

## Bericht

des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung  
(19. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung

### Technikfolgenabschätzung

**hier: Monitoring – „Gesundheitliche und ökologische Aspekte bei mobiler Telekommunikation und Sendeanlagen – wissenschaftlicher Diskurs, regulatorische Erfordernisse und öffentliche Debatte“**

#### Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Vorwort des Ausschusses</b> .....	4
<b>Zusammenfassung</b> .....	5
<b>I. Einleitung</b> .....	9
<b>II. Elektromagnetische Felder und Mobilfunkstrahlung</b> .....	10
1. „Worum es geht“ .....	10
2. Technologie des Mobilfunksystems .....	12
2.1 Elektromagnetische Felder, Strahlungen, Wellen, Frequenzen .....	12
2.2 Mobilfunknetze .....	14
3. Elektromagnetische Felder von Mobilfunksystemen .....	16
3.1 Hochfrequente Strahlungen von Basisstationen .....	16
3.2 Hochfrequente Strahlung von Mobilfunkgeräten .....	16
3.3 Biophysik des Mobilfunks .....	17
4. Terminologie, Effekte, Wirkungen .....	19
<b>III. Forschungsfelder und wissenschaftliche Risikodiskussionen</b> .....	20
1. Studien und Befunde .....	20
1.1 Laborstudien an Zellen und bei Tieren .....	21
1.2 Laborstudien beim Menschen .....	22
1.3 Wirkungen auf die Umwelt .....	24

	Seite
2. Wissenschaftlicher Kenntnisstand und Diskussionen .....	25
2.1 Neuere Primärstudien .....	25
2.2 Internationale Metastudien .....	28
2.3 Nationale Metastudien .....	31
2.4 Wissenschaftliche Debatte .....	39
<b>IV. Grundlegende Aspekte und Regularien bei elektro- magnetischen Feldern .....</b>	<b>42</b>
1. Institutionen und Grenzwerte .....	42
2. Regulatorische Rahmenbedingungen .....	43
2.1 Deutschland .....	43
2.2 Europäische Union .....	52
2.3 Schweiz .....	54
2.4 Österreich .....	55
2.5 Dänemark .....	57
2.6 Weitere Länder .....	58
2.7 Ländervergleich .....	60
<b>V. Risikowahrnehmung und Kommunikation bei elektro- magnetischen Feldern .....</b>	<b>60</b>
1. EMVU in der öffentlichen Diskussion .....	60
1.1 Massenmedien .....	62
1.2 Interessengruppen .....	65
1.3 Internationale Gremien und Wissenschaft .....	67
1.4 Mobilfunkanbieter .....	70
1.5 Kommunen .....	71
2. Zentrale Diskursfelder .....	72
2.1 Vermittlung und Information .....	72
2.2 Grenzwerte, Standorte, Telefone .....	73
2.3 Messaktionen und Monitoring .....	76
<b>VI. Schlussfolgerungen .....</b>	<b>77</b>
1. Forschung und Risikobewertung .....	77
2. Vorsorgemaßnahmen .....	79
3. Öffentlichkeit und politische Debatte .....	82
4. Resümee und Ausblick .....	84
<b>Literatur .....</b>	<b>87</b>
1. In Auftrag gegebene Gutachten .....	87
2. Zitierte Literatur .....	87

	Seite
<b>Anhang</b> .....	92
1. Tabellenverzeichnis .....	92
2. Abbildungsverzeichnis .....	92
3. Verzeichnis Webseiten .....	93
4. Abkürzungsverzeichnis .....	95
<b>Glossar</b> .....	98

### **Vorwort des Ausschusses**

Mobiltelefone sind aus der modernen Telekommunikation heute nicht mehr wegzudenken. Sie sind fester Bestandteil des Alltags geworden. Weltweit soll es bis zum Jahre 2005 1,6 Mrd. Handynutzer geben. Trotz dieser hohen Akzeptanz wurde und wird im Zuge des Ausbaus der neuen UMTS-Netze häufig ein zunehmendes gesundheitliches Risiko durch die Dichte und Intensität der Strahlungsquellen befürchtet. Nicht wenige Menschen glauben, dass hochfrequente elektromagnetische Felder (EMF) von Mobiltelefonen und Sendeanlagen Beeinträchtigungen oder gar Schädigungen des Menschen verursachen können; auch eine kritische Medienberichterstattung thematisiert mögliche Gesundheitsrisiken beim Umgang mit Mobilfunk. Die Verunsicherung in der Bevölkerung wird zudem durch den Umstand gefördert, dass auch die Wissenschaft – trotz der mehr als 20 000 Publikationen zum Thema – auf Fragen nach Risiken keine eindeutigen Antworten geben kann.

Angesichts der Unklarheiten und Ungewissheiten in der wissenschaftlichen Debatte, den Besorgnissen in der Bevölkerung sowie der großen wirtschaftlichen Bedeutung des Mobilfunks hat der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzungen das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) im Herbst 2001 mit der Bearbeitung des Themas „Gesundheitliche und ökologische Aspekte bei mobiler Telekommunikation und Sendeanlagen – wissenschaftlicher Diskurs, regulatorische Erfordernisse und öffentliche Debatte“ beauftragt.

Der Bericht analysiert sowohl die nationalen und internationalen wissenschaftlichen Diskurse als auch die öffentliche Debatte und gibt einen Überblick über die rechtlichen Rahmenbedingungen. Thematisiert werden unter anderem auch bereits begonnene Regulierungsstrategien wie die freiwillige Selbstverpflichtung der Betreiber, Verbändevereinbarungen und Vorsorgemaßnahmen der Bundesregierung sowie weiterer Forschungsbedarf.

Der Bericht des TAB bietet einen gut strukturierten Überblick über den Stand der Diskussion bis zum Ende des Jahres 2002 und damit eine wertvolle Informationsgrundlage für die Mitglieder des Deutschen Bundestages und die weitere Befassung des Parlaments mit der Thematik.

Berlin, 30. Juni 2003

### **Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung**

**Ulrike Flach, MdB**  
Ausschussvorsitzende, Berichterstatterin

**Axel Fischer, MdB**  
Berichterstatter

**Ulla Burchardt, MdB**  
Stellvertretende Vorsitzende, Berichterstatterin

**Hans-Josef Fell, MdB**  
Berichterstatter

## Zusammenfassung

Die Debatte um mögliche gesundheitliche Effekte hochfrequenter elektromagnetischer Felder (EMF) begleitet den Ausbau der digitalen Mobilfunknetze seit Anfang der 90er-Jahre. Seit der Versteigerung der UMTS-Lizenzen zur Einführung der so genannten dritten Mobilfunkgeneration ist jedoch eine erhebliche Intensivierung und z. T. auch Emotionalisierung der Diskussion und der öffentlichen Proteste zu beobachten, sodass Politik, Netzbetreiber und regulierende Instanzen nach Wegen suchen, in der Debatte über die elektromagnetische Verträglichkeit der Umwelt (EMVU) zu einem konstruktiven Umgang mit den potenziellen Risiken des Mobilfunks zu kommen.

Da auch die politischen Akteure sich aufgefordert sehen, auf diesen Dialog proaktiv einzuwirken und auf Besorgnisse in der Bevölkerung einzugehen, haben im Herbst 2001 die Berichterstatter für TA des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des 14. Deutschen Bundestages vorgeschlagen, das Thema „EMVU bei Mobiltelefonen und Sendeanlagen“ durch das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) bearbeiten zu lassen. In dem vom TAB entsprechend konzipierten Projekt geht es um eine Strukturierung der wissenschaftlichen Debatte und einen Überblick über aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen und mögliche neue Regulierungsoptionen.

Im vorliegenden Sachstandsbericht stehen folgende Schwerpunkte und Fragen im Vordergrund:

- Analyse des wissenschaftlichen Diskurses zu den gesundheitlichen Risiken mobiler Telefone und Sendeanlagen sowie Analyse neuer thematischer Trends und Erkenntnisse, Herausarbeitung von Dissens und Konsens bei der Beurteilung des Risikos (und möglicher Maßnahmen zur Gefahrenminderung)
- Überblick der regulatorischen Rahmenbedingungen sowie der geltenden Grenzwerte in Deutschland und weiteren Ländern, Analyse der Rahmenbedingungen in Ländern mit hoher Mobilfunkpenetration bzw. hohem Verbraucherschutzstandard und der dortigen Akzeptanzsituation
- Analyse der öffentlichen Debatte: Wie werden elektromagnetische Risikoquellen von Laien perzipiert? Für welche Gruppen der Bevölkerung hat die EMVU eine besondere Bedeutung? Welche Argumente und Befürchtungen werden geäußert? Wie ist die Rolle der Fachwelt in der Debatte? Welche Rollen spielen die Medien, welche Formen der Thematisierung werden gewählt? Wie reagieren die Netzbetreiber und Kommunen?

## EMF und Mobilfunk

Mobilfunk funktioniert auf der Grundlage von so genannten hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (HF). Elektromagnetische Felder (kurz: EMF) sind Bestandteil der natürlichen Umwelt, wie beispielsweise die Sonnenstrahlung (Tageslicht), Gewitter oder das Magnetfeld der Erde. Tagtäglich leben wir ununterbrochen unter dem Einfluss elektromagnetischer Felder. Seit langem sind zahlreiche weitere Strahlungsquellen von EMF bekannt. Technisch erzeugte EMF finden sich überall dort, wo Strom fließt, beispielsweise im Haushalt (Radio, TV, Computermonitor, Radio-

wecker, Föhn, Rasierer, Mikrowelle, elektrische Heizung, Fernbedienungen, schnurlose DECT-Telefone für das Festnetz und Mobiltelefone, usw.), bei der Arbeit (medizinische Geräte, Kommunikationssystem usw.) oder im Freien (Hochspannungsleitungen, Eisenbahnen, Kommunikationssysteme für Polizei und Notruf, Alarmanlagen, Radargeräte, Sendeanlagen für Radio, Fernsehen und Mobilfunk). Sie alle verursachen elektromagnetische Felder verschiedener Stärke. Für diese insgesamt vom Menschen verursachten EMF wird zuweilen der Begriff „Elektrosmog“ benutzt, um das Bild eines Lebens in einer Wolke unsichtbarer Wellen zu vermitteln, die man zudem nicht riechen, schmecken oder hören kann, und die dennoch möglicherweise den Organismus beeinflussen können.

Das grundsätzliche Prinzip der drahtlosen Kommunikation besteht in der Informationsübertragung mittels elektromagnetischer Wellen. Die Sprachübermittlung kann sowohl auf analogem als auch auf digitalem Wege erfolgen. Andere Informationen, wie beispielsweise Daten, werden generell auf digitalem Wege übertragen. Zur Unterscheidung der elektromagnetischen Wellen dienen ihre Frequenz, d. h. die Anzahl ihrer Schwingungen pro Sekunde und ihre Intensität, d. h. die Stärke des elektromagnetischen Feldes (Feldstärke) sowie die Signalform. Der Mobilfunk benutzt beim derzeitigen GSM-Standard hochfrequente Felder bei 900 MHz bzw. 1 800 MHz und 2 170 MHz beim zukünftigen UMTS-Netz. Die derzeitige Mobilfunktechnik setzt elektromagnetische Wellen in so genannter gepulster Form ein, d. h. sie werden in einem bestimmten Rhythmus an- und abgeschaltet.

## Besorgnis der Öffentlichkeit

Die Besorgnis der Öffentlichkeit hinsichtlich der Mobilfunkstrahlung ist zum Teil natürlich durch die Verbreitung dieser Technik begründet, denn fast jeder ist potenziell betroffen. Sie lässt sich aber auch auf den Umstand zurückführen, dass Telefone normalerweise in unmittelbarer Nähe zu empfindlichen Körperteilen wie z. B. Gehirn oder Auge benutzt werden, und diese Nähe die Exposition erhöht. Ein weiterer Grund für die Besorgnis vieler Bürger ist der zurzeit stattfindende flächendeckende Aufbau des so genannten UMTS-Systems, der die Errichtung zahlreicher neuer Antennen erforderlich macht und die Bürger direkt mit dieser Entwicklung konfrontiert. Zudem hat die Öffentlichkeit meist wenig Mitspracherechte bei der Auswahl der Standorte für die Basisstationen, die nach ihrer Errichtung ständigen Veränderungen unterworfen sind: Sie werden gekauft und verkauft, in verschiedene Netzwerke integriert, modifiziert und in manchen Fällen auch wieder stillgelegt. Über die Nutzung eines Mobiltelefons kann der Bürger selbst entscheiden, obwohl diese Wahl in vielen Fällen durch berufliche Erfordernisse eingeschränkt wird. Im Falle der Basisstationen hat der Einzelne jedoch kaum Möglichkeiten, sich der Exposition zu entziehen.

Zusätzlich kompliziert wird die Situation dadurch, dass die möglichen Risiken von Sendeanlagen auch von denen getragen werden, die selber keine Mobiltelefone benutzen, und zum anderen fühlen sich auch Mobiltelefonierer durch Sendemasten in ihrer Gesundheit gefährdet. Auch die Besorgnis bezüglich der von Mobiltelefonen selbst ausgehenden Strahlung ist weit verbreitet (vgl. Umfrage TAB 2002). Hier kann man sich jedoch zumindest im privaten Gebrauch

durch Verzicht schützen. In den USA haben immerhin schon Mobiltelefonnutzer, die an einem Gehirntumor erkrankt sind, gegen Mobilfunkunternehmen geklagt.

### **Sendeanlagen und Mobiltelefone**

Der Betrieb von Mobiltelefonen ist nur an Orten möglich, die von einer Sendeanlage (Basisstation, Sendemast, Antennen) des jeweiligen Mobilfunk-Netzes versorgt werden. Die Installation des Senders kann auf den unterschiedlichsten erhöhten Punkten erfolgen. Die Aussendung der Funkwellen durch die Sendeantenne erfolgt weitestgehend horizontal und nur in eine Richtung (Hauptsenderichtung). Dadurch ergibt sich direkt unter der Antenne ein Sendeschatten mit sehr schwachen EMF. Die Stärke der Felder nimmt in der Hauptsenderichtung mindestens proportional mit dem Abstand von der Antenne ab. In Deutschland gibt es vier verschiedene Funknetze, die parallel in Betrieb sind. Alle – auch die zukünftigen so genannten UMTS-Netze – haben die gleiche Netzstruktur. Um ein bestimmtes Gebiet zu versorgen, wird dieses in einzelne Teilgebiete – Funkzellen – aufgeteilt. Diese verteilen sich wabenförmig über das gesamte Bundesgebiet, haben jedoch eine unterschiedliche Größe. Der Durchmesser einer Funkzelle reicht von unter 100 Metern in Innenstädten bis zu 15 Kilometern auf dem Land. Je mehr Standorte von Sendeanlagen es gibt, desto kleiner kann die einzelne Funkzelle gehalten werden. Je kleiner die Funkzelle ist, desto geringer kann die Sendeleistung der einzelnen Antennenanlage sein. Um eine flächendeckende Mobilfunkversorgung in Deutschland zu gewährleisten, sind circa 40 000 aneinander grenzende Funkzellen erforderlich.

Mobiltelefone sind so konzipiert, dass sie mit einem möglichst geringen Energieeinsatz mit der nächstgelegenen Basisstation in Kontakt treten können, um die begrenzte Energie der Batterie so effektiv wie möglich zu nutzen. Ob diese Fähigkeit voll genutzt wird, hängt vom Aufbau des Netzwerkes ab. Die Möglichkeit zur Energieregulierung bei den Mobiltelefonen hat zur Folge, dass die Stärke des EMF im Umfeld des Gerätes in Abhängigkeit von Ort und der Zeit variiert. Allgemein gilt: Je schwächer die Verbindung ist, desto stärker ist die Übertragungsleistung, die das Gerät für den Verbindungsaufbau mit der Basisstation braucht. Umgekehrt bedeutet dies, dass mit steigender Zahl von Basisstationen die vom Gerät benötigte Übertragungsenergie abnimmt und somit auch die Stärke des EMF im Umfeld des Gerätes schwächer wird.

Die (Übertragungs-)Leistungen der zukünftigen UMTS-Mobilfunkgeräte werden unterhalb der bisherigen so genannten GSM-Mobiltelefone liegen. Die maximale Leistung soll bei 150–250 mW liegen (GSM: 2 Watt).

### **Mobilfunknutzung und UMTS-System**

Verschiedene Erhebungen gehen von 1 Mrd. Mobilfunk-Nutzern weltweit bis 2002/2003 und 1,6 Mrd. Nutzern bis Mitte des Jahrzehnts aus. Aktuellen Daten zufolge besitzen ungefähr 60 % der Bevölkerung in der EU ein Mobilfunkgerät. Es wird erwartet, dass diese Zahl innerhalb von zehn Jahren auf nahezu 100 % anwächst. Bis zum Jahr 2010 soll es zudem weltweit rund 630 Mio. Nutzer des neuen Mobilfunkstandards UMTS geben, davon etwa 200 Mio. in Europa. Beobachtet man die Berichterstattung in den Medien über

den Mobilfunk der so genannten 3. Generation, erscheint allerdings zweifelhaft, ob dieses Ziel erreichbar ist. Im Mittelpunkt stehen heute inzwischen weniger die neuen Dienste und Anwendungspotenziale einer breitbandigen drahtlosen Datenübertragung als vielmehr die wirtschaftlichen Risiken für Netzbetreiber und Geräteproduzenten sowie die möglichen gesundheitlichen Risiken, die durch diese Intensität der Nutzung des Mobilfunks verursacht werden könnten.

In den europäischen Ländern wird diese Debatte mit unterschiedlich hohem Engagement geführt. Die Regulendichte, das Verhalten der Netzbetreiber, der Behörden und der Bevölkerung sowie die Art der Maßnahmen unterscheidet sich entsprechend. Die Zunahme der Bürgerinitiativen, die vermehrte Anzahl von Gerichtsverfahren und die Intensität der Medienberichterstattung deuten darauf hin, dass es sich um ein europaweit relevantes Thema handelt, dessen Höhepunkt in vielen Ländern vermutlich noch nicht erreicht ist. Verschiedene Interessengruppen aus der Bevölkerung, die Medien, die Mobilfunknetzbetreiber, die Mobiltelefonhersteller und nicht zuletzt die Wissenschaft sind in den Diskurs involviert und versuchen nicht nur, mit sachbezogenen und rationalen Argumenten für ihre Interessen zu werben, sondern auch ihre Werte, Überzeugungen und Schutzansprüche einzubringen und durchzusetzen.

### **Grenzwerte und Wirkungen**

Unstrittig ist, dass elektromagnetische Wellen biologische Wirkungen verursachen können. Ob daraus allerdings nachteilige Folgen für die Gesundheit resultieren, ist umstritten. Es muss klar zwischen einem biologischen Effekt und einer negativen gesundheitlichen Auswirkung unterschieden werden. Obwohl die Literatur diese Termini nicht übereinstimmend benutzt, kann die folgende Unterscheidung mehr Klarheit verschaffen:

- Ein biologischer Effekt bzw. eine Wirkung ist eine messbare (jedoch nicht notwendigerweise schädliche) physiologische Reaktion im biologischen System auf eine Exposition durch elektromagnetische Felder.
- Eine negative Auswirkung auf die Gesundheit ist ein biologischer Effekt, dessen Wirkungen (Folgen) über die normale physiologische Kompensationsfähigkeit des Körpers hinausgehen und zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen oder Schädigungen führen.

Die Tatsache, dass seitens der Öffentlichkeit und der Medien häufig nicht zwischen diesen beiden Termini unterschieden wird und ein biologischer Effekt als eine negative gesundheitliche Auswirkung interpretiert wird, führt oft zu Verwirrungen und Unstimmigkeiten in der EMVU-Debatte.

Biologische Wirkungsschwellen bezeichnen eine Schwelle, unterhalb derer keine biologischen Wirkungen auftreten. Diese Schwelle muss sich auf eine messbare Einheit beziehen. Beim Mobilfunk gibt die Wirkungsschwelle die Menge an Energie an, ab der mit biologischen Wirkungen zu rechnen ist. Das aussagekräftigste Maß der Energieabsorption im Körper durch hochfrequente elektromagnetische Felder ist der SAR-Wert (Specific Absorption Rate). SAR ist somit auch das wichtigste Parameter wissenschaftlicher Studien zur Exposition mit hochfrequenten EMF. Gesicherte

wissenschaftliche Befunde zu biologischen Wirkungsschwellen sind die Grundlage für die Grenzwertempfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission ICNIRP. Die Grenzwertempfehlungen der ICNIRP bilden den Hauptinhalt der Ratsempfehlung 1999/519/EEC der EU vom 12. Juli 1999 über die Begrenzung der Exposition der Öffentlichkeit durch EMF, die gegenwärtig den Kern der auf EU-Ebene ergriffenen Schutzmaßnahmen darstellt.

Die ICNIRP-Werte bilden derzeit in 26 Ländern die Basis für die Festlegung von Grenzwerten, sie sind jedoch nicht gänzlich unumstritten. Uneinigkeit herrscht darüber, ob sie Vorsorgeaspekte, z. B. bei Langzeitexpositionen, ausreichend berücksichtigen. Befürworter der Grenzwerte weisen darauf hin, dass zwischen den Schwellenwerten für akute Wirkungen und den Basisgrenzwerten ein Sicherheitsfaktor von etwa 50 besteht und damit auch der Schutz vor Langzeitwirkungen gewährleistet ist. Kritiker bemängeln insbesondere, dass kein weiterer Sicherheitsfaktor mit Blick auf möglicherweise vorhandene so genannte athermische Effekte berücksichtigt ist.

#### Wissenschaftliche Debatte

Trotz der mehr als 20 000 wissenschaftlichen Veröffentlichungen zum Thema (Primärstudien) und mehreren Hundert Metastudien wird die Ergebnislage jedoch nach wie vor in Öffentlichkeit, Wissenschaft und bei Entscheidungsträgern vielfach als unbefriedigend wahrgenommen.

Wie bereits erwähnt, resultiert aus der bloßen Beobachtung biologischer Effekte noch kein Hinweis (oder Nachweis) auf negative gesundheitliche Auswirkungen. Hinsichtlich der biologischen Effekte, die verschiedene wissenschaftliche Studien bei Experimenten mit Expositionen durch elektromagnetische Strahlung identifiziert haben, besteht ein relativer Konsens dahin gehend, dass einige dieser Effekte nachgewiesen wurden (z. B. Veränderungen der kognitiven Funktionen oder Veränderungen in der Blut-Hirn-Schranke) und zudem ein offensichtlicher Zusammenhang zwischen der Exposition durch hochfrequente Strahlung und dem beobachteten biologischen Effekt besteht. Ein großer Konsens besteht bezüglich der durch Mobiltelefone verursachten Exposition gegenüber EMF: Für die Mobiltelefone wird allgemein festgestellt, dass die durch sie erzeugten Expositionen im Kopf des Nutzers und in seinem unmittelbaren Umfeld über den von Sendeanlagen erzeugten EMF liegen. Sie reichen im Einzelfall bis an den von der ICNIRP für die Teilkörperexposition empfohlenen Grenzwert heran. Kommen noch andere Feldquellen hinzu, so kann es hier u. U. zu Überschreitungen des für sicher gehaltenen Expositionsniveaus kommen.

Die zurzeit einzigen gemeinhin anerkannten gesundheitlichen Risiken, die durch mobile Telekommunikation verursacht werden könnten, sind thermische Effekte über einem SAR-Wert von 4 W/kg. Der derzeitige Wissensstand über die biologischen Effekte hochfrequenter EMF läßt es bisher insgesamt gesehen nicht zu, die Fragen der Risiken einheitlich und zielführend zu beantworten.

Die Internationale Kommission für den Schutz vor nicht ionisierender Strahlung (ICNIRP) bezog sich bei der Erarbeitung ihrer Grenzwertempfehlungen nur auf die bekannten thermischen Effekte. Im Allgemeinen liegt die Exposition der Öffentlichkeit mit elektromagnetischen Feldern

deutlich unter den Grenzwertempfehlungen der ICNIRP, und auch die Emissionen der meisten Mobilfunkgeräte liegen unterhalb dieser Werte. Bei Einhaltung von Sicherheitsabständen von Mobilfunk-Sendestationen sind thermische Wirkungen auszuschließen. Diese Feststellung gilt für alle Funknetze. Bei Mobiltelefonen ist zumindest sichergestellt, dass der lokale Grenzwert (SAR-Wert) so niedrig liegt, dass die mögliche örtliche Temperaturerhöhung unter 0,1 °C bleibt. Zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass der reguläre Gebrauch eines Mobiltelefons und die damit verbundene lokale Erwärmung des Gewebes um max. 0,1 °C keine gesundheitlichen Auswirkungen hat.

Wissenschaftlich nicht geklärt ist die Frage, ob elektromagnetische Felder des Mobilfunks über den thermischen Effekt hinausgehend noch weitere Auswirkungen auf den menschlichen Körper haben. Unter diesen so genannten athermischen Effekten sind mögliche Auswirkungen der EMF zu verstehen, die zwar keine Temperaturerhöhung im Körper hervorrufen, möglicherweise jedoch andere Auswirkungen haben. So werden u. a. Migräne und Kopfschmerzen, Schlaf- und Konzentrations- sowie allgemeine Befindlichkeitsstörungen häufig in einen Zusammenhang mit den athermischen Effekten der EMF gebracht. Diskutiert werden auch mögliche Auswirkungen auf Krebserkrankungen oder die Beeinflussung des Zentralnervensystems bzw. der Gehirnaktivitäten.

Die Forschungsergebnisse sind auf diesem Gebiet nicht eindeutig. Während einige Untersuchungen zu der Annahme geführt haben, dass athermische Effekte tatsächlich vorhanden sind, konnten in vielen anderen Fällen die genannten Effekte nicht festgestellt werden. Manche Forscher sehen Hinweise, dass elektromagnetische Strahlung schwacher Intensität schwache athermische Effekte herbeiführen kann, wenn sie, wie im Falle der Mobilfunktechnologie, gepulst ist. Das heißt, es könnte bei dieser Form der Strahlung zu Effekten kommen, die unterhalb der gängigen Grenzwerte auftreten. Der Zusammenhang zwischen den gepulsten Sekundärfrequenzen der Mobilfunkstrahlung und bestimmten elektrochemischen Prozessen im menschlichen Körper könnte demnach ggf. Anlass zur Beunruhigung geben (obgleich es sich bei den Sekundärfrequenzen originär um niederfrequente Strahlung handelt). Einerseits haben Kritiker zwar darauf hingewiesen, dass sich die Beobachtung von Effekten schwacher Strahlung bislang nicht replizieren ließ. Andererseits kann jedoch nicht zweifelsfrei erwartet werden, dass athermische Effekte so stabil sind wie thermische Effekte, oder auch dass exponierte Personen in gleicher Weise auf die schwache Strahlung reagieren, da die fraglichen möglichen Wirkungen in einem sehr engen Zusammenhang mit elektrochemischen Prozessen des menschlichen Körpers stehen. So wird vermutet, das ein kleiner Teil der Bevölkerung „elektrosensibler“ ist als die überwiegende Mehrheit.

Solange keine Klarheit darüber besteht, ob die vermuteten athermischen Effekte negative gesundheitliche Auswirkungen haben, ist ein Zusammenhang zwischen diesen Effekten und gesundheitlichen Problemen, über die manche Mobilfunknutzer und andere Personen berichten, nicht auszuschließen. Wenn ein Zusammenhang zwischen dieser Art von Mobilfunkstrahlung und negativen gesundheitlichen Auswirkungen wissenschaftlich nachgewiesen wäre, müssten die geltenden Grenzwerte womöglich verändert werden.

Entsprechend wäre auch über eine Verringerung der Strahlungsintensität von Mobiltelefonen und Sendeanlagen – soweit nach dem neuesten Stand der Technik möglich – nachzudenken.

Nicht (ausreichend) erforscht sind zudem insbesondere auch die Langzeitwirkungen der gepulsten elektromagnetischen Felder. In diesem Bereich erscheinen weiter gehende Anstrengungen dringend erforderlich.

### Regulatorische Rahmenbedingungen

Um dazu beizutragen, dass in der EU ein Grundkonsens innerhalb der Mitgliedsländer zu Risikobewertung und -management geschaffen wird, hat die Europäische Kommission im Jahr 2000 eine Mitteilung zur Anwendung des Vorsorgeprinzips veröffentlicht. Da keine verbindlichen Regelungen hinsichtlich Grenzwerten von EMF für die EU existieren, ist es den Mitgliedsländern möglich, niedrigere Grenzwerte (als in den o. g. Ratsmitteilungen empfohlen) gemäß dem Vorsorgeprinzip festzulegen.

In Deutschland wurden im Jahr 2001 vonseiten der Netzbetreiber, der kommunalen Spitzenverbände und der Bundesregierung erhebliche Anstrengungen im Rahmen der EMVU-Debatte unternommen. Eine „freiwillige Selbstverpflichtung der Anbieter“, eine „Kooperationsvereinbarung zwischen Kommunen und Betreibern“ sowie das „Aktionsprogramm der Bundesregierung“ bilden ein Maßnahmenpaket, das auf Freiwilligkeit und Selbstregulierung setzt. Wichtige Eckpunkte sind die Beteiligung der Kommunen bei der Standortsuche für Antennenanlagen, weitere Forschungsförderung und Informationskampagnen sowie Messaktionen. Die Einführung eines Gütesiegels für Mobiltelefone auf Basis des „Blauen Engels“ ist ebenfalls bereits erfolgt, stößt jedoch auf Kritik bei Herstellern wie auch bei Umweltverbänden. Auf Grundlage einer Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK) hat das Bundesumweltministerium von einer – ursprünglich geplanten – Senkung der Grenzwerte unter das ICNIRP-Niveau abgesehen.

Ein Ländervergleich mit weiteren im Bericht berücksichtigten Staaten zeigt, dass Transparenz und frühzeitige Aufklärung hinsichtlich potenzieller EMF-Risiken sowie ein sensibles Vorgehen bei der Standortsuche einen wesentlichen Beitrag zu einer konstruktiven EMVU-Debatte leisten können (vgl. Dänemark). In Schweden wurden zudem beispielsweise die Beschwerden und Proteste von „Elektrosensiblen“ und ihrer Interessensvertretung von den Gesundheitsbehörden frühzeitig ernst genommen. „Elektrosensibilität“ ist als Krankheit anerkannt und mit speziellen Gesundheitsvorsorgemaßnahmen verbunden. Der Umgang mit möglichen EMF-Risiken wird von der Öffentlichkeit als individuelle Problemlage wahrgenommen, für die weitere allgemeine Vorsorgemaßnahmen nicht obligatorisch erforderlich sind.

Das Beispiel Schweiz wiederum kann verdeutlichen, dass ein Mehr an Maßnahmen dennoch mit weiteren Forderungen nach einer Absenkung der Grenzwerte einhergehen kann. Die niedrigen (bzw. erniedrigten) Grenzwerte werden von vielen Bürgern als Gefahrenwerte interpretiert, oberhalb derer Gesundheitsschäden auftreten können. Um plausibel und akzeptabel zu sein und damit stabilisierend für den Risikodiskurs wirken zu können, sollten Grenzwerte wissenschaftlich begründet sein und nicht (ausschließlich) auf politischen

Überlegungen basieren – hingegen könnten Vorsorgewerte gleichwohl initiiert und politisch begründet werden.

Problematisch erscheint insgesamt, dass niedrige (bzw. niedrigere) Werte – selbst innerhalb der jeweiligen Länder – nicht überall gelten, bzw. auch nicht überall eingehalten werden.

### Risikokommunikation

In den Medien entspricht die Berichterstattung über die möglichen Risiken von EMF im Mobilfunk dem Verlauf der Debatte. Nach der Versteigerung der UMTS-Lizenzen ist eine erhebliche Zunahme der Anzahl der Medienbeiträge zu verzeichnen. Insgesamt lässt sich die Presseberichterstattung als zumeist kritisch, lokal und tagesaktuell bezeichnen, wobei in den kritischen Beiträgen bestimmte Argumentationsstereotype immer wiederkehren: Demokratie- und Legitimationsdefizite, Informations- und Aufklärungsdefizite, Wissensdefizite, Vorsorgedefizite sowie Vollzugsdefizite.

