

# Risikopotenziale elektromagnetischer Felder: Bewertungsansätze und Vorsorgeoptionen

Band 1

(nur Kapitel 3)

Endbericht  
für das  
Bayerische Staatsministerium für  
Landesentwicklung und Umweltfragen

Peter M. Wiedemann  
Johannes Mertens  
Holger Schütz  
Wilfried Hennings  
Monika Kallfass

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik  
52425 Jülich

Mai 2001

### 3 Die gesetzliche Regulierung elektromagnetischer Felder

#### 3.1 EMF Regulierung in Deutschland: 26. BImSchV

##### 3.1.1 Die Verordnung

Mit der Verordnung über elektromagnetische Felder vom 16. Dez. 1996 (26. BImSchV) wird der Betrieb von Niederfrequenz- und Hochfrequenzanlagen geregelt, die zwar im Sinne von § 4 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) **nicht genehmigungsbedürftig** sind, an die aber dennoch nach § 23 BImSchG durch den Gesetzgeber Anforderungen gestellt werden können.

Die Verordnung legt Grenzwerte für den Gesundheitsschutz fest (siehe Tabelle 1). Diese Grenzwerte sollen insbesondere die Sicherheit der Anwohner von Nieder- und Hochfrequenzanlagen gewährleisten. Die deutschen Grenzwerte entsprechen für die berücksichtigten Frequenzbereiche den Empfehlungen der *International Commission on Non-Ionizing Radiation* (ICNIRP).

Tabelle 1: Grenzwerte der 26. BImSchV für Nieder- und Hochfrequenzanlagen

1. Hochfrequenzanlagen (ortsfeste Sendefunkanlagen, z.B. Mobilfunksendemasten)		
Frequenz (f) in Megahertz (MHz)	Effektivwert der Feldstärke, gemittelt über 6-Minuten-Intervalle	
	Elektrische Feldstärke in Volt pro Meter (V/m)	Magnetische Feldstärke in Ampere pro Meter (A/m)
10-400	27,5	0,073
400-2.000	$1,375 \sqrt{f}$	$0,0037 \sqrt{f}$
2.000-300.000	61	0,16
2. Niederfrequenzanlagen (z.B. Hochspannungsleitungen, Bahnstromleitungen, Transformatoren)		
Frequenz in Hertz (Hz)	Effektivwert der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte	
	Elektrische Feldstärke in Kilovolt pro Meter (kV/m)	Magnetische Flussdichte in Mikrottesla ( $\mu$ T)
50 Hz-Felder	5	100
$16\frac{2}{3}$ Hz-Felder	10	300

Die 26. BImSchV weist eine Reihe von formalen Eingrenzungen auf:

- sie bezieht sich auf den Schutz der allgemeinen Bevölkerung und berührt nicht den Arbeitsschutz;
- sie berücksichtigt allein das Schutzgut „menschliche Gesundheit“; Umweltaspekte, wie z.B. die Tiergesundheit, sind ausgenommen;
- sie berührt nur Anlagen, die nicht nach § 4 BImSchG genehmigt werden müssen und die damit im Prinzip die Anwendung des Vorsorgeprinzips nicht erfordern;<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nach § 23 Abs. 1 BImSchG kann die Bundesregierung an die Errichtung und den Betrieb nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen Anforderungen stellen. Von diesem Recht macht der Erlass der 26. BImSchV Gebrauch, der verbindliche Grenzwerte setzt.

- sie regelt nicht das gesamte Frequenzspektrum;
- sie beschränkt den Anwendungsbereich auf gewerblich betriebene bzw. auf Anlagen, die im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Anwendung finden;
- sie beschränkt sich auf ortsfeste Anlagen und
- sie berücksichtigt nicht die Wirkung auf elektrisch oder elektronisch betriebene Implantate.

Diese Einschränkungen sollen im weiteren kommentiert werden.

Von der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik wurde eine Vorschrift (BGV B11) zum Schutz der Arbeitnehmer vor EMF erarbeitet, die gesetzlich einer Unfallverhütungsvorschrift gleichgestellt ist und die im Juni 2001 in Kraft treten wird.

Zwar beschränkt sich die 26. BImSchV auf das Schutzgut „menschliche Gesundheit“. Es wird aber davon ausgegangen, dass die Umwelt (Pflanzen, Tiere) damit indirekt ebenfalls ausreichend geschützt ist.<sup>2</sup>

Im Hochfrequenzbereich bezieht sich die Verordnung auf die Frequenzbereiche zwischen 10 MHz – 300 000 MHz, die eine bestimmte Sendeleistung überschreiten. Damit sind die wesentlichen Bereiche erfasst, die technisch genutzt werden. Nicht einbezogen werden Rundfunksender auf der Kurz- und Mittelwelle. Der hier wesentliche Frequenzbereich von 0,1 MHz bis 10 MHz ist mit der Begründung ausgenommen (Stand 1996), dass die internationale Strahlenschutzkommission ICNIRP in diesem Bereich gegenwärtig die Grenzwerte überarbeitet und die Ergebnisse dieser Überarbeitung abgewartet werden sollen. Im Niederfrequenzbereich sind die Frequenzen 16 2/3 und 50 Hz geregelt. Auch hier sind die wichtigsten Bereiche erfasst.

Die Einschränkung auf wirtschaftlich bzw. gewerblich genutzte Anlagen bedeutet, dass gegenwärtig alle Anlagen herausfallen, die solchen Zwecken nicht dienen, wie z.B. Fernsehsender von ARD und ZDF oder Sendeanlagen der Bundeswehr. Allerdings werden diese bei der immissionsschutzrechtlichen Beurteilung der Anlagen, die unter die 26. BImSchV fallen, als Hintergrundbelastung berücksichtigt.

Nicht ortsfeste Anlagen (z.B. elektrische Geräte und Handys) fallen nicht in den Regelungsbereich der 26. BImSchV. Telekommunikations-Endgeräte unterliegen jedoch einer Zulassungspflicht durch das Bundesamt für Telekommunikation, das spezifische Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit prüft. Die Einhaltung von nationalen und internationalen Normen zum Gesundheitsschutz und der mess- oder rechentechnische Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte obliegen hingegen bislang der Eigenverantwortlichkeit der Entwickler und Hersteller. Dies ist unter Rechtsaspekten eher ungünstig. Es sollten alle relevanten Felder geregelt werden, unabhängig von ihrer jeweiligen Entstehung. Dem stehen aber – jedenfalls aus Immissionsschutz-Sicht – erhebliche praktische Schwierigkeiten gegenüber. Denn für ein nicht ortsfestes Gerät kann zwar die Emission (Ausstrahlung) geregelt werden. Eine Immission – d.h. Einwirkungen auf den Menschen hängt aber von allen vorhandenen Feldern ab – die von Ort zu Ort beträchtlich differieren können.

---

<sup>2</sup> So argumentiert jedenfalls das Schweizer BUWAL (1999, S. 9)

Bezüglich der Sicherheit elektrisch oder elektronisch betriebener Implantate argumentiert der Gesetzgeber, dass diese nicht vom BImSchG, sondern durch das Gerätesicherheitsgesetz reguliert werden sollen. Diese Regelung steht aber noch aus.

### 3.1.2 Grenzwertregelung

Bei der **Hochfrequenz** beruht der Gesundheitsschutz auf Basisgrenzwerten, aus denen Referenzgrenzwerte und davon ausgehend Sicherheitsabstände abgeleitet werden. Bei allen drei Größen sind Vorsichtsmaßnahmen eingebaut:

- Die Basisgrenzwerte beinhalten einen Sicherheitsfaktor von 10 für die berufsbedingte Exposition und einen Sicherheitsfaktor von 50 für die allgemeine Bevölkerung. Dabei wurde berücksichtigt: extreme Umweltbedingungen, hohes Aktivitätsniveau der Exponierten, erhöhte Wärmeempfindlichkeit bestimmter Gruppen in der Bevölkerung, unterschiedliche Feldabsorption durch Körpergröße und -ausrichtung im Feld sowie Feldverzerrungen. Die Sicherheitsfaktoren werden weiterhin durch den Hinweis auf fehlende bzw. ungenügende Daten über die biologischen und gesundheitlichen Folgen der Exposition mit EMF begründet.
- Die abgeleiteten Grenzwerte sind Werte, die sich einfacher als die Basisgrenzwerte messen lassen. Sie sind aufgrund von worst-case Annahmen so festgelegt, dass deren Überschreitung nicht zwangsläufig eine Überschreitung der Basisgrenzwerte bedeutet.
- Die Sicherheitsabstände werden ebenfalls unter der Annahme von worst-case Bedingungen festgelegt: Daueremission der Anlage, Zugrundelegung der maximalen Emission sowie der Berücksichtigung der anderen am Ort vorhandenen Emissionen.

