überprüft, welche dieser Effekte schon als hinreichend gesichert angesehen werden können. Dieser Schritt ist wichtig; da auch in der Wissenschaft Fehler gemacht werden, wird in der Wissenschaft eine neue Erkenntnis erst dann als gesichert angesehen wenn sie unabhängig wiederholt werden konnte oder wenn vergleichbare Arbeiten zu den selben Erkenntnissen kommen. Dann wurde untersucht, welche dieser beschriebenen Effekte zu biologischen Wirkungen führen. Denn nicht jeder messbare biologische Effekt führt auch zu einer biologisch relevanten Wirkung. Bei den relevanten Wirkungen wurde dann überprüft, ob damit eine mögliche Schädigung, Beeinflussung oder Beeinträchtigung verbunden sein kann. Die jeweiligen Grenzwertvorschläge wurden dann, mit auf Grund der wissenschaftlichen Vorsicht festgelegten Sicherheitsabständen, unterhalb der letzten als relevant angesehenen Wirkung festgelegt. Dieser Abstand ist so festgelegt, dass er bei allen Frequenzen mindestens den Faktor 10 für die beruflich Beschäftigten und für die Allgemeinbevölkerung mindestens den Faktor 50 beträgt.

Da die Untersuchung von akuten Wirkungen (sofort nachweisbar) viel einfacher ist als Untersuchungen zu Langzeitwirkungen, gibt es für diesen Bereich auch erheblich mehr Veröffentlichungen. Aber auch zu möglichen Langzeitwirkungen (z.B. Krebs) wurden schon eine Reihe von Arbeiten durchgeführt. Diese sind Tierexperimente, die zum Teil auch über mehrere Tiergenerationen durchgeführt worden sind und epidemiologische Untersuchungen beim Menschen.

Die Plausibilität von wissenschaftlichen Erkenntnissen ist erheblich höher wenn die beschriebenen Wirkungen eine Dosiswirkungsbeziehung zeigen und wenn sie konsistent sind zum wissenschaftlichen Gesamtbild aller anderen vorliegenden Erkenntnisse. Alle Effekte und Wirkungen, die dabei als nicht hinreichend abgesichert erscheinen, wie z.B. die noch wissenschaftlich unbestätigte Möglichkeit der Krebspromotion durch elektromagnetische Felder des Mobilfunks, können somit nicht bei der Grenzwertfestlegung berücksichtigt werden. Damit bilden alle wissenschaftlich nachgewiesenen Erkenntnisse die Grundlage der Grenzwertfestlegungen.

Auf der Grundlage der zur Bewertung herangezogenen Effekte und Wirkungen ergaben sich für die Frequenzbereiche unterschiedliche biologisch relevante Größen (Stromdichte, spezifische Absorptionsrate und Leistungsflussdichte), die sogenannten Basisgrenzwerte, die ein Maß für die jeweiligen direkten Wirkungen auf den Organismus darstellen. Ein Beispiel dafür sind z.B. die Werte der ICNIRP aus 1998 (Tab 1). Aus den Basisgrenzwerten, die sich einer messtechnischen Überprü-

fung in der Praxis weitgehend entziehen, werden aufgrund von Körpermodellen abgeleitete Grenzwerte in den messtechnisch zugänglichen Ersatzfeldstärken (V/m, A/m, W/m²) festgelegt. Die abgeleiteten Grenzwerte sind so festgelegt worden, dass auch unter den ungünstigsten Expositionsbedingungen die Basisgrenzwerte noch immer sicher eingehalten werden. Ein Beispiel sind die Werte der ICNIRP in Tab. 2. Der Sicherheitsabstand zwischen den Basisgrenzwerten und den abgeleiteten Grenzwerten beträgt fast immer mehr als eine Größenordnung. Neben den direkten Wirkungen müssen bei der Festlegung von Grenzwerten ebenfalls die indirekten Wirkungen berücksichtigt werden. Dies wird teilweise durch zusätzliche Grenzwerte realisiert. Zum Teil werden diese Effekte bei der Festsetzung der abgeleiteten Grenzwerte zusätzlich mit berücksichtigt. Die Schutzkonzepte sind noch viel komplexer als die Tabellen alleine vermuten lassen. Sie geben aber Hinweise auf die Größenordnung der Grenzwerte. Neben den Grenzwerten für die direkte Feldeinwirkung (V/m, A/m) bei Berufstätigen und der Bevölkerung gibt es im allgemeinen noch Grenzwerte für indirekte Feldeinwirkungen, Herzschrittmacher, Sender kleiner Leistung, Teilkörperexposition, Kurzzeitexposition, gepulste Strahlung usw.. Es gibt mehrere Konzepte zum Schutz unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen. So verwendet die ICNIRP die Unterteilung in Allgemeinbevölkerung und beruflich exponierte Personen, die amerikanische Normungsorganisation ANSI die Unterteilung in kontrollierte und unkontrollierte Bereiche und die deutsche Unfallverhütungsvorschrift UVV BGV B11 das Konzept von Expositionsbereichen. Durch unterschiedliche Festlegungen wie z.B. der Mittlungsmasse für die Teilkörper SAR-Werte (1 g oder 10 g) oder der Mittlungszeit (6 min oder 30 min) sind die verschiedenen Grenzwertvorschläge nicht immer einfach zu vergleichen.

Tab. 1: Basisgrenzwerte der ICNIRP 1998 für zeitlich veränderliche elektrische und magnetische Felder bei Frequenzen bis zu 10 GHz^a.