In der Gesamtbevölkerung muss der allgemeine Kenntnisstand über EMF als relativ gering angesehen werden. Immerhin halten jedoch laut Umfragen zwei Drittel der Bevölkerung EMF-Risiken grundsätzlich für möglich, was zumindest als Indikator für die hohe Aufmerksamkeit, die diesem Thema entgegengebracht wird, gelten kann. Symptomatisch für den EMVU-Risikodiskurs ist auch die Scheinparadoxie zwischen Nutzung der Mobiltelefone und öffentlichem Protest gegen Sendeanlagen. Das individuelle Risiko der Nutzung von Mobiltelefonen wurde bislang meist geringer eingeschätzt als das kollektive Risiko der Exposition durch Basisstationen.

Bundesweit agierende Bürgerinitiativen richten häufig Maximalforderungen an die Politik („Stopp des Mobilfunks, bis die Risiken geklärt sind bzw. die Unschädlichkeit bewiesen ist“), während lokale Gruppen weniger die Abschaffung des Mobilfunks fordern als vielmehr eine stärkere Berücksichtigung ihrer Interessen bei der Standortauswahl für Sendeanlagen. Sie fühlen sich in ihren Anwohner- und Bürgerrechten verletzt.

Charakterisierend für den EMF-Risikodiskurs in der naturwissenschaftlichen und medizinischen Fachwelt ist das „Expertendilemma“, die Aussagen und Bewertungen sind uneinheitlich und widersprüchlich. Zudem ist den wissenschaftlichen Aussagen zu möglichen Effekten elektromagnetischer Strahlung ihr vorläufiger Charakter immanent. Experten bewerten Risiken nach ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und ihrem potenziellen Schadensausmaß. Diese im Gegensatz zu Laienbewertungen probabilistische Risikoeinschätzung führt oft zu Missverständnissen im Diskurs. Der von manchen Bürgerinitiativen beispielsweise geforderte „Null-Beweis“ kann mit naturwissenschaftlichen Methoden nicht erbracht werden, da es nicht möglich ist, eine Unbedenklichkeit zu beweisen, nachweisbar ist nur die Schädlichkeit. Die auf Wahrscheinlichkeitsaussagen zurückgehenden Bewertungen der Experten stoßen bei Laien häufig auf Unverständnis und führen im Risikodiskurs dazu, dass Wissenschaft zum Teil als „Pro-Partei“ wahrgenommen wird.

Die Mobilfunknetzbetreiber berufen sich in ihrer Risikoeinschätzung auf die Ergebnisse international anerkannter Gremien und halten sich an die gesetzlich vorgeschriebenen

Regelungen beim Netzaufbau. Sie haben jedoch erkannt, dass die unterschiedlichen Risikobewertungen in der Bevölkerung Konflikte hervorrufen, denen sie mit hohem Engagement in der Risikokommunikation begegnen müssen, wenn sie nicht einem dauerhaften Vertrauensverlust in die neue Technologie Vorschub leisten wollen. Die Betreiber bemühen sich darum heute um die Beteiligung der Kommunen bei der Antennen-Standortwahl. Die Maßnahmen der Betreiber werden von den meisten beteiligten Akteuren überwiegend positiv aufgenommen. Für eine Bewertung ist es jedoch noch zu früh, da der Start erst 2002 erfolgte.

### Schlussfolgerungen und Optionen

Diskussionen über Grenzwerte und Vorsorge bilden den Fokus der EMVU-Debatte. Auch wenn laut Umfragen eine Bevölkerungsmehrheit die Absenkung der Grenzwerte befürwortet, sind gleichzeitig die meisten dagegen, Maßnahmen zu ergreifen, ohne über gesicherte Forschungsergebnisse zu verfügen. Der Förderung weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen kommt somit eine hohe Priorität zu, ebenso Anstrengungen im Bereich der Optimierung der Technologien, sodass es zu weiteren Reduzierungen von Emissionen an den jeweiligen Quellen (Mobiltelefone und Sendeanlagen) kommen kann.

Das Thema Standortsuche bei Sendeanlagen hat vor allem deshalb an Bedeutung gewonnen, weil die Mehrzahl der Bevölkerung sich aus den Entscheidungsprozessen bei der Standortsuche ausgeschlossen sah. Die Beteiligung der Kommunen an den Netzplanungen bietet die Chance, eine konkrete und gewichtige Einflussnahme zu gewährleisten.

Die Einführung eines Gütesiegels „Blauer Engel“ ist nicht im Konsens mit den Herstellern und Netzbetreibern erfolgt. Diese Tatsache lässt Zweifel am Erfolg des Siegels aufkommen. Falls die Hersteller in Zukunft tatsächlich keinen Gebrauch von dem Siegel machen, wäre eventuell im Interesse der Verbraucher eine andere Lösung zu diskutieren. Ob ein Siegel, das auf den maximalen SAR-Werten eines Mobiltelefons basiert, prinzipiell Transparenz für die Verbraucher über die tatsächliche Exposition schafft, erscheint darüber hinaus fraglich, da aufgrund der dynamischen Leistungsregelung der Mobiltelefone die tatsächlichen Werte sehr stark schwanken können.

Messaktionen und Monitoring tragen zur Vertrauensgenerierung in das Standortverfahren bei. Auch wenn die bisherigen Messungen vom wissenschaftlichen Standpunkt betrachtet keine Anhaltspunkte für eine Überschreitung der Grenzwerte erbrachten, sollten sie dennoch intensiviert werden, damit kontinuierlich Nachweise für die Einhaltung von Grenzwerten vorgelegt werden können. Es sollte ein Netz von Monitoringsystemen geschaffen werden, um Messdaten über die tatsächlichen Mobilfunkemissionen gewinnen und auch ggf. mit anderen EMF-Emissionen vergleichen und abstimmen zu können. Dies erscheint auch deshalb von Bedeutung, da die Mobilfunkstrahlung nur einen kleinen Teilbereich der gesamten elektromagnetischen Strahlung in der Umwelt darstellt und zudem weitere Strahlungsquellen in naher Zukunft hinzukommen werden, wie z. B. Straßennaut-Systeme, Pkw-Abstandsradar, Abrechnungssysteme im ÖPNV, Wetterradar, wireless LAN, Richtfunk u. a. m.

Alle beteiligten Akteure sind sich einig, dass ein Mehr an besserer Forschung und Information eine zentrale Rolle in

der Risikokommunikation spielen sollte. Damit solche Maßnahmen einen wesentlichen Beitrag zu einem ausbalancierten EMVU-Diskurs leisten können, darf nicht außer Acht gelassen werden, dass Forschungsergebnisse entsprechend aufbereitet und kommuniziert werden müssen, um von der Bevölkerung perzipiert zu werden. Mehr Information per se birgt die Gefahr einer „Informationsflut“. Die Beantwortung der Frage, wie Informationen neutral und objektiv dargestellt, gebündelt und bewertet werden können, stellt eine Hauptanforderung für die öffentlichen Akteure dar.

### I. Einleitung

Im Zuge des Ausbaus der Mobilfunkinfrastruktur – insbesondere der neuen UMTS-Netze – zeigen sich in der Bevölkerung Akzeptanzprobleme, verstärkt durch eine teilweise kritische Medienberichterstattung, in deren Mittelpunkt mögliche Gesundheitsgefährdungen stehen. Eines der Kernargumente ist die wachsende Dichte und Intensität neuer Emissionsquellen (insbesondere Sendeanlagen) als zunehmendes gesundheitliches Risiko. Trotz der hohen Akzeptanz der Mobilfunktechnik und der großen Verbreitung von Mobiltelefonen insgesamt gewinnt dieses Thema in der Bevölkerung daher zunehmend an Bedeutung. Veröffentlichung von geplanten Antennenstandorten, weitere wissenschaftliche Untersuchungen oder Senkung der Grenzwerte stellen nur einen Teil der öffentlich erhobenen Forderungen dar.

Im Herbst 2001 haben daher die Berichterstatter für TA des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages vorgeschlagen, das Thema „Gesundheitliche und ökologische Aspekte bei mobiler Telekommunikation und Sendeanlagen“ durch das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) bearbeiten zu lassen.

### Fragestellung und Vorgehensweise

In dem vom TAB konzipierten Projekt geht es um eine Strukturierung der wissenschaftlichen und öffentlichen Debatte sowie um einen Überblick über aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen und mögliche neue Regulierungsstrategien. Konkret stehen folgende Themen im Vordergrund:

- Analyse des wissenschaftlichen Diskurses zu den gesundheitlichen und ökologischen Risiken mobiler Telekommunikation und von Sendeanlagen: Analyse neuerer Forschungsergebnisse, Schwerpunkte der Forschung, neuere thematische Trends und Erkenntnisse, Dissens und Konsens bei der Beurteilung des Risikos (und möglicher Maßnahmen zur Gefahrenminderung), identifizierte Forschungslücken und Forschungsbedarf
- Überblick zu den regulatorischen Rahmenbedingungen, u. a. das Baurecht, die 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) sowie zu den geltenden Grenzwerten unter Einbezug der regulatorischen Bedingungen der Vergabe, Vergleich der Rahmenbedingungen in Ländern mit hoher Mobilfunkverbreitung bzw. hohem Verbraucherschutzstandard wie etwa Großbritannien, Skandinavien, USA, Schweiz und der dortigen Akzeptanzsituation
- Analyse der öffentlichen Debatte: Wie werden elektromagnetische Risikoquellen von Laien perzipiert? Für

welche Gruppen der Bevölkerung hat die EMVU eine besondere Bedeutung? Wer sind die aktiven Meinungsführer der Debatte, und welche Argumente und Befürchtungen werden von den jeweiligen Gruppen geäußert? Wie ist die Rolle der Fachwelt in der Debatte? Welche Rolle spielen die Medien, welche Formen der Thematisierung werden gewählt? Wie reagieren Netzbetreiber und Kommunen?

Eine wichtige Informationsgrundlage für den Bericht des TAB bildeten folgende Gutachten:

- Analyse des wissenschaftlichen Diskurses zu den gesundheitlichen und ökologischen Risiken mobiler Telekommunikation und von Sendeanlagen (Ingmar von Homeyer, Peter Maxson, Maic Verbuecheln; Ecologic – Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik, Berlin 2002)
- Gesundheitliche und ökologische Aspekte bei mobiler Telekommunikation und Sendeanlagen – Regulatorische Rahmenbedingungen und Erfordernisse sowie öffentliche Debatte (Dr. Franz Büllingen, Annette Hillebrand; WIK-Consult, Bad Honnef 2002)

Der Aufbau des Berichtes ist wie folgt: Kapitel II liefert einen kurzen Überblick über naturwissenschaftliche und technische Grundlagen sowie die elektromagnetischen Felder (EMF) des Mobilfunksystems und beschreibt grundlegende Aspekte und Effekte von EMF. Kapitel III widmet sich den Forschungsfeldern, dem wissenschaftlichen Kenntnisstand sowie den wissenschaftlichen Risikodiskussionen bezüglich EMF. Kapitel IV beschreibt die regulatorischen Rahmenbedingungen in Deutschland, der EU und ausgewählten weiteren Ländern. In Kapitel V werden die identifizierten zentralen Diskursfelder in der öffentlichen Debatte dargestellt. Abschließend werden in Kapitel VI Schlussfolgerungen zur öffentlichen Diskussion, zu Forschung und Risikoeinschätzung sowie zu Vorsorgemaßnahmen und politischen Implikationen vorgestellt.

Die Verantwortung für die Verwendung der Gutachten sowie ihre Zusammenführung mit weiteren Quellen liegt beim Autor des vorliegenden Berichts. Der Gutachterin und den Gutachtern sei für die Ergebnisse ihrer Arbeit und die gute Zusammenarbeit gedankt, ebenso wie Leonhard Hennen, Rolf Meyer und Arnold Sauter für ihre konstruktive Kritik und Ulrike Goelsdorf und Gaby Rastätter für ihre Unterstützung bei der Erstellung des Layouts.

## II. Elektromagnetische Felder und Mobilfunkstrahlung

In diesem Kapitel geht es nach einer kurzen allgemeinen Einführung in die öffentliche und wissenschaftliche Debatte über die möglichen gesundheitlichen Effekte der Mobilfunkstrahlung (Kapitel II.1) um die naturwissenschaftlichen und technischen Grundlagen von Mobilfunksystemen sowie um grundlegende Aspekte und Effekte, Terminologien und Wirkungen bei EMF (Kapitel II.2, 3 u. 4).

### 1. „Worum es geht“

Mobiltelefone, auch Handys oder Funktelefone genannt, bilden heutzutage einen nicht mehr wegzudenkenden Bestandteil der modernen Telekommunikation. In einigen Teilen der Welt sind sie die zuverlässigsten und manchmal auch

die einzigen zur Verfügung stehenden Telefone. Durch Mobiltelefone wird eine kontinuierliche Kommunikation möglich, ohne Einschränkung der Bewegungsfreiheit. In vielen Ländern benutzt mehr als die Hälfte der Bevölkerung Mobiltelefone, und der Markt wächst rapide an. Mit wachsender Nutzung des Mobilfunks geht der stetige Ausbau der Funknetze mit den dazu gehörigen Funkanlagen einher.

Mobilfunk funktioniert auf der Grundlage von so genannten hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Elektromagnetische Felder (kurz: EMF) sind Bestandteil der natürlichen Umwelt, wie beispielsweise die Sonnenstrahlung (das Tageslicht), Gewitter oder das Magnetfeld der Erde. Tagtäglich leben wir ununterbrochen unter dem Einfluss elektromagnetischer Felder. Seit langem sind zahlreiche weitere Strahlungsquellen elektromagnetischer Felder bekannt. Technisch erzeugte elektromagnetische Felder finden sich überall dort, wo Strom fließt, beispielsweise im Haushalt (Radio, Fernsehen, Computermonitor, Radiowecker, Föhn, Rasierapparat, Mikrowellengerät, elektrische Heizung, Fernbedienungen, schnurlose DECT-Telefone für das Festnetz und Mobiltelefone), bei der Arbeit (medizinische Geräte, Kommunikationssysteme) oder im Freien (Hochspannungsleitungen, Eisenbahnen, Kommunikationssysteme für Polizei und Notruf, Alarmanlagen, Radargeräte, Basisstationen und Sendemasten für Radio, Fernsehen und Mobilfunk). Sie alle verursachen elektromagnetische Felder verschiedener Stärke. Die derzeitige Mobilfunktechnik setzt sie in so genannter gepulster Form ein, d. h. sie werden in einem bestimmten Rhythmus an- und abgeschaltet. Für diese insgesamt vom Menschen verursachten EMF wird zuweilen auch der Begriff „Elektrosmog“ benutzt, um das Bild eines Lebens in einer Wolke unsichtbarer Wellen zu vermitteln, die man zudem nicht riechen, schmecken oder hören kann, und die dennoch möglicherweise den Organismus beeinflussen können.

In den letzten Jahren sind einige der EMF-Quellen zum Gegenstand kontroverser Diskussionen in der Öffentlichkeit geworden, da befürchtet wird, dass elektromagnetische Felder für Menschen negative Folgen haben könnten. Das Spektrum der Beeinträchtigungen oder gar Schädigungen, über die im Zusammenhang mit EMF spekuliert wird, reicht von Herzrhythmusstörungen und Bluthochdruck über Schlaf-, Konzentrations- und Gedächtnisstörungen bis hin zur Krebsförderung oder -verursachung (Wiedemann et al. 2000).

Über mögliche Beeinträchtigungen der Gesundheit durch EMF scheint man noch immer zu wenig zu wissen, obwohl die Wirkungen von EMF auf den Menschen schon seit vielen Jahren und Jahrzehnten Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen sind, und es eine fast unüberschaubar große Zahl von – häufig divergierenden – Forschungsergebnissen gibt. Unzweifelhaft ist, dass EMF Auswirkungen auf Menschen haben können, und, wenn Intensität und Dauer ausreichend hoch sind, Schädigungen eintreten können. Die wesentliche Frage hierbei ist jedoch, ob dies auch unterhalb der existierenden Grenzwerte für nieder- bzw. hochfrequente EMF zutrifft. Nationale und Internationale Expertengruppen und Institutionen, wie Weltgesundheitsorganisation (WHO), Internationale Kommission zum Schutz vor nicht ionisierender Strahlung (ICNIRP) oder die Strahlenschutzkommission (SSK) in Deutschland beurteilen diese Frage bislang so, dass es nach ihrer Einschätzung beim derzeitigen Forschungsstand keine eindeutig wissenschaftlich gesicher-

ten Hinweise darauf gibt, dass bei Einhaltung der geltenden Grenzwerte Gesundheitsrisiken durch EMF bestehen.

### **Besorgnis der Öffentlichkeit**

Im Zentrum der öffentlichen Kontroverse um EMF stehen zurzeit vor allem die Mobilfunktelefone und die zu deren Nutzung notwendigen Sendeanlagen als Träger so genannter hochfrequenter EMF (aber z. B. auch die Hochspannungsleitungen der Energieversorgungsunternehmen als Träger so genannter niederfrequenter EMF). Die Besorgnis der Öffentlichkeit hinsichtlich der Mobilfunkstrahlung ist zum Teil natürlich durch die Verbreitung dieser Technik begründet, denn fast jeder ist potenziell betroffen. Sie lässt sich aber auch auf den Umstand zurückführen, dass Mobiltelefone normalerweise in unmittelbarer Nähe zu empfindlichen Körperteilen – wie z. B. Gehirn oder Auge – benutzt werden und diese Nähe die Exposition erhöht. Ein weiterer Grund für die Besorgnis vieler Bürger ist der zurzeit stattfindende flächendeckende Aufbau des so genannten UMTS-Systems (s. u.), der die Errichtung zahlreicher neuer Antennen erforderlich macht und die Bürger direkt mit dieser Entwicklung konfrontiert. Diese Faktoren sowie alarmierende Berichte in den Medien können Ängste und Besorgnis schüren. Zudem hat die Öffentlichkeit meist wenig Mitspracherechte bei der Auswahl der Standorte für die Basisstationen, die nach ihrer Errichtung ständigen Veränderungen unterworfen sind: Sie werden gekauft und verkauft, in verschiedene Netzwerke integriert, modifiziert und in manchen Fällen auch wieder still gelegt. Über die Nutzung eines Mobiltelefons kann der Bürger selbst entscheiden, obwohl diese Wahl in vielen Fällen durch berufliche Erfordernisse stark eingeschränkt wird. Im Falle der Basisstationen hat der Einzelne jedoch kaum Möglichkeiten, sich der Exposition zu entziehen (von Homeyer et al. 2002, S. 7).

Verkompliziert wird die Situation zusätzlich dadurch, dass sich Mobiltelefone zugleich einer enormen Beliebtheit erfreuen, und ihr individueller Nutzen für viele außer Frage steht. Doch einerseits müssen die möglichen Risiken von Sendeanlagen auch von denen getragen werden, die selber keine Mobiltelefone benutzen, zum anderen fühlen sich jedoch auch Mobiltelefonierer durch Sendemasten in ihrer Gesundheit gefährdet. Auch die Besorgnis bezüglich der von Mobiltelefonen selbst ausgehenden Strahlung ist weit verbreitet (Umfrage TAB 2002). Hier kann man sich jedoch zumindest im privaten Gebrauch durch Verzicht schützen. In den USA haben immerhin schon Mobiltelefonnutzer, die an einem Gehirntumor erkrankt sind, gegen Mobilfunkunternehmen geklagt (Kreß/Renn 2002, S. 146).

### **Forschung auf dem Gebiet der hochfrequenten Strahlung**

Die Entwicklung der Radartechnik und der drahtlosen Telekommunikation während des Zweiten Weltkriegs weckte ein gewisses Interesse an der Erforschung möglicher biologischer Wirkungen der (hochfrequenten) Strahlung auf die Nutzer der neuen Technik. Die frühe Forschung konzentrierte sich zunächst auf Wirkungen auf das Verhalten und andere sichtbare Symptome, ging dann aber zu Tierversuchen über und untersuchte Wirkungen auf Zellen, krebserrelevante Effekte etc. Wie bei der ionisierenden Strahlung (z. B. Röntgenstrahlen) und zahlreichen chemischen Expositionen

beobachtet wurde, können bestimmte Effekte unter Umständen erst nach Jahren auftreten. Obwohl bereits Tausende wissenschaftlicher Studien veröffentlicht wurden, existieren bislang kaum Studien zu Langzeiteffekten. Dies lässt sich insbesondere auf die unzureichende Datenarchivierung zurückführen, das erst in den letzten Jahren aufgekommene verstärkte Interesse an der Erforschung derartiger Effekte, die rasche Veränderung der Technologien und Expositionsarten sowie – hinsichtlich des Mobilfunks – den bisher relativ kurzen Zeitraum einer erhöhten Nutzung.

Bei näherer Betrachtung der wissenschaftlichen Literatur auf diesem Gebiet fällt der geringe Grad an Konsens zu den möglichen gesundheitlichen und ökologischen Effekten der Mobilfunkstrahlung unter den Wissenschaftlern auf, wobei sich alle Seiten auf aus ihrer Sicht anscheinend hinreichend überzeugende Forschungsergebnisse stützen. Sobald man sich allerdings der zugrunde liegenden biologischen und physikalischen Prozesse, der großen Bandbreite der möglichen Experimente und Messprotokolle, der erforderlichen Empfindlichkeit der Geräte, der Schwierigkeit einer realitätsnahen experimentellen Simulation der Exposition sowie der zahlreichen relevanten wissenschaftlichen Disziplinen bewusst wird, kann man verstehen, wie schwierig es ist, stichhaltige Schlussfolgerungen aus den Forschungsergebnissen abzuleiten oder frühere Ergebnisse zu replizieren. Offensichtlich hat die Forschung bislang mehr Fragen aufgeworfen, als sie beantworten konnte, und dies hat zu zahlreichen, zum Teil sehr emotional geführten Diskussionen geführt. Auch sind in etlichen Studien und Metastudien – vermeidbar oder nicht – wissenschaftliche Informationen mit kontextualen Einflüssen verbunden. Diese Faktoren erschweren die Beantwortung der offenen Fragen der Öffentlichkeit und von politischen Entscheidungsträgern weiter (von Homeyer et al. 2002, S. 7 ff.).

### **Mobilfunknutzung und Aufbau des UMTS-Systems**

Nach verschiedenen Erhebungen gab es 2001 ca. 600 Mio. Mobilfunknutzer weltweit. Schätzungen gehen von 1 Mrd. Nutzern bis 2002/2003 und 1,6 Mrd. Nutzern bis Mitte des Jahrzehnts aus. Auch wenn diese Schätzungen übertrieben sein mögen, wird deutlich, dass anscheinend ein großer und wachsender Anteil von Nutzern weltweit davon überzeugt ist, dass der Mobilfunk zu einer erhöhten Lebensqualität beiträgt. Aktuellen Daten zufolge besitzen ungefähr 60 % der Bevölkerung in der Europäischen Union ein Mobilfunkgerät. Es wird erwartet, dass diese Zahl innerhalb von zehn Jahren auf nahezu 100 % anwächst und bis zum Jahr 2010 mehr als 30 % der Weltbevölkerung zu den Mobilfunknutzern zählen werden (von Homeyer et al. 2002, S. 20).

Bis zum Jahr 2010 soll es zudem weltweit rund 630 Mio. Nutzer des neuen Mobilfunkstandards UMTS geben, davon etwa 200 Mio. in Europa. Zu diesem Ergebnis kommt eine Studie des internationalen Branchenverbandes UMTS-Forum (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 1). Beobachtet man die Berichterstattung in den Medien über den Mobilfunk dieser so genannten 3. Generation, erscheint allerdings zweifelhaft, ob dieses Ziel erreichbar ist. Im Mittelpunkt stehen heute – nach zunächst großer Euphorie im Zuge der Vergabe der UMTS-Lizenzen an die potenziellen Betreiber – inzwischen weniger die neuen Dienste und Anwendungspotenziale einer breitbandigen drahtlosen Datenübertragung als vielmehr die wirtschaftlichen Risiken für

Netzbetreiber und Geräteproduzenten sowie die möglichen gesundheitlichen Risiken, die durch diese Intensität der Nutzung des Mobilfunks verursacht werden könnten.

Die Diskussion um die gesundheitlichen Effekte des Mobiltelefonierens schwelt zwar schon seit Anfang der 90er-Jahre. Seit der Versteigerung der UMTS-Lizenzen ist jedoch eine derartige Intensivierung der öffentlichen Debatte zu beobachten, dass Politik, Netzbetreiber, regulierende Instanzen und Kommunen dringend nach neuen Wegen suchen, um in den Debatten zur Gesundheitsverträglichkeit von EMF zu einem rationaleren Umgang mit den potenziellen Risiken des Mobilfunks zu kommen.

In den europäischen Ländern wird die Debatte mit unterschiedlich hohem Engagement geführt. Die Regulungsdichte, das Verhalten der Netzbetreiber, der Behörden und der Bevölkerung sowie die Art der Maßnahmen unterscheidet sich entsprechend. Die Zunahme der Bürgerinitiativen, die vermehrte Anzahl von Gerichtsverfahren und die Intensität der Medienberichterstattung deuten aber darauf hin, dass es sich um ein europaweit relevantes Thema handelt, dessen Höhepunkt in den meisten Ländern vermutlich noch nicht erreicht ist. Akteursgruppen, wie verschiedene Interessensgruppen aus der Bevölkerung, die Medien, die Mobilfunknetzbetreiber, die Mobiltelefonhersteller und nicht zuletzt die Wissenschaft sind in den Diskurs involviert und versuchen nicht nur, mit sachbezogenen und rationalen Argumenten für ihre Interessen zu werben, sondern ihre Werte, Überzeugungen und Schutzansprüche einzubringen und durchzusetzen (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 1).

## 2. Technologie des Mobilfunksystems

### 2.1 Elektromagnetische Felder, Strahlungen, Wellen, Frequenzen

Seit etwa 100 Jahren dienen Funkwellen der Übertragung von Informationen. Sie sind die Grundlage für Fernsehen, Radio und Mobilfunk, und auch Polizei und Feuerwehr sowie alle Notruf- und Rettungseinrichtungen sind auf ihre Nutzung angewiesen. Da sich Funkwellen gradlinig ausbreiten, sind ihnen natürliche oder künstliche Grenzen gesetzt. Berge, schmale Täler oder enge Straßenzüge können, ebenso wie Stahlbeton oder metallbedampfte Scheiben, zu so genannten Abschattungen führen – und damit zu ungünstigen Empfangssituationen –, die nur durch eine Erhöhung der Sende- bzw. Empfangsleistung der jeweiligen Sendeanlagen bzw. Empfangsgeräte ausgeglichen werden können.

Elektromagnetische Felder (EMF) entstehen, wenn sich elektrische Ströme und Spannungen verändern. Es bildet sich dann eine elektromagnetische Welle, die sich räumlich ausbreitet und Energie transportiert. Die Energie ist direkt proportional zur Frequenz der Welle: Je höher die Frequenz, desto größer die Energiemenge. Elektromagnetische Wellen können also sowohl durch ihre Energie als auch durch ihre Frequenz oder ihre Wellenlänge charakterisiert werden. Diese drei Parameter hängen linear miteinander zusammen.

Elektromagnetische Wellen mit hoher Frequenz werden manchmal auch als „elektromagnetische Strahlungen“ bezeichnet. Je nach ihrer Frequenz und Energie werden elektromagnetische Wellen entweder als „ionisierende Strahlungen“ oder „nicht ionisierende Strahlungen“ (NIS) klassifiziert (Abbildung 1):

- Ionisierende Strahlungen sind extrem hochfrequente elektromagnetische Strahlungen (Röntgen und Gammastrahlen), deren Energie groß genug ist, um eine Ionisierung zu erzeugen (d. h. um positive und negative elektrisch geladene Atome oder Molekülteilchen zu schaffen), indem sie die atomaren Bindungen aufbrechen, welche die Moleküle in Zellen zusammenhalten.
- Nicht ionisierende Strahlungen (NIS) sind ein allgemeiner Ausdruck für denjenigen Teil des elektromagnetischen Spektrums, dessen Photonenenergie zu schwach ist, um atomare Bindungen aufzubrechen. Dazu zählen u. a. ultraviolette Strahlen (UV), sichtbares Licht, Infrarotstrahlen, hochfrequente Felder (HF) und Mikrowellenfelder, extrem niederfrequente Felder sowie elektrische und magnetische Felder. Selbst hoch intensive NIS können keine Ionisierung in einem biologischen System hervorrufen. Doch hat sich gezeigt, dass NIS andere biologische Effekte bewirken kann, z. B. durch Erhitzen, durch Veränderung chemischer Reaktionen oder durch Induzierung elektrischer Ströme.

Das grundsätzliche Prinzip der drahtlosen Kommunikation besteht in der Informationsübertragung mittels elektromagnetischer Wellen. Die Sprachübermittlung kann sowohl auf analogem als auch auf digitalem Wege erfolgen. Andere Informationen, wie beispielsweise Daten, werden generell auf digitalem Wege übertragen. Zur Unterscheidung der elektromagnetischen Wellen dienen ihre Frequenz, d. h. die Anzahl ihrer Schwingungen pro Sekunde, und ihre Intensität, d. h. die Stärke des elektromagnetischen Feldes (Feldstärke), sowie die Signalfrequenz.

Die Basisfrequenz eines Signals wird als Trägerfrequenz bezeichnet. Eine Informationsübertragung, ob analog oder digital, erfolgt durch Veränderungen dieser Trägerfrequenz. Dies können beispielsweise Veränderungen der Frequenz (Frequenzmodulation: FM) oder der Intensität (Schwankungsmodulation: AM) sein. Solche Modulationen können ständig auftreten, wie im Falle von Rundfunk- und Fernsehüberträgern, oder innerhalb spezifischer „Zeitfenster“, wie im Falle von mobilen Endgeräten des GSM-Systems, was zu einem gepulsten Signal führt. Die Übertragungsmodalität (mit analoger oder digitaler Technik) ist unabhängig von der Art des vom Überträger entsandten Signals.