Für den **Niederfrequenzbereich** gelten spezifische Grenzwerte. Von diesem Frequenzbereich sind Elektro-Umspannanlagen mit einer Oberspannung  $\geq 210$  Kilovolt genehmigungspflichtig, lediglich anzeigepflichtig sind ortsfeste Anlagen zur Umspannung und Fortleitungen mit einer Spannung  $\geq 1$  Kilovolt, sowie Bahnstrom- und Bahnoberstromleitungen einschließlich der Umspann- und Schaltanlagen<sup>3</sup>.

Die Grenzwerte für den Niederfrequenzbereich dürfen unter bestimmten Bedingungen für kurze Zeit oder räumlich begrenzt bis zum Doppelten ihres Wertes überschritten werden. Zum Zweck der **Vorsorge** (§ 4 der 26. BImSchV) sind von dieser Regelung aber Anlagen in der Nähe von Wohnungen, Kindergärten, Kinderhorten und Spielplätzen sowie ähnlichen Einrichtungen ausgenommen. In diesen Gebäuden oder auf diesen Grundstücken gelten die Grenzwerte auch für die maximalen Effektivwerte.

Entscheidend für die Bewertung, ob die 26. BImSchV ausreichend Schutz vor Risiken gewährt, ist der Stand von Forschung und Wissenschaft: Sind seit dem Inkrafttreten der Verordnung am 1.1.1997 neue Erkenntnisse gewonnen worden, die zu einer Neubewertung der in der Verordnung festgelegten Grenzwerte oder für zusätzliche Schutz- oder Vorsichtsmaßnahmen Anlass geben?

---

<sup>3</sup> Neben der immissionsschutzrechtlichen Seite sind für die Genehmigung von Stromversorgungsleitungen, Umspannanlagen und Bahnstromleitungen noch eine Reihe anderer Gesetze und Verordnungen zu beachten. Hierbei muss zwischen Stromversorgungsleitungen und Umspannanlagen einerseits sowie Bahnstromleitungen andererseits unterschieden werden.

## 3.2 Regulierung elektromagnetischer Felder in anderen Ländern

Im folgenden wird ein Überblick zur Regulierung der EMF-Exposition der Öffentlichkeit in verschiedenen Ländern gegeben.<sup>4</sup> Dabei werden die ICNIRP Empfehlungen (s.o.) zum Vergleich herangezogen. Diese Empfehlungen wurden auch vom Rat der Europäischen Kommission für ihre Empfehlung zur Begrenzung der EMF-Exposition der Öffentlichkeit übernommen und bilden, wie oben dargestellt, auch die Grundlage für die Grenzwertsetzung der deutschen 26. BImSchV.

In der folgenden Übersicht geht es nicht um einen umfassenden Überblick zur EMF-Regulierung, sondern um eine beispielhafte Darstellung der Behandlung dieses Problems in anderen Ländern. Dies soll helfen, die deutsche Diskussion zu diesem Thema in einen internationalen Kontext einzuordnen.

### 3.2.1 Italien

In Italien gelten seit Januar 1999 Grenzwerte für hochfrequente EMF von Mobilfunksendeanlagen sowie Fernseh- und Rundfunksendern im Frequenzbereich 100 kHz bis 300 GHz. Grenzwerte für niederfrequente EMF gibt es derzeit noch nicht; eine gesetzliche Regelung ist hier allerdings in Vorbereitung.

Für die hochfrequenten EMF gelten in Italien jetzt Grenzwerte, die deutlich unter den von der ICNIRP empfohlenen Werten liegen. Allgemein wurde für den Bereich 3 MHz bis 3000 MHz der Grenzwert für die elektrische Feldstärke auf 20 V/m, für die magnetische Feldstärke auf 0.05 A/m und für die äquivalente Leistungsdichte auf 1 W/m<sup>2</sup> festgesetzt. Noch geringere Grenzwerte gelten für Gebäude, in denen sich Menschen länger als 4 Stunden aufhalten. Hier beträgt der Grenzwert für die elektrische Feldstärke 6 V/m, für die magnetische Feldstärke 0.016 A/m und für die äquivalente Leistungsdichte 0.1 W/m<sup>2</sup>.

Bei der Festlegung dieser niedrigen Grenzwerte für hochfrequente EMF, die allgemein um einen Faktor 2 bis 3 (für das elektrische Feld) und für Gebäude, in denen sich Menschen länger als 4 Stunden aufhalten, sogar um das 7 bis 10-fache (für das elektrische Feld) unter den ICNIRP Empfehlungen liegen, bezieht sich Italien explizit auf das Vorsorgeprinzip, um damit den aus italienischer Sicht großen Unsicherheiten bei der Abschätzung der gesundheitlichen Risiken durch EMF Rechnung zu tragen.

Beispielhaft zeigt sich diese Einschätzung auch bei den Vorbehalten, die Italien bei der Beratung der Empfehlung des Rats der Europäischen Union zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz), die den ICNIRP Empfehlungen entspricht, in seinem Positionspapier äußerte. Hier wird zur Anwendung des Vorsorgeprinzips ausgeführt:

Die Präsenz von Unsicherheitsfaktoren wird nicht geleugnet, sondern berücksichtigt, indem deutlich die Tatsache formuliert wird, dass bei der Festlegung der Grenzwerte die nötigen Vorsichtsmaßnahmen angewendet werden. Mit einem Ansatz dieser Art wird das Ziel verfolgt, die Situationen zu bewältigen, in denen der Unsicherheitsfaktor durch diejenigen verleugnet wird, die dennoch agieren

---

<sup>4</sup> Die Übersicht basiert auf einer schriftlichen Befragung von rund 90 EMF-Experten aus verschiedenen Ländern sowie auf öffentlich zugänglichen Veröffentlichungen und Dokumenten der zuständigen Institutionen der einzelnen Länder.

wollen und ausgedehnt auf diejenigen, die ein Interesse daran haben, eine Aktion zu verzögern. In einer Gemeinschaft, in der man einen Schaden an der Gesundheit befürchtet, aufgrund von ganz bestimmten Umweltexpositionen, könnte das Vertrauensverhältnis mit den Technikern brechen, falls man sich auf die Ungewissheit beruft, um das Fehlen vorbeugender Aktionen zu entschuldigen. Im Umweltbereich sind nämlich Situationen, in denen die wissenschaftlichen Daten nicht ausreichend sind, um auf einer endgültigen Lösung zu bestehen, an der Tagesordnung und keine Ausnahme, und dennoch wird eine Entscheidung getroffen.

(Italien Position concerning the Proposal of Recommendation of EU Council COM (98) 268 Def 98/0166 CNS, Acts of Council of Health Ministers, November 12 1998; deutsche Übersetzung zitiert aus: Giuliani 2000, S. 142).

### 3.2.2 Schweiz

Seit dem 1. Februar 2000 gilt in der Schweiz die „Verordnung über den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung“, die für den Frequenzbereich 0 Hz bis 300 GHz Grenzwerte festsetzt. Die Verordnung gilt für den Betrieb ortsfester Anlagen, sofern deren Emissionen die allgemeine Bevölkerung betreffen. Sie gilt nicht für den Arbeits- und medizinischen sowie militärischen Bereich und auch nicht für elektrische Geräte wie Mobilfunktelefone, Mikrowellenöfen oder Elektrowerkzeuge. Sie regelt ebenfalls nicht die elektromagnetische Umweltverträglichkeit, also etwa die Beeinflussung von medizinischen Lebenshilfen, wie Herzschrittmachern.

Generell übernimmt die Schweiz mit dieser Verordnung die von der ICNIRP vorgeschlagenen Grenzwerte (Immissionsgrenzwerte) für nieder- und hochfrequente EMF. Diese Immissionsgrenzwerte sind überall und ohne Ausnahme einzuhalten.