Art der Exposition	Frequenzbereich	Stromdichte für Kopf und Rumpf (mA m ⁻²) (Effektivwerte)	Durchschnittliche Ganzkörper-SAR (W kg ⁻¹)	Lokale SAR (Kopf und Rumpf) (W kg ⁻¹)	Lokale SAR (Gliedermaßen) (W kg ⁻¹)
Exposition der Bevölkerung	bis 1 Hz	8	—	—	—
	1-4 Hz	8/ <i>f</i>	—	—	—
	4 Hz-1 kHz	2	—	—	—
	1-100 kHz	<i>f</i> /500	—	—	—
	100 kHz-10 MHz	<i>f</i> /500	0,08	2	4
	10 MHz-10 GHz	—	0,08	2	4

^a Anmerkungen:

1. *f* ist die Frequenz in Hertz.
2. Aufgrund der elektrischen Inhomogenität des menschlichen Körpers sollten die Stromdichten über einen Querschnitt von 1 cm² senkrecht zur Stromrichtung gemittelt werden.
3. 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_p sollte die auf die Basisgrenzwerte anzuwendende Frequenz über $f = 1/(2 t_p)$ ermittelt werden.

4. Für Frequenzen bis 100 kHz und für gepulste Magnetfelder können die mit den Pulsen verbundenen maximalen Stromdichten aus den Anstiegs- und Abfallzeiten sowie der maximalen Änderungsrate der magnetischen Flussdichte berechnet werden. Die induzierte Stromdichte lässt sich dann mit den entsprechenden Basisgrenzwerten vergleichen.
5. Sämtliche SAR-Werte sind über beliebige 6-Minuten-Zeitintervalle zu mitteln.
6. 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.
7. Für Pulse der Dauer t_p sollte die auf die Basisgrenzwerte anzuwendende Frequenz über $f = 1/(2 t_p)$ ermittelt werden. Darüber hinaus wird für den Frequenzbereich von 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 spezifische Absorption bei gepulsten Expositionen 10 mJ kg^{-1} bei Beschäftigten und 2 mJ kg^{-1} für die Normalbevölkerung nicht überschreiten, gemittelt über je 10 g Gewebe.

Tab. 2: Referenzwerte der ICNIRP 1998 für die Exposition der Bevölkerung durch zeitlich veränderliche elektrische und magnetische Felder (ungestörte Effektivwerte)^a.

Frequenzbereich	Elektrische Feldstärke E (V m ⁻¹)	Magnetische Feldstärke H (A m ⁻¹)	B-Feld (μT)	Äquivalente Leistungsdichte bei ebenen Wellen S _{eq} (W m ⁻²)
bis 1 Hz	—	3,2 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	—
1-8 Hz	10 000	3,2 x 10 ⁴ /f ²	4 x 10 ⁴ /f ²	—
8-25 Hz	10 000	4000/f	5000/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
400-2000 MHz	1,375f ^{1/2}	0,0037f ^{1/2}	0,0046f ^{1/2}	f/200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

^a Anmerkungen:

1. f wie in der Frequenzbereichs-Spalte wiedergegeben.
2. Vorausgesetzt, dass die Basisgrenzwerte nicht überschritten werden und schädliche indirekte Wirkungen ausgeschlossen werden können, dürfen die Werte für die Feldstärke überschritten werden.
3. Für Frequenzen zwischen 100 kHz und 10 GHz sind S_{eq}, E², H² und B² über einen beliebigen 6-Minuten-Zeitraum zu mitteln.
4. Für Spitzenwerte bei Frequenzen bis 100 kHz siehe Tab.1, Anmerkung 3.
5. Zwischen 100 kHz und 10 MHz werden die Spitzenwerte der Feldstärken durch Interpolation zwischen dem 1,5-fachen Spitzenwert bei 100 kHz und dem 32-fachen Spitzenwert bei 10 MHz erhalten. Für Frequenzen über 10 MHz wird vorgeschlagen, dass der Spitzenwert der äquivalenten Leistungsdichte ebener Wellen, gemittelt über die Pulsdauer, das 1000-fache der S_{eq}-Grenzwerte nicht überschreitet, bzw. dass die Feldstärke das 32-fache der in der Tabelle angegebenen Feldstärken-Expositionswerte nicht überschreitet.
6. Für Frequenzen über 10 GHz sind S_{eq}, E², H² und B² über einen beliebigen 68/f^{1,05}-Minuten-Zeitraum zu mitteln (f in GHz).
7. Für Frequenzen < 1 Hz sind keine E-Feld-Werte angegeben, da es sich effektiv um statische elektrische Felder handelt. Bei den meisten Menschen wird die störende Wahrnehmung elektrischer Oberflächenladungen bei Feldstärken unter 25 kV m⁻¹ nicht auftreten. Funkenentladungen, die Stress oder Belästigungen verursachen, sollten vermieden werden.

Internationale Regelungen

In der Weltgesundheitsorganisation (WHO) publiziert die "Division of Environmental Health" in größeren Abständen in Zusammenarbeit mit der ICNIRP im Rahmen des United Nations Environment Programmes "Environmental Health Criteria"(EHC)

Dokumente. In diesen werden die wissenschaftlichen Grundlagen für den Strahlenschutz zusammengetragen, die vorliegenden biologischen Befunde bewertet und der bestehende Forschungsbedarf identifiziert. Die für diesen Bereich aktuelle WHO-Publikation ist das EHC Dokument 137 "Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz)" aus 1993.

Nach der Bewertung der WHO können im Bereich der Hochfrequenz die relevanten gesundheitlichen Wirkungen durch die im Körper induzierten Ströme und Wärmewirkungen beschrieben werden. Auf dieser Grundlage sollten die Feldstärken begrenzt werden. Alle anderen nachgewiesenen Effekte, die nicht auf induzierten Strömen oder Wärmewirkung beruhen, treten erst bei höheren Feldstärken auf. Für alle beschriebenen Effekte, die unterhalb der obigen Grenzen (induzierte Ströme / Wärmewirkungen) liegen sollen, wurden bislang die wissenschaftlichen Erkenntnisse als nicht ausreichend angesehen, um daraus Grundlagen für eine Expositionsbegrenzung abzuleiten. Die Vorbereitungen für die Überarbeitung des EHC-Dokumentes 137 laufen zur Zeit. Für den Zeitraum 2003 bis 2006 ist die Überarbeitung dieses Dokumentes von der WHO angekündigt.