1 Hertz: 1 Schwingung pro Sekunde (Hz)

1 Megahertz: 1 Mio. Hertz (MHz)

1 Gigahertz: 1 Mrd. Hertz (GHz)

V/m: Stärke eines elektrischen Feldes in Volt pro Meter

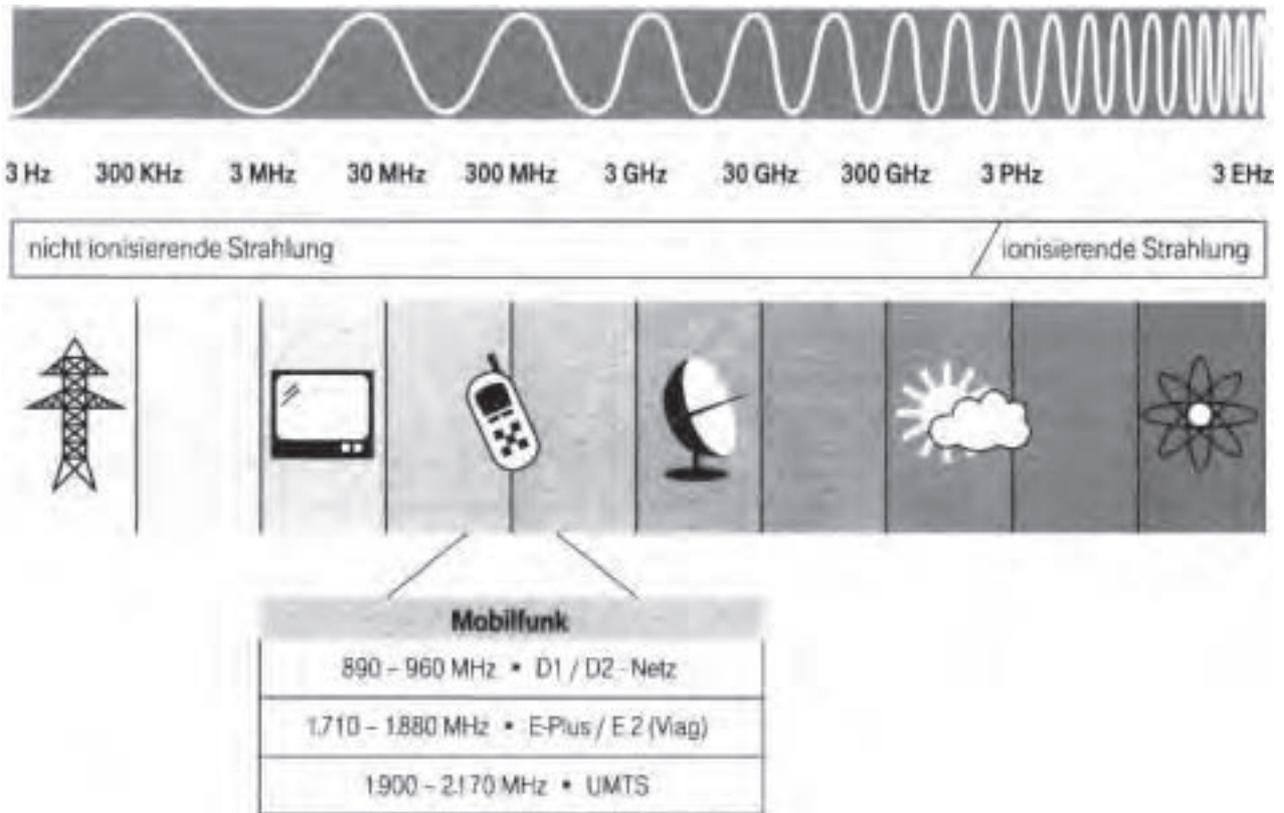
A/m: Stärke eines magnetischen Feldes in Ampere pro Meter

Die Strahlungsintensität eines EMF lässt sich durch die Leistungsflussdichte charakterisieren. Sie entspricht dem Produkt aus der elektrischen und der magnetischen Feldstärke und wird in Watt pro Quadratmeter oder in Milliwatt pro Quadratcentimeter angegeben:  $1 \text{ Watt/m}^2 = 0,1 \text{ mW/cm}^2$ .

Die spezifische Absorptionsrate SAR wird in Watt pro Kilogramm (Körpergewicht) angegeben: Watt/kg.

Abbildung 1

Das elektromagnetische Spektrum



Quelle: T mobile 25 (2002), S. 10

Der hochfrequente elektromagnetische Bereich reicht von 10 Kilohertz bis 300 Gigahertz. Er umfasst unter anderem den Mobilfunk sowie die Strahlungsfelder der Rundfunk- und Fernsehtechnik. Ein Teil der Leistung eines hochfrequenten EMF wandelt sich beim Eindringen in feste oder flüssige Materialien in Wärme um. Bezieht man die in Wärme umgewandelte Leistung auf die Körpermasse, erhält man die spezifische Absorptionsrate (SAR). Die SAR gibt an, wie viel Energie ein Körper aufnimmt.

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder (größer als 0 Hertz bis 10 Kilohertz) treten vor allem bei der Energieerzeugung und -übertragung auf (Hochspannungsleitungen) sowie mit Frequenzen um 50 Hertz auch im Haushaltsbereich.

Der Mobilfunk benutzt hochfrequente Felder zwischen 900 MHz (D-Netz), bzw. um 1 800 MHz (E-Netz) und 2 170 MHz (zukünftiges UMTS-Netz). Felder in diesem Bereich eignen sich sehr gut für die Informationsübertragung.

Die EMF, die Mobiltelefone und Sendestationen aussenden, besitzen typische Eigenschaften:

- Ihre Stärke hängt von der Sendeleistung des jeweiligen Senders und der verwendeten Antenne ab (vgl. Tabelle 1, S. 14). Bei einer guten Funkverbindung reduziert sich die Leistung bis auf ein Hundertstel der maximal möglichen Leistung.
- Die Feldstärke nimmt mit der Entfernung vom Sender rasch ab. In doppelter Entfernung ist nur noch die halbe Feldstärke vorhanden, in 10facher Entfernung nur noch ein Zehntel der Feldstärke, in 100facher Entfernung nur ein Hundertstel usw.
- Die Stärke der Felder kann durch Materialien gedämpft sein. So verringert zum Beispiel eine 20 Zentimeter dicke Betonwand die Feldstärke um rund 90 %. Dies ist besonders relevant bei der so genannten Inhouse-Versorgung – also dem mobilen Telefonieren innerhalb von Gebäuden. Die Sendeleistung eines Mobiltelefons muss dann entsprechend sehr viel höher sein. Ähnliches gilt für das Telefonieren in Autos oder Bahnen.
- Hochfrequente Felder (HF) können gerichtet ausgesendet werden, ähnlich der Lichtbündelung bei Scheinwerfern. Sie beeinflussen dann nur ein bestimmtes Segment ihrer Umgebung.

Tabelle 1

## Sendeleistungen

Quelle	Netz	Sendeleistung pro Kanal
Basisstation (GSM)	D-Netz	max. 25 Watt
Basisstation (GSM)	E-Netz	max. 10 Watt
Basisstation (UMTS)		max. 20 Watt
Mobiltelefon	D-Netz	max. 2 Watt (Puls) max. 0,25 Watt (Mittel)
Mobiltelefon	E-Netz	max. 1 Watt (Puls) max. 0,125 Watt (Mittel)
Fernsehsender		10 000–20 000 Watt

Quelle: eigene Darstellung

## 2.2 Mobilfunknetze

Die gegenwärtig in Europa vorherrschende Mobilfunktechnologie, die auch in der asiatisch-pazifischen Region häufig Anwendung findet, ist die GSM-Technologie (Groupe Service Mobile oder auch 2G genannt). Die z. T. noch in der Entwicklung befindlichen zukünftigen Geräte und Techniken basieren auf neuartigen Technologien, wie beispielsweise General Packet Radio Services (GPRS), auch 2.5G genannt, oder Universal Mobile Telecommunication System (UMTS), auch 3G genannt. Zusätzlich zur Sprachübertragung werden diese Systeme auch eine schnelle Datenübertragung (Internetverbindungen) erlauben und es ermöglichen, jederzeit und überall „online“ zu sein.

Zurzeit werden Mobilfunkgeräte hauptsächlich zur Sprachübertragung und für die Versendung von SMS-Nachrichten (Short Message Service) benutzt, eine Anwendung, die besonders bei jüngeren Teilnehmern beliebt ist. Im Zuge der voranschreitenden Vermarktung und Planung von GPRS, UMTS, W-CDMA und anderen Technologien wird eine Ausweitung des Marktes in den Bereichen E-Mail, Videotelefonieschaltungen, Werbung, M-Commerce-Dienstleistungen („m“ steht für „mobile“), lokale Dienstleistungen und Finanzdienstleistungen sowie Internet allgemein angestrebt. Die Ausweitung des Marktes soll durch neu gewonnene Nutzer und eine erhöhte individuelle Nutzungsdauer finanziert werden.

### Netz, Sendeanlagen, Basisstationen

Der Betrieb von Mobiltelefonen ist nur an Orten möglich, die von einer Sendeanlage (Sendemast) des jeweiligen Netzes versorgt werden. Die Installation des Senders kann auf den unterschiedlichsten erhöhten Punkten erfolgen – etwa auf Türmen, Silos, Brückenpfeilern, Hochhäusern, Schornsteinen oder Masten. Die Aussendung der Funkwellen durch die Sendeantenne erfolgt weitestgehend horizontal und nur in eine Richtung (Hauptsenderichtung). Dadurch ergibt sich direkt unter der Antenne ein Sendeschatten mit nur sehr

schwachen EMF. Die Stärke der Felder nimmt in der Hauptsenderichtung mindestens proportional mit dem Abstand von der Antenne ab. In Deutschland gibt es vier verschiedene Netze, die parallel in Betrieb sind. Alle – auch die zukünftigen UMTS-Netze – haben die gleiche Netzstruktur. Um ein bestimmtes Gebiet wie beispielsweise die Bundesrepublik zu versorgen, wird dieses in einzelne Teilgebiete – Funkzellen – aufgeteilt. Diese verteilen sich wabenförmig über das gesamte Bundesgebiet, haben jedoch eine unterschiedliche Größe. Der Durchmesser einer Funkzelle reicht von unter 100 Metern in Innenstädten bis zu 15 Kilometern auf dem Land. Je mehr Standorte von Sendeanlagen es gibt, desto kleiner kann die einzelne Funkzelle gehalten werden. Je kleiner die Funkzelle ist, desto geringer kann die Sendeleistung der einzelnen Antennenanlage sein. Um eine flächendeckende Mobilfunkversorgung in Deutschland zu gewährleisten, sind ca. 40 000 aneinander grenzende Funkzellen erforderlich.

In den meisten Fällen sind Mobilfunksysteme in normale Kabelnetzwerke integriert. Ein Mobilfunkgerät kommuniziert mittels Radiowellen mit der nächstgelegenen Basisstation. Die Basisstation besteht grundsätzlich aus der Sendeanlage, genauer gesagt dem Antennenträger mit Sende- und Empfangseinrichtung, sowie einer Versorgungseinheit, in der die Schalt- und Steuerungselemente untergebracht sind. Die Basisstation nimmt das Signal und damit die zu vermittelnden Informationen über ihre Antenne auf und gibt sie über herkömmliche Telefonleitungen bzw. über Richtfunk an die so genannte Funkvermittlungsstelle weiter. Dort wird das Signal in das Festnetz übertragen und entweder an den (Festnetz-)Empfänger weitergeleitet oder aber vom Festnetz wiederum über eine herkömmliche Telefonleitung an eine andere Funkvermittlungsstelle übergeben, die das Gespräch an die nächstgelegene Basisstation weiterleitet, von wo es das Empfänger-Mobiltelefon erreicht. Einige Basisstationen besitzen selbst keine solche Verbindung, sondern sind mittels Mikrowellenverbindung mit einer Basisstation vernetzt, die wiederum mit dem Festnetz verbunden

ist. Da eine Basisstation nur eine begrenzte Anzahl von Anrufen gleichzeitig übertragen kann, hängt die Größe der Funkzelle auch vom Gesprächsaufkommen ab. Auch deshalb sind in städtischen Gebieten die Funkzellen klein, während sie in ländlichen Gegenden groß sind. Das von einer Basisstation abgedeckte Sendegebiet ist in drei ungefähr gleich große Abschnitte unterteilt; die Basisstation ist daher mit drei in unterschiedliche Richtungen weisenden Antennen ausgestattet.

### Mobilfunk-Endgeräte

Mobilfunk-Endgeräte (Mobiltelefone bzw. „Handys“) sind derart konzipiert, dass sie mit einem möglichst geringen Energieeinsatz mit der nächstgelegenen Basisstation in Kontakt bleiben können, um die begrenzte Energie der Batterie so effektiv wie möglich zu nutzen. Ob diese Fähigkeit voll genutzt werden kann, hängt vom Aufbau des Funknetzes ab. Zusätzlich wird dadurch die Kapazität des Netzwerkes erhöht. Die Energieregulierung der Mobilfunkgeräte hat zur Folge, dass die Stärke des elektromagnetischen Feldes im Umfeld des Gerätes in Abhängigkeit von Ort und der Zeit variiert. Allgemein gilt: Je schwächer die Verbindung (das Signal des Senders bzw. der Empfang) ist, desto stärker ist die Übertragungsleistung, die das Gerät für den Verbindungsaufbau mit der Basisstation braucht. Umgekehrt bedeutet dies, dass mit steigender Zahl von Basisstationen die vom Gerät benötigte Übertragungsenergie abnimmt und somit auch die Stärke des elektromagnetischen Feldes im Umfeld des Gerätes schwächer wird. Unter idealen Bedingungen auf freiem Feld haben Mobilfunkgeräte eine maximale Reichweite von einigen Dutzend Kilometern. Die Sendeleistung von Mobiltelefonen beträgt maximal 2 Watt.

### GSM-Technologie

Im Rahmen der GSM-Technologie (Global System for Mobile Communication) arbeitet der Mobilfunk mit Frequenzbändern im Bereich von 900 MHz und 1 800 MHz. Die Sprach- und Datenübertragung erfolgt digital. GSM-Geräte werden daher auch als digitale Mobiltelefone bezeichnet.

Bei der GSM-Technologie wird das so genannte Time Division Multiple Access-Verfahren (TDMA) angewandt, wobei das Signal in 217 Informationseinheiten pro Sekunde (die so genannten „Rahmen“) eingeteilt wird. Jeder Rahmen ist wiederum in acht Zeitschlitze unterteilt, auch Pulse genannt. Der erste Puls besitzt in manchen Fällen eine Kontroll- und Regulierungsfunktion, während jeder der übrigen sieben ein separates Gespräch übertragen kann. Aus technischen Gründen wird jeder 26. Puls nicht übertragen. In Abhängigkeit vom erwarteten Gesprächsaufkommen, das von der Basisstation gleichzeitig übertragen werden muss, werden in einer GSM-Basisstation pro Abschnitt ein oder mehrere Kanäle („Frequenzen“) installiert. Jeder Kanal ist ein Frequenzband mit einer Bandbreite von 200 KHz. Einer dieser Kanäle hat eine spezielle Funktion für die Verbindungsherstellung und Abwicklung von Gesprächen. Dies ist eine Art Kontrollkanal, der zu jedem Zeitpunkt mit maximaler Energie und voll belegten Pulsen arbeitet (obwohl die Information nicht immer in all diese Pulse übertragen wird).

Aufgrund der zusätzlichen Kanäle ist es möglich, nur mithilfe der belegten Pulse zu übertragen. Zudem können die

verschiedenen Pulse mit unterschiedlichen Energiestufen übertragen werden. Diese Möglichkeiten werden jedoch nicht immer genutzt. Im Rahmen der meistgenutzten Methode senden die zusätzlichen Kanäle, wie auch der Kontrollkanal, ein quasi-kontinuierliches Signal. Eine Basisstation nutzt daher die digitale Modulation, jedoch keine gepulste Übertragung. Werden zusätzliche Kanäle genutzt, kann es zu schrittweisen Änderungen der Gesamtübertragungsleistung kommen. Innerhalb eines Rahmens sendet das Gerät nur für die Dauer eines Pulses. Hierbei wird die Sprachübertragung für die Dauer von 4,615 Millisekunden (ms), der Dauer eines Rahmens, digitalisiert und in einen Informationspuls von 0,577 ms, der Dauer eines Pulses, komprimiert. Danach überträgt ein GSM-Mobilfunkgerät mit einer Pulsfrequenz von 217 Hz. Aufgrund der Unterdrückung jedes 26. Rahmens kommt es zu einer Pulsmodulation mit einer Frequenz von  $217/26 = 8,34$  Hz. Die Pulsmodulation entspricht der simultanen Modulation der Trägerfrequenz mit unterschiedlichen Frequenzen. Daraus resultiert ein System von Sekundärfrequenzen im Umfeld der Trägerfrequenz, die so genannten Seitenband-Frequenzen, deren Entfernung zur Trägerfrequenz sich durch die Faktoren von 217 Hz und 8,34 Hz ausdrücken lässt.

### UMTS-Technologie

Im August 2000 ersteigerten die Mobilfunkunternehmen Deutsche Telekom, Mannesmann (Vodafone), E-plus, Mobilcom, Viag Interkom sowie das Konsortium 3G für insgesamt rund 100 Mrd. DM die Lizenzen für jeweils zwei Frequenzen nach dem UMTS-Standard. UMTS steht für „Universal Mobile Telecommunications System“ und beschreibt ein neues Mobilfunksystem. Insbesondere soll UMTS eine bis zu 200fach schnellere Datenübertragung gegenüber dem bisherigen Standard gewährleisten. Das Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten reicht vom mobilen Telefonieren über vollständige Internetfunktionen bis zur Übertragung bewegter Bilder. Die umfangreichen Möglichkeiten, die UMTS bieten soll, können wie folgt zusammengefasst werden:

- personalisierte Unterhaltungs- und Informationsangebote inkl. Bildübertragung (so genanntes Customised Infotainment)
- Versand multimedialer Mitteilungen (so genannter Multimedia Messaging Service)
- Bereitstellung von mobilen Zugängen zu Intra- und Extranet von Unternehmen
- Angebot einer speziell auf den Nutzer zugeschnittenen Dienstleistung (so genannte Location Based Services)
- jederzeit und überall schneller Mobilzugang zum Internet
- hohe Sprachübertragungsqualität

Alle Betreiber haben ab 2002 mit dem großflächigen Aufbau des Netzes begonnen. Nach dem Lizenzvertrag sind die Betreiber verpflichtet, bis 2003 mindestens 25 % der Bevölkerung den Zugang zur UMTS-Technik zu gewährleisten, von diesen 25 % wiederum müssen 50 % in den 430 größten Städten leben. Bis 2005 hat dies für mindestens 50 % der Bevölkerung zu erfolgen. Es ist somit davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren Städte unter 30 000 Einwohnern nicht erfasst werden. Erst nach 2005 soll eine Entscheidung

darüber getroffen werden, ob ein weiterer Ausbau des UMTS-Netzes erfolgt, der dann auch den ländlichen Raum erfasst.

Für UMTS müssen neue Netze errichtet werden, also auch neue Mobilfunksendeanlagen. Der konkrete Bedarf kann zurzeit noch nicht beziffert werden und wird von der Marktnachfrage abhängig sein. Derzeit ist von circa 10 000 bis 15 000 neuen Standorten für etwa 40 000 neue Sendeanlagen (entspricht der Anzahl an notwendigen Funkzellen) in Deutschland auszugehen. Nach Angaben der Mobilfunkbetreiber können circa 50 bis 70 % der bestehenden Anlagen nach einer entsprechenden Um- bzw. Aufrüstung mitgenutzt werden. Soweit rechtlich zulässig und technisch möglich sollen die Infrastrukturelemente von den jeweiligen Mobilfunkbetreibern gemeinsam genutzt werden. Der Investitionsbedarf für den Aufbau des UMTS-Netzes wird derzeit auf insgesamt ca. 50 Mrd. Euro geschätzt.

Eine UMTS-Basisstation besitzt in der Regel drei Antennen mit einer maximalen Sendeleistung von jeweils 20 Watt, insgesamt somit 60 Watt. Eine automatische Anpassung der Sendeleistung von Sender und Mobilfunkgerät an die jeweiligen Übertragungsbedingungen sowie neue intelligente „Multisensor-Array-Antennen“ sollen dafür sorgen, dass die verfügbare Maximalleistung in der Praxis zumeist deutlich unterschritten wird (Miller 2002, S. 52 f.). Trotz der höheren Übertragungsraten, die durch UMTS möglich werden, müssen somit die Sendeleistungen von UMTS-Sendern nicht im gleichen Maße steigen. Die Weiterentwicklung der Mobilfunktechnik soll es ermöglichen, bei etwa gleich bleibenden Sendeleistungen immer höhere Datenmengen zu übertragen.

### **3. Elektromagnetische Felder von Mobilfunksystemen**

#### **3.1 Hochfrequente Strahlungen von Basisstationen**

Basisstationen senden mit einer Energie zwischen wenigen Watt und 100 Watt oder mehr, je nach Größe des Bereichs bzw. der Zelle, die sie bedienen (beim neuen UMTS-Standard max. 60 Watt für insgesamt drei Antennen; vgl. Kapitel II.2.2). Die Antennen von Basisstationen sind in der Regel 20 bis 30 cm breit und 1 m lang und sind auf Gebäuden oder Türmen etc. in einer Höhe von zumeist 15 bis 50 m über dem Boden installiert. Diese Antennen senden in vertikaler Richtung in einem sehr schmalen Bereich, in horizontaler Richtung jedoch in einem ziemlich breiten. Aufgrund der relativ engen vertikalen Ausbreitung ist die Stärke des Hochfrequenzfeldes auf dem Boden direkt unterhalb der Antenne gering. Bei auf Dächern angebrachten Antennen verhindern Absperrungen in einer Entfernung von ca. zwei bis fünf Metern, dass Menschen sich an Stellen aufhalten, an denen die Expositionsgrenzwerte für Hochfrequenzfelder überschritten werden. Da die Antennen ihre Leistung nach außen abgeben und keine wesentliche Sendeleistung nach hinten bzw. nach oben oder unten, ist die Höhe der Hochfrequenzenergie innerhalb oder an den Seiten des Gebäudes normalerweise gering.

Studien zur Messung der Leistungsflussdichte kommen zu dem Ergebnis, dass die (der Leistungsflussdichte entsprechende) Strahlungsintensität einer zehn Meter hohen Basisstationsantenne (bei maximaler Leistung) in Bodennähe

nahe der Antenne 0,01 mW/cm<sup>2</sup> erreichen kann, während normalerweise Leistungsflussdichten zwischen 0,00001 und 0,0005 mW/cm<sup>2</sup> zu erwarten sind (Mann/Cooper 2000). Die Autoren berichten zudem, dass die in Innenräumen gemessenen Leistungsflussdichten weitaus geringer waren als die im Freien gemessenen, und dass sich die maximale Leistungsflussdichte bei Berücksichtigung der hochfrequenten Strahlung aller Quellen (Mobilfunkgeräte, Radio, Fernsehen, etc.) an allen Orten lediglich verdoppelte.

Peterson et al. (1992) führten ebenfalls Messungen der Leistungsflussdichte im Umfeld von Mobilfunk-Basisstationen mit unterschiedlichen Höhen von 40 bis 83 Metern durch. Die maximale Leistungsflussdichte, die am Boden in 20 bis 80 Metern Entfernung von der Basisstation gemessen wurde, lag bei 0,002 mW/cm<sup>2</sup>. In 100 Metern Entfernung vom Fuß der Basisstation lag die durchschnittliche Leistungsflussdichte bei weniger als 0,001 mW/cm<sup>2</sup>. Im Abstand von einem Meter betrug die Leistungsflussdichte einer 1 600 Watt (ERP) Antenne auf dem Dach der Basisstation fast 2 mW/cm<sup>2</sup>.

#### **3.2 Hochfrequente Strahlung von Mobilfunkgeräten**

##### **GSM**

Die bestehenden zwei GSM-Mobilfunknetze werden mit einer Frequenz von 900 MHz (D-Netz) und 1 800 MHz (E-Netz) betrieben. Die maximale Leistung eines so genannten GSM-900-Gerätes beträgt 2 Watt, die eines so genannten DCS-1 800-Gerätes beträgt 1 Watt. Die effektive Leistung beträgt jeweils 0,25 W und 0,125 W.

##### **WAP und GPRS**

Das „Wireless Application Protocol“ (WAP) ist ein Dienst des Standardmobilfunksystems, durch den z. B. Daten aus dem Internet empfangen werden können. Dies kann mittels der GSM-, der GPRS (General Packet Radio Service)- oder, zu gegebener Zeit, der UMTS-Technologie geschehen (vgl. den folgenden Abschnitt). Die Energie, die das Mobilfunkgerät bei der Nutzung des WAP emittiert, entspricht der während eines normalen Gesprächs emittierten Energie. Die Exposition eines WAP-Nutzers verringert sich jedoch in beträchtlichem Maße, wenn er Informationen vom Display des Gerätes abliest, anstatt das Gerät an den Kopf zu halten.

Mithilfe der GPRS-Technologie können die Nutzer Daten mit höherer Geschwindigkeit senden und erhalten als mit der klassischen GSM-Technologie. Dies wird durch die gleichzeitige Nutzung mehrerer Zeitschlitze (Pulse) erreicht. Die durchschnittliche Absorptionsrate (SAR) hängt von der genutzten Anzahl der Pulse ab. GPRS-Geräte werden den gleichen, in den Richtlinien der Internationalen Kommission für den Schutz vor nicht ionisierender Strahlung (ICNIRP) definierten Anforderungen genügen müssen wie GSM-Geräte: Der SAR Wert darf demnach 2 W/kg nicht überschreiten.

##### **UMTS**

Worin unterscheiden sich UMTS und GSM? Zum einen wird UMTS ein anderes Frequenzband im Bereich von 1 900 bis 2 170 MHz nutzen. Ein weiterer wichtiger Unter-

schied zu GSM liegt in der Art und Weise, wie Informationen zwischen Mobilfunkgerät und Basisstation übertragen werden. Das einzelne Signal eines mobilen UMTS-Gerätes wird über ein 5 MHz breites Frequenzband gesendet. Mit dieser neuen Technik können alle Mobilfunknutzer im Netz ein und dieselbe Frequenz benutzen. Die Kanäle werden durch einen Code getrennt. Das Datensignal der Mobilfunknutzer wird beim Sender wie auch beim Empfänger mit dem für eine bestimmte Verbindung individuellen Code multipliziert. Aufgrund des Modulationstypus und der Kodierung sieht das Signal innerhalb des Bandes wie ein (Stör-)Geräusch aus. Bei der UMTS-Technologie werden die Informationen somit nicht anhand der Modulation einer Trägerfrequenz übermittelt. Veränderungen der Trägerfrequenz könnten allerdings aus netzwerktechnischen Gründen notwendig sein.

Gegenüber den starren „Zeitschlitz“ des GSM-Standards können somit prinzipiell die vorhandenen Frequenzen wirtschaftlicher genutzt werden. Einfache Telefongespräche, die eine geringe Bandbreite beanspruchen, lassen Platz für gleichzeitige Übertragungen mit hoher Bandbreite, z. B. für eine Bildübertragung. Ein UMTS-Kunde kann bei höherer Übertragungsgeschwindigkeit mehrere Dienste gleichzeitig nutzen, etwa telefonieren, faxen, E-Mails abrufen und im Internet „surfen“.

Die maximale Leistung des mobilen Terminals (UMS-Gerätes) wird bei 250 mW liegen. Es wurden zwei (Breitband-)Verfahren definiert. Das FDD-CDMA-Verfahren (FDD: Frequency Division Duplex; CDMA: Code Division Multiple Access) verwendet zwei getrennte Frequenzen. Das sendende Mobilfunkgerät funkt zeitgleich auf einer anderen Frequenz als die Basisstation. Wie bei der GSM-Technologie sendet das Gerät während einer Verbindung durchgängig, jedoch abhängig von der Art der Informationsübermittlung (Daten, Video, Internet) in Form der so genannten Bursts, die hinsichtlich ihrer Länge stark variieren können.

Das zweite Verfahren ist das TDD-CDMA-Übertragungsverfahren (TDD: Time Division Duplex), das auf einem Zeitschlitzverfahren, d. h. auf gepulster Strahlung basiert. Bei diesem Verfahren wird im Gegensatz zum FDD-Betrieb nur eine Frequenz benötigt. Die Basisstation und das Mobilfunkgerät übertragen auf der gleichen Frequenz, aber nicht zur gleichen Zeit. Diese Technologie wird jedoch weniger Anwendung finden als das FDD-Verfahren. Die TDD-CDMA-Technik ist für den Einsatz in kleinen und Kleinstzellen vorgesehen, da dieses System sehr gut für asymmetrische Dienste wie die Nutzung des Internets geeignet ist. In diesen Kleinst-Zellen – hier ist z. B. an Gebäude zu denken – soll es zur Anwendung von so genannten Self Provided Applications (SPAs) kommen. Diese können von jedermann ohne Konzession betrieben werden.

Da die maximale Leistung der UMTS-Basisstationen ungefähr der durchschnittlichen Leistung der GSM-Basisstationen entspricht, werden die Feldstärken, denen UMTS-Nutzer ausgesetzt sein werden, voraussichtlich kaum von den für GSM-Basisstationen gemessenen Feldstärken abweichen. Die Leistungen der UMTS-Mobilfunkgeräte werden aber unterhalb der herkömmlichen GSM-Mobilfunkgeräte liegen. Die maximale Leistung soll bei 125–250 mW liegen (GSM-Mobiltelefone max. 2 Watt).

### Bluetooth

Bluetooth ist ein neu entwickeltes System für die drahtlose Datenübertragung zwischen elektronischen Geräten wie beispielsweise zwischen einem PC, der Tastatur, dem Drucker und der Maus. Die Reichweite beträgt fünf Meter oder mehr. Die maximale Übertragungsleistung kann in manchen Fällen 100 mW erreichen, aber für die meiste Anwendung liegt sie bei 1 mW. Die benutzte Frequenz beträgt 2,4 GHz. Eine wichtige Anwendung im Rahmen der Mobilfunk-Kommunikation ist die drahtlose Verbindung zwischen einem Headset/Mikrofon-Kombination und einem GSM-Gerät. Dadurch entsteht eine Freisprechanlage, bei welcher der SAR-Wert für den exponierten Kopf wesentlich niedriger ist (um den Faktor 100 bis 1 000) als beim „gewöhnlichen“ Gebrauch des GSM-Gerätes, da das Gerät in einer gewissen Entfernung zum Kopf gehalten werden kann, z. B. in einer Mantel- oder Handtasche.

### TETRA

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) ist eine neue Technologie für die mobile Funkverbindung, die von Polizei, Feuerwehr und Rettungsdiensten benutzt wird. Sie ist ähnlich konzipiert wie die Mobilfunksysteme und beruht auf einem Netzwerk von Basisstationen, die mit tragbaren Funkgeräten (Walkie-Talkies) oder mit Autofunkgeräten in Verbindung stehen.

TETRA sendet in den beiden Frequenzbereichen von 380 bis 395 MHz und 410 bis 425 MHz auf der Grundlage des so genannten „Trunking“ und des TDMA-Verfahrens (Time Division Multiple Access). Beim Trunking werden alle Kanäle gleichzeitig genutzt, wobei dem Nutzer ein freier Kanal zugewiesen wird. Beim TDMA-Verfahren (im Rahmen des TETRA) kann jede Trägerfrequenz vier simultane Verbindungen bedienen, mit einer Pulsfrequenz von 17,6 Hz. Dies trifft, wie bei der GSM-Technologie, nur auf Walkie-Talkies und Funkgeräte zu. Die Basisstationen senden durchgängig, d. h. alle Zeitschlitz sind belegt. Die effektive Leistung der Walkie-Talkies liegt bei 0,25 W (max. 1 W) oder 0,75 W (max. 3 W).

### 3.3 Biophysik des Mobilfunks

Das elektromagnetische Feld in der Umgebung einer Strahlungsquelle kann in ein Nahfeld und ein Fernfeld unterteilt werden. Im hochfrequenten Bereich – wie beim Mobilfunk – kann man elektrisches und magnetisches Feld nicht mehr ohne weiteres trennen, da beide zumindest im Fernfeld fest miteinander verbunden sind. Im Fernfeld stehen elektrisches und magnetisches Feld senkrecht aufeinander und senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Feldes. Unter diesen Bedingungen wird die Ausbreitung der Energie als Strahlung bezeichnet. Beim Nahfeld, welches bis zum Abstand einer halben Wellenlänge von der Antenne reicht, hängt es von der Art der Antenne ab, ob das elektrische oder das magnetische Feld dominiert. Der Zusammenhang zwischen den elektrischen und magnetischen Feldern ist hier komplexer, und die Berechnung der Feldstärke wesentlich komplizierter als die des Fernfeldes (Elschenbroich 1996, S. 8).

Für die meisten nationalen und internationalen Richtlinien und Grenzwertempfehlungen zu Expositionen mit hochfrequenter Strahlung dient die Frequenz der Quelle als Bemessungsgrundlage, da elektromagnetische Felder mit

verschiedenen Frequenzen unterschiedlich tief in Körpergewebe eindringen und es dabei zu Reaktionen kommen kann. Diese Grenzwertempfehlungen beziehen sich jedoch nur auf Expositionen, deren Quelle sich in einer gewissen Entfernung, d. h. im Fernfeld, befindet. Die exponierten Körperteile eines Mobilfunknutzers – der Kopf und die Hand – befinden sich jedoch im Bereich des Nahfeldes, in dem die elektromagnetische Feldstärke stark variabel ist. Infolgedessen können allgemein definierte Expositionsgrenzwerte dieser Situation nicht gerecht werden. Daher muss die Einhaltung der Richtlinien und Grenzwerte von Fall zu Fall beurteilt werden (von Homeyer et al. 2002, S. 21).