Darüber hinaus werden für „Orte mit empfindlicher Nutzung“ spezifische Anlagengrenzwerte festgesetzt, mit denen eine vorsorgliche Emissionsbegrenzung erreicht werden soll. Orte mit empfindlicher Nutzung sind dabei zum einen Räume, in denen mit längerem Aufenthalt von Personen gerechnet werden muss (z.B. Wohnräume, Schulräume, Patientenzimmer in Spitälern und Altersheimen, Büroräume). Zum anderen sind damit besonders auch Kinderspielplätze gemeint, weil gewisse Verdachtsmomente für schädliche Wirkungen von EMF vor allem bezogen auf Kinder vorliegen.

Für niederfrequente EMF wird für Frei- und Kabelleitungen mit einer Nennspannung von mindestens 1000 V ein Effektivwert der magnetischen Flussdichte von  $1 \mu\text{T}$  als Anlagengrenzwert festgesetzt. Der gleiche Wert gilt auch für Transformatorstationen, Schaltanlagen, elektrische Hausinstallationen sowie Eisenbahnen und Straßenbahnen. Damit liegt der Schweizer Grenzwert für Orte mit empfindlicher Nutzung um den Faktor 100 unter dem derzeit in Deutschland geltenden (und von der ICNIRP vorgeschlagenen) Wert von  $100 \mu\text{T}$ .

Im Bereich hochfrequenter EMF gelten Anlagengrenzwerte für Sendeanlagen von zellularen Mobilfunknetzen und von Sendeanlagen für drahtlose Teilnehmeranschlüsse mit einer äquivalenten Strahlungsleistung von insgesamt mindestens 6 W. Hierfür wurden folgende Anlagengrenzwerte für den Effektivwert der elektrischen Feldstärke erlassen (Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung; Anhang 1):

- a. für Anlagen, die ausschliesslich im Frequenzbereich um 900 MHz senden: 4.0 V/m;
- b. für Anlagen, die ausschliesslich im Frequenzbereich um 1800 MHz oder in einem höheren Frequenzbereich senden: 6.0 V/m;
- c. für Anlagen, die sowohl in Frequenzbereichen nach Buchstabe a als auch nach Buchstabe b senden: 5.0 V/m.

Damit liegen die Schweizer Grenzwerte für Mobilfunkbasisstationen für Orte mit empfindlicher Nutzung etwa um einen Faktor 10 unterhalb der von der ICNIRP vorgeschlagenen Grenzwerte.

Anders als in Deutschland werden in der Schweizer Verordnung auch Rundfunksender und andere Funkanwendungen (die mindestens eine äquivalente Strahlungsleistung von 6 W aufweisen und mindestens 800 Stunden pro Jahr senden) erfasst. Für Lang- und Mittelwellensender gilt ein Anlagengrenzwert von 8.5 V/m; für alle übrigen Sendeanlagen ein Wert von 3 V/m. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Anlagen kommerziell genutzt werden oder nicht.

Die Schweizer Festlegung von Emissionsgrenzwerten für Orte mit empfindlicher Nutzung stützt sich explizit auf eine Anwendung des Vorsorgeprinzips. Das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft führt dazu in seinem erläuternden Bericht zur Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung vom 23. Dezember 1999 aus:

Nichtionisierende Strahlung muss gemäss dem Umweltschutzgesetz (USG; SR 814.01) im Sinne der Vorsorge so weit begrenzt werden, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist, mindestens aber so, dass sie für Mensch und Umwelt weder schädlich noch lästig wird.

(BUWAL 1999b, 2)

In seiner Bewertung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes zu möglichen gesundheitsschädigenden Wirkungen von EMF kommt das BUWAL zu folgender Einschätzung:

- *Intensive* nichtionisierende Strahlung gefährdet die Gesundheit von Menschen. Der menschliche Körper oder Teile davon erwärmen sich, was zu verschiedenen schädlichen Folgereaktionen führt. Ebenfalls nachgewiesen sind Funktionsstörungen von Nerven- und Muskelzellen infolge von elektrischen Strömen, die durch intensive Strahlung im Körper induziert werden. Diesen akuten Wirkungen ist gemeinsam, dass sie unterhalb einer bestimmten Intensität der Strahlung (Schwelle) nicht auftreten. Die Immissionsgrenzwerte von Anhang 2 der Verordnung stützen sich auf diese gesicherten schädlichen Wirkungen und sind so angesetzt, dass solche nicht auftreten können.
- Auch bei *schwacher* nichtionisierender Strahlung – unterhalb der Immissionsgrenzwerte – treten biologische Wirkungen auf. Beispielsweise wurden physiologische Änderungen beim Stoffwechsel von Zellen nachgewiesen (Kalzium-Haushalt). Bei Versuchstieren wird die Ausschüttung des Hormons Melatonin während der Nacht beeinflusst. Zunehmend berichten Personen über Schlafstörungen und andere Störungen des Wohlbefindens im Zusammenhang mit schwachen elektromagnetischen Feldern. Schliesslich hat sich aus statistischen Untersuchungen ein Verdacht auf eine krebsfördernde Wirkung schwacher elektromagnetischer Felder ergeben. So kam eine Expertengruppe des US National Institute of Environmental Health Sciences (Nationales Institut für Umwelt und Gesundheit) im Juni 1998 nach mehrjähriger Bewertung aller Untersuchungsberichte zum Schluss, dass niederfrequente elektromagnetische Felder als "möglicherweise kanzerogen" zu betrachten sind.

Auch wenn von wissenschaftlicher Seite noch weitere Bestätigungen verlangt werden, sind die festgestellten Auswirkungen bereits heute in die vorsorglichen Schutzüberlegungen einzubeziehen. Vorsorge gemäss Umweltschutzgesetz soll gerade die noch nicht abschliessend bekannten Risiken minimieren. Das Umweltschutzgesetz verlangt in Artikel 1 Absatz 2 ausdrücklich: "Im Sinne der Vorsorge sind Einwirkungen, die schädlich oder lästig werden *könnten*, frühzeitig zu begrenzen."

(BUWAL 1999b, 3f.)

Allerdings stellt das BUWAL auch ausdrücklich fest, dass die Frage, ab welchen Feldstärken der Vorsorge Genüge getan ist, sich nicht wissenschaftlich begründen lässt:

Die medizinische Wissenschaft kann zur Klärung keinen Beitrag leisten, weil Gefährdungen von Menschen durch Immissionen mit Intensitäten unterhalb der Immissionsgrenzwerte heute nicht ein-

deutig nachgewiesen sind. *Das in der Verordnung vorgeschlagene Schutzniveau ist somit nicht wissenschaftlich begründet* [Hervorhebung hinzugefügt]. Es ist das Ergebnis einer Abwägung von Schutz- und Nutzinteressen und stellt einen gangbaren Mittelweg ... dar. (BUWAL 1999a, 7).

Eine Begrenzung von Emissionen soll aber nicht unabhängig von technischen und wirtschaftlichen Überlegungen erfolgen. Nach dem Schweizer Umweltschutzgesetz (USG) sind diese Aspekte bei den vorsorglichen Emissionsbegrenzungen zu berücksichtigen. In Artikel 11 Absatz 2 USG heißt es dazu:

Unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung sind Emissionen im Rahmen der Vorsorge so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

Sowohl das Kriterium der technischen und betrieblichen Machbarkeit wie das der wirtschaftlichen Tragbarkeit werden in Artikel 3 Absatz 4 bzw. Absatz 5 präzisiert:

4 Technisch und betrieblich möglich sind Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung, die:

- a. bei vergleichbaren Anlagen im In- oder Ausland erfolgreich erprobt sind; oder
- b. bei Versuchen erfolgreich eingesetzt wurden und nach den Regeln der Technik auf andere Anlagen übertragen werden können.

5 Wirtschaftlich tragbar sind Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung, die für einen mittleren und wirtschaftlich gesunden Betrieb der betreffenden Branche zumutbar sind. Gibt es in einer Branche sehr unterschiedliche Klassen von Betriebsgrößen, so ist von einem mittleren Betrieb der entsprechenden Klasse auszugehen.

### 3.2.3 Neuseeland

Für niederfrequente Felder gibt es in Neuseeland keine gesetzlichen Regelungen. Im allgemeinen werden aber die von der ICNIRP empfohlenen Werte benutzt. Diese werden insbesondere auch vom neuseeländischen Umwelt- bzw. Gesundheitsministerium empfohlen.