Für die ICNIRP stellen diese EHC-Dokumente die wissenschaftliche Grundlage für die eigenen Empfehlungen da. Es liegt eine IRPA/INIRC (Vorläufer der ICNIRP) Richtlinie aus 1988 (IRPA/INIRC, 1988) und eine Richtlinie der ICNIRP aus 1998 (ICNIRP, 1998) dazu vor.

Fast alle Länder gehen heute von denselben Basisgrenzwerten aus. Ein Teil der Unterschiede in den abgeleiteten Grenzwerten ist in unterschiedlichen Umrechnungsmodellen von den Basisgrenzwerten in äußere Feldstärke, der Größe weiterer Sicherheitszuschläge und der Auswahl der zu berücksichtigenden Effekte begründet. Nur in den einigen Ländern des ehemaligen Ostblocks und in China gibt es noch anders begründete Grenzwerte. Im Rahmen der WHO Aktivitäten finden zur Zeit mehrere wissenschaftliche Kongresse statt in denen diese unterschiedlichen Ansätze verglichen werden und die dafür relevanten wissenschaftliche Arbeiten überprüft werden.

Regelungen in der Europäischen Union

Für den Bereich des Arbeitsschutzes liegt zur Zeit ein Entwurf der Kommission der Europäischen Gemeinschaft "Vorschlag für eine Richtlinie des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor Gefahren durch physikalische Einwirkungen" aus 1994 (EG-Rat, 1994) vor. In dieser Richtlinie wird ein eigenes Grenzwertkonzept angewendet, welches sich aber weitgehend an die Empfehlungen der IRPA/INIRC anlehnt.

Für den Bereich des Schutzes der Bevölkerung hat der Rat der Europäischen Union 1999 eine Empfehlung ausgesprochen, in der im wesentlichen die ICNIRP Richtlinie von 1998 für die Bevölkerung umgesetzt wurde. Den Mitgliedsstaaten ist die Umsetzung der Empfehlung freigestellt. Sie können über diese Empfehlungen hinausgehende Maßnahmen (Vorsorge) vorsehen.

Regelungen in der Bundesrepublik Deutschland

In der Bundesrepublik ist zum Schutz der Allgemeinbevölkerung vor elektromagnetischen Feldern die 26. Verordnung nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (26.BImSchV) erlassen worden. Die Festlegungen der Grenzwerte entsprechen den Empfehlungen der IRPA/INIRC von 1988. Bevor diese internationalen Empfehlungen für Deutschland übernommen worden sind, wurden

sie durch die Strahlenschutzkommission noch einmal eingehend überprüft und erst nach der Empfehlung der SSK in deutsches Recht übernommen.

Die Strahlenschutzkommission ist eine vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) eingerichtete Beratungsgruppe für den gesamten Bereich des Strahlenschutzes deren Mitglieder persönlich vom BMU benannt werden. Das BMU definiert durch Arbeitsaufträge die Themen für die Beratung. In den fachlichen Stellungnahmen ist die SSK aber nur dem eigenen wissenschaftlichen Sachverstand verpflichtet und somit unabhängig. Für die einzelnen fachlichen Themenbereiche gibt es in der SSK Ausschüsse, so auch einen für nichtionisierende Strahlung. Auch in den Ausschüssen werden die Mitglieder durch das BMU persönlich ernannt. Die Geschäftsstelle der SSK ist im BfS angesiedelt.

Anforderungen nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) richten sich immer an den Betreiber einer Anlage, die gewerblichen Zwecken dient oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung findet. Anlagen im Sinne dieser Verordnung sind folgende Hochfrequenzanlagen: ortsfeste Sendefunkanlagen, mit einer Sendeleistung von 10 Watt EIRP (abgestrahlte Leistung mit Antennengewinn) oder mehr, die elektromagnetische Felder im Frequenzbereich 10 MHz - 300 GHz erzeugen.

Die Festlegungen des § 2 sind Immissionsgrenzwerte, die auch von Altanlagen eingehalten werden müssen (Tab. 3). Deshalb besteht auch eine Nachrüstpflicht für Altanlagen; siehe § 10. Der Bereich, in dem diese Grenzwerte eingehalten werden müssen, besteht aus Gebäuden und Grundstücken, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind. Damit sind in erster Linie Wohngebäude, aber auch Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Arbeitsstätten, Spielplätze, Gärten oder sonstige Orte, an denen nach der konkreten bestimmungsgemäßen Nutzung regelmäßig längere Verweilzeiten (mehrere Stunden) von Personen auftreten. Maßgebend ist die Aufenthaltsdauer der einzelnen Person. Nicht erfasst sind damit beispielsweise Orte wie Fernstraßen oder Bahnsteige, an denen sich zwar u.U. ständig Menschen aufhalten, die Verweildauer des Einzelnen aber in der Regel gering ist. Nicht dazu gehören landwirtschaftlich genutzte Flächen, Wälder, Parks, Lager- und Verkehrsflächen. Für gepulste elektromagnetische Felder darf zusätzlich der Spitzenwert der elektrischen und die magnetischen Feldstärke das 32fache des Wertes des jeweiligen Immissionsgrenzwertes nicht überschreiten. Diese Einschränkung wird in der Regel nur bei bestimmten Radaranlagen relevant. Bei der heutigen Mobilfunktechnologie stellt dies keine zusätzliche Einschränkung da.