### Energieabsorption des Körpers

Eine Exposition durch niederfrequente EMF (z. B. mit einer Frequenz von 50 Hz) führt nicht zu einer Energieabsorption im Körper, während es beispielsweise bei einer Exposition durch Mikrowellen oder andere hochfrequente Strahlung zu einer Absorption kommt. Trotzdem wird gelegentlich darüber diskutiert, inwieweit Untersuchungen über die biologischen Effekte niederfrequenter elektromagnetischer Strahlung auch zu einem Verständnis der Effekte hochfrequenter Strahlung beitragen können. Chevillot (STOA 2000, S. 27) äußert sich hierzu folgendermaßen: „Die großen Unterschiede zwischen den EMF Frequenzen in den beiden hier betrachteten Bereichen ziehen sehr unterschiedliche physikalische, biologische und physiologische Phänomene nach sich. [...] im Falle der niederfrequenten Strahlung wirken die elektrischen und magnetischen Felder unabhängig voneinander. Das elektrische Feld kann nicht in den Körper eindringen. Das magnetische Feld dringt in den Körper ein und induziert elektrische Ströme im Körper. Aus diesem Grund ist die Stärke der magnetischen Induktion, ausgedrückt in Micro-Tesla ( $\mu\text{T}$ ) der wichtigste Parameter wissenschaftlicher Studien zur Exposition mit niederfrequenten EMF. Bei hochfrequenter Strahlung und Mikrowellen sind die beiden Felder gekoppelt und dringen gemäß ihrer spezifischen di-elektrischen Eigenschaften in verschiedene Körperbereiche ein und können dort thermische Effekte auf dem Niveau hochintensiver Expositionen verursachen.“

Eine Hauptdeterminante der Induktion von Strom oder Wärme (Energie) in ein biologisches oder nicht biologisches System ist die Frequenz. Die Aufnahme der Energie ist abhängig von der Stromdichte (Ampere/qm,  $\text{A}/\text{m}^2$ ), die von der Feldstärke (H, gemessen in Ampere/Meter,  $\text{A}/\text{m}$ ), der Frequenz und der Wellenlänge abhängt. Das aussagekräftigste Maß der Energieabsorption im Körper durch hochfrequente Felder ist der so genannte SAR-Wert (Specific Absorption Rate). SAR ist somit auch das wichtigste Parameter wissenschaftlicher Studien zur Exposition mit hochfrequenten EMF. Die Einheit für die spezifische Absorptionsrate ist Watt pro Kilogramm ( $\text{W}/\text{kg}$ ). Während SAR die grundlegende dosimetrische Größe für hochfrequente Felder zwischen etwa 1 MHz und 10 GHz darstellt, ist die grundlegende dosimetrische Größe für hochfrequente Felder über 10 GHz die Intensität des Feldes gemessen als Leistungsdichte in Watt pro Quadratmeter ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) bzw. für schwache Felder in Milliwatt pro Quadratmeter ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ).

Beim Gebrauch eines Mobilfunkgerätes befindet sich die Antenne des Gerätes nahe am Körper des Nutzers und wird im Allgemeinen in der Nähe des Kopfes gehalten. Ein Teil

der abgestrahlten Energie wird durch den Körper absorbiert. Die Menge an Energie, die ein Körper aus einem elektromagnetischen Feld aufnehmen kann, hängt stark von der Frequenz des Feldes, von Größe und Umfang des Körpers sowie vom Gewebe der exponierten Körperteile ab.

Beim Eindringen von elektromagnetischer Strahlung in den menschlichen Körper entstehen so genannte Wirbelströme, welche das elektrisch leitfähige Körpergewebe erwärmen und das Eindringen des EMF behindern (so genannter Skin-Effekt). Die so genannte Eindringtiefe ist dann der Wert, bei dem das Feld auf  $1/e = 37\%$  abgefallen ist. Beispielsweise beträgt die Eindringtiefe bei einer Frequenz von 1 GHz je nach Art des Körpergewebes zwischen 1,8 cm bei Muskeln und 18 cm bei Knochen (Käs 1995). Aufgrund der unterschiedlichen elektromagnetischen Eigenschaften der Gewebe kommt es zu lokalen Unterschieden beim Temperaturanstieg, die wiederum zum Teil durch die wärmeregulierende Fähigkeit des Kreislaufsystems ausgeglichen werden können. Solange keine übermäßige elektromagnetische Energie einwirkt, wird schließlich meistens ein thermoregulatorisches Gleichgewicht erreicht (von Homeyer et al. 2002, S. 17). Besonders betroffen sind daher beim Menschen prinzipiell Organe mit niedriger Wärmeleitfähigkeit und schlechter Durchblutung (z. B. Augenlinse), bei denen ein thermoregulatorisches Gleichgewicht nur bedingt herzustellen ist, sowie temperatursensible Organe (z. B. Hoden).

Anscheinend ist es im Hinblick auf die thermische Wirkung in einem Körper durch Energieabsorption unerheblich, ob das zugrunde liegende HF-Signal periodisch amplitudenmoduliert bzw. gepulst oder unmoduliert ist. Einer Studie des Health Council of the Netherlands (2002) zufolge wurde beobachtet, dass die Temperatur im Körpergewebe infolge der Einstrahlung von gepulsten Feldern ungefähr in gleichem Maße ansteigt wie bei ungepulster Strahlung mit gleichem SAR-Wert. Nach etwa einer oder mehr Stunden nach Beendigung der Exposition erreichte die Gewebetemperatur wieder ihren ursprünglichen Wert.

Bedeutende Mengen elektromagnetischer Energie werden bei einem mobilen Telefongespräch vom Kopf nur dann absorbiert, wenn das Gerät dabei direkt an den Kopf gehalten wird. Wird das Gerät zusammen mit einer Freisprechanlage benutzt, hängt der Grad der vom Körper und der betroffenen Körperregion absorbierten elektromagnetischen Energie von der Position des Gerätes zum Körper ab. Beim Versenden oder Abrufen einer SMS-Nachricht ist die Energieabsorption gering. Das Schreiben oder Lesen einer Nachricht findet im Stand-by Modus statt, und das Versenden und Empfangen einer Nachricht dauert nur einige Sekunden. Zudem wird das Gerät hierbei üblicherweise mit einem gewissen Abstand vom Körper gehalten.

Befindet sich das Gerät im Stand-by Modus, sendet es regelmäßig kurze Pulse (1–2 Sekunden) zur Positionsbestimmung im Netzwerk aus. Die Intervalle zwischen solchen Pulsen variieren in Abhängigkeit von den Netzwerkeinstellungen zwischen 20 Minuten und einigen Stunden. Nach anfänglicher Übertragung des Pulses mit voller Energie wird die Energie dann je nach der Position des Gerätes zur nächstgelegenen Basisstation und deren Eigenschaften reduziert. Dies legt die maximale Übertragungsenergie des GSM-Gerätes fest. Bei einem Anruf wird eine Verbindung aufgebaut und das Gerät überträgt durchgängig. Im Allge-

meinen wird für diesen Prozess nur anfangs für einen sehr kurzen Moment die volle Leistung benötigt; danach reduziert sie sich auf das minimale Niveau, das für eine gute Verbindung benötigt wird.

Der Frage nach möglichen Wirkungen insbesondere gepulster elektromagnetischer Felder auf Menschen (und Natur) soll im folgenden Kapitel näher nachgegangen werden.

#### 4. Terminologie, Effekte, Wirkungen

Die Frage möglicher Gesundheitsgefahren, die von Sendeanlagen bzw. Mobiltelefonen ausgehen, steht zum einen in der Öffentlichkeit, in den Städten und Gemeinden im Vordergrund, zum anderen ist die Frage nach möglichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf den menschlichen Körper Gegenstand einer Vielzahl nationaler wie internationaler wissenschaftlicher Studien. Derzeit sind über 20 000 Arbeiten und Untersuchungen zu diesem Themenkomplex bekannt. Jedes Jahr kommen etwa 500 neue hinzu.

Um zu einer zuverlässigen Einschätzung der Ergebnisse zu kommen, ist große Sorgfalt bei der Überprüfung der Studien nötig. Das gilt für ihre methodische Qualität genauso wie für die Aussagekraft der Befunde. Im Mittelpunkt stehen hierbei u. a. folgende Kernfragen: Lässt sich ein Effekt auf das biologische System etwa von Menschen oder Tieren nachweisen? Ist die Ursache des Effekts ausschließlich der Mobilfunk? Ist der Effekt gesundheitlich bedeutsam? Lässt sich ein Schwellenwert für den Effekt ermitteln?

Unstrittig ist, dass elektromagnetische Wellen biologische Wirkungen verursachen können, die manchmal, aber nicht immer, nachteilige Folgen für die Gesundheit haben können. Zunächst muss klar zwischen den beiden Begriffen, also zwischen einem biologischen Effekt und einer negativen gesundheitlichen Auswirkung, unterschieden werden. Obwohl die Literatur diese Termini nicht übereinstimmend benutzt, kann die folgende Unterscheidung mehr Klarheit verschaffen (WHO 1997, S. 2):

- Ein biologischer Effekt bzw. eine Wirkung ist eine messbare (jedoch nicht notwendigerweise schädliche) physiologische Reaktion im biologischen System auf eine Exposition durch elektromagnetische Felder.
- Eine negative Auswirkung auf die Gesundheit ist ein biologischer Effekt, dessen Wirkungen (Folgen) über die normale physiologische Kompensationsfähigkeit des Körpers hinausgehen und zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen oder Schädigungen führen.

Die Tatsache, dass seitens der Öffentlichkeit und der Medien häufig nicht zwischen diesen beiden Termini unterschieden wird und ein biologischer Effekt als eine negative gesundheitliche Auswirkung interpretiert wird, führt oft zu Verwirrungen. Zudem ist eine Unterscheidung zwischen thermischen und nicht thermischen (athermischen) Effekten zu treffen.

#### Thermische Wirkungen

Hochfrequente EMF erzeugen Wärme. Dieser Effekt wird heute beispielsweise in vielen Haushalten durch den Gebrauch von Mikrowellengeräten genutzt. Befindet sich ein Mensch in einem EMF, werden die elektromagnetischen Felder mit zunehmender Stärke absorbiert und in Wärme

umgewandelt. Gut durchblutete Gewebearten, wie z. B. Körperflüssigkeiten, Muskeln, etc. absorbieren im Gegensatz zu Haut, Knochen oder Fett wesentlich mehr Energie. Die Energieabsorption nimmt zwar mit zunehmender Frequenz zu, die elektromagnetische Welle dringt jedoch mit höherer Frequenz immer weniger tief in den Körper ein. So verringert sich die Eindringtiefe von 2,5 cm bei 900 MHz auf ca. 1 cm bei 1 800 MHz (Silny 1999). Schäden treten dann auf, wenn die Dosierung eine bestimmte Höhe überschreitet. Eine durch EMF ausgelöste zu starke und zu schnelle Erwärmung des Körpers könnte dessen Regelmechanismus überfordern, sodass die Körpertemperatur ansteigt. Lokale Erwärmungen des Körpergewebes („Hot Spots“) über 41 °C können zu Schädigungen, noch höhere Temperaturen zu Verbrennungen des Gewebes führen.

Die Auswirkungen thermischer Effekte sind in der Wissenschaft unstrittig. Die biologischen Effekte von nicht ionisierender Strahlung in sehr hoher Intensität (hohe Dosis) sind allgemein gut erforscht. Abhängig von der Energie, der Frequenz, der Geometrie des exponierten Systems und der Art des biologischen Gewebes reichen die Effekte von der Wachstumsstimulation bis hin zum eingeleiteten Zelltod (Apoptose) und zu DNA-Schäden, wobei die o. g. Wärmeeffekte eine entscheidende Rolle spielen. Bekannt sind ferner Störungen von Stoffwechsel, Drüsenfunktionen, Blut-/Immun- und Nervensystem, Grauer Star, Unfruchtbarkeit bis hin zu inneren Verbrennungen und Herzinfarkt bei extrem hohen Feldstärken (Elschenbroich 1996, S. 9).

Auf der Grundlage der beobachteten biologischen Effekte hat sich jedoch auch ein eigenständiger medizinischer Bereich entwickelt, der elektromagnetische Felder zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken, wie z. B. für medizinische Abbildungen (Kernspintomographie), nutzt. Zudem ist die therapeutische Anwendung von EMF bei der Heilung von Knochenfrakturen und bei der Krebsbehandlung (Diathermie) allgemein anerkannt.

Die Internationale Kommission für den Schutz vor nicht ionisierender Strahlung (ICNIRP) bezog sich bei der Erarbeitung ihrer Grenzwertempfehlungen ausschließlich auf die bekannten thermischen Effekte. Die Grenzwertempfehlungen der ICNIRP bilden den Kern der Ratsempfehlung 1999/519/EEC der EU vom 12. Juli 1999 über die Begrenzung der Exposition der Öffentlichkeit durch elektromagnetische Felder (0 Hz bis 300 GHz), die gegenwärtig den Kern der auf EU-Ebene ergriffenen Schutzmaßnahmen bildet.

Es wird allgemein davon ausgegangen, dass die Exposition der Öffentlichkeit mit elektromagnetischen Feldern deutlich unter den Grenzwertempfehlungen der ICNIRP liegt und auch die Emissionen der meisten Mobilfunkgeräte liegen unterhalb dieser Werte. Bei Einhaltung von Sicherheitsabständen bei Mobilfunk-Sendestationen (mindestens 2 Meter) sind thermische Wirkungen auszuschließen. Diese Feststellung gilt für die D-Netze mit einer Betriebsfrequenz von 900 MHz wie auch für die 1 800 MHz Netze. Bei Mobiltelefonen ist zumindest theoretisch sichergestellt, dass der lokale Grenzwert (SAR-Wert) so niedrig liegt, dass ggf. die örtliche Temperaturerhöhung in jedem Fall unter 0,1 °C bleibt. Zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen belegen, dass der (reguläre) Gebrauch eines Mobiltelefons und die damit verbundene lokale Erwärmung des Gewebes um

max. 0,1 °C keine gesundheitlichen Auswirkungen hat (von Homeyer 2002, S. 24 f.).

### Athermische Wirkungen

Wissenschaftlich noch nicht abschließend geklärt ist die Frage, ob elektromagnetische Felder des Mobilfunks über den thermischen Effekt hinausgehend noch weitere Auswirkungen auf den menschlichen Körper haben. Unter diesen so genannten athermischen Effekten sind mögliche Auswirkungen der elektromagnetischen Felder zu verstehen, die zwar keine Temperaturerhöhung im Körper hervorrufen (also unterhalb der thermischen Wirkungsschwelle liegen), möglicherweise jedoch andere Auswirkungen haben. Die Existenz athermischer Wirkungen ist inzwischen zum Teil zwar wissenschaftlich anerkannt. Strittig ist jedoch, ob diese zu nachteiligen gesundheitlichen Auswirkungen führen können. So werden u. a. Migräne und Kopfschmerzen, Schlaf- und Konzentrations- sowie allgemeine Befindlichkeitsstörungen häufig in einen Zusammenhang mit den athermischen Effekten der elektromagnetischen Felder gebracht. Diskutiert werden auch mögliche Auswirkungen auf Krebserkrankungen oder die Beeinflussung des Zentralnervensystems bzw. der Gehirnaktivitäten (Gedächtnisstörungen, Veränderungen der Reflexe).

Die Forschungsergebnisse sind auf diesem Gebiet nicht einheitlich. Während einige Untersuchungen zu der Annahme geführt haben, dass athermische Effekte tatsächlich vorhanden sind, konnten in vielen anderen Fällen die genannten Effekte nicht positiv festgestellt werden (vgl. Kapitel III.2). Nach Hyland (2000) und Lai (2000) gibt es Hinweise, dass elektromagnetische Strahlung schwacher Intensität schwache nicht thermische Effekte herbeiführen kann, wenn sie, wie im Falle der GSM-Technologie, gepulst ist. Das heißt, es könnte bei dieser Form der Strahlung zu Effekten kommen, die unterhalb der gängigen, von Mobiltelefonen und Sendeanlagen eingehaltenen Grenzwerte auftreten. Bei nicht gepulsten bzw. unmodulierten oder zufallsabhängig modulierten Signalen sind die Effekte meistens nicht nachweisbar. Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass gepulste HF-Signale am (nicht linearen) Körpergewebe demoduliert werden und es sich eigentlich letztlich um niederfrequente Effekte handelt, die dabei in Erscheinung treten (Neitzke et al. 1994).

Der Zusammenhang zwischen den gepulsten Sekundärfrequenzen der Mobilfunkstrahlung und bestimmten elektrochemischen Prozessen im menschlichen Körper könnte somit Anlass zur Beunruhigung geben (obgleich es sich bei den Sekundärfrequenzen originär um niederfrequente Strahlung handelt und nicht um hochfrequente EMF). Einerseits haben Kritiker zwar darauf hingewiesen, dass sich die Beobachtung von Effekten schwacher Strahlung bislang nicht replizieren ließ. Andererseits kann jedoch auch nicht erwartet werden, dass athermische Effekte so stabil sind wie thermische Effekte, oder auch dass exponierte Personen in gleicher Weise auf die schwache Strahlung reagieren, da die fraglichen möglichen Wirkungen in einem sehr engen Zusammenhang mit elektrochemischen Prozessen des menschlichen Körpers stehen (von Homeyer 2002, S. 21 f.). So wird vermutet, dass ein Teil der Bevölkerung „elektrosensibler“ ist als die überwiegende Mehrheit; in Schweden wird beispielsweise das „Phänomen der Elektrosensibilität“ als Erkrankung bzw. Krankheit anerkannt.

Solange keine definierte Gewissheit darüber besteht, ob athermische Effekte existieren und negative gesundheitliche Auswirkungen haben, ist ein Zusammenhang zwischen diesen Effekten und den neurologischen Problemen, über die manche Mobilfunknutzer und andere Personen berichten, die beispielsweise über einen längeren Zeitraum hochfrequenter Strahlung von Basisstationen ausgesetzt sind, nicht auszuschließen. Wenn ein Zusammenhang zwischen dieser Art von Mobilfunkstrahlung und negativen gesundheitlichen Auswirkungen wissenschaftlich nachgewiesen wäre, müssten die geltenden Grenzwerte möglicherweise verändert werden.

Nicht erforscht sind zudem insbesondere auch die Langzeitwirkungen der gepulsten elektromagnetischen Felder.

### Auswirkungen auf Herzschrittmacher

Erwiesen ist, dass die durch den Gebrauch eines Mobiltelefons verursachten elektromagnetischen Felder einige (ältere) implantierte Herzschrittmacher stören können. Dies gilt für rund 30 % der implantierten Herzschrittmacher; rund 70 % der Implantate gelten hingegen als störungssicher. Störanfällige Herzschrittmacher können nur dann beeinflusst werden, wenn das Mobiltelefon auf weniger als 25 cm an den Herzschrittmacher angenähert wird. Wissenschaft und Bundesgesundheitsministerium empfehlen daher Personen, die einen störanfälligen Schrittmacher implantiert haben bzw. die Störanfälligkeit ihres Implantats nicht kennen, das eingeschaltete Mobiltelefon nicht in unmittelbarem Körperkontakt (beispielsweise in der Brusttasche über dem Herzschrittmacher) zu tragen und beim Telefonieren die vom Implantat abgewandte Kopfseite zu benutzen.

Die EMF der Sendeanlagen könnten nur im unmittelbarsten Nahbereich Auswirkungen auf störanfällige Herzschrittmacher haben. Ein (unbeabsichtigter) Aufenthalt im Nahbereich einer solchen Sendeanlage ist jedoch aufgrund der festgeschriebenen Sicherheitsabstände zu den Sendeanlagen nicht möglich. Darüber hinausgehend haben Sendeanlagen wegen der geringen Feldstärke keine Auswirkungen auf (störanfällige) Herzschrittmacher.

## III. Forschungsfelder und wissenschaftliche Risikodiskussionen

Dieses Kapitel gibt zunächst eine überblicksartige Darstellung der Forschungsfelder und identifizierter Befunde zu EMF-Effekten (Kapitel III.1), befasst sich mit der allgemeinen Analyse des wissenschaftlichen Kenntnisstandes und den Diskussionen (Kapitel III.2) sowie speziell mit den aus der wissenschaftlichen Debatte resultierenden Interpretationen und Schlussfolgerungen (Kapitel III.2.4).

### 1. Studien und Befunde

Die Bewertung gesundheitlicher Risiken einer hochfrequenten EMF-Exposition hängt insbesondere auch von Befunden wissenschaftlicher Studien ab. Berichte über solche Studien befinden sich zumeist in begutachteten wissenschaftlichen Fachzeitschriften. Trotz der mehr als 20 000 wissenschaftlichen Veröffentlichungen zum Thema (Primärstudien) wird die Ergebnislage jedoch nach wie vor in Öffentlichkeit, Wissenschaft und bei Entscheidungsträgern vielfach als unbefriedigend wahrgenommen.

Dieses Kapitel gibt in kurzer Form eine überblicksartige Darstellung neuerer wissenschaftlicher Studien zu EMF-Effekten und lehnt sich dabei an eine international renommierte Aufarbeitung dieses Themenfeldes durch die britische „Independent Expert Group on Mobile Phones“ – IEGMP – im so genannten „Stewart-Report“ (2000) an. Der Stewart-Report stellt die zurzeit umfassendste und international meistzitierte Metastudie zu möglichen gesundheitlichen Effekten der Mobilfunkstrahlung dar.

Darüber hinaus wurden die Befunde weiterer neuerer internationaler und nationaler Primär- und Metastudien ebenfalls berücksichtigt (vgl. von Homeyer et al. 2002).

### 1.1 Laborstudien an Zellen und bei Tieren

Mithilfe experimenteller Untersuchungen biologischer Moleküle (z. B. Enzymlösungen) sowie von In-vitro-Präparaten isolierter Zellen oder Gewebeproben und den daraus gewonnenen Erkenntnissen kann der Wirkmechanismus von hochfrequenter Strahlung auf diese Zellen bzw. Organsysteme und Organismen herausgearbeitet werden. Auf diesem Gebiet wurde intensiv geforscht, insbesondere unter Einsatz menschlicher oder tierischer Zellkulturen, um so Einblicke in die komplexeren Effekte auf den menschlichen oder tierischen Gesamtorganismus zu gewinnen (z. B. Tumorbildung und Veränderungen der Gehirnaktivität bis hin zu Verhaltensänderungen). Dennoch ist es selbst im Falle klar nachgewiesener Effekte auf In-vitro-Präparate oftmals schwierig, daraus auf gesundheitliche Risiken für den Menschen zu schließen.

Laborstudien an Tieren zielen darauf ab, die Gesamtkreaktionen verschiedener intakter Systeme des Körpers zu untersuchen, im besonderen des Nervensystems, des endokrinen Systems (Hormonsystems) sowie des Immunsystems. Die genannten Systeme sind im Wesentlichen für die Homöostase, also die grundlegende Regulation und Aufrechterhaltung der inneren Körperfunktionen, verantwortlich. Die komplexe und abgestimmte, interdependente Reaktion dieser Systeme im Falle eines äußeren, potenziell bedrohenden Einflusses kann nicht mithilfe von Experimenten an Molekülen oder isolierten Zellen bestimmt werden.

Studien an Tieren bieten die Möglichkeit zu untersuchen, ob eine lebenslange HF-Strahlungsexposition zur Bildung von Krebs führt. Es ist bei epidemiologischen Studien zwar möglich, Humanpopulationen zu untersuchen, hierbei ist eine genaue Einschätzung der Exposition aber nur selten möglich. Durch Tierexperimente kann ebenfalls der Einfluss der Strahlungsexposition auf die Prädisposition zur Krebsbildung und -progression wie auch auf verschiedene physiologische Funktionen nachgewiesen werden. In Tierversuchen kann zudem das Verhalten bei der Lösung von Aufgabenstellungen zu Lernfähigkeit, Gedächtnis, etc. untersucht werden.

HF-Strahlung kann zu einer allgemeinen oder lokalen Erwärmung führen. Dies geschieht durch die Erzeugung schwacher elektrischer Ströme und Erhöhung der Molekülbewegung. In experimentellen Studien wurde eine große Bandbreite möglicher Expositionsbedingungen untersucht: ein großer Bereich von Trägerfrequenzen (kontinuierlich, amplitudenmoduliert und gepulst) und insbesondere ihre Intensität. Für höhere Intensitäten ist eine signifikante Erwärmung belegt (ICNIRP 1998a u. b), die in Geweben und Zel-

len zu einer Reihe pathologischer Veränderungen führen kann.

Im Folgenden werden analog den Auswertungen des Stewart-Reports (2000) durch von Homeyer et al. (2002, S. 29 ff.) und weiterer Studien einige zentrale Punkte der Befunde wissenschaftlicher Arbeiten im Ergebnis ihrer Aussage zusammengefasst dargestellt.

#### Kalziumtransport

Angesichts der entscheidenden Rolle von Kalzium bei der Funktion von Neuronen und anderen Zellen wurde zu den Effekten von hochfrequenten EMF auf die Bewegung des Kalziums (bes. im Hirngewebe) in beträchtlichem Umfang Forschung betrieben. Kalziumionen signalisieren zugleich das An- und Abschalten von Genen und spielen dementsprechend eine wichtige Rolle bei der Zellteilung. HF-Felder mit Intensitäten deutlich unterhalb von thermischen Wirkungen können den Transport von Kalzium (und anderen) Ionen durch die Membranen beeinflussen. Solche Effekte wurden jedoch nur unter sehr speziellen Bedingungen beobachtet, die insbesondere für den Mobilfunkbereich zumeist nicht relevant sind.

#### Hirnstrom-Aktivitäten und kognitive Funktionen

Während kontrollierte Versuche mit menschlichen Probanden darauf hindeuten, dass die Exposition mit Mobilfunksignalen unterhalb der geltenden Intensitätsgrenzwerte biologische Effekte auslösen, die stark genug sind, um das Verhalten zu beeinflussen, zeigen Tierversuch unspezifische, stressähnliche Veränderungen im Gehirn von Laborratten unter dem Einfluss von gepulsten HF-Feldern niedriger Intensität.

#### Gedächtnis und Lernfähigkeit

Ergebnisse verschiedener Studien an Nagetieren und Primaten lassen den Schluss zu, dass es bislang keine eindeutig konsistente experimentelle Belege dafür gibt, dass die Exposition mit HF-Feldern geringer Intensität das Gedächtnis und Lernverhalten von Tieren negativ beeinflusst.

#### Blut-Hirn-Schranke

Die Blut-Hirn-Schranke ist ein Filter, der verhindert, dass große Moleküle aus der Blutbahn in die Gehirn-Rückenmark-Flüssigkeit übergehen. Die Erkenntnisse zu einer Beeinträchtigung der Filterwirkung durch hochfrequente EMF-Exposition sind sehr inkonsistent und widersprüchlich. Während ältere Arbeiten über eine erhöhte Durchlässigkeit der Schranke für Proteine nach HF-Exposition berichten, konnten jüngere Arbeiten diesen Effekt zumeist nicht nachweisen.

#### Melatoninhaushalt

Melatonin ist ein Hormon, welches durch die Zirbeldrüse abgesondert wird und den Biorhythmus (Tag-Nacht-Zyklus) bei Menschen und Tieren sowie weitere physiologische und biochemische Vorgänge steuert. Es schützt die genetische Information der Zellen vor Schädigungen. Im Zusammenhang mit niederfrequenten Feldern im Umfeld von Hochspannungsleitungen wird z. T. ein Einfluss auf die Tumor-

entstehung behauptet, der jedoch noch nicht geklärt ist. Bislang gibt es nur sehr wenige Untersuchungen zum Einfluss von HF-Feldern auf die Melatoninproduktion; diese konnten den o. g. Verdacht zudem nicht erhärten.

### **Auge**

Das Auge reagiert besonders empfindlich auf die Einwirkung hochfrequenter EMF, weil es aufgrund der nahezu fehlenden Blutzufuhr induzierte Erwärmungen nur schwer abführen kann. Schon kleinere Schädigungen können irreversibel sein, akkumulieren und zu einem Katarakt führen. Entsprechend konnten in einer Reihe von Tierexperimenten Augenreizungen und Linsentrübungen nachgewiesen werden, dies allerdings bei deutlich höheren Belastungen, als sie von einem Mobiltelefon ausgehen können. Verschiedene Versuche an Primaten zeigen, dass gepulste HF-Felder mit hohen Spitzenleistungen das Auge schädigen können. Einige Studien geben zudem Hinweise auf mögliche Beeinträchtigungen des Auges durch gepulste HF-Felder mit niedriger Strahlungsintensität.

### **Genexpression und Gentoxizität**

Genetische Veränderungen der DNA in der Zelle bezeichnet man auch als gentoxische Effekte. Auf Zellebene wurden Studien zu möglichen gentoxischen Effekten von HF-Strahlung sowie fehlerhafter Genexpression durchgeführt. Die Studien zeichnen sich durch extrem unterschiedliche Ergebnisse aus, sodass keine konsistenten Schlüsse und Aussagen getroffen werden können. In der Mehrzahl der Studien an lebenden Tieren konnte nach Exposition keine Steigerung der Chromosomenaberrationsrate o. Ä. belegt werden.

### **Kanzerogenität**

Das krebserzeugende Potenzial hochfrequenter elektromagnetischer Felder ist umstritten. Theoretisch lassen sich negative Einflüsse auf die DNA nicht begründen, da die Mobilfunkstrahlung nicht energiereich genug ist, um beispielsweise molekulare Bindungen auf direktem Wege aufzubrechen.

Einige Studien behaupten aufgrund von Tierversuchen, dass HF-Felder Tumore auslösen, die Wirkung kanzerogener Stoffe verstärken oder das Wachstum transplantierte Tumore beschleunigen können. Dies könnte einigen Studien zufolge auf die Höhe der Dosis der Exposition und thermische Effekte zurückzuführen sein. Insgesamt gesehen gibt es zurzeit jedoch keine Erkenntnisse aus In-vitro- und In-vivo-Experimenten, dass eine akute oder chronische Exposition mit hochfrequenten EMF die Häufigkeit des Auftretens von Mutationen oder Chromosomen-Veränderungen verstärkt, solange die Temperaturen im physiologischen Normbereich bleiben. Notwendig sind in jedem Fall durchzuführende Langzeitstudien.

### **Zellwachstum und Lebenserwartung**

Veränderungen der Kinetik der Zellteilung sowie der Zellproliferation spielen eine entscheidende Rolle bei der Auslösung von Krebs. In Tierversuchen konnte jedoch eine aus hochfrequenter Strahlung resultierende gesteigerte Zellproliferation, die auf einen kanzerogenen Einfluss hindeuten

könnte, nicht nachgewiesen werden. Ebenso wenig ist ein Einfluss von HF-Feldern auf die Lebenserwartung nachgewiesen worden.

### **Fortpflanzung und Entwicklung**

In umfangreichen Untersuchungen an verschiedensten Tierarten konnten keine eindeutigen Belege für einen Einfluss niedrig intensiver HF-Felder auf Tiere im Entwicklungsstadium erbracht werden, beispielsweise dass HF-Felder den Fötus schädigen oder die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.

### **Herz-Kreislauf-System**

Hochfrequente Strahlung kann über verschiedene Wege auf Herz und Kreislauf einwirken. Bei EMF hoher Intensität – ausreichend für eine signifikante Erhöhung der Körpertemperatur – führt eine Exposition von Tieren zu einer Reihe von direkten und indirekten Effekten auf das kardiovaskuläre System. Jedoch konnte bislang im Tierversuch kein Nachweis darüber erbracht werden, dass gepulste HF-Felder mit hohen Spitzenintensitäten bzw. breit gepulster elektromagnetischer Strahlung eine messbare Veränderung beispielsweise der Herzfrequenz oder des Blutdrucks verursachen.