Für hochfrequente Felder wurden 1999 Grenzwerte festgelegt (NZS 2772.1:1999 Radiofrequency Fields Part 1: Maximum exposure levels 3 kHz – 300 GHz), die den von der ICNIRP (1998) vorgeschlagenen Werten entsprechen, d.h. für die allgemeine Öffentlichkeit wurde ein Basisgrenzwert für die Ganzkörper SAR von 0.08 W/kg eingeführt (dies entspricht der ICNIRP Empfehlung). Als Referenzwerte gelten für die elektrische Feldstärke 27.5 V/m, für die magnetische Feldstärke 0.073 A/m und für die Leistungsdichte 2 W/m<sup>2</sup>. Diese Grenzwerte beziehen sich auf die Verhinderung schädlicher Wärmewirkung durch hochfrequente EMF.

Grundlage für diese Grenzwertsetzung ist eine Einschätzung der wissenschaftlichen Studien zu möglichen gesundheitsschädigenden Effekten von hochfrequenten EMF. Das neuseeländische Umwelt- bzw. Gesundheitsministerium folgt hier den Einschätzungen der ICNIRP und der WHO und stellt dazu fest:

The Ministry of Health considers that the ICNIRP exposure guidelines are founded on the most up-to-date review of the literature, and that they have widespread support amongst the scientific and health communities. There are no verified reports of injury or adverse health effects to people from exposures which comply with these guidelines. Although the Ministry recognises that there is continuing debate about the possibility of adverse effects arising from exposures which do comply with the ICNIRP guidelines, it does seem clear at this stage, even if future research does eventually show that health effects exist, that the relative risk from exposures to radiofrequency fields will be very small or negligible.

(New Zealand Ministry for the Environment / Ministry of Health 1999, 33)

Trotzdem empfiehlt das neuseeländische Umwelt- bzw. Gesundheitsministerium, angesichts der bestehenden, wissenschaftlichen Restunsicherheiten und der Unmöglichkeit, absolute Ungefährlichkeit nachzuweisen, dort freiwillig emissionsreduzierende Maßnahmen durchzuführen, wo dies ohne zusätzliche oder mit nur geringen zusätzlichen Kosten möglich ist. D.h. immer dann, wenn es verschiedene Möglichkeiten bei der Konstruktion oder Platzierung von Mobilfunkbasisstationen gibt, sollte die Variante mit der geringstmöglichen Exposition für die Umgebung gewählt werden. In diesem Zusammenhang wird vor allem auf die folgenden Maßnahmen zur Expositionsreduktion hingewiesen:

- minimising transmitter power to that required to achieve coverage objectives
- select or design antennas which minimise emissions in directions not required for coverage
- if alternative sites are available (or there are different options for mounting antennas on a single site), select the option giving the lowest exposures.

(New Zealand Ministry for the Environment / Ministry of Health 1999, 35)

Für die Durchführung solcher freiwilligen, einfachen und wenig kostenden Maßnahmen sprechen aus Sicht des neuseeländischen Umwelt- bzw. Gesundheitsministeriums die folgenden Gründe:

1. Some studies have produced findings which some scientists have interpreted as suggesting the possibility of health effects at levels below those permitted for the public in ICNIRP guidelines. Although there is not widespread acceptance of this viewpoint in the scientific community, the existence of such reports suggests that no- or low-cost action is justified in order to minimise any potential effects, until a better understanding can be obtained. The WHO is currently undertaking a wide-ranging research programme in order to provide more definitive advice on these areas of uncertainty.
2. Exposures in publicly accessible areas surrounding many radiofrequency facilities are so far below the ICNIRP guideline limits that those limits are almost irrelevant. However, because of the residual scientific uncertainty, a consideration of alternative solutions is recommended to minimise unnecessary exposures, all other things being equal.
3. There is an important distinction between the use of safety factors in deriving exposure limits (as is done by ICNIRP, for example) and the requirement to minimise unnecessary exposures. Safety factors are commonly used in deriving exposure limits for agents which are believed to exhibit a threshold. The safety factor is used to compensate for limitations in scientific methodology. For example, a safety factor will allow for extrapolating from animal data to humans, determining the exact threshold, assumptions about (say) heat dissipation in the body, the possibility that some people may be more sensitive than others, and the generally longer periods of exposure which occur in environmental compared with occupational settings. The safety factor chosen depends on the completeness of the data available, and values of 10-1000 are often used. ICNIRP has chosen a value of 50 for the public.
4. ICNIRP is confident that the exposure limits they propose provide an adequate level of protection, and the Ministry of Health agrees with this view. However, ICNIRP acknowledges that knowledge in some areas is incomplete and further work is required to gain a more complete understanding. The requirement to minimise exposures should not be seen as undermining the ICNIRP recommendations, nor as justification for setting lower numerical limits than those proposed by ICNIRP. Rather, it is a recognition of the assumptions inherent in the formal risk assessment undertaken by ICNIRP and the residual uncertainties in the scientific database.

(New Zealand Ministry for the Environment / Ministry of Health 1999, 35f.)

Das neuseeländische Umwelt- bzw. Gesundheitsministerium empfiehlt den lokalen Behörden, die für die Umsetzung bzw. Einhaltung der Grenzwertregelungen vor Ort zuständig sind, die Exposition der Öffentlichkeit mit hochfrequenten EMF durch Mobilfunkbasisstationen

nen im Rahmen sogenannter Bezirkspläne (*district plans*) zu regeln. Es schlägt dazu vor, den Betrieb von Mobilfunkbasisstationen zu genehmigen, solange die Expositionswerte für den der Öffentlichkeit zugänglichen Bereich 25 Prozent der in der entsprechenden Norm (NZS 2772.1) spezifizierten Grenzwerte nicht überschreiten. Ist aufgrund technischer Abschätzungen zu erwarten, dass diese 25 Prozent überschritten werden, die Grenzwerte aber immer noch eingehalten werden, so wird die Basisstation zu einer kontrollierten Anlage. Sie wird dann ebenfalls genehmigt, muss aber angemeldet werden und wird überwacht.

Als Begründung für diese – für die Betreiber der Basisstationen freiwillige und nicht etwa gesetzlich vorgeschriebene – Absenkung auf ein Viertel des gesetzlichen Grenzwertes führt das neuseeländische Umwelt- bzw. Gesundheitsministerium aus:

The National Radiation Laboratory of the Ministry of Health recommends an additional assessment of radiofrequency exposures if initial modelling predicts that they will exceed 25 percent of the reference level. This recognises that:

- manufacturing tolerances in equipment (transmitters, antenna, feeders) could add up to total uncertainties of a factor of about two (ie, exposures could be between one-half to twice as much as estimated by simple calculation).
- reflections of the radio signal off some surfaces (eg, steel cladding on buildings) can cause localised increases and decreases in radiofrequency levels over what was estimated by calculation. In theory, the increase can be up to a factor of four.

(New Zealand Ministry for the Environment / Ministry of Health 1999, 47)

Neben diesen gesundheitsschutzbezogenen Maßnahmen wird auch eine aktive Risikokommunikation empfohlen, die die Besorgnisse der Bevölkerung über mögliche Gesundheitsrisiken von EMF ernst nimmt. Insbesondere sollen dabei die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- informing the public about current and proposed actions
- advising people of environmental and public health risk assessments in language understandable by lay people
- understanding and respecting people's concerns
- dealing with concerns over which agencies have control, and identifying how other concerns may be managed
- providing opportunities for public involvement in risk management processes and decisions

(New Zealand Ministry for the Environment / Ministry of Health 1999, 103f.)

### 3.2.4 Australien

In Australien gelten derzeit faktisch für hochfrequente EMF die Grenzwerte, die im gemeinsam mit Neuseeland entwickelten Standard AS/NZS 2772.1(Int): 1998 – Radiofrequency fields Part 1: Maximum exposure levels – 3 kHz to 300 GHz festgelegt wurden. Zwar ist diese Regulierung Ende April 1999 zunächst zurückgezogen worden, die darin festgelegten Grenzwerte werden aber weiterhin von der zuständigen Australian Communications Authority vorgeschrieben. Die Grundlage für die Grenzwertsetzung liefert – wie auch für die ICNIRP Empfehlungen – ein Basisgrenzwert für die spezifische Absorptionsrate (SAR) von 0.08 W/kg (Ganzkörper) bzw. 4 W/kg (Teilkörper, gemittelt über 10 g Gewebe). Daraus wurden die folgenden Referenzwerte abgeleitet: für die elektrische Feldstärke 27.5 V/m, für die magnetische Feldstärke 0.073 A/m und für die Leistungsdichte 2 W/m<sup>2</sup>.