Tab.3: Immissionsgrenzwerte für Hochfrequenzanlagen der 26. BImSchV.

Frequenz (f) in Megahertz (MHz)	Effektivwert der Feldstärke quadratisch gemittelt über 6 Minuten-Intervalle	
	elektrische Feldstärke (V/m)	magnetische Feldstärke (A/m)
10 – 100	27,5	0,073
400 – 2000	$1,375 \sqrt{f}$	$0,0037 \sqrt{f}$
2000 – 300 000	61	0,16

Diese Immissionsgrenzwerte liegen deutlich unterhalb der Schwelle, oberhalb der nach den Auswertungen der ICNIRP mit Gesundheitsbeeinträchtigungen zu rechnen ist. Sie beruhen auf den ICNIRP-Empfehlungen für die abgeleiteten Grenzwerte der Bevölkerung. Der Schutz von Herzschrittmacherträgern ist nicht Gegenstand dieser Verordnung.

Alle Anlagen müssen die Immissionsgrenzwerte auch unter der höchsten betrieblichen Anlagenauslastung einhalten und alle anderen hochfrequenten Immissionen, die an dem jeweiligen Aufpunkt einwirken können, müssen mit berücksichtigt werden. Deshalb werden zur Überprüfung der Einhaltung der Grenzwerte in der Regel sehr konservative Rechnungen eingesetzt. Die Grundlage, wie solche Überprüfungen durchgeführt werden müssen, ist in der Norm DIN VDE 0848 Teil 1 festgelegt. Auf Grund dieser konservativen Festlegung sind die unter den "normalen" Betriebsbedingungen messtechnisch zu ermittelnden Expositionen an relevanten Aufpunkten in der Regel um den Faktor 5-50 geringer als die Ergebnisse der Berechnungen.

Der Betreiber einer Hochfrequenzanlage hat diese der zuständigen Behörde (in Niedersachsen den Kommunen mit eigener Bauverwaltung) mindestens zwei Wochen vor Inbetriebnahme oder vor einer wesentlichen Änderung anzuzeigen. Der Anzeige ist eine Standortbescheinigung der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP), früher dem Bundesamtes für Post und Telekommunikation (BAPT), beizufügen. Die Grundlage und Umsetzung für diese Standortbescheinigungen sind in den BAPT Veröffentlichungen BAPT 212 MV 20-22 veröffentlicht. Auf Grund der Telekommunikationsgesetzgebung, dem Gesetz über Funkanlagen und Telekommunikationseinrichtungen (FTEG) ist das Standortbescheinigungsverfahren auf alle Sendefunkanlagen ausgeweitet worden, auch auf solche, die nicht der 26.BImSchV unterliegen. Auf Grundlage des FTEG wird vom Bundeswirtschaftsministerium an einer neuen Verordnung (BEMFV) zum Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte gearbeitet, die die alten BAPT-Regeln ablösen soll. Für die Anlagen der Bundeswehr gelten entsprechende Vorschriften.

Durch den Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) sind Hinweise zur Durchführung der 26.BImSchV veröffentlicht worden, die die Grundlage für eine einheitliche Umsetzung der Verordnung in den Bundesländern darstellt.

Die 26. BImSchV aus 1996 steht zur Novelle an, da sie nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik (siehe z.B. die EU-Ratsempfehlung von 1999) entspricht. Dabei müssen u.a. die noch bestehenden Frequenzlücken geschlossen werden. Inwieweit auch der Anwendungsbereich erweitert wird, ist noch nicht abzusehen. Da die Grenzwerte der jetzigen 26.BImSchV für den Mobilfunkbereich identisch mit den neuen Empfehlungen der EU/ ICNIRP sind, sind für diesen Bereich keine anderen Grenzwerte zu erwarten. Mit der Empfehlung der Strahlenschutzkommission "Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern" aus 2001 wurde die aktuelle wissenschaftliche Basis für diese Novelle gelegt. Die Bundesregierung hat aber angekündigt die 26. BImSchV nicht mehr in dieser Legislaturperiode zu novellieren.

Für den Bereich des Arbeitsschutzes wurde im Juni 2001 die Unfallverhütungsvorschrift BGV B11 gemäß 7. Sozialgesetzbuch erlassen. Diese Unfallverhütungsvorschrift verwendet die selben Basisgrenzwerte wie die ICNIRP, aber bei den abgeleiteten Grenzwerten werden teilweise geringere Reduktionsfaktoren verwendet. Des weiteren enthält die BGV-B11 ein neues Grenzwertkonzept für nicht sinusförmige Signale. Zur Unterstützung der Umsetzung dieser Vorschrift wurde die zugehörige berufsgenossenschaftliche Regel BGR B11

erarbeitet. Bei Arbeitsplätzen, die nicht im direkten Bezug zu der Feldquelle stehen, gelten gegebenenfalls auch die Festlegungen der 26. BImSchV.

Vorsorgeempfehlungen

Neben den abgesicherten Wirkungen, die die Grundlage für die oben beschriebenen ICNIRP-Grenzwerte sind, gibt es eine Anzahl von Hinweisen (Experimente und Epidemiologie) auf akute und Langzeitwirkungen auch unterhalb dieser Grenzwertvorschläge (siehe z.B. SSK, 2001). Es wird deshalb immer wieder die Frage nach weitergehenden Regelungen gestellt.

Vorsorge muss nicht immer durch einen Vorsorgegrenzwert umgesetzt werden, sondern kann durch eine Vielzahl von Maßnahmen wie z.B. verstärkte Forschung, verbesserte Information, andere Immissionsbegrenzungen und Überwachungsmaßnahmen erreicht werden. Diese ist abhängig zum einen vom wissenschaftlichen Besorgnispotential und zum anderen vom gesellschaftlichen Konsens.