## **1.2 Laborstudien beim Menschen**

### **Kognitive Funktionen**

Mithilfe verschiedener Experimente können spezifische Aspekte der kognitiven Funktion analysiert werden (beispielsweise Kurz- und Langzeitgedächtnis, selektive Aufmerksamkeit, Geschwindigkeit der Entscheidungsfindung). Die für den Nachweis des Einflusses elektromagnetischer Feldexposition auf das kognitive Leistungsvermögen bei der Lösung genannter Aufgaben erforderlichen Versuchsbedingungen sind prinzipiell relativ unproblematisch herzustellen, jedoch liegen bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt lediglich drei veröffentlichte Studien vor, in denen die Effekte von Mobilfunksignalen auf das kognitive Leistungsvermögen untersucht wurden.

Preece et al. (1999) analysierten die Leistungen von 36 Probanden bei der Lösung verschiedenster Aufgaben, so unter anderem Kurz- und Langzeitgedächtnis, einfache und Wahlreaktionszeit (RZ) sowie Vigilanzverhalten (anhaltende Aufmerksamkeit). Es wurden zwei Expositionsbedingungen – kontinuierliche und mit 217 Hz gepulste 915-MHz-Signale mit einer Intensität von 1 W (eine Simulation von analogen und GSM-Mobilfunksignalen mit mittleren Leistungsdichten von 1 W bzw. 0,125 W) – im Vergleich zur Kontrollbedingung „keine Exposition“ betrachtet. Statistische Auswertungen zeigten einen signifikanten Effekt der Exposition auf die Reaktionszeit bei Vigilanzaufgaben, weitere Analysen belegten einen einzelnen statistisch signifikanten Effekt der Exposition in Form einer Verkürzung der RZ während der analogen Exposition und Ausföhrung der Wahlreaktionszeitaufgabe.

Preece et al. (1999) vermuten thermische Einflüsse, und begründeten dies damit, dass die Erwärmung die synaptische Übertragung in der Hirnrinde gefördert habe. Sie führen weiter an, dass diese Erklärung mit dem Befund vereinbar gewesen sei, dass sich der Effekt nur bei Aussendung des

analogen, nicht jedoch des digitalen Signals zeigte (die beiden Signale unterschieden sich in ihrer mittleren Leistungsdichte um das Achtfache, ein möglicher Erwärmungseffekt wäre in direkt proportionalem Verhältnis zur Leistung aufgetreten). Darüber hinaus argumentierten sie, dass ein lokaler corticaler Effekt ebenfalls mit der Abhängigkeit ihrer Befunde von den jeweils gestellten Aufgaben konform gehe, da anzunehmen sei, dass sich eine mögliche Wirkung auf das Verhalten für jene Aufgaben am deutlichsten zeige, die am weitreichendsten abhängig von kognitiven Operationen seien, die von der betroffenen Hirnrindenregion unterstützt werden.

Koivisto et al. (2000a) führten mit 48 Probanden verschiedenste kognitive Tests durch. Es wurde ein balanciertes Crossover-Versuchsdesign angewandt, in welchem die Leistungen ohne Exposition mit denen während einer GSM-Signal-Exposition von 902 MHz (mit 217 Hz moduliert, mittlere Leistungsdichte 0,25 W) verglichen wurden. Koivisto et al. berichten, dass sich bei drei Messwerten für die Reaktionszeit (einfache RZ; geschätzte Zeit für gedankliche Subtraktion zweier Zahlen; durchschnittlich benötigte Zeit für Registrierung von innerhalb einer schnellen Abfolge von visuell präsentierten Buchstaben selten auftauchenden „Zielobjekten“, Letzteres eine „Vigilanz“-Aufgabe) unter Mobilfunk-Signalexposition eine statistisch signifikante Verkürzung zeigte sowie während der Exposition eine geringe, jedoch statistisch auffällige Verringerung der Ausführungsfehlerquote. Koivisto et al. argumentieren, dass eine Mobilfunk-Signalexposition die Hirnrindenregionen beeinflusst habe – so beispielsweise den unteren parietalen Cortex –, welche eine langanhaltende visuelle Aufmerksamkeit fördern. Ähnlich wie Preece et al. (1999) kamen sie zu der Annahme, dass dieser Effekt ebenfalls durch thermische Wirkmechanismen bedingt gewesen sein könnte.

In einer zweiten Studie nutzten Koivisto et al. (2000b) zur Untersuchung der Effekte von Mobilfunksignalen eine ähnliche Versuchsanordnung. Für die Genauigkeitsparameter konnte kein Expositionseffekt nachgewiesen werden. Lediglich für die Ziel-Reaktionszeit wurde ein verlässlich nachweisbarer Interaktionseffekt zwischen kognitiver Last und Expositionsbedingung beobachtet. Diese Befunde sind dahin gehend konsistent mit den von Preece et al. (1999) und Koivisto et al. (2000a) vorgelegten Ergebnissen, dass sich eine Mobilfunk-Signalexposition während bestimmter kognitiver Tests positiv auf die Reaktionszeit auswirken kann. Die Studienergebnisse führen darüber hinaus zu dem Schluss, dass sich diese Fördereffekte proportional mit den kognitiven Testanforderungen erhöhen.

In der Zusammenschau deuten die Befunde von Preece et al. (1999) und Koivisto et al. (2000a u. b) darauf hin, dass eine Mobilfunk-Signalexposition mit Leistungsdichten innerhalb der gegenwärtig angewandten Richtlinien zu biologischen Effekten führt, die eine ausreichende Größenordnung für eine Beeinflussung des Verhaltens aufweisen. Beide Forschergruppen vermuteten, dass ihre Ergebnisse die Wirkung geringfügiger Temperaturerhöhungen auf die synaptische Impulsübertragung in der Hirnrinde direkt unter der Mobiltelefon-Antenne widerspiegeln. Eine aus diesem Bericht ableitbare Annahme ist, dass sich bei den Aufgaben mit der größten Beeinflussbarkeit durch Mobilfunk-Signalexposition abweichende Ergebnisse in Abhängigkeit von der je-

weiligen Position des Headsets (und somit der genauen corticalen Lokalisierung des Erwärmungseffektes) zeigen müssten. Dies wäre zu überprüfen.

Zwei Anmerkungen erscheinen im Hinblick auf die drei genannten Studien erforderlich. Zunächst können Befunde nicht belegen, dass sich die Effekte akuter Mobilfunk-Signalexposition stets in Form von positiven Einflüssen auf die kognitive Leistungsfähigkeit zeigen. Dies mag auf einfache Aufgaben zutreffen, für die Preece et al. (1999) und Koivisto et al. (2000a u. b) Expositionseffekte nachweisen konnten. Jedoch kann nicht sicher angenommen werden, dass diese Ergebnisse auf komplexere Aufgabenstellungen übertragbar sind, die eine Koordination zwischen verschiedenen, zueinander in Konkurrenz stehenden aktiven kognitiven Operationen erfordern (z. B. Autofahren). In solchen Fällen kann sich eine Veränderung in der Ausführung einer Einzelkomponente der Aufgabe nachteilig auf die Funktionsfähigkeit des gesamten Systems auswirken.

Zum Zweiten sind die genannten Studien nicht unmittelbar auf die Untersuchung der Fragestellung ausgerichtet, ob es als Ergebnis fortdauernder Exposition auf dem Niveau des heutigen Mobilfunks langfristig zu Veränderungen der kognitiven Funktionen kommt. Im Hinblick auf die spezifische Frage, ob die Mobiltelefonnutzung gesundheitsschädigende Wirkungen mit sich bringt, sind solche Studien deshalb lediglich von begrenzter Relevanz.

#### **Elektroenzephalogramme (EEG)**

Das Kopfhaut-EEG spiegelt die synchron in einer relativ großen Anzahl corticaler Neuronen ablaufende Aktivität wider. Laborstudien zur Untersuchung der Effekte von Mobilfunksignalen auf das Spontan-EEG wacher Versuchspersonen erbrachten unterschiedliche Befunde. Beispielsweise berichteten Reiser et al. (1995), dass eine GSM-Signalexposition etwa 15 Minuten später zu einer Erhöhung der Intensität der EEG-Frequenzen im Bereich von ca. 10 MHz und darüber führte. Röschke/Mann (1997) konnten dagegen keinerlei Abweichung der EEG-Frequenzspektren nach GSM-Signalexposition feststellen. Eine ähnliche Inkonsistenz scheint für die Untersuchung des Schlaf-EEG gegeben zu sein. Mann/Röschke (1996) berichteten, dass eine Exposition bei GSM-ähnlichen Signalen die Latenzzeit bis zum Beginn der Schlafphase reduzierten und zu einer Veränderung von Länge und spektralen Merkmalen des REM-Schlafes führten, jedoch konnte in einer nachfolgenden, von der gleichen Forschergruppe (Wagner et al. 1998) durchgeführten Studie dieser Befund nicht repliziert werden. In einer jüngeren Studie (Borbely et al. 1999) zeigte sich hingegen, dass eine Exposition bei einem „Pseudo“-GSM-Signal (15-minütige An/Aus-Zyklen, 900 MHz, geschätzte Ganzkörper-SAR 1 W/kg) mit einem reduzierten Wachheitsniveau nach Einsetzen des Schlafes und Veränderungen der EEG-Leistungsspektren während der ersten nächtlichen Nicht-REM-Schlafphase verbunden war.

Krause et al. (2000) untersuchten die Wirkungen von GSM-Signalen (analog Koivisto et al. 2000a u. b) auf „ereignisbezogene“ EEG-Veränderungen während der Ausführung einer Aufgabe zum „Gedächtnis-Scanning“. Als wichtigstes Ergebnis zeigte sich, dass hervorgerufene EEG-Veränderungen in Abhängigkeit von Expositions- und Nichtexpositionsbedingung differierten. Diese Abweichungen wurden

als mögliche physiologische Korrelate der kurzzeitigen Effekte von GSM-Signalen auf das Verhalten gesehen, wie sie auch von Koivisto et al. (2000a u. b) beschrieben wurden.

### Herzfunktion und Blutdruck

Hochfrequente EMF können prinzipiell über eine Reihe von Mechanismen auf das kardiovaskuläre System einwirken. Bei normalem Gebrauch eines Mobiltelefons mit Position im seitlichen Kopfbereich scheinen direkte Einflüsse auf die menschliche Herzfunktion sehr unwahrscheinlich. Jedoch liegen Effekte auf die kardiovaskulären Zentren des Hirnstamms oder auf die Karotidkörper-Rezeptoren im Bereich des Möglichen.

Braune et al. (1998a) berichten über akute Effekte auf den Blutdruck bei Versuchspersonen, denen ein normales GSM-Digital-Mobiltelefon nahe an die rechte Kopfseite gehalten wurde. Nach 35-minütiger Exposition wurden Herzfrequenz, Blutdruck und Kapillarperfusion gemessen, wobei sich die Versuchsperson für 60 Sekunden entweder in Rückenlage oder stehender Position befand. Während dieser Versuche lag die gemessene Herzfrequenz nach Exposition geringfügig niedriger als in Kontrollsituationen ohne Exposition. Sowohl der systolische als auch der diastolische Blutdruck zeigten sich um 5–10 mm Hg erhöht. Da die Kapillarperfusion (Blutstrom durch die Kapillargefäße der Hand) herabgesetzt war, schlossen die Autoren, dass die blutdruckverändernde Wirkung auf eine weitreichende Gefäßverengung zurückzuführen war, die möglicherweise Ergebnis vom Stammhirn ausgehender gesteigerter, durch den Sympathikus beeinflusster Aktivität war.

### 1.3 Wirkungen auf die Umwelt

In einer Veröffentlichung aus dem Jahr 2000 hebt Chevillot hervor, dass die Immission elektromagnetischer Felder aus Strahlungsquellen der menschlichen Zivilisation mittlerweile die von der Natur erzeugten Feldstärken um ein Vielfaches übertreffe. Signifikante Erhöhungen des EMF-Niveaus in der Umwelt resultierten aus der Installation von Hochspannungsleitungen, Unterseekabeln, militärischen Radaranlagen, großen Telekommunikations- und Sendeanlagen sowie Verkehrssystemen. Die Weltgesundheitsorganisation WHO (1998 u. 1999) unterstreicht in ihrem Projektbericht (EMF Project progress report), dass Einflüsse dieser Felder auf Pflanzen, Säugetiere, Vögel und andere lebende Arten bisher nicht mit gleicher Gründlichkeit wie die Wirkung auf den Menschen untersucht wurden, jedoch gleichermaßen bedeutsam sind. Die Untersuchung der Umwelteinflüsse elektromagnetischer Felder ist relevant für:

- die Sicherung der Erhaltung des Gleichgewichts in natürlichen Land- und Meeresökosystemen, da diese auf das menschliche Leben einwirken;
- die Erhaltung der menschlichen Ernährungsgrundlagen durch Vermeidung schädigender Einflüsse auf Fischerei sowie Nutztiere und Kulturpflanzen.

Im Stewart-Report (2000) wird zur Erklärung der Effekte hochfrequenter EMF versucht, einen hierfür verantwortlichen Mechanismus zu identifizieren. Es wird angeführt, dass die Wirkungen magnetischer Felder mit ihrer Frequenz

variieren und wahrscheinlich in biologischem Gewebe mit geringem Magnetitgehalt am größten sind. Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ist ein natürlich vorkommendes Eisenoxid. Es ist ein Ferri-magnet, verhält sich jedoch in magnetischen Feldern ähnlich wie ein Ferromagnet, wie z. B. Eisen. Magnetit findet sich in bestimmten Bakterien und in den Zellen vieler Tierarten und auch des Menschen. Man geht davon aus, dass es einigen Vogel- und Fischarten zur Erzeugung einer magnetischen Empfindlichkeit dient, die sie zur Navigation einsetzen. Allerdings wurden bei Tieren keine anderen Effekte im Zusammenhang mit der Wechselwirkung zwischen elektromagnetischen Feldern und Magnetit nachgewiesen.

Hyland (2001) führt an, dass für die potenziellen Effekte von Mikrowellenfeldern, die durch Basisstationen emittiert werden, ein wertvoller Indikator existiert: die wachsende Zahl von Berichten – teils bereits publiziert, teils noch nicht schriftlich niedergelegt – über negative Einflüsse der Strahlung auf Gesundheit und Wohlbefinden verschiedener Tierarten, im besonderen Rinder, Hunde, Vögel und Bienen. Von besonderem Interesse ist hierbei eine Veröffentlichung zu Rindern (Löscher/Käs 1998), in welcher erheblich reduzierte Milcherträge, Auszehrung sowie spontane Fehl- und Totgeburten dokumentiert wurden. Von besonderer Relevanz sind die folgenden Sachverhalte:

- Der Gesundheitszustand der Rinder verbesserte sich erheblich, nachdem sie auf Weideland gebracht wurden, das weit entfernt von dem Sendemast lag, verschlechterte sich jedoch sofort wieder bei Rückkehr an den alten Standort;
- die negativen gesundheitlichen Effekte traten erst auf, nachdem auf einem Turm GSM-Mikrowellenantennen installiert wurden, der zuvor lediglich für die Übertragung (analoger) TV- und Radiosignale genutzt worden war.

Auch in anderen Dokumenten wird von ähnlichen gesundheitlichen Auswirkungen auf Rinder berichtet (Firstenberg 2000). Schließlich wird über Rückgänge von Vogel- und Bienenpopulationen nach Inbetriebnahme neuer Basisstationsmasten berichtet.

Das Auftreten negativer Effekte bei Tieren ist deshalb von besonderer Relevanz, weil dadurch deutlich wird, dass die Effekte möglicherweise real und nicht nur psychosomatischer Genese sind. Darüber hinaus könnte aus der oftmals höheren Elektrosensitivität von Tieren im Vergleich zum Menschen gefolgert werden, dass die bei Tieren innerhalb eines relativ kurzen Zeitraumes aufgetretenen gesundheitlichen Probleme darauf hindeuten, dass eine Langzeitexposition beim Menschen ähnliche Folgen haben könnte.

Einige der vorgenannten Symptome wurden in epidemiologischen Studien beschrieben (wobei zusätzlich zum Menschen auch Pflanzen und Tiere untersucht wurden), die nicht mit Mobilfunk-Basisstationen assoziiert waren, sondern mit Niederfrequenz-Anlagen, im besonderen einer Kurzwellen-Rundfunksendeanlage (Altpeter 1995) und einer Radaranlage (Science of the Total Environment 1996), wobei letztere einen Frequenzbereich von 154 bis 162 MHz bei einer Pulswiederholfrequenz von 24,4 MHz nutzte. An den untersuchten Orten entspricht die Intensität

der emittierten Strahlung dem üblicherweise in 150 m Entfernung von einer Mobilfunk-Basisstation registrierten Niveau. Weitere beschriebene Effekte beinhalten:

- Senkung des nächtlichen Melatoninspiegels bei Rindern (Löscher 1998),
- Steigerung der Häufigkeit von Chromosomenschäden um das Sechsfache bei Kühen, die einer maximalen Intensität von 0,1 W/cm<sup>2</sup> ausgesetzt waren (Balode 1996).

Schließlich erwähnt Chevillot (2000) die Arbeiten russischer Wissenschaftler. Sehr umfangreiche Forschung wurde im militärischen Sektor betrieben, wobei ein Großteil davon weiterhin nicht zugänglich ist und somit nicht repliziert oder auf internationaler Ebene begutachtet werden kann. Ein interessantes Merkmal der russischen Forschung ist ihre empirische Methodik und ihr analytischer Charakter sowie die Berücksichtigung aller potenziell auftretenden Effekte. Typische Beispiele hierfür sind:

- eine Studie zu „chronischen Effekten von Mikrowellenbestrahlung auf Komponenten von Agroökosystemen“, wobei alle wesentlichen Bestandteile solcher Systeme (Insekten, Pflanzen und Tiere, Böden) betrachtet und so viele Parameter wie möglich berücksichtigt wurden;
- eine Studie zu Effekten einer kombinierten Exposition mit verschiedenen EMF-Quellen (HF-Felder, UV-Strahlung, Gammastrahlen) auf landwirtschaftliche Nutztiere.

Weitere Informationen zu Umwelteffekten von hochfrequenter Strahlung finden sich in:

- WHO: Electromagnetic Fields. Local authorities, health and environment – briefing pamphlet series 32, Genf, 1999
- „EMF Environmental Impacts“, Bericht herausgegeben von WHO und ICNIRP im Rahmen des Internationalen EMF-Projektes, gefördert vom deutschen Bundesamt für Strahlenschutz, München, 4. bis 6. Oktober 1999

## 2. Wissenschaftlicher Kenntnisstand und Diskussionen

Der beträchtliche Umfang der Forschung zu den möglichen gesundheitlichen und ökologischen Wirkungen der Mobilfunkstrahlung wurde bereits erwähnt. Tausende wissenschaftlicher Studien liegen vor, die eine große Zahl von Variablen untersuchen. Der überwiegende Teil des für den vorliegenden Bericht vom TAB bzw. den beauftragten Gutachtern ausgewerteten neueren Materials stammt aus Nordamerika und Westeuropa.

Einige Metastudien befassen sich nur mit der Problematik der Basisstationen und Sendemasten, während andere sich auf Mobiltelefone beschränken. Wieder andere behandeln das gesamte elektromagnetische Spektrum der hochfrequenten Strahlung von 0 bis 300 GHz. Es gibt nur sehr wenige Metastudien, die Fragestellungen unter Maßgabe derselben technischen Randbedingungen erforschen. Die Forschungsergebnisse der (zugrunde liegenden) Primärstudien werden zumeist von der Fachwelt unterschiedlich interpretiert.

Weitere Metaanalysen befassen sich mit spezifischen Fragen, z. B. nur mit der Analyse epidemiologischer Studien zu möglichen kanzerogenen Effekten hochfrequenter Strahlung. Im Gegensatz zu den politisch/regulatorisch orientierten Metastudien sind die spezifischeren Metaanalysen meist stärker forschungsorientiert und dienen primär der Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen (von Homeyer et al. 2002, S. 99 ff.).

Im Folgenden wird zunächst auf eine größere Zahl neuerer wissenschaftlicher Primärstudien eingegangen (Kapitel III.2.1). Anschließend werden eine Auswahl der wichtigsten internationalen Metastudien (Kapitel III.2.2) sowie die wesentlichsten neueren nationalen Metastudien behandelt (Kapitel III.2.3). Die aus der wissenschaftlichen Debatte resultierenden Interpretationen und Schlussfolgerungen werden abschließend in Kapitel III.2.4 dargestellt.

### 2.1 Neuere Primärstudien

Die meisten der im Rahmen des Berichts für eine Bewertung herangezogenen Primärstudien zu hochfrequenter EMF haben einen obligatorischen peer-review durchlaufen und sind zumeist veröffentlicht worden. Insgesamt wurden 218 relevante und veröffentlichte Referenzen für den Zeitraum von 1999 bis 2002 identifiziert und für die Analyse berücksichtigt. Die Expositionstypen, die möglichen Effekte, die Vielzahl der Telekommunikationstechnologien, die unterschiedlichen Forschungsprotokolle und die Vielfalt der Disziplinen bilden ein weit gefasstes Forschungsgebiet. Dies spiegelt sich auch in der Vielfalt der Fachzeitschriften wider, welche die entsprechenden Forschungsergebnisse veröffentlichen (vgl. Liste der Fachzeitschriften im Anhang 4).

Die relevante Expositionsfrequenz wurde auf den Bereich hochfrequenter EMF von 300 MHz bis 300 GHz eingegrenzt. Hinsichtlich der Intensität der Strahlungs-Exposition stand die Identifizierung der möglichen Effekte und Mechanismen im Vordergrund. In zweiter Linie wurde der Frage nachgegangen, ob die experimentellen Expositionen z. B. den realen Expositionen beim Mobilfunk hinreichend entsprechen oder ob sich die Ergebnisse von Tierversuchen auf den Menschen übertragen lassen. Es wurden nur ab 1999 erschienene Primärstudien berücksichtigt (von Homeyer et al. 2002, S. 99).

### Ergebnisüberblick

Der Versuch, negative gesundheitliche Wirkungen zu identifizieren, ist weitaus schwieriger als die bloße Identifizierung von Effekten. Mit Ausnahme einer kleinen Anzahl von epidemiologischen Studien, die z. B. den Zusammenhang zwischen Expositionen und einem erhöhten Krebsrisiko untersuchen, beschränken sich viele Studien auf die allgemeine Aussage, dass es zu negativen Folgen kommen könne, falls bestimmte im Labor erzielte Ergebnisse auf den Menschen übertragbar wären. Die Frage, ob negative gesundheitliche Wirkungen der Mobilfunkstrahlung existieren, bleibt hierdurch unbeantwortet.

Tabelle 2

## Überblick über die Auswertung der Primärstudien von 1999 bis 2002

beobachtete Effekte	n	%
<b>Gesamtzahl der analysierten EMF-Studien</b>	218	100
– Studien, die keine Effekte beobachten	48	22
– Studien, die zumindest schwache Effekte beobachten	163	75
– unzureichende Information	7	3
<b>davon Anzahl der Studien mit einer für den Mobilfunk ähnlichen Exposition</b>	112	100
– Studien, die keine Effekte beobachten	36	32
– Studien, die schwache Effekte beobachten	70	63
– unzureichende Information	6	5
<b>davon Anzahl der Studien mit einer dem Mobilfunk ähnlichen Strahlungsexposition, die zumindest schwache Effekte beobachten</b>	70	100
– Studien, die einen athermischen Effekt beobachten	8	11

Quelle: nach von Homeyer et al. 2002, S. 104

Wie Tabelle 2 zeigt, wurde bei ca. 75 % der Primärstudien wenigstens ein schwacher biologischer (oder ökologischer) Effekt beobachtet. Allerdings ist dieser Wert nur eingeschränkt belastbar, da etliche dieser Studien sich z. B. auf die Risiken der Mobilfunknutzung beim Autofahren oder auf elektromagnetische Interferenzen mit medizinischen Geräten konzentrieren. Zudem beschreiben viele Studien Strahlungsexpositionen, die nicht direkt mit der Exposition durch Mobilfunkgeräte und Sendemasten vergleichbar sind. Bei einer Gesamtzahl von letztlich 112 Studien, die mit einer für Mobilfunkgeräte und Sendemasten ähnlichen Exposition arbeiten, beschreiben 70 Studien zumindest schwache Effekte der Mobilfunkstrahlung. Von diesen wurden acht identifiziert, die mögliche athermische Effekte zeigen. 15 Studien zeigen einen Effekt durch die Exposition mit Strahlung geringer Intensität (entsprechend einem SAR-Wert von höchstens 0,001 W/kg; derartige Expositionen entsprechen in etwa der maximalen Exposition der Öffentlichkeit durch hochfrequente EMF von Basisstationen, die Werte liegen oberhalb der strengsten Richtlinien). Bei sechs der 15 Studien handelt es sich zugleich um die Studien, die mögliche athermische Effekte beobachteten (von Homeyer et al. 2002, S. 104 ff.).

#### Forschungsfelder auf dem Gebiet hochfrequenter EMF

Tabelle 3 zeigt, wie viele der 218 wissenschaftlichen Studien sich mit welchen Kategorien möglicher Effekte befassen. 197 Studien beruhen auf Laboruntersuchungen. Für die meisten Forschungskategorien liegt der Anteil der Studien, die Effekte beobachten, im Bereich von 60 bis 80 %, es gibt jedoch einige interessante Abweichungen.

Im Bereich der nicht beim Menschen durchgeführten Forschung wurden die meisten biologischen Effekte auf der Ebene der Moleküle/Zellen beobachtet (85 %), 72 % im Bereich des Nervensystems und 59 % im Zusammenhang mit Krebs. Insgesamt beobachteten 69 % dieser Studien biologische Effekte.

Im Bereich der Forschung, die am Menschen durchgeführt wurde, konnten bei 82 % der Studien biologische Effekte beobachtet werden. Die meisten Effekte scheinen im Bereich des Gehirns und des Nervensystems aufzutreten (87 %), gefolgt von Effekten, die im Zusammenhang mit Krebs stehen (76 %) (von Homeyer et al. 2002, S. 107 ff.).

Tabelle 3

**Befunde der Primärstudien zu gesundheitlichen Auswirkungen**

	Studien	Studien, die mind. schwache Effekte beobachten	%
<b>Studien zu den Effekten auf Moleküle, Zellen und Tiere</b>	137	95	69
– Nervensystem	50	36	72
– epidemiologische Studien zu Krebs	66	39	59
– andere Studien zu Molekülen, Zellen oder Tieren	67	57	85
<b>Laborstudien zu den Effekten auf Menschen</b>	62	51	82
– Gehirnfunktion und Nervensystem	39	34	87
– Studien zu Krebs und andere	25	19	76
<b>Studien zu elektromagnetischen Interferenzen</b>	16	16	100
<b>epidemiologische Studien zu gesundheitlichen Auswirkungen beim Menschen</b>	22	15	68
– Studien zu Mobilfunknutzern	16	11	69
– Expositionen durch hochfrequente EMF bei der Arbeit und in der Freizeit	4	3	75
– Wohnortnähe zu Rundfunk- und TV-Sendeanlagen	2	1	50
<b>Umwelt- und Lernverhalten der Tiere</b>	8	5	63
<b>Gesamtzahl der analysierten Studien (Studien können mehr als ein Gebiet betreffen)</b>	218	163	75

Quelle: nach von Homeyer et al. 2002, S. 107

### **Forschungsfelder auf dem Gebiet der Mobilfunkstrahlung**

Tabelle 4, S. 28 fasst die Analyse der Forschungsliteratur zu HF-Strahlung im Frequenzbereich des Mobilfunks zusammen und zeigt, wie sich die 112 Primärstudien auf die verschiedenen Forschungsfelder verteilen.

Die Ergebnisse der 93 auf Laboruntersuchungen beruhenden Studien differieren so stark, dass es problematisch ist, allgemeine Aussagen zu treffen. Von den nicht auf menschlichen Probanden beruhenden Untersuchungen behandelte der Großteil Effekte im Zusammenhang mit Krebs (33). Auf die anderen Forschungsfelder entfielen insgesamt 34 Studien. Die meisten Effekte wurden auf der molekularen/zellulären Ebene (53 %) beobachtet. Weniger Studien identifizierten Effekte im Zusammenhang mit Krebs (39 %) oder im Bereich des ZNS (35 %). Insgesamt kommen 41 % der Studien zu positiven Befunden.

Von den Studien an menschlichen Probanden erbrachten 79 % positive Befunde. Die meisten Effekte betreffen das Nervensystem oder das Gehirn (86 %), es folgen Effekte im Zusammenhang mit Krebs (64 %). Nur drei Studien beschäftigten sich mit Effekten der Mobilfunkstrahlung auf Tierverhalten, keine davon war eine Feldstudie.

Auch wenn die Forschung keine eindeutigen Antworten auf die besonders dringlichen Fragen bereithält, liefert sie Hinweise auf biologische Effekte hochfrequenter Strahlung. Zudem liefert sie Hinweise auf mögliche kausale Mechanismen, neue Beobachtungen von athermischen Effekten oder Effekten aufgrund von Strahlung geringer Intensität und einige Argumente, warum es zukünftig zu einer wachsenden Anzahl von Hinweisen auf negative gesundheitliche Auswirkungen kommen könnte (von Homeyer et al. 2002, S. 111).

Tabelle 4

**Befunde der Primärstudien zu gesundheitlichen Effekten in einem der Mobilfunkstrahlung ähnlichen Frequenzbereich**

	Studien	Studien, die mind. schwache Effekte be- obachten	%
<b>Studien zu Effekten auf Moleküle, Zellen und Tiere (a)</b>	54	22	41
– Nervensystem	17	6	35
– epidemiologische Studien zu Krebs	33	13	39
– andere Studien	17	9	53
<b>Laborstudien zu Effekten auf Menschen (b)</b>	39	31	79
– Gehirnfunktion und Nervensystem	29	25	86
– Studien zu Krebs und andere	11	7	64
<b>Gesamtzahl Experimente u. Laborstudien (a + b)</b>	93	53	57
<b>Studien zu elektromagnetischen Interferenzen</b>	14	14	100
<b>epidemiologische Studien zu gesundheitlichen Auswirkungen beim Menschen</b>	22	15	68
– Studien zu Mobilfunknutzern	16	11	69
– Expositionen durch hochfrequente Strahlung bei der Arbeit und in der Freizeit*	4	3	75
– Wohnortnähe zu Rundfunk- und TV-Sendeanlagen*	2	1	50
<b>Umwelt u. Tierverhalten, Lernen</b>	3	0	0
<b>Gesamtzahl der Studien innerhalb dieses Expositionsbereiches</b>	112	70	63

\* Exposition mit hochfrequenter EMF liegt nicht notwendigerweise im Frequenzbereich von Mobilfunkgeräten und Sendemasten.  
Quelle: nach von Homeyer et al. 2002, S. 109

## 2.2 Internationale Metastudien

Da der Stewart-Report die wichtigsten älteren Primärstudien und alle bedeutenden Metastudien berücksichtigt, erschien es sinnvoll, bei der Auswahl und Analyse weiterer beispielhafter Metastudien sich für den vorliegenden Bericht auf die nach 1999 erschienene neueste Literatur zu konzentrieren. Für die Analyse ausgewählte Metastudien entsprachen den folgenden Kriterien:

- Relevante Bereiche des hochfrequenten Spektrums werden behandelt;
- Überschneidung mit mindestens einem der im Stewart-Report identifizierten Bereiche biologischer Effekte;
- Studien stammen aus verschiedenen Ländern und decken ein breites Meinungsspektrum ab;

- überzeugende und gut begründete Argumentationsketten;
- Bezug auf gültige Forschungsergebnisse.

Tabelle 5 auf Seite 30 zeigt die ausgewählten Metastudien.