### 3.2.5 Schweden

In Schweden gibt es kein Gesetz für die Regulierung nieder- bzw. hochfrequenter EMF für die allgemeine Öffentlichkeit. Lediglich der Bereich der berufsbedingten Exposition ist gesetzlich geregelt. Das schwedische Institut für Strahlenschutz empfiehlt aber für die Öffentlichkeit Expositionswerte für hochfrequente EMF, die um den Faktor 5 unter den Werten für die berufsbedingte Exposition liegen. Dies entspricht den von der ICNIRP empfohlenen Werten (41 V/m für die elektrische Feldstärke; 4.5 W/m<sup>2</sup> für die äquivalente Leistungsdichte bei 900 MHz). Diese Empfehlung des schwedischen Strahlenschutzinstituts zielt auf den Schutz vor thermischen Schädigungen. Die wissenschaftliche Diskussion um mögliche nicht-thermische Schädigungen wird zwar zur Kenntnis genommen, aber wegen der fehlenden Nachweise dieser Schädigungen bei der Empfehlung nicht weiter berücksichtigt.

Für den Bereich der niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder gibt es allerdings für nationale Behörden eine Empfehlung zur Anwendung des Vorsorgeprinzips, die von verschiedenen schwedischen Regierungsinstitutionen (darunter das Institut für Strahlenschutz) erarbeitet wurden. Grundlage für diese Empfehlung ist die Einschätzung, dass Krebsrisiken und andere Gesundheitsrisiken durch die Exposition mit niederfrequenten EMF nicht ausgeschlossen werden können:

The research findings presented hitherto afford no basis for and cannot be said to justify any limit values or other compulsory restrictions on low-frequency electrical and magnetic fields. The limit values which we have today for high-frequency electromagnetic fields afford protection against thermal effects. In the case of low-frequency fields, we do not know which properties may possibly entail hazards, nor do we know how doses are to be evaluated. If the fields are harmful to health, are the hazards mainly connected with brief, intense exposures or with prolonged, low-level ones? Or is it perhaps widely fluctuating fields that cause the problems? We do not know, but even so we have come to believe that a certain amount of caution may be justified where exposure to low-frequency magnetic fields is concerned.

(Swedish National Authorities: Guidance for Decision Makers)

Anders als bei hochfrequenten EMF, bei denen der schädigende Wirkmechanismus (Erwärmung von Körpergewebe) bekannt ist und die deswegen durch die oben genannten Empfehlungen des schwedischen Instituts für Strahlenschutz begrenzt werden, lässt sich nach der zitierten Einschätzung ein solcher Wirkmechanismus für niederfrequente EMF (noch) nicht angeben. Wegen dieser Unkenntnis wird die Anwendung des Vorsorgeprinzips empfohlen, allerdings nur, wenn zwei Bedingungen erfüllt sind:

If measures generally reducing exposure can be taken at reasonable expense and with reasonable consequences in all other respects, an effort should be made to reduce fields radically deviating from what could be deemed normal in the environment concerned. Where new electrical installations and buildings are concerned, efforts should be made already at the planning stage to design and position them in such a way that exposure is limited.

(Swedish National Authorities: Guidance for Decision Makers)

Als Bedingungen werden also zum einen die deutliche Abweichung von den EMF-Werten genannt, die für die fraglichen Bereiche als normal anzusehen sind. Zum anderen wird gefordert, dass bei der Anwendung des Vorsorgeprinzips auch ökonomische Aspekte berücksichtigt werden müssen: es müssen vernünftige Konsequenzen zu vernünftigen Kosten erreicht werden können.

Zu beiden Kriterien werden in den Empfehlungen zur Anwendung des Vorsorgeprinzips Beispiele angeführt, die eine Orientierung für die Entscheidungsfindung bieten.

### 3.2.6 Großbritannien

In Großbritannien gelten seit Mai 2000 nach einer Entscheidung des *National Radiological Protection Board* (NRPB) die ICNIRP Werte zur Begrenzung der Exposition der Öffentlichkeit mit hochfrequenten EMF. Grundlage für die Entscheidung des NRPB sind die Empfehlungen der vom britischen Gesundheitsminister eingesetzten *Independent Expert Group on Mobile Phones*, die im sogenannten Stewart Report im Mai 2000 veröffentlicht wurden (siehe dazu ausführlich Kap. 6.2 dieses Berichts). Der Report schlägt unter anderem vor, dass aus Gründen der *Vorsorge* in Großbritannien die ICNIRP Empfehlungen übernommen werden sollten.

Das NRPB betont ausdrücklich, dass die Anpassung der britischen Richtwerte an die ICNIRP Empfehlungen nicht auf dem direkten Nachweis gesundheitsschädlicher Effekte von HF EMF beruht, sondern dass hier andere Faktoren in die Entscheidung einfließen:

The Board accepted that the International Commission on Non-Ionising Radiation Protection Guidelines for restricting exposures of the public should be adopted for mobile phone frequencies. In fact the Board had foreseen in its Statement of 1999, that *in the absence of direct scientific evidence, Government may take other factors into account in establishing generally accepted exposure guidelines for the public* [kursiv hinzugefügt]. The Board had added that if and when further relevant information becomes available, it would review its advice.

(NRPB: Minutes of the Board Meeting, 25 May 2000; NRPB(00)M.2)

Im angesprochenen Statement von 1999 war das NRPB zu der Einschätzung gekommen, dass vor dem Hintergrund der verfügbaren wissenschaftlichen Evidenz zu Gesundheitsschäden durch HF EMF eine Ansenkung der damals in Großbritannien geltenden Richtwerte nicht zu rechtfertigen sei. Die vorher in Großbritannien geltenden Richtwerte lagen für die äquivalente Leistungsdichte etwa um einen Faktor 7 bis 11 über den ICNIRP Werten und galten sowohl für die Exposition am Arbeitsplatz wie auch in der Öffentlichkeit.

The Board has concluded that for occupational exposure the basic restrictions in the new ICNIRP guidelines do not differ in any significant way from those previously recommended by NRPB and have no implications for the UK guidelines. For members of the public, ICNIRP has generally included a reduction factor of up to five in setting basic restrictions across the frequency range to 300 GHz. There is, however, a lack of scientific evidence to support the introduction of these additional reduction factors. The Board believes that the existing UK advice by NRPB on limiting exposures for the general public already provides sufficient protection from direct and indirect effects and that any health benefits to be obtained from further reductions in exposure have not been demonstrated. It sees no scientific justification, therefore, for altering the advice previously given by NRPB on exposure guidelines for members of the public. It does, however, accept that other factors may need to be taken into account by government in establishing generally accepted exposure guidelines for the public.

(Doc. NRPB, 10, No. 2, 1999)

Für niederfrequente Felder hat das NRPB gemeinsame Werte für die berufliche und die öffentliche Exposition empfohlen. Diese Werte entsprechen den ICNIRP Empfehlungen für die berufliche Exposition. Für die Öffentlichkeit liegt die zulässige Exposition damit um einen Faktor 2 (für das elektrische Feld) bzw. 5 (für das magnetische Feld) über den ICNIRP Empfehlungen. Dazu führt das NRPB in seiner Stellungnahme zu den ICNIRP Empfehlungen von 1998 aus:

The restrictions on exposure of workers in the UK guidelines and in the ICNIRP guidelines are very similar. However, for members of the public there is an important difference. The UK guidelines pro-

vide limits on exposure that are the same for workers and for members of the public, except where there is established scientific data to justify a difference. ICNIRP adopts a blanket policy of having more restrictive limits for the public (generally by up to a factor of 5) compared with the limits for workers. The ICNIRP guidelines for the public have been used as a basis for a draft (European) Council recommendation on limiting exposure of the public to electromagnetic fields.

NRPB does not believe that there is scientific justification for such a blanket approach and that the existing UK limits for workers and for the general public provide adequate protection. The health benefits to be obtained from further reductions in exposure are not clear.

(NRPB 1998)

Auch nach einem neuen Gutachten der *Advisory Group on Non-ionising Radiation* zu Krebsrisiken durch NF EMF (siehe Kapitel 6.2) sieht das NRPB keinen Anlaß, diese Einschätzung zu revidieren (vgl. NRPB 2001).