Die 26.BImSchV enthält für Hochfrequenzanwendungen keine expliziten Anforderungen zur Vorsorge. Aber durch verschiedene Festlegungen wie dem Ansatz der höchsten betrieblichen Anlagenauslastung, der ausschließlichen Verwendung der abgeleiteten Grenzwerte, der Einbeziehung der örtlichen Vorbelastung sowie der konservativen Berechnungsvorschriften wird durch die Umsetzung der 26.BImSchV sichergestellt, dass die Grenzwerte an allen relevanten Orten fast immer weit unterschritten werden.

Für die anstehende Novelle dieser Verordnung wird aber über eine mögliche direkte Implementierung von Vorsorgeaspekten diskutiert. Dazu hat die Strahlenschutzkommission (SSK, 2001) Vorschläge und wissenschaftliche Rahmenbedingungen erarbeitet. Dabei wurde die relevante wissenschaftliche Literatur daraufhin bewertet, ob es unterhalb der Schwelle für wissenschaftlich nachgewiesene Wirkungen einen wissenschaftlich begründeten Verdacht oder wissenschaftliche Hinweise auf mögliche gesundheitsrelevante Wirkungen elektromagnetischer Felder unterhalb der Grenzwerte der 26. BImSchV gibt. Dabei wurden als wissenschaftlicher Hinweis die wissenschaftlichen Arbeiten angesehen, die die Qualitätskriterien einhalten, aber noch nicht durch andere Arbeitsgruppen bestätigt worden sind und die nicht konsistent sind zum wissenschaftlichen Gesamtbild. Ein wissenschaftlich begründeter Verdacht liegt dann vor, wenn bestätigte wissenschaftliche Untersuchungen vorliegen, aber der kausale Zusammenhang noch fraglich ist und es noch Widersprüche zum wissenschaftlichen Gesamtbild gibt.

Die Tab. 4 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Auswertung der SSK.

Tab.4: Vereinfachte Darstellung über mögliche Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder unterhalb der Referenz- bzw. Basiswerte der EU-Ratsempfehlung (näheres siehe SSK, 2001).

Auswirkungen	N	V	H	K
Interaktion mit Zellen und subzellulären Strukturen				
Moleküle und Membranen			X	
Kalzium			X	
Einfluss auf Menschen und Tiere				
Verhalten von Tieren			X	
EEG			X	
Schlaf			X	
Kognitive Funktionen			X	
Blut-Hirn-Schranke			X	
Melatonin				X
Blut und Immunsystem			X	
Reproduktion und Entwicklung				X
Krebs				
Krebsrelevante Proteine, Entstehung und Promotion			X	
Tumorbildung			X	
Epidemiologie			X	

N = Nachweis; V = Verdacht; H = Hinweis; K = kein Hinweis

Als Schlussfolgerungen hat sich die SSK für die folgenden Empfehlungen zur Vorsorge ausgesprochen:

Die SSK orientiert sich bei ihren Betrachtungen zur Vorsorge an der Mitteilung der EU-Kommission über die Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips (Kommission der EG, 2000). Die vorliegende Empfehlung leistet einen Beitrag zur wissenschaftlichen Risikobewertung. Sie befasst sich nicht mit dem Risikomanagement und der Risikoakzeptanz. Das Risikomanagement liegt in erster Linie in der Verantwortung der politischen Entscheidungsträger.

Die SSK weist darauf hin, dass Akzeptanzfragen in der Bevölkerung keinen Einfluss auf das Ergebnis der wissenschaftlichen Bewertung eines Risikopotentials haben dürfen. Sie stützt ihre Überlegungen ausschließlich auf die Analyse wissenschaftlicher Untersuchungen.

Die SSK stellt fest, dass sich auch unter Berücksichtigung des Umfangs und des Ausmaßes der Verdachtsmomente ein über die bisher bekannten gesundheitlichen Auswirkungen zusätzliches Risiko nicht quantifizieren lässt.

Sowohl für den Bereich niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder als auch für den Bereich hochfrequenter elektromagnetischer Felder werden folgende Empfehlungen zur Vorsorge ausgesprochen:

- *Die SSK empfiehlt, bei der Entwicklung von Geräten und der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen. Sie weist darauf hin, dass – entgegen der öffentlichen Besorgnis, die vor allem ortsfeste Anlagen betrifft – die Immission insbesondere durch die elektromagnetischen Felder aus Geräten, z.B. bei Haushaltsgeräten oder bei Endgeräten der mobilen Telekommunikation, zu betrachten sind. Dies hat unter*

dem Gesichtspunkt des vorsorgenden Gesundheitsschutzes eine hohe Priorität, weil eine hohe Exposition des Nutzers verursacht werden kann.

- *Die SSK empfiehlt, Maßnahmen zu ergreifen, um Expositionen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder im Rahmen der technischen Möglichkeiten zu minimieren. Dies gilt insbesondere für Bereiche, in denen sich Personen regelmäßig über längere Zeit aufhalten. Die Maßnahmen sollten sich an dem Stand der Technik orientieren (z.B. Elektroinstallationen).*
- *Die SSK empfiehlt, dass für alle Geräte und Anlagen, die relevante Expositionen verursachen können, Produktinformationen zur Verfügung gestellt werden.*
- *Die SSK fordert die Industrie und Normungsgremien auf, geeignete einheitliche Kennzeichnungen zu entwickeln, welche die Exposition durch Geräte angeben, z.B. in welchem Ausmaß Basisgrenzwerte bzw. Referenzwerte der EU-Ratsempfehlung ausgeschöpft werden.*
- *Die SSK fordert die Industrie auf, rechtzeitig vor der Einführung neuer Technologien (z.B. Aufbau neuer Telekommunikationseinrichtungen, Personenidentifizierungsanlagen) die für eine gesundheitliche Bewertung notwendigen Daten offen zu legen.*
- *Die SSK empfiehlt, relevante EMF-Immissionen in kürzeren Zeitabständen zu überprüfen.*
- *Die SSK empfiehlt, bei der Errichtung von ortsfesten Anlagen (z.B. Hochspannungsleitungen, Mobilfunk), die elektromagnetische Emissionen verursachen, eine verstärkte Information der Bürger und die Einbeziehung von Vertretern der Kommunen in die Planung.*

Des Weiteren wurden auf Grund des noch unvollständigen Wissens Empfehlungen für weitere Forschung gegeben.