### Allgemeine Schlussfolgerungen der Metastudien

Bezüglich der gesundheitlichen und Umweltauswirkungen von Expositionen durch hochfrequente EMF können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden (vgl. von Homeyer et al. 2002, S. 96 ff.):

1. Die Metastudien zeigen Hinweise auf biologische Effekte in den experimentellen Labor- und Umweltstudien. Offensichtlich besteht jedoch kein Konsens darüber, dass es sich bei den beobachteten Effekten um negative (gesundheitliche) Effekte handelt. Allein hinsichtlich

prinzipiell thermischer Effekte und der Nutzung von Mobilfunkgeräten beim Autofahren besteht Einigkeit, dass es zu negativen gesundheitlichen Auswirkungen kommen kann. Allerdings ist nicht geklärt, ob es in Fällen, in denen eine Erwärmung des Gewebes ursprünglich nicht für möglich gehalten wurde, doch zu lokalen Wärmeeffekten oder so genannten „Hot spots“ kommen kann (STW00, Abschnitt 5.194; AUS01, Abschnitt 1.442). Im Hinblick auf das gesteigerte Risiko der Mobilfunknutzung beim Autofahren wird allgemein davon ausgegangen, dass eine Freisprechanlage das Risiko negativer gesundheitlicher Auswirkungen minimieren würde.

2. Einige Metastudien scheinen in gewissen Bereichen prinzipiell die in der Öffentlichkeit herrschende Beunruhigung über die Standortwahl der Sendemasten und Basisstationen sowie die Beunruhigung über mögliche Gesundheitsbeeinträchtigungen durch die Nutzung der mobilen Telekommunikation unterstützen zu können. In Ermangelung eines wissenschaftlichen Konsenses über mögliche Risiken empfehlen daher einige (Meta-)Studien, zumindest prospektiv entsprechende Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen.
3. Die meisten Studien wurden von Regierungsinstitutionen finanziert. Diese Studien stützen sich zumeist auf anerkannte Experten. Obwohl ansonsten eher konventionell und konservativ in den Aussagen, fordert jedoch beispielsweise die Studie STW00 – als eine der ersten von Regierungsseite in Auftrag gegebenen Studien – in Reaktion auf die öffentliche Besorgnis weit reichende Vorsorgemaßnahmen trotz der damit verbundenen zusätzlichen Kosten. Einen anderen Ansatz propagiert STOA, eine Einrichtung des Europäischen Parlaments zur Technikfolgenabschätzung. Wie die ST001 Studie zeigt, suchte STOA aktiv auch nach „alternativen“ (also nicht nur „regierungsamtlichen“ und/oder rein wissenschaftlich begründeten) Einschätzungen der möglichen Effekte von Expositionen durch hochfrequente EMF.
4. Die Autoren der vier Metastudien, die explizit negative gesundheitliche Auswirkungen der Mobilfunkstrahlung in Betracht ziehen, sind ausnahmslos an Universitäten tätig.
5. Die Mehrzahl der Metastudien würdigt die Ergebnisse mehrerer Primärstudien nicht, die biologische Effekte als Folge der Expositionen durch Strahlung geringer Intensität und/oder athermische Wirkungen beobachtet hatten. Einige Metastudien kamen zu dem Ergebnis, es hätten keine „überzeugenden oder übereinstimmenden“ Evidenzen vorgelegen, es gebe keine „signifikanten“ Effekte, es sei nicht gelungen, „die zugrunde liegenden Mechanismen/Gesetzmäßigkeiten zu verstehen“, die beobachteten Effekte seien nicht von „ausreichender Größenordnung“, um mögliche Gesundheitsrisiken zu verursachen, oder die „Summe der Evidenzen“ ließe nicht auf ein mögliches Gesundheitsrisiko schließen usw. (STW00, Absatz 5.237 und 5.269).
6. Die Metastudien befassen sich mit einer großen Bandbreite von hochfrequenter (und teilweise auch niederfrequenter) Strahlung, Wellenformen und Expositionstypen sowie einer Vielzahl von Forschungsansätzen.

Entsprechend ist die Datenbasis sehr heterogen. Auch vor diesem Hintergrund überrascht nicht, dass innerhalb einer vorgegebenen Kategorie (z. B. Auswirkungen auf das Nervensystem) von einigen Studien Effekte identifiziert wurden und von anderen nicht.

7. Es gibt nicht nur große Unterschiede in der Anzahl der wissenschaftlichen Primärstudien, die im Rahmen der jeweiligen Metastudien analysiert wurden, sondern jeweils auch zahlreiche Querverweise untereinander. Dies könnte darauf hindeuten, dass in einigen Fällen Metastudien stark auf den Ergebnissen anderer Metastudien basieren, sich der Zeit- und Ressourceneinsatz der einzelnen Metastudien stark voneinander unterscheidet sowie bestimmte Forschungsergebnisse zum Teil keinen oder nur einen geringen (originären) Einfluss auf die Schlussfolgerungen einiger Metastudien hatten.

Die folgenden drei Beispiele können verdeutlichen, dass die Schlussfolgerungen der Metastudien jeweils unterschiedliche allgemeine Einschätzungen beinhalten, die von relativer Sorglosigkeit bis hin zu starker Besorgnis reichen:

- (NED02): „... der Ausschuss für elektromagnetische Felder des Gesundheitsrats (Electromagnetic Fields Committee of the Health Council) der Niederlande [...] kommt zu dem Schluss, dass gegenwärtig kein Grund zur Besorgnis besteht. Da die mobile Telekommunikation jedoch zu einer breiten Exposition durch elektromagnetische Felder führt und der Wissensstand insbesondere hinsichtlich der Langzeiteffekte relativ gering ist, ist weiterer Forschungsbedarf in diesem Bereich gegeben“ (S. 9).
- (STW00): „Die Summe der derzeitigen wissenschaftlichen Hinweise lässt darauf schließen, dass Expositionen durch hochfrequente Strahlung, die unterhalb [...] der ICNIRP-Grenzwerte liegen, keine negativen gesundheitlichen Auswirkungen auf die allgemeine Bevölkerung haben. Es gibt derzeit jedoch wissenschaftliche Hinweise, dass es aufgrund von Expositionen unterhalb dieser Grenzwerte zu biologischen Effekten kommen kann. Dies bedeutet nicht notwendigerweise, dass diese Effekte zu Krankheiten oder Verletzungen führen (Absatz 1.18). Wir schließen daraus, dass wir derzeit nicht mit Sicherheit sagen können, dass Expositionen durch hochfrequente Strahlung, selbst bei Werten unterhalb der Grenzwertempfehlungen [der ICNIRP], keinerlei mögliche negative gesundheitliche Auswirkungen haben, und dass die Wissenslücken ausreichen, einen vorsorgeorientierten Ansatz zu rechtfertigen [...] bis weit ausführlidere und wissenschaftlich fundierte Informationen über sämtliche gesundheitliche Auswirkungen verfügbar sind (Absatz 1.20). Falls es derzeit unbekannt negative gesundheitliche Auswirkungen aufgrund der Nutzung von Mobilfunkgeräten geben sollte, wären Kinder dafür aufgrund ihres in der Entwicklung befindlichen ZNS, der höheren Energieabsorption im Kopfgewebe [...] und einer längeren Lebenszeitexposition anfälliger. In Übereinstimmung mit unserem vorsorgeorientierten Ansatz sind wir zu diesem Zeitpunkt der Meinung, dass von der weit verbreiteten Nutzung von Mobilfunkgeräten durch Kinder in nicht unbedingt erforderlichen Fällen abgesehen werden sollte“ (Absatz 1.53).

- (LAI00) „(1) Biologische Effekte treten nach einer kurzzeitigen Exposition durch elektromagnetische Strahlung geringer Intensität auf. Über mögliche negative gesundheitliche Auswirkungen einer solchen Exposition auf den Menschen besteht jedoch keine Klarheit. (2) Es besteht wenig Kenntnis über die biologischen Effekte von Langzeitexpositionen. Die Effekte von Langzeitexpositionen können sich in beträchtlichem Maße von den Effekten von Kurzzeitexpositionen unterscheiden. (3) Die derzeitigen US-amerikanischen Richtlinien für die Exposition durch hochfrequente Strahlungen sind nicht auf dem neuesten Stand. Daher ist fraglich, ob sie zum Schutz der Öffentlichkeit vor möglichen negativen Effekten infolge von Expositionen durch hochfrequente Strahlung geeignet sind. (4) Die Exposition der allgemeinen Bevölkerung durch hochfrequente Strahlung, die von mobilen Telekommunikationsgeräten und Basisstationen ausgeht, sollte auf ein Minimum begrenzt werden und dem ALARA-Prinzip (As Low As Reasonably Achievable = so gering wie vernünftigerweise erreichbar) folgen“ (S. 7).

Tabelle 5

### Ausgewählte Metastudien

#### Bibliographische Angaben (Abk.)

- ARPANSA (2001): Maximum exposure levels to radiofrequency fields – 3kHz to 300 GHz. Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARP01)
- The Parliament of the Commonwealth of Australia (2001): Inquiry into electromagnetic radiation (AUS01)
- British Medical Association (2001): Board of Science and Education, Mobile phones and health: An interim report, May 2001 (BMA01)
- Carlo GL, Jenrow RS, Scientific progress – wireless phones and brain cancer: current state of the science. MedGenMed, 2000 Jul 11; E40 (CAR00)
- Cherry, N. (2001): Cell phone radiation poses biological and health risk. Lincoln University New Zealand (CHE01)
- CSTE (2001): Opinion on Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF), Radio Frequency Fields (RF) and Microwave Radiation on human health, expressed at the 27th CSTE plenary meeting, Brussels, 30 October 2001 (CST01)
- Zmirou Report (2001): Les téléphones mobiles, leurs stations de base et la santé. Direction Générale de la Santé. February 2001 (FRA01)
- GAO (2001): TELECOMMUNICATIONS: Research and Regulatory Efforts on Mobile Phone Health Issues. Report to Congressional Requesters, United States General Accounting Office, May 2001 (GAO01)
- Hyland, G. J. (2000): The physics and biology of mobile telephony. The Lancet, 2000; 356: 1833–1836 (HYL00)
- Inskip PD, Tarone RE, Hatch EE, Wilcosky TC, Shapiro WR, Selker RG, Fine HA, Black PM, Loeffler JS, Linet MS (2001): Cellular-telephone use and brain tumors. Division of Cancer Epidemiology and Genetics, National Cancer Institute, Bethesda, MD, N Engl J Med. 2001 Jan 11; 344(2): 79–86 (INS01)
- Lai, H. (2000): Biological Effects of Radiofrequency Radiation from Wireless Transmission Towers, Bioelectromagnetics Research Laboratory, University of Washington (Seattle), presentation at „Cell Tower Forum: State of the Science/State of the Law“ Berkshire-Litchfield Environmental Council (CT, USA), 2 December 2000 (LAI01)
- Health Council of the Netherlands (2000): GSM base stations (NED00)
- Health Council of the Netherlands (2002): Mobile telephones: an evaluation of health effects (NED02)
- Rothman, K. J. (2000): Epidemiological evidence on health risks of cellular telephones. Lancet, 2000; 356: 1837–40 (ROT00)

noch Tabelle 5

**Bibliographische Angaben (Abk.)**

- Campos electromagnéticos y salud pública: informe técnico elaborado por el Comité de Expertos, Spanish ministry of Health and Consumer Affairs, Dirección General de Salud Pública y Consumo, Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral, Madrid, 11 May 2001 (SPA01)
- Chevillot, J. (2000): Physiological and Environmental Effects of Electromagnetic Radiation, Essor Europe (STO00)
- Hyland (2001): The Physiological and Environmental Effects of Non-Ionising Electromagnetic Radiation. Luxembourg, STOA (STO01)
- Stewart, W. (2000): Mobile phones and health, Independent Expert Group on Mobile Phones (STW00)
- NRPB (2001): Possible Health Effects from Terrestrial Trunked Radio (TETRA), Report of an Advisory Group on Non-Ionising Radiation (AGNIR), DOCUMENTS OF THE NRPB – VOLUME 12 NO 2, National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ, 2001 (TET01)

Quelle: von Homeyer et al. 2002, S. 92

**2.3 Nationale Metastudien**

Die Entwicklung der wissenschaftlichen Debatte über die gesundheitlichen Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder in Deutschland kann anhand der erstellten Metastudien zu diesem Problemfeld skizziert werden. Einen Überblick hierzu gibt Tabelle 6, S. 32.

Das Thema „EMVU“ wird in Deutschland im Prinzip bereits seit mehreren Jahrzehnten in Öffentlichkeit und Wissenschaft kontrovers diskutiert. Lange Zeit eher auf niederfrequente elektromagnetische Strahlungsquellen (Hochspannungsleitungen) konzentriert, entwickelte sich die Debatte über die gesundheitlichen Auswirkungen hochfrequenter EMF erst seit den frühen 90er-Jahren und intensivierte sich erheblich im Vorfeld und im Zuge des Aufbaus der neuen UMTS-Netze.

**2.3.1 Ergebnisse im Überblick**

Um einen Überblick über die einzelnen Ergebnisse der Metastudien zu ermöglichen, wurden die Ergebnisse den drei Evidenzklassen „Hinweis“, „Verdacht“ und „Nachweis“ zugeordnet. Diese Evidenzklassen werden durch die Strahlenschutzkommission folgendermaßen definiert (SSK 2001, S. 7):

- Nachweis: „Wissenschaftlich nachgewiesen ist ein Zusammenhang zwischen einer Gesundheitsbeeinträchtigung und elektromagnetischen Feldern, wenn wissenschaftliche Studien voneinander unabhängiger Forschungsgruppen diesen Zusammenhang reproduzierbar zeigen und das wissenschaftliche Gesamtbild das Vorliegen eines kausalen Zusammenhangs stützt“.
- Verdacht: „Ein wissenschaftlich begründeter Verdacht auf einen Zusammenhang zwischen einer Gesundheitsbeeinträchtigung und elektromagnetischen Feldern liegt

vor, wenn Ergebnisse bestätigter wissenschaftlicher Untersuchungen einen Zusammenhang zeigen, aber die Gesamtheit der wissenschaftlichen Untersuchungen das Vorliegen eines kausalen Zusammenhangs nicht ausreichend stützt. Das Ausmaß des wissenschaftlichen Verdachts richtet sich nach der Anzahl und der Konsistenz der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeiten“.

- Hinweis: „Wissenschaftliche Hinweise liegen vor, wenn einzelne Untersuchungen, die auf einen Zusammenhang zwischen einer Gesundheitsbeeinträchtigung und elektromagnetischen Feldern hinweisen, nicht durch voneinander unabhängige Untersuchungen bestätigt sind und durch das wissenschaftliche Gesamtbild nicht gestützt werden“.

Grundlage der meisten Metastudien waren die Untersuchungen von möglichen biologischen Effekten anhand von experimentellen Studien an Molekülen, Zellen und Tieren (vgl. Tabelle 7, S. 33).

Dabei kann zwischen Untersuchungen zu krebsrelevanten Effekten und zu Effekten auf das ZNS unterschieden werden. Anhand von Probanden wurde eine wesentlich geringere Zahl von Effekten (z. B. Wirkungen auf das Schlafverhalten) untersucht. Hinzu kommen epidemiologische Untersuchungen sowie Untersuchungen zum Immunsystem oder im Zusammenhang mit dem Phänomen der so genannten Elektrosensibilität.

Bevor in Abschnitt 2.3.2 aus der Gesamtbetrachtung von Tabelle 7 einige Schlussfolgerungen hinsichtlich der wissenschaftlichen Diskussion über die gesundheitlichen Risiken von hochfrequenter EMF gezogen werden, sollen im Folgenden die einzelnen Metastudien kurz vorgestellt werden (vgl. von Homeyer et al. 2002, S. 76 ff.).

Tabelle 6

## Metastudien im Überblick

Studie	Autor	Auftraggeber
Schutz vor elektromagnetischer Strahlung beim Mobilfunk (1991)	Strahlenschutz-Kommission (SSK)	SSK
Biologische Wirkungen Elektromagnetischer Felder im Frequenzbereich 0 bis 3 GHz auf den Menschen (1997)	Prof. Dr. med. Hecht, Institut für Psychosoziale Gesundheit, Berlin	Bundesministerium für Telekommunikation
Exposition der Allgemeinbevölkerung durch hochfrequente EMF – Plausibilität der gesundheitlichen Unbedenklichkeit (1999)	Prof. Dr.-Ing. habil. med. Silny, RWTH Aachen	Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr (Österreich)
Mobilfunk und Gesundheit (2000)	Ecolog, Hannover	T-Mobil
Gutachten zum Erkenntnisstand zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen des Mobilfunks (2000)	Öko-Institut, Darmstadt	T-Mobil
Gesundheitliche Auswirkungen der Mikrowellen von Mobilfunksendeanlagen im D-Netz (2000)	Prof. Dr.-Ing. habil. med. Silny, RWTH Aachen	T-Mobil
Darstellung u. Bewertung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes zu mögl. gesundheitlichen Auswirkungen des Mobilfunks in Relation zu bestehenden Empfehlungen und Normen (2000)	Prof. Dr. rer. nat. habil. Glaser, Humboldt Universität, Berlin	T-Mobil
Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern (2001)	Strahlenschutz-Kommission (SSK)	BMU
Effekte und gesundheitsrelevante Wirkungen hochfrequenter EMF des Mobilfunks und anderer neuer Kommunikationssysteme (2002)	Prof. Dr.-Ing. habil. med. Silny, RWTH Aachen	VDE

Quelle: nach von Homeyer et al. 2002, S. 74

Tabelle 7

## Metastudien in der Ergebnisübersicht

Metastudien Effekte	SSK 1991	Hecht 1997	Silny 1999	Ecolog 2000	Öko 2000	Silny 2000	Glaser 2000	SSK 2001	Silny 2002
Studien an Molekülen, Zellen und Tieren									
krebsrelevante Studien									
Krebsentstehung bei Tieren	-		-	+	+	-	-	+	-
Genmutation/Expression				++		-			+
Zellproliferation				+		+	-		+
chromos. Mutation/Aberration		+		+	+	-			+
DNA-Brüche/Gentoxizität				+	+	+	+		
zentrales Nervensystem									
Membran-Effekte z. B. Kalzium	+++	+	-	+	+	-		+	-
Neurotransmitter				+					
Hormone, z. B. Melatonin		+	-	+		-	+	-	
Stress-Hormone		+		++					
Blut-Hirn-Schranke			-	+	-	-	-	+	
Augen/Ohren	+					-			-
Studien an Probanden									
Schlafverhalten			-		+	+	-	+	+
kognitive Funktionen				++	-	+	-	+	+
EEG/Gehirnfunktionen	+	+	+	++	+		+	+	+
Tierverhalten/Lernfähigkeit				+	+	+	+	+	
epidemiologische Studien		+	-	+	+		-	-	-
andere Studien									
kardiovaskuläre Parameter		+	+		-			+	
Immunsystem		+		+				+	-
Elektrosensibilität		++	-	-				+	-
Implantate	-		++			+++		+++	

(-): kein Hinweis; (+): Hinweis; (++): Verdacht; (+++): Nachweis; Blank: Effekt nicht erwähnt.

Quelle: nach von Homeyer et al. 2002, S. 75

### Strahlenschutzkommission 1991

Die 1991 von der Strahlenschutzkommission veröffentlichte Empfehlung „Schutz vor elektromagnetischer Strahlung beim Mobilfunk“ zählt zu den ersten größeren Studien, die sich speziell mit den Wirkungen der Mobilfunkstrahlung auseinander gesetzt haben.

Die Gutachter der SSK machen deutlich, dass bei der Auslösung von Wirkungen auf den Organismus mit einer starken Dominanz der eindeutig temperaturbedingten „thermischen Effekte“ zu rechnen ist. Es könne zu Störungen des Stoffwechsels, des Nervensystems, des Verhaltens sowie zu degenerativen Beeinträchtigungen kommen (SSK 1991, S. 5). Auf Grundlage der damals vorliegenden Literatur wurden jedoch auch „spezielle Effekte“ beschrieben, die bei Strahlungsintensitäten auftreten, die thermisch nicht relevant erschienen. Hier sind besonders Membraneffekte (Kalziumionen), EEG an Tieren und die Phagozytoseaktivität von Lymphonen zu erwähnen (SSK 1991, S. 6 u. 9).

Die damalige Grenzwertempfehlung der SSK erscheint angesichts der heute geltenden – von der ICNIRP und auch der SSK empfohlenen – Grenzwerte und dem aus heutiger Sicht weitgehend überholten Erkenntnisstand der Studie als nicht mehr relevant.

### Hecht 1997

Eine Ausnahme unter den Metastudien – mit einer sehr speziellen Thematik – stellt die Untersuchung „Biologische Wirkungen Elektromagnetischer Felder im Frequenzbereich 0 bis 3 GHz auf den Menschen“ dar. Sie beruht auf ca. 1 500 russischen Primärstudien zu den Wirkungen von EMF, von denen 878 aus den Jahren 1960 bis 1996 einer Betrachtung unterzogen wurden. Die Studie sollte die umfangreiche russische Literatur zu diesem Thema bekannter machen. Ein besonderer Schwerpunkt lag auf den Langzeitwirkungen elektromagnetischer Strahlung.

Die Studie schließt eine Vielzahl von Experimenten mit elektromagnetischer Strahlung in allen Frequenzbereichen (HF, LF, SHF, UHF) ein. Zudem wurden auch Untersuchungen mit sehr hohen Expositionsdosen betrachtet, die weit über den geltenden Grenzwerten liegen. Hecht vertritt die Auffassung, dass die elektromagnetische Strahlung wie ein stiller gesundheitsschädlicher Reiz (Disstressor) wirke. Der entstehende bioaktive Effekt sei von mehreren Faktoren abhängig und entfalte seine pathogenen Wirkungen erst nach Jahren (Umwelt Medizin Gesellschaft 2001, S. 229).

### Silny 1999

Die Metastudie legt besonderes Augenmerk auf die Untersuchung von möglichen Wirkungen der Exposition durch Basisstationen. Obwohl festgestellt wird, dass einzelne der betrachteten Untersuchungen Hinweise auf „biologische“ Effekte (Wirkungen auf Implantate, EEG und kardiovaskuläre Parameter) enthalten, betont die Studie, dass keinerlei Hinweise auf eine Gesundheitsgefährdung durch die Mobilfunkstrahlung vorliegen. Die vorhandenen Hinweise auf „biologische“ Effekte seien zudem nicht in unabhängigen Untersuchungen bestätigt worden und beschränken sich auf Expositionen, die durch Mobiltelefone, nicht jedoch durch Sendestationen hervorgerufen werden können. Die Studie

schließt die Existenz „biologischer“ Effekte nicht aus, betont jedoch, dass diese gegebenenfalls sehr schwach sein müssten (Silny 1999, S. 15).

### SSK 2001

In der Studie sollte überprüft werden, ob neuere wissenschaftliche Erkenntnisse zu möglichen „biologischen“ Effekten der Mobilfunkstrahlung und deren Wirkungen auf die Gesundheit vorliegen, die bei der Festlegung der empfohlenen Grenzwerte der ICNIRP nicht berücksichtigt wurden. Zudem sollte geprüft werden, ob und inwieweit neuere wissenschaftliche Forschungsergebnisse die Einführung von Vorsorgemaßnahmen rechtfertigen (SSK 2001, S. 5).

Hinsichtlich der Mehrzahl der berücksichtigten Effekte wurden Hinweise auf mögliche Wirkungen identifiziert. Ein wissenschaftlich fundierter Verdacht oder gar ein Nachweis von Effekten war laut SSK jedoch nicht zu identifizieren. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass es im Hinblick auf nachgewiesene Gesundheitsbeeinträchtigungen keinen Zweifel an der wissenschaftlichen Bewertung gibt, die den Schutzkonzepten der ICNIRP bzw. der EU-Ratsempfehlung zugrunde liegen (SSK 2001, S. 15). Dennoch empfiehlt die SSK aus Gründen der Vorsorge und unter Berücksichtigung der technischen und finanziellen Möglichkeiten ein Minimierungsgebot für Mobilfunkstrahlung (SSK 2001, S. 16).

### Silny 2002

Der Schwerpunkt der Studie lag auf Untersuchungen im Bereich des Kopfes sowie der Kanzerogenität und der Beeinflussung des ZNS. Bei der Hälfte der untersuchten Bereiche wurden Hinweise auf mögliche Effekte erkannt. Es handelt sich hierbei um krebsrelevante Effekte sowie Experimente an Probanden. Insbesondere bezüglich von Effekten auf das zentrale Nervensystem wurden jedoch keine Hinweise identifiziert. Konstatiert wird, es gebe nur „unklare Andeutungen“ auf schwache Wirkungen der Mobilfunkstrahlung. Die Erwärmung des Kopfes bei der Nutzung eines Mobilfunktelefons läge im normalen Bereich. Gesundheitsrisiken seien daher nur von „biologischen“ Effekten zu erwarten, entsprechende Wirkungsmechanismen seien jedoch nicht bekannt. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass sich aus dem Stand der Wissenschaft keine Gefährdung der Gesundheit durch Mobilfunkstrahlung ableiten ließe. Dies gelte auch für Kinder sowie schwache, kranke und alte Menschen (Silny 2002, S. 3 f.).

### T-Mobil-Studien

Im Jahr 2000 beauftragte T-Mobil, die Mobilfunk-Tochter der Deutschen Telekom, vier Forschungsinstitute mit der Erstellung von jeweils einem Gutachten. In allen Gutachten sollten folgende Fragen untersucht werden ([http://www.emf-risiko.de/projekte/pro\\_emf.html](http://www.emf-risiko.de/projekte/pro_emf.html), 3. Juni 2002):

- Welches sind die 100 wichtigsten Arbeiten für die Bewertung des Gesundheitsschutzes beim Mobilfunk?
- Bei welchen Arbeiten wird ein Risiko aufgezeigt?
- Zu welchem Schluss kommt man nach kritischer Würdigung der Arbeiten in Bezug auf die derzeit gültigen Grenzwerte?

**Ecolog 2000**

Die Studie geht davon aus, dass mögliche Risiken neuer Technologien entweder wissenschaftlich „konservativ“ oder nach dem Prinzip der Vorsorge beurteilt werden können. Der erste Ansatz beruht auf einer „Unschuldsvermutung“ neuer Technologien: Erst wenn wissenschaftlich eindeutig nachgewiesen ist, dass eine Technologie gesundheitsschädlich ist, sollen entsprechende Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Der vorsorgende Ansatz verlangt hingegen bereits beim Vorliegen eines hinreichend begründeten Verdachts auf mögliche Risiken, Maßnahmen zu ergreifen, um mögliche negative Wirkungen bis zu einer endgültigen Klärung des Sachverhaltes zu verhindern (Ecolog 2000, S. 6).

Bei der Beurteilung der Forschungsergebnisse wurden bei fast 90 % der Effekte zumindest Hinweise auf gesundheitliche Beeinträchtigungen gefunden. Für die Bereiche „Genmutation/Expression“, „Stress-Hormone“, „Kognitive Funktionen“ und „EEG/Gehirnfunktionen“ kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass ein wissenschaftlich begründeter Verdacht bestehe. Ecolog konstatiert, dass die untersuchten Forschungsergebnisse den Schluss zulassen, dass negative gesundheitliche Wirkungen „biologischer Effekte“ existieren. Die Autoren der Studie empfehlen Vorsorgengrenzwerte für Mobilfunksendestationen und Mobilfunktelefone einzuführen, die wesentlich strenger als die derzeit gültigen Grenzwerte sind (Ecolog 2000, S. 37).

**Öko-Institut 2000**

Das Öko-Institut identifizierte in wesentlichen Bereichen – z. B. krebsrelevante Untersuchungen, Effekte auf das ZNS – mehrere wissenschaftlich fundierte Hinweise auf mögliche Effekte und kommt zu dem Schluss, dass weitere Forschungsanstrengungen notwendig seien, um die Frage der gesundheitlichen Risiken der Mobilfunkstrahlung zu klären. Es wird u. a. auf große Wissenslücken hinsichtlich „biologischer“ Effekte verwiesen. Es bestehe jedoch zum jetzigen Zeitpunkt keine Veranlassung für eine generelle Absenkung der Grenzwerte: „Ein wissenschaftlich begründeter Verdacht auf nicht thermische gesundheitliche Auswirkungen liegt zum jetzigen Zeitpunkt nicht vor. Damit ist hier gemeint, dass bisher kein wissenschaftlich abgesicherter Wirkungsmechanismus entdeckt wurde, dem sich eindeutig gesundheitliche Wirkungen zuordnen lassen“ (Öko-Institut 2000, S. 88). Das Institut befürwortet jedoch Vorsorgemaßnahmen, wie die Einrichtung von Schutzzonen für besonders empfindliche Menschen und ein Minimierungsgebot für Mobilfunkstrahlung.

**Silny 2000**

Die Studie befasst sich schwerpunktmäßig mit den Gebieten Dosimetrie, Epidemiologie, Einflüsse auf das Krebsgeschehen, auf die Funktion des Zentralnervensystems, auf Sinnesrezeptoren sowie auf elektronische Implantate. Bei über der Hälfte der Effekte konnte die Studie keine Hinweise auf eine Gefährdung der Gesundheit identifizieren. Hinsichtlich der Wirkungen auf Implantate wurde jedoch ein Nachweis gesehen (Silny 2000, S. 85). Zu Effekten bei Tierverhalten/Lernfähigkeit wurden starke Hinweise gesehen, die auch als ein Verdacht interpretiert werden könnten. Allerdings argumentiert Silny, dass die nachgewiesenen Wirkungen möglicherweise auf thermische Effekte zurückzuführen seien

und aufgrund der besonderen physiologischen Eigenschaften des Menschen nicht auf diesen übertragbar seien (Silny 2000, S. 65).

Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Gesamtheit der experimentellen Untersuchungen nur wenige vage Hinweise auf mögliche „biologische“ Wirkungen liefere und die Existenz der athermischen Effekte durch die Mehrheit der untersuchten Studien nicht gestützt würde. Eine Gesundheitsgefährdung durch Mobiltelefone oder Sendemasten, die eine Verschärfung der geltenden Grenzwerte erfordern würde, läge nicht vor (Silny 2000, S. 3 ff.).

**Glaser 2000**

Die Studie konnte für die meisten untersuchten Effekte keine Hinweise finden. Soweit Hinweise identifiziert werden konnten, betreffen diese DNA-Brüche und Gentoxizität, EEG/Gehirnfunktion, „Hormone“ und Tierverhalten bzw. Lernfähigkeit. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass einige ernst zu nehmende Befunde an Probanden vorlägen, die zwar noch nicht von unabhängigen Untersuchungen bestätigt worden seien, die aber einen Effekt am Menschen zeigten, und unterhalb der vorgeschriebenen Grenzwerte lägen. Insgesamt ergäben sich bei Einhaltung der Grenzwerte jedoch keine Anzeichen für ein tatsächlich bestehendes Gesundheitsrisiko infolge der Mobilfunkstrahlung (Glaser 2000, S. 66). Die Studie weist jedoch darauf hin, dass zwischen nachgewiesenen thermischen Effekten und den heute geltenden Grenzwerten nur ein relativ geringer Sicherheitsabstand von einer Zehnerpotenz bestehe (Glaser 2000, S. 67).

**2.3.2 Schlussfolgerungen im Überblick**

Unter Bezugnahme auf die Ergebnisbetrachtung der Meta-Studien aus Kapitel 2.3.1 sollen im Folgenden einige Schlussfolgerungen hinsichtlich der wissenschaftlichen Diskussion über die Risiken hochfrequenter EMF gezogen werden. Die folgenden Fragen stehen hierbei im Vordergrund: Zu welchen Einschätzungen gelangen die Studien bezüglich der gesundheitlichen und ökologischen Wirkungen der Mobilfunkstrahlung? Wie lassen sich diese Einschätzungen erklären? Welche Empfehlungen geben die Studien hinsichtlich von Schutzmaßnahmen?

Von besonderer Bedeutung sind einerseits krebsrelevante Ergebnisse und andererseits Effekte, deren Auftreten direkt am Menschen untersucht wurde.

**Krebsrelevante Studien**

Mögliche krebsrelevante Effekte sind in Studien zur Krebsentstehung an Tieren, Genmutation/Expression, DNA-Brüchen/Gentoxizität sowie zur Chromosomen-Mutation/Aberration untersucht worden.