### 3.2.7 Kanada

Die Regulierung hochfrequenter elektromagnetischer Felder erfolgt in Kanada durch den „Safety Code 6“ (Health Canada 1999: Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 3 kHz to 300 GHz (Safety Code 6)). Rechtlich gesehen, ist der Safety Code 6 eine Empfehlung und kein Gesetz. Allerdings müssen alle Institutionen, für die der „Canada Labour Code“ bindend ist, diesen Empfehlungen folgen (z.B. die kanadischen Bundesbehörden). Und auch die kanadische Industrie richtet sich nach den Empfehlungen.

Safety Code 6 umfaßt alle Anlagen und Geräte, die elektromagnetische Felder im Frequenzbereich 3 kHz bis 300 GHz emittieren, also nicht nur ortsfeste Anlagen. Ausgenommen sind lediglich Geräte für medizinische Anwendungen.

Grundlage für die Empfehlungen sind die nachgewiesenen gesundheitsschädlichen thermischen Wirkungen hochfrequenter EMF. Als Basisgrenzwerte für die Öffentlichkeit werden die von der ICNIRP vorgeschlagenen SAR-Werte übernommen: 0.08 W/kg (Teilkörper SAR für Kopf, Hals und Rumpf: 1.6 W/kg; für die Gliedmaßen: 4 W/kg). Die daraus abgeleiteten Referenzwerte sind: für die elektrische Feldstärke 47.55 V/m (900 MHz) bzw. 61.40 V/m (1800 MHz), für die magnetische Feldstärke 0.126 A/m (900 MHz) bzw. 0.163 A/m (1800 MHz) und für die Leistungsdichte 6 W/m<sup>2</sup> (900 MHz) bzw. 10 W/m<sup>2</sup> (1800 MHz).

Für das Auge werden im Hinblick auf mögliche thermische Schädigungen geringere Werte für wünschenswert gehalten. Hierzu wird ausgeführt:

Although not a requirement of the Code, it is suggested that whenever possible, the organ-averaged SAR for the eye not exceed 0.2 W/kg. As stated in Appendix VII, this suggestion shall remain until sufficient scientific information is available to accurately assess the health effects of RF exposure on the eye. (Health Canada 1999, 20)

Der Safety Code 6 enthält nicht nur Grenzwerte, sondern gibt auch Vorgaben bzw. Empfehlungen für die Standortwahl und Installation von Sendeanlagen.

Wherever possible, the antenna beam shall be directed away from occupied areas. However, if the beam does irradiate occupied areas, the applicable maximum exposure limits given in Section 2 shall be observed. If needed, antenna sweep restrictions or RF power reduction may be employed to prevent the exposure limits from being exceeded in occupied locations. (Health Canada 1999, 29)

Für Bereiche, in denen die EMF Exposition zum Beispiel durch Sendeanlagen die für die Öffentlichkeit geltenden Werte überschreitet, wird die Kennzeichnung durch einen Warnhinweis („Warning“) empfohlen. Weiter wird vorgeschlagen, dass Geräte, die EMF emittieren, durch ein Label mit der Aufschrift „Vorsicht“ („Caution“) gekennzeichnet werden.

In Kanada gibt es keine gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte für niederfrequente elektrische und magnetische Felder. Eine Arbeitsgruppe der kanadischen Strahlenschutzkommission (Working Group of the Federal-Provincial Territorial Radiation Protection Committee (1998): Health effects and exposure guidelines related to extremely low frequency (ELF) 50/60Hz electric and magnetic fields – An overview) kommt in einem Gutachten zu der Einschätzung, dass die Exposition der kanadischen Öffentlichkeit normalerweise unter dem von der ICNIRP empfohlenen Wert für niederfrequente EMF liegt. Und für restriktivere Grenzwerte, die über die ICNIRP-Empfehlungen hinausgehen, sieht die Arbeitsgruppe bei dem derzeitigen Kenntnisstand keinen Anlaß. Allerdings wird ausdrücklich anerkannt, dass es noch Kenntnislücken in bezug auf die gesundheitlichen Auswirkungen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder gibt. Die derzeit weltweit durchgeführten Forschungsaktivitäten zu diesem Thema sollen deshalb weiter verfolgt und neue Erkenntnisse für eine Neubewertung der Sachlage genutzt werden.

### 3.2.8 Österreich

Grenzwerte für die Exposition mit hochfrequenten EMF sind in Österreich durch die Vor-norm S 1120 aus dem Jahre 1992 geregelt. Dort sind zulässige Expositionswerte zum Schutz von Personen im Frequenzbereich 30 kHz bis 3000 GHz sowohl für beruflich Exponierte wie für die allgemeine Öffentlichkeit festgesetzt. Die Grenzwertsetzung zielt auf einen Schutz vor thermischen Schädigungen durch hochfrequente EMF und setzt zu deren Verhinderung einen Basisgrenzwert für die spezifische Absorptionsrate (SAR) von 0.08 W/kg (Ganzkörper). Die abgeleiteten Referenzwerte für die Öffentlichkeit betragen für die elektrische Feldstärke 48 V/m bei 900 MHz und 61 V/m bei 1800 MHz sowie für die Leistungsdichte 6 W/m<sup>2</sup> bei 900 MHz bzw. 10 W/m<sup>2</sup> bei 1800 MHz.

Neben diesen Grenzwerten werden auch allgemeine gesundheitsschutzbezogene Anforderungen an Mobilfunkanlagen und Endgeräte im Telekommunikationsgesetz formuliert, wo es in § 67, Abs. 2 heißt:

Bei der Errichtung und dem Betrieb von Funkanlagen und Endgeräten müssen der Schutz des Lebens und der Gesundheit von Menschen sowie der ungestörte Betrieb anderer Funkanlagen und Endgeräte gewährleistet sein. Bei der Gestaltung von Funkanlagen und Endgeräten ist unter Beachtung der wirtschaftlichen Zumutbarkeit auch auf die Erfordernisse des Umweltschutzes, insbesondere auch im Hinblick auf eine fachgerechte Entsorgung, Bedacht zu nehmen.

Ende Juli 2000 hat das österreichische Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie den Entwurf einer Verordnung über Grenzwerte für ortsfeste Sendeanlagen öffentlicher Mobilfunksysteme zur Begutachtung veröffentlicht. In diesem Entwurf werden die ICNIRP Empfehlungen für hochfrequente EMF als Grenzwerte für Österreich übernommen. Zur Begründung für diese Verordnung heißt es in den Erläuterungen zu dem Entwurf:

Gemäß der Anordnung des § 67 Abs. 2 Telekommunikationsgesetz (TKG) müssen bei Errichtung und Betrieb von Funkanlagen und Endgeräten der Schutz des Lebens und der Gesundheit von Menschen gewährleistet sein. Diesem Auftrag entsprechend haben die Fernmeldebehörden I. Instanz bereits bislang im Rahmen von Bewilligungsverfahren darüber gewacht, dass die in der ÖNORM S 1120 festgesetzten Grenzwerte von der vom Verfahren betroffenen Funkanlage eingehalten werden.

Die in der zitierten ÖNORM festgesetzten Werte weichen jedoch insbesondere im Bereich des von den Mobilfunksystemen der zweiten Generation genutzten Frequenzspektrums von den derzeit international anerkannten Standards geringfügig nach oben ab.

Die Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) hat unter Zuhilfenahme der besten verfügbaren wissenschaftlichen Daten und Gutachten Empfehlungen erarbeitet. Diese international anerkannten und auch von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlenen Grenzwerte wurden durch die Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern übernommen. Der vorliegenden Verordnung wurden sohin diese in Bezug auf die Auswirkungen einer Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern ein hohes Schutzniveau gewährleistenden Grenzwerte zugrundegelegt.

Eine weit über die ICNIRP Empfehlungen hinausgehende Grenzwertforderung für Österreich hat die Stadt Salzburg gestellt. Diese hat im Rahmen der Diskussion um das sogenannte „Salzburger Modell“ einige Aufmerksamkeit erregt.

Die Stadt Salzburg hatte im Sommer 1998 gefordert, zum vorbeugenden Schutz der öffentlichen Gesundheit einen Beurteilungswert  $1 \text{ mW/m}^2$  ( $0,1 \text{ }\mu\text{W/cm}^2$ ) für die Summe der von Mobilfunksendeanlagen ausgehenden Emissionen gesetzlich zu verankern. Diese Forderung folgt einer Empfehlung von Mitarbeitern der Landessanitätsdirektion Salzburg, die im Auftrag des Salzburger Landtags und anderer eine medizinische Bewertung der HF EMF von Mobilfunksendeanlagen vorgenommen hatten. Die Empfehlung wurde von verschiedenen Seiten als wissenschaftlich nicht begründet kritisiert (z.B. Umweltkommission 2001). Eine Umsetzung des Salzburger Beurteilungswertes in einen gesetzlichen Grenzwert ist nicht erfolgt (ausführlich zum Salzburger Modell: Oberfeld & König 2000).