Es ist notwendig, die Kenntnisse über gesundheitliche Auswirkungen elektromagnetischer Felder durch weitere Forschung zu verbessern.

Die SSK weist in diesem Zusammenhang auf die von ihr vorgelegten Vorschläge für Forschungsbedarf auf den Gebieten der elektromagnetischen Felder hin sowie auf die internationalen Aktivitäten auf diesem Gebiet. Die SSK ist weiterhin bereit, in regelmäßigen Abständen die Forschungsergebnisse neu zu bewerten.

Die SSK empfiehlt, Forschungsschwerpunkte im Bereich nichtionisierender Strahlen stärker auf neue Technologien auszurichten.

Die im Anhang der SSK Empfehlung 2001 (Kap. A 2 und A 3) gegebenen Anregungen für weitere Forschungsarbeiten sollten aufgegriffen werden.

Einige andere Staaten sind der Meinung, dass auch wenn nach den vorliegenden Erkenntnissen noch keine niedrigeren Immissionsschutzgrenzwerte festgelegt werden können, so doch auf anderen Wegen eine weitergehende Vorsorge notwendig ist. So sind z.B. in Italien, der Schweiz, in Liechtenstein und Luxemburg Verordnungen erlassen worden die explizite Vorsorgeregelungen enthalten. Die Schweiz hat neben den selben Immissionsgrenzwerten wie in Deutschland zusätzliche Emissionsgrenzwerte für die einzelnen Anlagen erlassen und somit den Beitrag einer Anlage an einer möglichen Immission begrenzt. Die Verbindlichkeit der Richtwerte ist sehr unterschiedlich und teilweise ist die Anwendung den Planungsträgern auch freigestellt. So sind die häufig zitierten "Salzburger-Empfehlungen" für einen sehr niedrigen Grenzwert ($1\text{mW}/\text{m}^2$), die bei der Exposition durch Mobilfunk - Basisstationen eingehalten werden sollen, nur eine unverbindliche Vereinbarung des Stadt Salzburg mit einem Mobilfunknetzbetreiber, die inzwischen auch schon wieder gekündigt worden ist. Im Rahmen einer umfangreichen Untersuchung des Bundesamt für Kommunikation der Schweiz (BAKOM) wurde untersucht welche Expositionen sich in Salzburg durch Mobilfunk ergeben.

Eine Reihe von nationalen und internationalen Gremien wie die Weltgesundheitsorganisation (WHO), die Internationale Strahlenschutzvereinigung (IRPA/INIRC), das englische nationale Strahlenschutzamt (NRPB) und der niederländische Gezondheidsraad sehen zur Zeit noch keine Notwendigkeit für weitergehende Regelungen, da sie die vorliegenden Effekte als noch zu vage und für die Festlegung von weitergehenden Anforderungen als nicht geeignet ansehen.

Auch werden bei einigen Regelungen abweichende größere Sicherheitsfaktoren zu den als gesichert angesehenen Wirkungen verwendet. Die Festlegung von Sicherheitsfaktoren ist immer auch eine politische Frage.

An einigen Stellen werden auch vermehrt Anstrengungen unternommen, die Abstrahlung von elektrischen Geräten und Anlagen im Rahmen des technisch noch vernünftigerweise Machbaren zu reduzieren. So gibt es in Schweden eine Norm mit Grenzwerten zur Abstrahlung von Computer-Monitoren (MPR, 1990). Das Prinzip dieser Festlegungen ist durch die messtechnische Ermittlung des Stand der Technik einen Emissionspegel festzulegen, der von 3/4 aller Geräte erreicht werden kann und diesen dann festzuschreiben. Das Prinzip der MPR ist auf andere Geräte übertragbar nicht aber die ermittelten Grenzwerte, diese Werte sind produktspezifisch und nicht gesundheitsbezogen. Auch für Handys gibt es einen entsprechenden Grenzwertvorschlag aus Schweden.

Nachdem die in der europäischen Normung abgestimmte Messnorm für Handys endlich fertig ist, plant auch die Industrie Richtwerte für die Emission dieser Geräte einzuführen. Für weitere Geräteklassen sind Messnormen in Vorbereitung, die die Festlegung von weiteren produktspezifischen Vergleichswerten ermöglichen.

Verschiedene Vereine und Organisationen wie z.B. der VDE haben sich auch zu dieser Thematik geäußert.