Studien zur Krebsentstehung bei Tieren waren Gegenstand von acht Metastudien (Ausnahme Hecht). Drei Gutachten fanden Hinweise auf entsprechende Wirkungen der Mobilfunkstrahlung, während die übrigen Studien zu negativen Ergebnissen kamen. Der Effekt Genmutation/Expression wurde nur in drei Metastudien untersucht. Hervorzuheben ist, dass Silny (2000, S. 49) zu einem negativen Ergebnis kam, während sich aus dem Gutachten des Ecolog-Institutes ein Verdacht auf mögliche Wirkungen ableiten ließe.

Wirkungen auf die Zellproliferation wurden in vier Gutachten untersucht. Glaser (2000) kommt zu einem negativen Befund. Demgegenüber konnte Silny „in allen In-vitro-Studien übereinstimmend eine Einflussnahme der Mikrowellen, unabhängig von ihrer Modulation, auf die Zellproliferation feststellen“ (2000, S. 44). Hinweise auf Effekte im Bereich der Chromosomen-Mutation/Aberration wurden in vier der fünf Studien festgestellt, die sich dieser Problematik ausführlicher widmeten. Vier für das entsprechende Gebiet relevante Studien identifizierten Hinweise auf mögliche Wirkungen bezüglich DNA-Brüchen/Gentoxizität.

Insgesamt können bei den krebsrelevanten Untersuchungen zwar Hinweise auf Effekte festgestellt werden, doch für die Begründung eines konkreten Verdachts der Krebspromotion sind nach Aussage aller Studien die bisherigen Forschungsergebnisse nicht ausreichend.

### Studien an Probanden

Studien am Menschen betreffen das Schlafverhalten, kognitive Funktionen sowie EEG/Gehirnfunktionen. Untersuchungen zum Schlafverhalten und den kognitiven Funktionen wurden in sechs Metastudien ausgewertet. Vier Studien konnten Hinweise auf die Beeinflussung des Schlafverhaltens durch die Mobilfunkstrahlung identifizieren. Im Bereich der kognitiven Funktionen ergaben sich drei Hinweise und ein Verdacht. Auffällig sind die Ergebnisse zu EEG/Gehirnfunktionen. Hier konstatieren alle acht Gutachter, dass Hinweise existieren. Das Ecolog-Institut hält sogar einen Verdacht für begründet. Die in den Studien identifizierten möglichen spezifischen Effekte der Mobilfunkstrahlung unterscheiden sich jedoch so sehr, sodass weiter gehend keine Konsistenz gegeben zu sein scheint.

### Zentrales Nervensystem

Wirkungen der Mobilfunkstrahlung auf das zentrale Nervensystem wurden in Experimenten zu Membran-Effekten, Neurotransmittern, Hormonen/Stresshormonen sowie zur Blut-Hirn-Schranke und Augen/Ohren untersucht.

Neurotransmitter und Stress-Hormone wurden nur in einer bzw. zwei Studien berücksichtigt. Allerdings konnten in allen Fällen Hinweise und im Fall der Stress-Hormone sogar ein Verdacht identifiziert werden. Acht Metastudien beschäftigten sich mit Membran-Effekten. Vier Studien identifizierten Hinweise auf mögliche Wirkungen. Nach Meinung eines Gutachters können derartige Effekte als erwiesen betrachtet werden: „Membraneffekte wurden vielfach bestätigt, sodass ihre Existenz heute als gesichert gilt. Hervorzuheben ist, dass die SAR-Werte hierbei teilweise kleiner als 0,01 W/kg sind und damit erheblich unterhalb thermisch relevanter Intensitäten liegen“ (SSK 1991, S. 6). Hormoneffekte durch elektromagnetische Strahlung wurden in sechs Studien untersucht. Jeweils drei Studien konnten Hinweise identifizieren bzw. kamen zu einem negativen Ergebnis. Von insgesamt sechs Metastudien fanden zwei Hinweise auf Wirkungen auf die Blut-Hirn-Schranke, während eine von drei Studien einen Hinweis auf Effekte auf Augen bzw. Ohren identifizierte.

Bisher wurden nur wenige Untersuchungen zu Neurotransmittern und Stress-Hormonen durchgeführt. Gerade Untersuchungen zu Stress-Hormonen könnten allerdings von besonderer Bedeutung sein (von Homeyer 2002, S. 129).

Insgesamt ist festzustellen, dass auch die Analysen zum zentralen Nervensystem Hinweise auf mögliche Wirkungen der Mobilfunkstrahlung erbrachten, die sich aber bisher nicht hinreichend zu einem Verdacht verdichten ließen.

### Tierverhalten/Lernfähigkeit

Das Tier- bzw. Lernverhalten wurde von fünf Metastudien behandelt, wobei vier zumindest einen Hinweis und Silny (2000) einen starken Hinweis identifizieren konnte. Silny begründet sein Ergebnis damit, dass „die Tierexperimente übereinstimmend Effekte der Mikrowellen auf das Verhalten und die Lernfähigkeit der Tiere zeigen. Es muss deshalb unter den gegebenen Feldverhältnissen von einer realen Beeinflussung des ZNS bei den Tieren ausgegangen werden“ (Silny 2000, S. 65). Silny betont jedoch, dass eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Menschen kaum möglich sein dürfte.

### Epidemiologische Studien

Das Problem der Übertragbarkeit auf den Menschen stellt sich bei epidemiologischen Studien nicht. Ob diese Studien wesentlich zur Klärung der gesundheitlichen Wirkungen der Mobilfunkstrahlung beitragen können, erscheint jedoch aufgrund methodischer Probleme fraglich. Erstens dürfte es immer schwieriger werden, eine geeignete Kontrollgruppe von nicht oder kaum exponierten Personen zu finden (vgl. Silny 2000, S. 30). Zweitens wird ein möglichst langer Beobachtungszeitraum benötigt. Drittens ist eine mangelnde Konstanz der Expositionsbedingungen aufgrund des Anstiegs der Mobilfunknutzung bzw. der Einführung neuer technischer Entwicklungen ein weiterer Unsicherheitsfaktor. Zudem kommt es durch die Verbreitung vieler verschiedener Techniken zu einer Exposition durch sehr heterogene Frequenzbereiche: „Wenn schon im Bereich niederfrequenter Felder epidemiologische Aussagen mit einem hohen Grad an Unsicherheit behaftet sind, so gilt dies in einem wesentlich höheren Maße für den Hochfrequenzbereich. Dies hängt natürlich zusammen mit der Heterogenität sowohl der Frequenzbereiche als auch der exponierten Population“ (Glaser 2000, S. 55).

### Kardiovaskuläres System

Effekte auf den kardiovaskulären Parameter wurden in vier Metastudien untersucht. Es konnten jeweils drei Hinweise auf Effekte identifiziert werden. Auch in diesen Fällen reichen die Hinweise jedoch nicht aus, um einen hinreichenden Verdacht auf die Existenz von Wirkungen zu begründen.

### Elektrosensibilität

Die Existenz einer „Elektrosensibilität“ bestimmter Menschen ist umstritten. So erwähnen die Gutachter des Ecolog-Instituts, dass „die vorliegenden Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen häufig nicht schlüssig und widersprüchlich sind. Andererseits liegt bei den Selbsthilfe-Organisationen der Betroffenen ein umfangreiches Erfahrungswissen vor, das bisher aber noch nicht erschlossen werden konnte“ (Ecolog 2000, S. 36). Die Wirkungen von Mobilfunkstrahlung auf Elektrosensible wurde in fünf Metastudien untersucht. Drei Studien kamen zu einem negativen Ergebnis, eine Studie identifizierte Hinweise und eine weitere hielt einen Verdacht auf eine Wirkung für berechtigt.

### Implantate

Effekte der Mobilfunkstrahlung auf medizinische Implantate wurden in vier Metastudien untersucht. Zwei der Studien hielten derartige Effekte für erwiesen, während eine Studie zumindest einen Verdacht für begründet hält. Die Ergebnisse der vierten Studie können als überholt betrachtet werden, sodass mit hoher Wahrscheinlichkeit von der Existenz der Effekte ausgegangen werden kann.

### Verhältnis Effekte/Evidenzen

Aus der Betrachtung der für die einzelnen Effekte in den verschiedenen Metastudien gefundenen Evidenzen ergibt sich insgesamt der Eindruck, dass ein breiter Konsens zumindest über Hinweise auf biologische Effekte der Mobilfunkstrahlung existiert. Allerdings gehen die Schlussfolgerungen der Metastudien hinsichtlich einzelner Effekte häufig weit auseinander. Dies lässt sich durch die Ermittlung der pro Metastudie gefundenen Anteile der Evidenzen an den jeweils untersuchten Effekten in den Kategorien keine Evidenz, Hinweis, Verdacht, Nachweis veranschaulichen (vgl. Tabelle 8).

Es ergeben sich pro Evidenzart starke Differenzen: Silny (1999) identifizierte keinerlei Evidenzen für 70 % der untersuchten Effekte, während Ecolog (2000) nur in 5 % der Fälle keine Evidenzen fand. In ihrer Studie von 2001 fand die SSK für 75 % der von ihr untersuchten möglichen Effekte Hinweise auf deren tatsächliche Existenz. Silny (1999) konnte jedoch lediglich in 20 % der Fälle Hinweise entdecken. Während fünf Metastudien überhaupt keinen Verdacht auf Effekte fanden, kam Ecolog (2000) zu dem Ergebnis, dass immerhin in einem Viertel der Fälle ein Verdacht auf Wirksamkeit begründet erscheint. Für den Fall des Nachweises ist anzumerken, dass sich die gefundenen Evidenzen der neueren Studien im Wesentlichen auf den Sonderfall der Interferenzen mit medizinischen Implantaten beziehen.

Interessant sind zudem die Ergebnisse der Studien von Silny, der in den Jahren 1999, 2000 und 2001 jeweils eine Studie vorlegte. Lässt man die Wirkungen auf medizinische Implantate unberücksichtigt, identifizieren die beiden neueren Studien deutlich mehr Hinweise auf Effekte als die Studie von 1999.

### Beurteilung der Effekte

Wie lassen sich die Differenzen zwischen den Metastudien in der Beurteilung einzelner Effekte sowie hinsichtlich der insgesamt jeweils gefundenen Evidenzen erklären? Obwohl es im Rahmen dieses Berichts nicht möglich ist, hierauf eine definitive Antwort zu geben, können einige mögliche Einflussfaktoren aufgezeigt werden.

Ursache für Unstimmigkeiten in der wissenschaftlichen Diskussion können terminologische Probleme, unterschiedliche Literaturlauswahl und auch divergierende Bewertungskriterien sein, die entsprechend die unterschiedlichen Ergebnisse der Metastudien hinsichtlich der möglichen Effekte der Mobilfunkstrahlung erklären. Ein weiterer möglicher Einflussfaktor ist die Interpretationsfähigkeit und -bedürftigkeit der in den Metastudien durchgeführten Analysen von Primärstudien. Auffällig ist in diesem Zusammenhang zunächst der Umstand, dass die Schlussfolgerungen der Metastudien mitunter in einem eher „lockeren Zusammenhang“ zu den Ergebnissen der jeweiligen Analysen der Primärstudien stehen. So stellte z. B. Silny (2000, S. 44) bei der Untersuchung der Zellproliferation fest, dass „in allen In-vitro-Studien übereinstimmend eine Einflussnahme der Mikrowellen, unabhängig von ihrer Modulation, auf die Zellproliferation gemeldet wird“. Im Resümee benutzt er jedoch die Formulierung, „obwohl in einzelnen In-vitro-Untersuchungen über Chromosomen-Mutation/Aberration und Zellproliferation in Mikrowellen berichtet wird, lassen sich diese Effekte in der Mehrheit der Untersuchungen nicht bestätigen“ (Silny 2000, S. 4).

Tabelle 8

Anteile der Evidenzen an den untersuchten Effekten (Tabelle 7) in %

Studien	keine Evidenz	Hinweis	Verdacht	Nachweis
SSK 1991	40	40	–	20
Hecht 1997	–	90	10	–
Silny 1999	70	20	10	–
Ecolog 2000	5	70	25	–
Öko-Institut 2000	30	70	–	–
Glaser 2000	60	40	–	–
Silny 2000	52	38	–	10
SSK 2001	20	75	–	5
Silny 2002	50	50	–	–

Quelle: von Homeyer et al. 2002, S. 131

In ähnlicher Weise stellen die Gutachter des Ecolog-Instituts (2000) in ihren Empfehlungen fest, dass „beim Menschen nachteilige organische Wirkungen hochfrequenter EMF, wie sie beim Mobilfunk verwendet werden, für Leistungsflussdichten von 0,2 W/m<sup>2</sup> nachgewiesen worden sind“ (S. 37). Die entsprechende Analyse der Primärstudien ergab jedoch keine derartigen Wirkungen auf den Menschen. Hier werden vielmehr Begriffe wie „möglicherweise“ benutzt, Ergebnisse von Tierversuchen vorgetragen, die nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragbar erscheinen, oder es werden „messbare physiologische Veränderungen“ identifiziert, die jedoch erst „für Intensitäten von 0,5 W/m<sup>2</sup> nachgewiesen“ (S. 36) wurden und bezüglich derer nicht abschließend geklärt ist, ob sie negative Wirkungen auf den Menschen haben.

Diese Beispiele können den Schluss nahe legen, dass nicht nur Unterschiede in der Auswahl der Literatur sowie der Schwerpunkte der Analyse zu den unterschiedlichen Ergebnissen der Metastudien beitragen, sondern dass zudem ein gewisser Spielraum bei der Interpretation der Ergebnisse der jeweiligen Analysen der Primärstudien existiert. Es kann vermutet werden, dass die Schlussfolgerungen aus den Analysen u. U. auch durch die persönliche Einstellung der Gutachter sowie kontextuale Zusammenhänge im Hinblick auf die Beauftragung und Erstellung der Gutachten bzw. Metastudien zu den möglichen Risiken der Mobilfunkstrahlung mit beeinflusst werden.

Bis zu einem gewissen Grad kann auch die Methode der Auswahl und Beurteilung der Primärstudien als ein Indikator für die „Einstellung“ der Gutachter zu diesem Forschungsgebiet betrachtet werden. Je mehr der Schwerpunkt einer Metastudie auf Studien lag, die einen Peer Review durchlaufen haben, und je mehr auf eine Beurteilung der Methodik der Primärstudien geachtet wurde, desto größer ist anscheinend die Skepsis der Gutachter gegenüber den Forschungsergebnissen. Besonders wenige Evidenzen werden wiederum in derjenigen Studie – Glaser (2000) – identifiziert, die auf Grundlage dieser Kriterien als besonders skeptisch anzusehen ist. Auch für die anderen Metastudien erweist sich der Indikator als aufschlussreich. Tendenziell werden in denjenigen Studien mehr Evidenzen gefunden, die weniger Wert auf Peer Review und Beurteilung der Methodik der Primärstudien gelegt haben.

Auch der jeweils verwendete Begriff des hinreichenden Verdachts ist interpretationsfähig. Wann liegt ein hinreichender Verdacht vor? Wie im Fall des kausalen Nachweises ist diese Frage in der Praxis häufig nicht ohne Berücksichtigung des jeweiligen Kontextes zu beantworten. Bei der Beurteilung eines hinreichenden Verdachts tritt die Frage nach der wissenschaftlichen Evidenz – ein wissenschaftlich begründeter Verdacht ist erforderlich – in Konkurrenz zu einer Bewertung möglicher Risiken. Denn diese Bewertung kann sowohl von rechtlichen Gesichtspunkten – z. B. ob es ein Recht auf Unversehrtheit durch Mobilfunkstrahlung gibt – als auch von utilitaristischen Erwägungen geprägt sein, die sich auf das gesellschaftliche Kosten/Nutzen-Verhältnis von Schutzmaßnahmen beziehen (von Homeyer et al. 2002, S. 135 ff.).

### Schutzmaßnahmen

Angesichts der bestehenden Lücken hinsichtlich des Wissensstandes über die möglichen gesundheitlichen (und öko-

logischen) Effekte der Mobilfunkstrahlung wird – vor dem Hintergrund der bereits bestehenden Schutzmaßnahmen in Deutschland – in den meisten der hier untersuchten Metastudien die Frage nach der Notwendigkeit weiterer Maßnahmen diskutiert. Zwei der untersuchten Metastudien (Silny 1999 u. 2002) enthalten keine Stellungnahme zu Schutzmaßnahmen, da es in diesen Studien nur um die Darstellung des Erkenntnisstandes zu den möglichen gesundheitlichen Effekten der Mobilfunkstrahlung ging. Ähnliches trifft auf Hecht (1997) zu. Die Empfehlungen der SSK von 1991 sind heute veraltet. Diese Studien wurden deshalb für den folgenden Überblick nicht berücksichtigt.

### Information/Aufklärung

Alle Metastudien unterstützen die Bereitstellung von mehr und besseren Informationen für die Bürger sowie Aufklärungsmaßnahmen. So wird z. B. von allen betont, dass die Strahlungsexposition von den Nutzern des Mobilfunks selbst durch Maßnahmen wie das Vermeiden der Nutzung des Mobiltelefons in geschlossenen Räumen beträchtlich vermindert werden kann. Ein solches Verhalten kann durch Aufklärungsmaßnahmen gefördert werden.

### Transparenz/Kennzeichnung

Die Kennzeichnung der mobilen Endgeräte wird von der SSK (2001) sowie dem Öko-Institut (2000) empfohlen. Während die SSK „eine geeignete einheitliche Kennzeichnung, welche die Expositionen durch Geräte angeben, z. B. in welchem Ausmaß Basisgrenzwerte bzw. Referenzwerte der EU-Ratsempfehlung ausgeschöpft werden“ (SSK 2001, S. 16) für ausreichend hält, spricht sich das Öko-Institut für eine nutzungsspezifische Kennzeichnung aus, aus der hervorgeht, wie hoch die mögliche Strahlenbelastung bei der typischen Handhabung eines Gerätes ist (Öko-Institut, S. 91).

### Generelle Produktverbesserung

Die SSK (2001, S. 16) empfiehlt, bei der Entwicklung von Geräten oder der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen.

### Dosimetrie/Technische Maßnahmen

Glaser (2000, S. 67) hält die in der 26. BImSchV festgelegte Mittelung des SAR-Wertes über 6-Minuten-Intervalle für nicht ausreichend, da sie der Variabilität der Befeldung nicht gerecht wird. Er empfiehlt, die Mittelung des SAR-Wertes durch eine Dosimetrie-Vorschrift zu ersetzen. Darüber hinaus befürwortet die Studie spezielle Normen für Grenzwerte kurzer Feldpulse.

### Schutzzonen

Das Öko-Institut empfiehlt die Einrichtung von Schutzzonen für besonders empfindliche Personen. Im Gutachten des Ecolog-Instituts werden weiter gehende Maßnahmen befürwortet: Schutzzonen sollen alle Orte umfassen, an denen sich Menschen regelmäßig länger als vier Stunden aufhalten. Da sehr viele Orte von einer derartigen Regelung betroffen sein dürften, käme sie einer Verschärfung der all-gemein geltenden Grenzwerte nahe.

### Ausweitung der 26. BImSchV auf Mobiltelefone

Drei der vier von der Telekom in Auftrag gegebenen Meta-studien empfehlen eine Ausweitung der 26. BImSchV auf mobile Endgeräte. Bei der Einführung der Grenzwerte für mobile Endgeräte sollten, so das Öko-Institut (2000, S. 91), die typischen Einsatzbedingungen, wie z. B. die Nutzungsdauer und der Stand der Technik, berücksichtigt werden.

### Minimierungsgebot

Die Einführung eines Minimierungsgebots ist eine der zentralen Forderungen des Öko-Instituts (2000, S. 90). Im Zusammenhang mit der Einführung von Grenzwerten für Endgeräte wird hierbei auf den Grundsatz des Standes der Technik verwiesen (Öko-Institut 2000, S. 91). Die SSK empfiehlt lediglich eine Minimierung der Exposition durch elektromagnetische Felder im Rahmen der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten besonders in Bereichen, in denen sich Menschen längere Zeit aufhalten. Die Maßnahmen sollten sich nach dem Stand der Technik richten (SSK 2001, S. 16).

### Grenzwertverschärfung

Das Gutachten des Ecolog-Instituts (2000) empfiehlt explizit eine Senkung der geltenden Grenzwerte auf  $0,01 \text{ W/m}^2$  für Mobilfunkseideanlagen und maximal  $0,5 \text{ W/m}^2$  für Mobiltelefone. Das Öko-Institut (2000) gibt zu bedenken, dass die geltenden Grenzwerte keine Vorsorgewerte sind, da sie lediglich auf die wissenschaftlich unumstrittenen thermischen Effekte der Mobilfunkstrahlung abstellen. Die bei der Festlegung der Grenzwerte verwendeten Multiplikatoren decken lediglich gewisse Unsicherheiten hinsichtlich dieser Effekte ab (Öko-Institut 2000, S. 86). Glaser (2000) betont den relativ geringen Sicherheitsabstand der geltenden Grenzwerte: Zwar liegen „die derzeit geltenden Grenzwerte im sicheren Bereich bezüglich gesundheitlicher Effekte [...], aber der Sicherheitsabstand zwischen Normen und den Intensitäten, bei denen thermische Beeinflussungen im Verhalten von Tieren sowie Einflüsse auf den Hormonspiegel gemessen wurden, [beträgt] weniger als eine Zehnerpotenz [...]. [Es] werden tatsächlich Intensitäten erreicht, die nur wenig unter den zulässigen Grenzwerten liegen“ (Glaser 2000, S. 67). Die Studie verweist in diesem Zusammenhang auch auf den bis zu 3fach höheren Sicherheitsabstand der Grenzwerte für Netzstrom.

### Gesamtbetrachtung

Alle Studien kommen zu dem Schluss, dass Handlungsbedarf besteht. Den geringsten Handlungsbedarf erkennt Silny (2000), der lediglich Aufklärungsmaßnahmen sowie Verbesserungen beim Planungsverfahren für die Errichtung von Sendeanlagen empfiehlt. Die Studien des Ecolog-Instituts und des Öko-Instituts sehen einen starken Handlungsbedarf. Im Fall von Ecolog (2000) schlägt sich dies insbesondere in der Empfehlung einer deutlichen Verschärfung der Grenzwerte nieder. Das Öko-Institut (2000, S. 88) legt den Schwerpunkt weniger auf eine Verschärfung der Grenzwerte als vielmehr auf eine besonders breite Palette von verschiedenen Maßnahmen.

Maßnahmen zur Information und Aufklärung der Bürger werden von vier der fünf Gutachten empfohlen. Es handelt

sich damit um die am häufigsten empfohlene Maßnahme. Verbesserungen im Planungsverfahren und eine Anwendung der 26. BImSchV auf Mobiltelefone werden jeweils von drei Studien befürwortet. Mit jeweils zwei Empfehlungen werden die Erhöhung der Transparenz/Kennzeichnung, die Einrichtung von Schutzzonen und das Minimierungsgebot durchschnittlich oft genannt. Nur jeweils einmal werden generelle Produktverbesserungen, Maßnahmen im Bereich der Dosimetrie und Messverfahren sowie Grenzwertreduzierungen genannt. Anzumerken ist hierzu jedoch, dass Glaser (2000) und das Öko-Institut (2000) die Messverfahren für unzureichend halten. Allerdings scheint das Öko-Institut eine Änderung dieser Verfahren für wenig praktikabel zu halten. Den Defiziten des Messverfahrens soll daher durch das Minimierungsgebot begegnet werden. Zwar empfiehlt nur Ecolog (2000) eine deutliche Verschärfung der Grenzwerte, aber sowohl Öko-Institut (2000) als auch Glaser (2000) bemerken, dass die geltenden Grenzwerte keine Vorsorgewerte sind und einen im Vergleich zu anderen (Nichtvorsorge-)Grenzwerten niedrigen Sicherheitsfaktor aufweisen.

## 2.4 Wissenschaftliche Debatte

Seit der Veröffentlichung des Stewart-Reports (2000) wurden zwar in etlichen relevanten Bereichen der Forschung zur EMVU-Problematik wissenschaftliche Fortschritte erzielt, einschneidende neue Erkenntnisse wurden jedoch nicht gewonnen (vgl. von Homeyer et al. 2002; Wiedemann et al. 2002). Allerdings scheint sich in den letzten zwei Jahren eine Art stillschweigendes Einverständnis entwickelt zu haben, das von der möglichen Existenz athermischer Effekte durch hochfrequente EMF ausgeht. Solange die Wissenschaft jedoch nicht zu einem hinreichend breiten Konsens über die zugrunde liegenden Mechanismen sowie eventuelle gesundheitliche (und ökologische) Risiken gelangt, ist beispielsweise politischen Entscheidungsträgern damit kaum geholfen.

### Grundprobleme

Wie bereits erwähnt, resultiert aus bloßen Beobachtungen biologischer Effekte noch kein Hinweis auf negative gesundheitliche Auswirkungen. Einige Experten sind der Auffassung, dass es trotz aller beobachteten biologischen Effekte keinen Grund zur Besorgnis gibt, aber weiterer Forschungsbedarf gegeben ist, und einige Gründe für bestimmte Vorsorgemaßnahmen sprechen. Andere vertreten die Meinung, dass die gegenwärtigen ICNIRP-Richtlinien bereits in ausreichendem Maße Vorsorgemaßnahmen beinhalten. Manche sehen zudem keinen Grund zur Besorgnis, solange nicht die den biologischen Effekten zugrunde liegenden Mechanismen identifiziert wurden. Ein anderes Argument ist, dass die Grenzwertempfehlungen so lange nicht herabgesetzt werden sollten, wie ungeklärt ist, welche Grenzwerte überhaupt anzustreben sind. Leider ist es unter diesen Umständen fast unmöglich, die wahrscheinlicheren biologischen Effekte von den unwahrscheinlicheren zu unterscheiden, geschweige denn festzustellen, welche Effekte besondere Risiken bergen.

Hinsichtlich der biologischen Effekte, die verschiedene wissenschaftliche Studien bei Experimenten mit Expositionen durch elektromagnetische Strahlung identifiziert haben,

besteht innerhalb dieses Wissenschaftsgebietes wohl ein relativer Konsens dahin gehend, dass

1. einige dieser Effekte nachgewiesen wurden (z. B. Veränderungen der kognitiven Funktionen oder Veränderungen in der Blut-Hirn-Schranke) und
2. ein offensichtlicher Zusammenhang zwischen der Exposition durch hochfrequente Strahlung und dem beobachteten biologischen Effekt besteht.

Ein relativ großer Konsens besteht bezüglich der durch Mobiltelefone verursachten Exposition gegenüber EMF. Für die – in Deutschland übrigens nicht von der 26. BImSchV erfassten – Mobiltelefone wird allgemein festgestellt, dass die durch sie erzeugten Expositionen im Kopf des Nutzers und in seinem unmittelbaren Umfeld im Allgemeinen über den von Basisstationen (Sendeanlagen) erzeugten EMF liegen. Sie reichen – was den Kopf des Nutzers betrifft – im Einzelfall bis an den von der ICNIRP für die Teilkörperexposition empfohlenen Grenzwert heran. Kommen noch andere Feldquellen hinzu, so kann es hier u. U. durchaus zu Überschreitungen des für sicher gehaltenen Expositionsniveaus kommen. Dies gilt im Übrigen auch für bestimmte andere Geräte wie moderne Diebstahlsicherungen, die auf hochfrequenten Funkanwendungen basieren, u. v. a. m. (BMU 2001).

Darüber hinaus herrscht jedoch prinzipiell Uneinigkeit über die Bewertung beobachteter Effekte. Es stellt sich insbesondere die Frage, wie biologische Effekte interpretiert werden sollen, für die mit der Ausnahme thermischer Effekte kein kausaler Mechanismus bekannt ist. Und wie lässt sich nachweisen, dass der beobachtete biologische Effekt tatsächlich auf EMF zurückzuführen ist, wenn der zugrunde liegende Mechanismus nicht bekannt ist? Die meisten Wissenschaftler scheinen heute bereit zu sein, auch ohne die genaue Kenntnis eines Wirkungsmechanismus einen Zusammenhang zwischen Exposition und Effekt anzuerkennen, wenn die Ergebnisse der Originalstudie von anderen repliziert werden können. Die Replikation wirft jedoch u. U. neue praktische Probleme auf. Forscher müssen bereit sein, Wiederholungsstudien durchzuführen, statt „neue“ Forschung zu betreiben bzw. dafür auch Forschungsgelder erhalten, und möglicherweise treten bei einer genauen Wiederholung einer Untersuchung dennoch Unterschiede hinsichtlich der biologischen Effekte auf (vgl. Hyland 2000).

Sollten Studien mit einem biologischen Effekt repliziert werden, stellen sich weitere Fragen: Ist der beobachtete Effekt reversibel oder irreversibel? Stellt sich der ursprüngliche biologische Zustand wieder ein oder wird der biologische Effekt durch einen anderen Mechanismus kompensiert? Handelt es sich bei einem nicht kompensierten Effekt um einen positiven biologischen Effekt (z. B. erhöhte kognitive Fähigkeiten), einen neutralen bzw. nicht eindeutig negativen biologischen Effekt (z. B. leichtes Kribbeln) oder um eine negative gesundheitliche Auswirkung (z. B. Schlafstörungen)? Tritt dieser biologische Effekt bei allen exponierten Personen auf? Impliziert ein Ausbleiben kurzfristiger negativer Folgen auch ein Ausbleiben von Langzeitfolgen? Auch wenn ein biologischer Effekt als negativer Effekt identifiziert wird, stellen sich weitere Fragen, wie beispielsweise nach der Signifikanz, nach evtl. Hypersensibilität, speziellen Dispositionen oder psychosomatischen Reaktionen von Personen auf reale oder empfundene Expositionen.

Im Hinblick auf den derzeitigen Wissensstand über die biologischen Effekte von hochfrequenter EMF und aufgrund der bislang ungeklärten Mechanismen zur Erklärung vieler dieser experimentell beobachteten Effekte ist die wissenschaftliche Forschung offensichtlich nicht in der Lage, diese Fragen einheitlich und zielführend zu beantworten. Selbst bei einem fortgeschrittenen Stand der wissenschaftlichen Forschung könnten lediglich einige der oben gestellten Fragen beantwortet werden – die zudem im Grunde häufig politische Fragen sind: Sie betreffen beispielsweise Aspekte der Risikoakzeptanz oder auch des Minderheitenschutzes (von Homeyer et al. 2002, S. 114).

### Wesentliche Kontroversen

Die zurzeit einzigen gemeinhin anerkannten gesundheitlichen Risiken, die durch mobile Telekommunikation verursacht werden könnten, sind thermische Effekte über einem SAR-Wert von 4 W/kg (beispielsweise sehr langes ununterbrochenes Telefonieren unter ungünstigsten Empfangs- und Sendeeigenschaften in einem geschlossenen Pkw). Es gibt somit einen großen Spielraum für wissenschaftliche Kontroversen. Bezüglich der Frage der Existenz von biologischen Effekten, die nicht durch thermische Wirkungen hervorgerufen werden, können die wichtigsten wissenschaftlichen Kontroversen und Fragestellungen über mögliche gesundheitliche (und ökologische) Wirkungen von Expositionen durch hochfrequente EMF zusammenfassend wie folgt dargestellt werden (vgl. von Homeyer et al. 2002, S. 114 ff.):

- Existieren athermische biologische Effekte? Mittlerweile konstatieren etliche Wissenschaftler und Studien Evidenzen für diese Effekte, auch wenn die zugrunde liegenden Mechanismen noch nicht identifiziert werden konnten.
- Unterscheidung thermischer und athermischer Effekte? Dieser Punkt ist besonders kontrovers, da die Existenz athermischer Effekte die Grundannahmen der ICNIRP-Richtlinien, die lediglich auf die anerkannten thermischen Effekte zugeschnitten sind, infrage stellen würde. Im Anschluss hieran stellt sich dann auch die Frage, welche Grenzwerte stattdessen angemessen wären. Grundsätzlich kann gefragt werden, ob es überhaupt (noch) sinnvoll oder eindeutig möglich ist, zwischen thermischen und athermischen Effekten zu unterscheiden.
- Falls existent – besitzen solche Effekte negative Wirkungen? Bezüglich negativer gesundheitlicher Wirkungen konnte bisher keine Übereinstimmung gefunden werden.
- Sind Vorsorgemaßnahmen erforderlich? Angesichts der bestehenden Ungewissheit spricht sich eine wachsende Zahl von Wissenschaftlern für angemessene Vorsorgemaßnahmen aus. Doch besteht hinsichtlich der Notwendigkeit bzw. der Art von eventuellen Vorsorgemaßnahmen bezüglich Mobiltelefonen (oder auch Sendeanlagen) keine Einigkeit.
- Sind Expositionen durch Sendemasten relevanter als die durch Mobiltelefone? Die Kontroversen entzündeten sich zumeist nicht an der allgemein anerkannten höheren Exposition durch Mobiltelefone, sondern an dem Aspekt der individuellen (Telefone) oder kollektiven Vorsorge-notwendigkeit (Sendemasten) bzw. -möglichkeit.