In Salzburg wurde deshalb versucht, eine Emissionsbegrenzung auf den vorgeschlagenen Beurteilungswert durch freiwillige Vereinbarungen zwischen den Mobilfunkbetreibern und der Stadt bzw. betroffenen Bürgern zu erzielen. Dies war nur zum Teil erfolgreich, da nicht alle Mobilfunkbetreiber solche Vereinbarungen abschlossen. Entsprechend zeigen Messungen, dass auch in Salzburg selbst der Salzburger Beurteilungswert zum Teil deutlich überschritten wird (Oberfeld & König 2000, Öko-Test 4/2001). Die mitunter geäußerte Einschätzung, dass auch bei so niedrigen Werten die Versorgungssicherheit für den Mobilfunk gewährleistet werden kann, ist also zumindest durch das „Salzburger Modell“ nicht ohne weiteres zu belegen. Zu prüfen wäre, wie ein Mobilfunkbetreiber, der solche Vereinbarungen getroffen hat, diese praktisch umsetzt. Das heißt: unter welchen Bedingungen ist es für ihn möglich, Versorgungssicherheit zu gewährleisten, müssen also beispielsweise mehr Sendeanlagen, diese dann aber mit geringerer Sendeleistung installiert werden, oder ist die Einhaltung des Salzburger Beurteilungswertes auch ohne zusätzliche Anlagen möglich?

### 3.2.9 Niederlande

In den Niederlanden gibt es derzeit keine gesetzlich festgelegten Grenzwerte für die Begrenzung der EMF-Exposition der Öffentlichkeit. Allerdings hat der niederländische Rat für Gesundheit (ein Beratungsgremium des Gesundheitsministeriums) Empfehlungen zur Expositionsbegrenzung sowohl für den nieder- wie den hochfrequenten Bereich erarbeitet, die in der Praxis auch als einzuhaltende Richtwerte genutzt werden (Niederländischer Rat für Gesundheit 1997; 2000).

Für niederfrequente EMF lauten die Werte für die elektrische Feldstärke  $12,5 \text{ kV/m}$  (bei  $16 \text{ 2/3 Hz}$ ) bzw.  $8 \text{ kV/m}$  (bei  $50 \text{ Hz}$ ) und für die magnetische Flußdichte  $144 \text{ }\mu\text{T}$  (bei  $16 \text{ 2/3 Hz}$ ) bzw.  $120 \text{ }\mu\text{T}$  (bei  $50 \text{ Hz}$ ).

Ausgangspunkt für die Empfehlung bei hochfrequenten EMF (300 Hz bis 300 GHz) ist die Begrenzung adverser thermischer Effekte. Forschungsergebnisse zu nicht-thermischen Effekten (bei niedrigen Expositionen) werden vom niederländischen Rat für Gesundheit als zu unsicher und deshalb für die Grenzwertsetzung nicht geeignet eingestuft. In Übereinstimmung mit den ICNIRP Empfehlungen wurde ein Grenzwert von 0.08 W/kg für die Ganzkörper SAR festgelegt. Die abgeleiteten Referenzwerte sind für die elektrische Feldstärke: 49.13 V/m (bei 900 MHz) bzw. 80.92 V/m (bei 1800 MHz) und für die magnetische Feldstärke: 0.13 V/m (bei 900 MHz) bzw. 0.22 V/m. Diese abgeleiteten Referenzwerte liegen leicht über den ICNIRP Empfehlungen.

### 3.2.10 Finnland

Die derzeit gültigen Grenzwerte orientieren sich an den ICNIRP Richtlinien und umfassen den Frequenzbereich von 0.1 MHz bis 300,000 MHz. Im niederfrequenten Bereich wird für 50 Hz Stromleitungen ein Wert von 5 kV/m vorgeschrieben. Für den hochfrequenten Bereich gilt für die Allgemeinbevölkerung wie für die berufliche Exposition ein Teilkörper SAR Grenzwert von 10 W/kg.

Derzeit erarbeitet eine Arbeitsgruppe neue Empfehlungen für Grenzwerte, die auf den aktuellen ICNIRP Werten und den Empfehlungen des Europäischen Rats basieren.

### 3.2.11 USA

Für niederfrequente Felder (d.h. Felder unterhalb 100 kHz) gibt es in den Vereinigten Staaten keine Grenzwerte.

Für die Regulierung hochfrequenter elektromagnetischer Felder (300 kHz – 100 GHz) ist in den Vereinigten Staaten die Federal Communications Commission (FCC) zuständig. Für Sendestationen, die hochfrequente Felder emittieren, wurde ein Ganzkörper SAR Grenzwert von 0.08 W/kg festgelegt. Der abgeleitete Referenzwert für die Leistungsdichte beträgt 6 W/m<sup>2</sup> bei 900 MHz und 12 W/m<sup>2</sup> bei 1800 MHz. Diese abgeleiteten Werte sind etwas höher als die entsprechenden ICNIRP Empfehlungen.

Für mobile bzw. tragbare Geräte, die hochfrequente Felder emittieren (z.B. Mobilfunktelefone), gilt der gleiche Grenzwert; hier ist aber vor allem der lokale SAR Wert von Bedeutung, für den ein Grenzwert von 1.6 W/kg festgesetzt wurde. (FCC 1997).

### 3.2.12 Japan

Für NF-Felder von Hochspannungsleitungen (500 kV) gilt ein Grenzwert von 3 kV/m, der 1976 vom Ministerium für Handel und Industrie (MITI) festgesetzt wurde. Die Grenzwertsetzung erfolgte zur Verhinderung elektrostatischer Induktion und nicht in bezug auf Vermeidung von Gesundheitseffekten.

Für den Mobilfunkbereich hat das *Telecommunication Technology Council* des japanischen Post- und Telekommunikationsministeriums 1997 Richtwerte für Handys formuliert. Derzeit wird über die Einführung gesetzlicher Maßnahmen für Handys nachgedacht.

Seit dem 1. Oktober 1999 gibt es vom Post- und Telekommunikationsministerium (MPT) gesetzlich festgeschriebene Grenzwerte für hochfrequente Felder, die den ICNIRP Empfehlungen entsprechen (Ganzkörper SAR: 0.08 W/kg).

### 3.2.13 Polen

Grenzwerte für nieder- und hochfrequente EMF sind in Polen in einer Verordnung des Umweltministeriums aus dem Jahre 1998 festgelegt (Ordinance of the Minister of the Environmental Protection, Natural Resources and Forestry (11 August 1998): On the detailed rules on protection against radiation harmful to people and the environment, levels of radiation which are permissible to occur in the environment as well as the requirements for the check radiation measurements).

Für niederfrequente 50 Hz Felder beträgt der Grenzwert für die elektrische Feldstärke 10 kV/m und für die magnetische Feldstärke 80 A/m. Für bestimmte „sensible“ Bereiche, wie Wohngegenden, Krankenhäuser, Kindergärten etc. gilt ein 10-fach geringerer Wert für die elektrische Feldstärke, d.h. 1 kV/m. Der Grenzwert für die magnetische Feldstärke entspricht den ICNIRP Empfehlungen, für die elektrische Feldstärke ist er für den allgemeinen Öffentlichkeitsbereich doppelt so hoch, für „sensible“ Bereiche ein Fünftel des ICNIRP Wertes.

Für hochfrequente EMF im Frequenzbereich von 300 MHz bis 300 GHz legt die Verordnung einen Grenzwert von 0.1 W/m<sup>2</sup> für die Leistungsdichte fest. Für die elektrische Feldstärke beträgt der Wert entsprechend 6 V/m. Er liegt damit um den Faktor 7 (für 900 MHz) bzw. 10 (für 1800 MHz) unter den ICNIRP Empfehlungen.

### 3.2.14 China

Für hochfrequente elektromagnetische Felder gibt es in China zwei Arten von Expositionsgrenzwerten. Der erste Grenzwert gilt für die dauerhafte Strahlenbelastung der Öffentlichkeit. Für den Frequenzbereich 300 MHz bis 300 GHz ist der Grenzwert für die Leistungsdichte 0.1 W/m<sup>2</sup>, der Wert für die elektrische Feldstärke beträgt entsprechend 6 V/m. Dies entspricht dem italienischen Grenzwert für Gebäude und liegt um einen Faktor 7 (für 900 MHz) bzw. 10 (für 1800 MHz) unter dem ICNIRP Wert.