Es gibt eine Gruppe weiterer Grenzwertempfehlungen von privaten Gutachtern (z.B. ECOLOG (Hannover), Nova-Institut (Hürth)), die bei der Auswahl und der Bewertung der wissenschaftlichen Arbeiten nicht so strikte Regeln anlegen wie die WHO und die ICNIRP. Bei diesen Auswertungen besteht immer die Gefahr, dass Arbeiten die Auswertung bestimmen, sich als wissenschaftlich nicht haltbar erweisen. Da es für die vermuteten Wirkungen unterhalb der Grenze für thermischen Wirkungen bzw. der Körperstromeffekte kein anerkanntes Wirkungsmodell gibt, ist die Bewertung von Ergebnissen unterhalb dieser Schwellen sehr schwierig und fehleranfällig. Die dabei empfohlenen Vorsorgegrenzwerte (z.B. ECOLOG-Vorschlag für das D-Netz 1,9 V/m) liegen etwa in der Größenordnung der Emissionswerte für eine Anlage in der Schweiz (D-Netz 4 V/m). Diese Werte werden auch heute schon in der Regel bei fast allen Basisstationen des Mobilfunks in Deutschland auf Grund der Sendertechnologie und der Umsetzung der 26.BImSchV in den relevanten Bereichen des nicht nur vorübergehenden Aufenthaltes eingehalten.

Viele Baubiologen und Bürgerinitiativen sehen die bis jetzt vorliegenden Erkenntnisse, die nicht verifizierbaren Fallberichte von einzelnen Erkrankungen und die bis jetzt wissenschaftlich in ihrem Zusammenhang mit der Exposition durch elektromagnetische Felder nicht zu bestätigenden Klagen der "Elektrosensiblen" in ihrer Bedeutung als so schwerwiegend an, dass sie wesentlich weitergehende Schutz- und Minderungsmaßnahmen (Grenzwerte zum Teil mehrere Zehnerpotenzen unterhalb der ICNIRP-Werte) (siehe z.B. Bürgerwelle) empfehlen. Die Begründungen für diese Grenzwerte sind wissenschaftlich nicht mehr nachvollziehbar. Teilweise wird für diese Empfehlungen Bezug genommen auf die natürliche Hintergrundstrahlung und Grenzwerte in dieser Größenordnung gefordert. Zum anderen werden oft auch nur empirische Befunde über die Abwesenheit von zuvor beklagten Beschwerden verwendet.

Um den Schutz der Bevölkerung im Bereich der Vorsorge zu verbessern, hat die Bundesregierung eine Reihe von Maßnahmen beschlossen (näheres dazu siehe u.a. Bundestagsdrucksache 14/7958):

- mehr Mittel für entsprechende Forschung: 20,5 Millionen € für den Zeitraum 2002-2005,
- eine zentrale Datenbank aller Sendeanlagen bei der RegTP
- verbesserte Information der Öffentlichkeit über den Stand der Wissenschaft sowie
- eine freiwillige Selbstverpflichtung der Betreiber der Mobilfunknetze. Darin verpflichten sich die Netzbetreiber, eine Reihe von zusätzlichen Maßnahmen durchzuführen.

Durch eine Reihe von Bundesländern werden unabhängige Messungen der Immission durch elektromagnetische Felder durchgeführt. So werden von Bayern, Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg größere Messprogramme durchgeführt, um so unabhängige belastbare Daten über die Exposition der Bevölkerung zu erhalten. Eine Reihe von Bundesländern haben Broschüren und weiteres Informationsmaterial zur unabhängigen Information der Bevölkerung erstellt.

Auf Grund einer Verfassungsbeschwerde hat sich das Bundesverfassungsgericht mit der Frage der Verfassungsmäßigkeit der geltenden Immissionsgrenzwerte der 26.BImSchV beschäftigt. In seiner Entscheidung vom 28.2.2002 hat das Gericht die bestehenden Grenzwerte bestätigt und das Vorgehen der Bundesregierung zur Vorsorge und zur Festsetzung von Grenzwerten für diesen Bereich als ausreichend angesehen. Eine Vorsorge durch gegen rein hypothetische Gefährdungen wurde abgelehnt.

Literaturverzeichnis

- BAKOM: NIS Immission in Salzburg; Bundesamt für Kommunikation der Schweiz; Biel (2002)
- BAPT 212 MV 20: Selektive Messung der örtlichen Amplitudenverteilung der elektromagnetischen Feldstärke für Kontrolle der Feldstärkegrenzwerte nach DIN VDE 0848 T2 und T4; BAPT Mainz
- BAPT 212 MV 21: Feldstärkemessungen für die Kontrolle der Feldstärkegrenzwerte nach DIN VDE 0848 T2 und T4; BAPT Mainz
- BAPT 212 MV 22: Kontrolle der Einhaltung der abgeleiteten Grenzwerte für direkt einwirkende Feldgrößen nach DIN VDE 0848 T2 und T4 in Wohnungen und anderen Räumen; BAPT Mainz
- BG-Vorschrift UVV BGV B11; Elektromagnetische Felder: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (2001)
- BG-Regel UVV BGR B11; Elektromagnetische Felder: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (2001)
- Bundesminister für Verteidigung: Bestimmung der Bundeswehr zum Schutz von Personen vor schädlichen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder (HF-Strahlung): VMBl Nr. 6 (1992)
- Bunderegierung: Bewertung von Mobilfunk-Strahlung durch die Bundesregierung aufgrund von Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP): Bundestagsdrucksache 14/7907 (2001)
- Bunderegierung: Auswirkung elektromagnetischer Felder, insbesondere des Mobilfunks: Bundestagsdrucksache 14/7958 (2002)
- Brüggemeyer H., Köpsel H.-J.: Störbeeinflussung von Herzschrittmachern durch elektromagnetische Felder: Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim (1992)
- Bundesanstalt für Arbeitsmedizin (BAfAM): Elektrische und magnetische Felder im Beruf; Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin Nr. 4 (1994)
- DIN-VDE 0848-1 Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Definitionen, Meß- und Berechnungsverfahren: Beuth Verlag, Berlin (2000)

- ECOLOG: Mobilfunk und Gesundheit: Bewertung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes unter dem Gesichtspunkt des vorsorglichen Gesundheitstandes; ECOLOG, Hannover (2001)
- Gesetz über Funkanlagen und Telekommunikationssendeeinrichtungen (FTEG): Bundesgesetzblatt Teil 1 Nr. 6 (2001)
- Gezondheidsraad: GSM base stations; The Hague (2000)
- Gezondheidsraad: Mobile telephones; The Hague (2002)
- (IEGMP) Independent Expert Group on Mobile Phones; Mobile Phones and Health; NRPB, Oxon (2000)
- (IRPA_INIRC) International Non-Ionizing Radiation Committee: Guidelines of Limits of Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Radiofrequency Fields in the Frequency Range from 100 kHz to 300 GHz; Health Physics, Vol. 54 No. 1 (1988)
- (ICNIRP) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Richtlinie für die Begrenzung der Exposition durch zeitlich veränderliche elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (bis 300 GHz); Health Physics 74(4) (1998)
- (ICNIRP) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Biological Effects, Health Consequences and Standards for pulsed radiofrequency Fields; ICNIRP, München (2001)
- Kommission der Europäischen Gemeinschaft: Richtlinie des Rates vom 14. Juni 1989 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Maschinen; Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 183/9 (1989)
- Kommission der Europäischen Gemeinschaft: EG-Richtlinie über aktive implantierbare medizinische Geräte: 90/385/EWG, ABI. Nr. L 189 S. 17 (1990)
- Kommission der Europäischen Gemeinschaft: Vorschlag für eine Richtlinie des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch physikalische Einwirkungen (C230/ 3) Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft (1994)
- Kommission der Europäischen Gemeinschaft: Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0Hz - 300 GHz), L199/59 Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft (1999)
- Kommission der Europäischen Gemeinschaft: Mitteilung der Kommission: die Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips (2000)
- Kommission Arbeitsschutz und Normung: Normung im Bereich der nichtionisierenden Strahlung; KAN, Sankt Augustin (2001)
- Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI): Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder; Erich Schmidt Verlag (2000)
- MPR: Test Methods for Visual Display Units; Boras, Schweden (1990)
- (NRPB) National Radiological Protection Board: Radiofrequency Electromagnetic Fields: NRPB-R67 United Kingdom (1981)
- Schweizer Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV): (1999)
- Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Suva): Grenzwerte am Arbeitsplatz; (1994)
- Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder -26.BImSchV: Bundesgesetzblatt I,66 (1996)
- (SSK) Strahlenschutzkommission: Richtfunk und Radar rufen keine Waldschäden hervor : Bundesanzeiger Nr. 1 (1991)
- (SSK) Strahlenschutzkommission: Schutz vor elektromagnetischer Strahlung beim Mobilfunk: SSK Band 22; G. Fischer Verlag, Stuttgart (1992)
- (SSK) Strahlenschutzkommission: Funkanwendungen -technische Perspektiven, biologische Wirkungen und Schutzmaßnahmen SSK Band 38, Urban & Fischer München (1999)
- (SSK) Strahlenschutzkommission: Schutz der Bevölkerung bei Exposition durch elektromagnetische Felder (bis 300 GHz); Urban&Fischer, München (1999)
- (SSK) Strahlenschutzkommission: Wirkung elektromagnetischer Felder auf den Menschen Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung (2001)
- The Royal Society of Canada; A Review of the Potential Health Risks of Radiofrequency Fields from Wireless Telecommunication Devices; Ottawa (1999)
- (VDE) Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik: Positionspapier Mobilfunk und Gesundheit; Frankfurt (2002)
- (WHO) World Health Organisation: Environmental Health Criteria 137; Electromagnetic Fields (300 Hz - 300 GHz); World Health Organisation, Geneva Schweiz (1993)

Internet- Links

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (D)
www.bmu.de
- Bundesamt für Strahlenschutz (D)
www.bfs.de
- Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) (D)
www.regtp.de
- Strahlenschutzkommission SSK (D)
www.ssk.de
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (D)
www.baua.de
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (D)
www.bmi.de
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Schweiz)(D)
www.buwal.ch
- Bundesamt für Kommunikation (BAKOM) (Schweiz) (D)
www.bakom.ch
- Food and Drug Administration (USA) (E)
www.fda.de
- Forschungszentrum Jülich, Arbeitsgruppe Mensch, Umwelt Technik (D)
www.fz-juelich.de/mut
- Forschungszentrum für elektromagnetische Umweltverträglichkeit an der RWTH Aachen (D)
www.femu.rwth-aachen.de
- Bio Electro Magnetics (Fachzeitschrift E)
www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jtoc?/D=34135
- MicroWaves News (Zeitschrift E)
www.microwavenews.com
- EMF Projekt der Weltgesundheitsorganisation (WHO) (E und teilweise D)
www.who.int/peh-emf/
- International Commission on Non-Ionising Radiation Protection (ICNIRP) (E)
www.icnirp.de
- EGMP Independent Expert Group on Mobile Phones (sogenannter Stewart Report) „Mobile Phones and Health“(2000) (E):
www.iegmp.org.uk
- Expertenreport für das Französische Gesundheitsministerium "Les téléphones mobiles, leurs stations de base et la santé" (2001) (F und E):
www.sante.gouv.fr/htm/dossiers
- The Royal Society of Canada "Expert Panel Report on radio frequency fields"(1999)(E):
www.rsc.ca/english/Rfreport.html /
- Health Council of the Netherlands, Gesundheitsreporte (2000) und (2001) (E):
www.gr.nl
- VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnologie (D)
www.vde.com
- Forschungsgemeinschaft Funk (D)
www.fgf.de
- Ecolog-Institut, Hannover (D)
www.ecolog-institut.de

- nova-Institut, Hürth (D)
www.nova-institut.de
- Bürgerwelle (D)
www.buergerwelle.de
- Schweizerische Interessengemeinschaft Elektrosmog-Betroffener (D)
www.gigahertz.ch