Der zweite Grenzwert bezieht sich auf Bereiche, in denen Personen nur vorübergehend exponiert sind, zum Beispiel Fabriken, Behörden, Parks, Freizeiteinrichtungen. In diesen Bereichen dürfen aber keine Wohnviertel, Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, etc. eingerichtet werden. Für den genannten Frequenzbereich beträgt der Grenzwert für die Leistungsdichte hier 0.4 W/m<sup>2</sup> (vgl. Chiang 2000).

### 3.2.15 EU Länder ohne gesetzliche Regelungen für die EMF Exposition der Bevölkerung

In einigen europäischen Ländern gibt es bislang keine gesetzlich festgelegten Grenzwerte oder anderen Regelungen zur Begrenzung der EMF Exposition der Öffentlichkeit. Dazu gehören: Frankreich, Spanien und Belgien (hier hat allerdings für niederfrequente elektrische Felder die belgische RGIE (*Régie générale de l'Industrie Électrique*) einen Wert von 5 kV/m für Wohnbereiche und von 10 kV/m für die übrigen Bereiche festgelegt).

Allerdings haben diese Staaten die Empfehlung des Rats der Europäischen Union zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz), die den ICNIRP Empfehlungen entspricht, mit verabschiedet. Man kann also davon ausgehen, dass diese Staaten die ICNIRP Empfehlungen für eine angemessene Grundlage für eine Grenzwertsetzung halten.

### 3.2.16 Überwachung und Kontrolle von Grenzwerten

Wesentlich für die Wirksamkeit von Grenzwerten ist, dass ihre Einhaltung durch unabhängige Instanzen kontrolliert und gegebenenfalls durchgesetzt werden kann. In Deutschland müssen Basisstationen für den Mobilfunk vor ihrer Installation durch die Regulierungsbehörde Telekommunikation und Post (Reg TP) abgenommen werden (Erteilung einer Standortbescheinigung). Dies geschieht meist auf der Basis von Berechnungen zur Festlegung des Sicherheitsabstandes, ggf. werden aber auch Messungen vorgenommen. Inwieweit solche Kontrollinstanzen auch in anderen Ländern vorhanden sind, konnte im Rahmen dieser Untersuchung nur für einzelne Länder ermittelt werden.

In der Schweiz beispielsweise sind in den meisten Fällen die Baubehörden der Gemeinde oder des Kantons zuständig. Dabei stellen die in der Schweizer Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung spezifizierten Anlagengrenzwerte für Orte mit empfindlicher Nutzung besondere Anforderungen an die Überwachung. Anders als die Überwachung der allgemein geltenden Immissionsgrenzwerte, bei der die gesamte Hochfrequenzstrahlung und nicht nur die der jeweiligen Basisstation erfaßt wird, ist die Überwachung des Anlagengrenzwertes technisch aufwendig und kompliziert (vgl. BUWAL 2001).

Derzeit sind in der Schweiz ca. 5000 Anlagen daraufhin zu überprüfen, ob der Anlagengrenzwert eingehalten wird. Abschließend validierte Meßverfahren sind noch nicht verfügbar (Stand April 2001); die „Messempfehlung für GSM-Basisstationen“ des zuständigen Schweizer Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) liegen bislang nur als Entwurf vor (vgl. BUWAL 2001).

### 3.2.17 Zusammenfassung

Die Übersicht zur gesetzlichen Regulierung der Exposition der Öffentlichkeit mit nieder- bzw. hochfrequenten elektromagnetischen Feldern in anderen Ländern zeigt, dass in den meisten der hier betrachteten europäischen und überseeischen Länder gesetzliche Regulierungen zur Begrenzung der Exposition der Öffentlichkeit bestehen. Die gilt vor allem für hochfrequente Felder, während für die niederfrequenten Felder gesetzliche Regulierungen weniger häufig sind.

Die Regulierungen für hochfrequente EMF beziehen sich – mit Ausnahme von Italien und der Schweiz sowie Polen und China – alle auf die Vermeidung schädlicher Wärmewirkungen. Dabei werden im wesentlichen die von der ICNIRP gegebenen Empfehlungen für den Basisgrenzwert und die abgeleiteten Referenzwerte übernommen. Lediglich Neuseeland und Australien verlangen abgeleitete Grenzwerte, die um einen Faktor 1.5 bis 4.5 unter den ICNIRP Empfehlungen liegen.

Eine Sonderstellung nehmen Italien und die Schweiz sowie Polen und China ein. Hier sind sehr viel geringere Grenzwerte, die zum Teil deutlich unter den ICNIRP Empfehlungen liegen, gesetzlich verankert. Die Grenzwertsetzung in Italien und der Schweiz orientiert sich nicht nur an möglichen Gesundheitsschäden durch thermische Effekte hochfrequenter

EMF, sondern vor allem daran, dass – nach Einschätzung der in diesen Ländern verantwortlichen Institutionen – bei dem derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnisstand auch Schädigungen durch nicht-thermische Effekte bei Feldstärken weit unterhalb der ICNIRP Werte nicht mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden können.

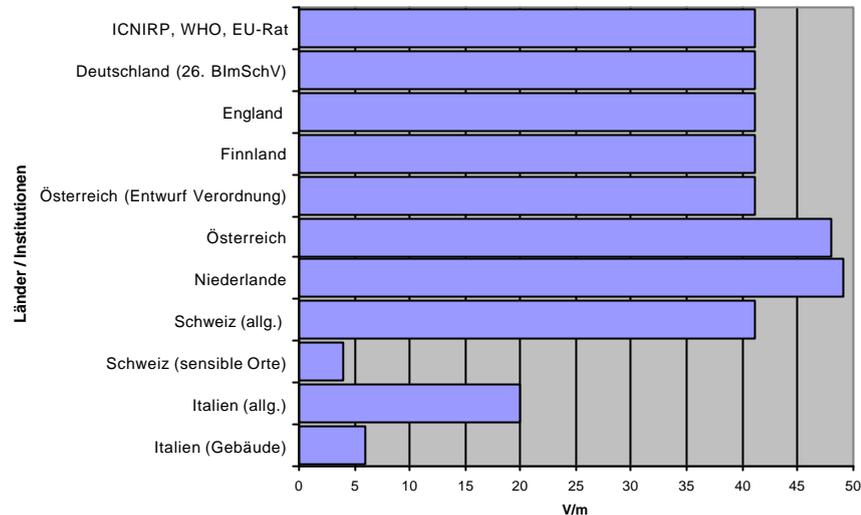


Abbildung 1: Übersicht der Grenzwertregelungen in Europa für hochfrequente EMF (900 MHz)

In Neuseeland empfiehlt das Umweltministerium Betreibern von Mobilfunkbasisstationen außerdem zusätzliche Vorsorgemaßnahmen: Sendeanlagen sollten freiwillig technisch so ausgelegt werden, dass die Sendeleistung auf ein Viertel des gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerts begrenzt wird. Für Betreiber, die diesen Empfehlungen folgen, ergeben sich dann Vereinfachungen im Zulassungs- und Überwachungsverfahren. Darüber hinaus wird vom neuseeländischen Umwelt- bzw. Gesundheitsministerium eine intensive Risikokommunikation mit der Öffentlichkeit empfohlen.

In bezug auf die niederfrequenten Felder zeigt die Zusammenstellung, dass die meisten Länder, in denen Grenzwerte bzw., Richtwerte oder Empfehlungen existieren, sich an den Empfehlungen der ICNIRP orientieren. Deutlich unterhalb der ICNIRP Empfehlungen liegen lediglich die Schweiz und Polen. Höhere Grenzwerte haben die Niederlande sowie Großbritannien.

In Schweden gibt es für den niederfrequenten Bereich zwar keine Grenzwerte, dafür aber die Empfehlung, bei neuen elektrischen Installationen und bei Gebäuden schon bei der Planung und Gestaltung die EMF Exposition von Menschen möglichst gering zu halten, wenn die elektromagnetischen Felder deutlich den „normalen“ Wert überschreiten und wenn eine solche Reduktion mit einem ökonomisch „vernünftigen“ Aufwand erreicht werden kann.