- Sind die Richtlinien der ICNIRP angemessen? Etliche Wissenschaftler vertreten die Auffassung, dass diese Richtlinien bereits ausreichende Sicherheitsmaßnahmen vorsehen, andere sind der Meinung, dass die zunehmenden Hinweise auf biologische Effekte eine Überarbeitung der Richtlinien rechtfertigen könnten. Es gibt jedoch keine klaren Vorstellungen über die Grundlagen einer solchen Überarbeitung oder über neue Grenzwerte.
- Existieren Effekte aufgrund von Strahlung geringer Intensität? Einige Wissenschaftler anerkennen Effekte hochfrequenter Strahlung von Mobiltelefonen, bezweifeln sie aber hinsichtlich der Strahlung von Basisstationen bzw. Sendeanlagen.
- Besteht die Notwendigkeit, die den biologischen Effekten zugrunde liegenden Mechanismen zu kennen? Einige Wissenschaftler sind der Meinung, dass Effekte nicht ohne die Kenntnis der Mechanismen nachgewiesen werden können und daher auch nicht bei der Ausarbeitung von Schutzmaßnahmen beachtet werden müssen, wenn die Mechanismen nicht bekannt sind.
- Geben auch reversible biologische Effekte Anlass zur Besorgnis? Wissenschaftlich lässt sich diese Frage nicht beantworten, da es hier jeweils um lebenspraktische Konsequenzen für die Betroffenen geht und zumeist nicht um allgemeine Schlussfolgerungen oder Konsequenzen. Auch hier entzündeten sich Kontroversen eher an der prinzipiellen Frage nach Vorsorgenotwendigkeiten.

Zahlreiche Kontroversen bestehen auch im Zusammenhang mit der Interpretation der Forschungsergebnisse: Wie ist hinsichtlich eines beobachteten Effektes im Fall von fünf „negativen“ Ergebnissen und einem „positiven“ Ergebnis zu verfahren? Einige Wissenschaftler schließen daraus, dass die Summe der Ergebnisse negativ ist, andere betonen, ein positives Ergebnis könne von großer Bedeutung sein. Eine Schwierigkeit liegt auch darin, dass die Forschung auf dem Gebiet der EMVU mit derartig vielen Variablen konfrontiert ist, dass praktisch jede wissenschaftliche Studie auch im Falle einer gelungenen Replikation in vielerlei Hinsicht Gegenstand der Kritik sein kann. Es stellt sich somit die Frage, welche weiteren oder anderen Kriterien benutzt werden können, um besser zu gewährleisten, dass seriöse Forschungsergebnisse zu einem frühen Zeitpunkt ernst genommen werden.

Inwieweit sollten Erfahrungsberichte Betroffener berücksichtigt werden? Solange die Bestätigung vieler dieser Berichte durch epidemiologische Studien noch aussteht, wird oft argumentiert, dass Erfahrungsberichte über gesundheitliche Probleme nicht berücksichtigt werden sollten. In Ermangelung umfangreicher epidemiologischer Studien (sowie angesichts der mit ihnen oft verbundenen methodischen Probleme) könnten solche Berichte jedoch eine wertvolle zusätzliche Informationsquelle darstellen.

### Risikobewertung und -management

Fast alle der für diesen Bericht berücksichtigten Studien und Metastudien stimmen darin überein, dass es keinen Nachweis einer gesundheitlichen Beeinträchtigung für Menschen bei Expositionen unterhalb der bestehenden (ICNIRP-) Grenzwerte gibt. Gemeinsam ist ihnen, dass vermutete oder beschriebene biologische Effekte bzw. Wirkungen i. d. R.

nicht als Nachweis für einen Schaden oder eine Beeinträchtigung zu verstehen sind, sondern ggf. als Verdachtsmomente. Zum Teil unterscheiden sie sich jedoch im Hinblick auf die Risikobewertung bzw. die Bewertung von Verdachtsmomenten. Entsprechend werden zudem aus unterschiedlichen Risikobewertungen unterschiedliche Schlussfolgerungen für ein mögliches Risikomanagement gezogen. Anhand der Aussagen der wichtigsten neueren deutschen Metastudien (vgl. Kapitel IV.2) kann dies verdeutlicht werden.

So besteht beispielsweise für Silny (2001) aufgrund seiner Analysen absolut kein Handlungsbedarf, geltende Sicherheitsgrenzwerte der ICNIRP bzw. der 26. BImSchV bezüglich des Mobilfunks zu ändern, weder im Hinblick auf Sendeanlagen noch in Bezug auf Mobiltelefone. Glaser (2001) hingegen sieht die Notwendigkeit, die in Deutschland gültige 26. BImSchV auf das Mobiltelefon auszudehnen. Zudem werden zwei Erweiterungen für erforderlich gehalten: Die Mittelung des SAR-Wertes über 6-Minuten-Intervalle sei durch eine Dosimetrie-Vorschrift zu ersetzen, die möglichen Wirkungen kurzzeitiger Intensitätsschwankungen Rechnung trägt. Zweitens sollten spezielle Normen für Grenzwerte der kurzen Feldpulse entwickelt werden. Prinzipiell werden jedoch die geltenden Normen und Empfehlungen als ausreichend für einen Schutz der Bevölkerung vor möglichen Einwirkungen hochfrequenter EMF angesehen.

Das Öko-Institut (2001) schlägt einen vorsorgenden Maßnahmenkatalog zu EMF vor: Anwendung der bestehenden Grenzwerte auch auf Mobiltelefone, Aufnahme eines Minimierungsgebotes in die 26. BImSchV, Berücksichtigung des zunehmenden Ausmaßes der Exposition und zusätzlicher Schutz besonders sensibler Personen. Das Ecolog-Institut (2001) plädiert ebenfalls für Vorsorgemaßnahmen. Es hält beispielsweise Vorsorgegrenzwerte von 0,01 W/m<sup>2</sup> in der Nachbarschaft von Basisstationen sowie eine Absenkung auf maximal 0,5 W/m<sup>2</sup> für Mobiltelefone für dringend erforderlich.

Unabhängig davon, dass internationale und nationale Metastudien darin übereinstimmen, dass es keine nachgewiesenen gesundheitlichen Schädigungen bzw. Risiken bei Expositionen unterhalb der geltenden EMF-Grenzwerte gibt, unterscheiden sich manche Studien hinsichtlich ihrer Interpretation der Analysen bzw. der daraus resultierenden Fragestellungen, nämlich welche Bedeutung mögliche Hinweise auf Effekte für den Menschen unterhalb von Grenzwerten haben, ob dies ggf. Vorsorgemaßnahmen notwendig erscheinen lässt und ob solche Vorsorgemaßnahmen sich aus den Studienergebnissen eindeutig ableiten lassen.

Nach Auffassung von Wiedemann et al. (2002) gehen die Autoren der wissenschaftlichen Metastudien von unterschiedlichen Grundannahmen aus, je nachdem, ob ihre jeweilige Interpretation sich am Vorsorgeprinzip orientiert oder nicht. Doch gerade weil das Vorsorgeprinzip beispielsweise in der Fassung der EU (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2000) ein Prinzip des Risikomanagements ist und kein Prinzip der Risikobewertung, sollte es demnach keine Beeinflussung der Ergebnisse einer Risikobewertung beinhalten. Die EU definiert das Vorsorgeprinzip als eine Form des Risikomanagements, das in Fällen anzuwenden ist, in denen

- „die wissenschaftlichen Beweise nicht ausreichen, keine eindeutigen Schlüsse zulassen oder unklar sind, in denen

jedoch aufgrund einer vorläufigen und objektiven wissenschaftlichen Risikobewertung begründeter Anlass zu der Besorgnis besteht, dass die möglicherweise gefährlichen Folgen für die Umwelt und die Gesundheit von Menschen [...] mit dem hohen Schutzniveau der Gemeinschaft unvereinbar sein könnten“ (2000, S. 12).

Damit wird deutlich, dass auch unter Vorsorgeaspekten die Risikobewertung ohne Qualitätsabstriche durchzuführen ist (Wiedemann et al. 2002, S. 14).

Allerdings bleibt zumeist – und so auch im EU-Papier – offen, nach welchen Kriterien ein „begründeter Anlass zur Besorgnis“ definiert wird. Dazu schreibt beispielsweise der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU 1999, S. 91): „Das durch Artikel 20a GG nunmehr auch verfassungsrechtlich verankerte Vorsorgeprinzip besagt, dass der Staat schon dann zum Handeln aufgerufen ist, wenn Schadensmöglichkeiten gegeben sind, die sich nur deshalb nicht ausschließen lassen, weil nach dem derzeitigen Wissensstand bestimmte Ursachenzusammenhänge weder bejaht noch verneint werden können und daher insoweit noch keine Gefahr, sondern nur ein Gefahrenverdacht oder ein ‚Besorgnispotenzial‘ besteht. Allerdings hat der Wissenschaftsrat stets betont, dass es sich um einen wissenschaftlich plausiblen Verdacht handeln muss, mit anderen Worten, ein lediglich spekulatives Risiko, das auf bloßen Vermutungen beruht, keine Rechtfertigung für staatliche Eingriffe in die Rechte potenzieller Verursacher zur Reduzierung des vermuteten Risikos darstellt. Daran ist festzuhalten.“

#### IV. Grundlegende Aspekte und Regularien bei elektromagnetischen Feldern

Dieses Kapitel befasst sich mit den Grenzwerten und Grenzwertvorgaben durch nationale und internationale Institutionen sowie mit den grundlegenden nationalen und internationalen regulatorischen Rahmenbedingungen.

##### 1. Institutionen und Grenzwerte

###### Bundes-Immissionsschutzgesetz

Zum Schutz vor möglichen Gesundheitsgefahren, die von Sendeanlagen bzw. dem Mobilfunk ausgehen könnten, hat der Gesetzgeber Grenzwerte erlassen, die in der 26. BImSchV festgeschrieben sind. Diese „Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes“ ist seit dem 1. Januar 1997 in Kraft. In ihr werden neben Grenzwerten der elektrischen und magnetischen Feldstärken in der Umgebung von Stromversorgungs- und Bahnstromanlagen auch Grenzwerte für den Betrieb von Mobilfunksendeanlagen festgelegt. Diese Grenzwerte, die für alle Netzbetreiber bindend sind, müssen in allen Bereichen, in denen Menschen sich nicht nur vorübergehend aufhalten, eingehalten werden. Ihre Einhaltung wird durch die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) überwacht.

Grundlage für die Festlegung der Grenzwerte sind Untersuchungsergebnisse und Empfehlungen anerkannter nationaler wie internationaler Fachleute und Institutionen. Dazu zählen neben international führenden Forschungsinstitutionen wie insbesondere die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und die ICNIRP auch die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK) sowie das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS).

###### Deutsche Strahlenschutzkommission

Die deutsche Strahlenschutzkommission SSK berät das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) in allen Angelegenheiten des Schutzes vor ionisierenden und nicht ionisierenden Strahlen, also auch in Fragen des Mobilfunks. Die SSK hat im September 2001 auf Wunsch des BMU den aktuellen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse über mögliche Gesundheitsbeeinträchtigungen durch hochfrequente Felder – dazu gehören auch die Mobilfunkfelder – überprüft. Dabei wurden die Publikationen ab 1998 untersucht. Die Bewertung dieser Arbeiten durch das SSK ergab eine Bestätigung des Schutzkonzeptes und der Grenzwerte der ICNIRP (SSK 2001).

###### Internationale Strahlenschutzkommission

Bei der Beantwortung der gerade auch für die Bevölkerung sehr wichtigen Fragen zum Thema Gesundheit muss notwendigerweise auf Empfehlungen der Fachgremien aus Wissenschaft und Forschung zurückgegriffen werden. Ein solches internationales Expertengremium befasst sich ausführlich mit möglichen gesundheitlichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder: Die ICNIRP (International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection) besteht aus unabhängigen Wissenschaftlern (beispielsweise Medizin, Biologie, Physik), die an Universitäten oder anderen Forschungseinrichtungen tätig sind. Ihre Aufgabe ist es, etwa alle zwei Jahre die neu hinzugekommenen wissenschaftlichen Untersuchungen auszuwerten und hinsichtlich möglicher Konsequenzen für den Gesundheitsschutz zu bewerten. Die ICNIRP empfiehlt Grenzwerte und identifiziert Themenfelder, die wissenschaftlich noch eingehender untersucht werden müssen. Die aktuellen Grenzwert-Empfehlungen der ICNIRP für den Mobilfunk stammen vom April 1998 (ICNIRP 1998a u. b).

###### ICNIRP-Grenzwerte

Biologische Wirkungsschwellen bezeichnen eine Schwelle, unterhalb derer keine biologischen Wirkungen auftreten. Diese Schwelle muss sich auf eine messbare Einheit beziehen, z. B. auf die Konzentration eines Stoffes. Beim Mobilfunk gibt die Wirkungsschwelle die Menge an Energie an, ab der mit biologischen Wirkungen zu rechnen ist. Gesicherte wissenschaftliche Befunde zu biologischen Wirkungsschwellen sind die Grundlage für die Grenzwertempfehlungen der ICNIRP (vgl. Tabelle 9).

Die international anerkannten ICNIRP-Werte beziehen sich auf die nachgewiesenen thermischen Effekte von EMF. Sie bestehen aus Basis- und Referenzgrenzwerten. Die Basisgrenzwerte beziehen sich auf direkt nachgewiesene biologische Auswirkungen durch die thermischen Effekte von EMF. Die Messung der Basisgrenzwerte, also der SAR, ist sehr aufwendig, sie können in der Regel nicht unmittelbar gemessen werden. Daher werden zusätzlich Referenzgrenzwerte definiert, die mittels Mess- bzw. Rechenverfahren für die „verursachenden Größen“, also das elektrische und das magnetische Feld, abgeleitet werden und anhand derer die Basisgrenzwerte beurteilt werden können. Die Einhaltung des Referenzwertes gewährleistet die Einhaltung des entsprechenden Basisgrenzwertes. Hinsichtlich der anzuwendenden Mess- und Berechnungsverfahren weist beispielsweise die EU auf Empfehlungen internationaler Normungsorganisationen wie CEN/CENELEC hin, schließt aber keine anderen Verfahren aus.

Tabelle 9

## ICNIRP-Grenzwerte

Frequenz (f) in Megahertz (MHz)	Effektivwert der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte bei Hochfrequenzanlagen	
	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

Quelle: 26. BImSchV

Obwohl die ICNIRP-Werte derzeit in 26 Ländern die Basis für die Festlegung von Grenzwerten bilden, sind sie nicht unumstritten. Uneinigkeit herrscht darüber, ob sie Vorsorgeaspekte, z. B. bei Langzeitexpositionen, ausreichend berücksichtigen. Befürworter der Grenzwerte weisen darauf hin, dass zwischen den Schwellenwerten für akute Wirkungen und den Basisgrenzwerten ein Sicherheitsfaktor von etwa 50 besteht und damit auch der Schutz vor Langzeitwirkungen gewährleistet ist. Kritiker bemängeln insbesondere, dass kein weiterer Sicherheitsfaktor mit Blick auf noch nicht erwiesene, aber möglicherweise vorhandene athermische Effekte berücksichtigt ist (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 5).

## 2. Regulatorische Rahmenbedingungen

### 2.1 Deutschland

In Deutschland telefonieren rund 70 % der Bevölkerung mobil (Stand Frühjahr 2002).<sup>1</sup> Vier Mobilfunknetzbetreiber sind auf dem deutschen Markt aktiv. Führend ist T-Mobile, dessen Netz 23,4 Mio. Nutzer hat, dicht gefolgt von D2 Vodafone mit 21,95 Mio. Kunden. Bei beiden Netzen handelt es sich um GSM-900-basierten Mobilfunk. DCS-1 800-Netze betreiben E-Plus mit zurzeit ca. 7,5 Mio. und O<sub>2</sub> (vormals Viag Interkom) mit ca. 3,8 Mio. Nutzern.

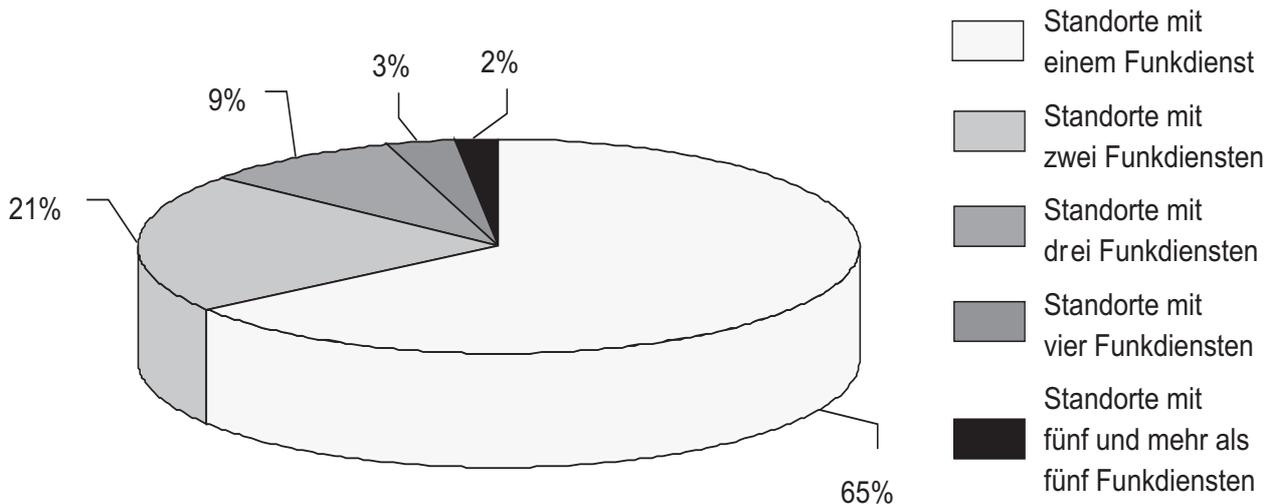
Die Vergabe der UMTS-Lizenzen erfolgte im Jahr 2000 im Rahmen einer Auktion, bei der Einnahmen von rund 50 Mrd. Euro erzielt wurden. Jeder potenzielle Mobiltelefonie-Kunde in Deutschland kostete die Betreiber umgerechnet fast 700 Euro. Sechs Bieter waren erfolgreich, darunter alle vier auf dem deutschen Markt vertretenen Mobilfunknetzbetreiber (E-Plus 3G, Vodafone [vormals Mannesmann Mobilfunk], T-Mobile, Viag Interkom/O<sub>2</sub>) sowie zwei neu hinzugetretene Unternehmen (Group 3G – firmiert heute unter dem Namen Quam – und MobilCom Multimedia). Die Lizenzbedingungen sehen vor, dass bis zum 31. Dezember 2003 ein Viertel der Bevölkerung versorgt sein muss. Ein Versorgungsgrad von 50 % ist bis zum 31. Dezember 2005 zu erreichen. Der Aufbau der erforderlichen Basisstationen hat bereits begonnen. Die meisten Lizenznehmer rechnen nicht damit, vor Mitte bis Ende 2003 UMTS-Dienste anbieten zu können. Keiner der Betreiber hat bisher einen verbindlichen Termin für den Start des Regelbetriebes genannt.

Der Ausbau wird in Deutschland schrittweise weitergehen, um die Lizenzbedingung der Versorgung zu erfüllen. Derzeit befinden sich im Bundesgebiet rund 40 140 Mobilfunkantennen. Um den geforderten Versorgungsgrad zu erreichen, muss jeder Betreiber etwa 10 000 neue Antennen installieren. Da zahlreiche GSM-Standorte auch für UMTS-Antennen genutzt werden können, wird die Anzahl der Standorte voraussichtlich nicht im gleichen Umfang zunehmen wie die Anzahl der Antennen (vgl. Abbildung 2, S. 44). Heute werden etwa 35 % aller Mobilfunkstandorte von zwei oder mehreren Funkdiensten genutzt.

<sup>1</sup> Angaben nach Mobile Communications, No. 327, March, 19, 2002.

Abbildung 2

## Nutzung der Mobilfunkstandorte durch mehrere Funkdienste



Quelle: RegTP 2002

Im folgenden Abschnitt werden die Grundzüge der Regelungen zum Schutz vor mobilfunkverursachten EMF in Deutschland dargestellt, in weiten Teilen in Anlehnung an das Gutachten von Büllingen/Hillebrand (2002).

### 2.1.1 Grundzüge der EMF-Regelungen

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

#### Immissionsschutz

Die Regelungen zum Immissionsschutz in Bezug auf nicht ionisierende Strahlung sind in Deutschland in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) festgelegt, welche seit Januar 1997 in Kraft ist. Deutschland hat damit als erstes EU-Mitgliedsland rechtlich verbindlich Grenzwerte für den Mobilfunk definiert.

Von einer im Jahr 2001 ursprünglich geplanten Novellierung der Verordnung wurde abgesehen. Grundlage für diese Entscheidung war eine Empfehlung der von der Bundesregierung beauftragten SSK, die nach Bewertung der wissenschaftlich einschlägigen Studien zu dem Ergebnis kam, dass eine Absenkung der Grenzwerte nicht wissenschaftlich begründbar sei: „Die SSK stellt fest, dass sich auch unter Berücksichtigung des Umfangs und des Ausmaßes der Verdachtsmomente ein über die bisher bekannten gesundheitlichen Beeinträchtigungen zusätzliches Risiko nicht angeben lässt“ (SSK 2001, S. 16).

#### Genehmigungsverfahren

Die Umsetzung der BImSchV-Vorgaben erfolgt im Rahmen des so genannten Standortverfahrens.<sup>2</sup> Der Betreiber einer Mobilfunk-Basisstation ist verpflichtet, vor Inbetriebnahme eine Standortbescheinigung bei der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) zu beantragen. Auf Basis der eingereichten Daten berechnet die Behörde den einzuhaltenden Sicherheitsabstand, d. h. den erforderlichen Abstand zwischen Sendeantenne und sich in der Umgebung aufhaltenden Personen. Messungen werden nur in besonders komplizierten Fällen vorgenommen. Bei jeder Änderung muss die Bescheinigung neu erteilt werden. Es werden die Summenwerte, d. h. alle am Ort befindlichen Anlagen bzw. relevanten Feldstärken berücksichtigt, sodass der Personenschutz unabhängig von der Quelle der EMF gewährleistet ist. Das Berechnungsmodell gilt international als vorbildlich, u. a. deshalb, weil alle potenziellen Messunsicherheiten zu Ungunsten des Betreibers ausgelegt werden. Proteste von Mobilfunkgegnern in Deutschland richteten sich in der Regel nicht gegen das Standortverfahren an sich, sondern gegen die Höhe der Grenzwerte im Allgemeinen sowie gegen die spezifischen Standorte selbst und die bislang häufig mangelnde Beteiligung der Kommunen und Anwohner bei der Standortwahl.

Die neue, im Jahr 2002 verabschiedete Rechtsgrundlage für das Standortverfahren (BEMFV) berücksichtigt in besonderem Maße auch den Schutz der Träger von Körperhilfsmitteln wie Herzschrittmachern. Sollte der erforderliche Si-

<sup>2</sup> Basis ist die BMPT-Amtsblattverfügung 306/1997. Diese wird 2002 durch die Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder (BEMFV) ersetzt, Basis dieser Verordnung ist das Gesetz über Funkanlagen und Telekommunikations-einrichtungen (FTEG).

cherheitsabstand über den in der Standortbescheinigung bezeichneten hinausgehen, wird darauf ausdrücklich hingewiesen („Einwirkungsbereich für aktive Körperhilfsmittel“). Die Betreiber sind angehalten, Schutzmaßnahmen für den Bereich, in dem die Grenzwerte elektrische Implantate betreffend nicht eingehalten werden, zu ergreifen und gegenüber der Behörde zu dokumentieren. Geeignete Maßnahmen sind z. B. Aufklärungen und Hinweise.

Über die Erteilung von Standortbescheinigungen hinaus überprüft die RegTP unregelmäßig und ohne Ankündigung durch Messungen vor Ort die Antragsdaten des Betreibers. Des Weiteren werden bundesweite öffentliche „Messaktionen“ durchgeführt.<sup>3</sup> Gemessen wird an 3 600 Orten. Die Auswahl der Messorte erfolgt zusammen mit den Ländern und Kommunen, um potenziell kritische Standorte zu berücksichtigen (Schulen, Kindergärten). Bei der anderen Hälfte werden Messorte nachgeprüft, die bei vorhergehenden Messungen die höchsten Werte aufwiesen.

Bisher wurden in den Jahren 1992, 1997 und 2 000 Messaktionen durchgeführt. Keine ergab Überschreitungen der Grenzwerte, die gemessenen Werte unterschreiten die erlaubten häufig um mehr als das Tausendfache. Nachmessungen tragen in der Bevölkerung wesentlich dazu bei, die Zuverlässigkeit des Verfahrens zu dokumentieren und erfüllen somit eine wichtige Funktion der Vertrauensgenerierung. In Bayern wurde im Juni 2002 eine eigene, umfangreiche Messkampagne gestartet, die ein landesweites Monitoring für EMF zum Ziel hat. Das bayerische Umweltministerium kommt damit den Forderungen der Mobilfunkgegner entgegen, die eine solche Kontrollmaßnahme fordern. Da in Bayern die Proteste gegen Antennenstandorte im bundesweiten Vergleich mit am größten sind, erscheint eine solche zusätzliche Maßnahme aus Sicht der Behörden sinnvoll.

### Grenzwerte

Die in der 26. BImSchV festgelegten Grenzwerte beruhen auf den Grenzwertempfehlungen der ICNIRP (ICNIRP 1998). Die Grenzwerte (vgl. Tabelle 10, S. 46) gelten in der gesamten Bundesrepublik. Die Gesetzgebungskompetenz liegt ausschließlich beim Bund. Länder und Kommunen können keine regional gültigen niedrigeren Grenzwerte festlegen. Vermieter von Antennenstandorten haben aber die Option, auf privatrechtlicher Ebene andere (niedrigere) Grenzwerte vertraglich auszuhandeln. In Städten wie Berlin, Freiburg, Nürnberg oder München wurde diese Möglichkeit von den Kommunalvertretungen diskutiert. In München sind die 10fach niedrigeren Schweizer Grenzwerte für öffentliche Gebäude vorgeschrieben worden. In der Folge rechnen die Betreiber mit Empfangslücken.

### Baurecht

Das Bundesrecht sieht eine Beteiligung Dritter bei der Errichtung von Mobilfunksendeanlagen nicht vor. Der Standort wird von einem Grundstücksgeber, auf dessen Anwesen bzw. Gebäude eine Funkanlage errichtet werden soll, an den Netzbetreiber nach privatrechtlichen Grundsätzen vermietet.

<sup>3</sup> Die Ergebnisse sind unter [www.regtp.de](http://www.regtp.de) abrufbar.

Einzig übergeordnete baurechtliche Regelungen können die Auswahl eines Standortes indirekt beeinflussen. Diese betreffen einerseits Raumordnungsfragen und Bebauungspläne, also z. B. die Frage, ob in Wohngebieten die gewerbliche Nutzung in Form einer Sendeanlage als Ausnahme zugelassen werden soll oder ob Belange des Denkmalschutzes zu beachten sind. Andererseits sind allgemeine Fragen der Statik, des Brandschutzes, etc. von Bedeutung. Letztere werden bei genehmigungspflichtigen Anlagen von der Bauaufsichtsbehörde geprüft und sind bei den immer häufiger auftretenden Standortkonflikten noch nicht relevant geworden. Die übrigen Regelungen des Baurechts gewinnen jedoch zunehmend an Bedeutung, da sie es den Kommunen ermöglichen, indirekt Steuerungsoptionen bei der Ansiedlung von Mobilfunkanlagen wahrzunehmen.<sup>4</sup> In Deutschland ist die Errichtung von Mobilfunksendeanlagen durch das Bauplanungsrecht (Bundesrecht) und das Bauordnungsrecht (Landesrecht) geregelt.

Nach den geltenden Landesbauordnungen sind Antennenanlagen unter zehn Metern Höhe genehmigungsfrei (in Hessen zwölf Meter). Die Kommune kann dennoch durch Planungsvorgaben Einfluss auf den Standort nehmen, wenn es sich bei der Anlage um ein Vorhaben mit „städtebaulicher Relevanz“ handelt. Dies ist von der Größe der Anlage und ihrer Integration in die Umgebung abhängig, z. B. davon, ob eine Antenne auf einem Hochhaus oder auf einem eingeschossigen Gebäude errichtet wird. Bei einer geringen Antennenhöhe von etwa zwei bis drei Metern ist eine städtebauliche Relevanz generell nicht gegeben.

Ist die Einflussnahme der Kommune aufgrund der oben genannten Rahmenbedingungen möglich, besteht die Option, im Rahmen der Flächennutzungsplanung bestimmte Gebiete als Standorte für Mobilfunksendeanlagen auszuweisen bzw. Ausschlussflächen festzulegen. Ein genereller Nutzungsausschluss ist jedoch nicht zulässig, vielmehr muss zugleich eine positive Flächenausweisung erfolgen. Um eine umfassende Versorgung mit Telekommunikation zu gewährleisten, sind die Einflussmöglichkeiten der Gemeinden durch die Ausweisung von Flächen faktisch stark begrenzt.

Flächen können von einer Kommune nicht mit der Begründung nach BauGB ausgeschlossen werden, die Anlage rufe schädliche Umwelteinwirkungen hervor. Werden die Bestimmungen der BImSchV und des Standortverfahrens eingehalten, liegen nach allgemeiner Rechtsauffassung solche Einwirkungen nicht vor. Im Einzelfall sind jedoch die baurechtlichen Vorschriften zur Gestaltung des Orts- und Landschaftsbildes zu berücksichtigen, und nur diese können zum Ausschluss bestimmter Flächen führen.

Das bedeutet in der Praxis, dass die Kommune die Errichtung einer Mobilfunkanlage untersagen kann, wenn ein „landschaftsschonender“ Alternativstandort zur Verfügung steht. Dabei sind die Belange der Mobilfunkbetreiber und die des Umwelt- und Naturschutzes, der Landschaftspflege sowie der Erhaltung des Orts- oder Stadtbildes gegeneinander abzuwägen. Bei solchen Überlegungen genießt nach

<sup>4</sup> Vgl. zum Thema Mobilfunk und Baurecht ausführlich die Ausführungen des Deutschen Städte- und Gemeindebundes (DStGB 2001, S. 23 ff.) sowie die Zusammenfassung des Informationszentrums Mobilfunk unter [www.izmf.de](http://www.izmf.de).

Tabelle 10

## Grenzwerte der 26. BImSchV

Frequenzband	Immissionsgrenzwert für die elektrische Feldstärke
900 MHz	41 (V/m)
1 800 MHz	58 (V/m)
2 000–300 000 MHz	61 (V/m)

Quelle: 26. BImSchV

Auffassung der Rechtsprechung prinzipiell die Rundfunkempfangs- und Informationsfreiheit des Einzelnen und damit der Aufbau einer flächendeckenden Infrastruktur Vorrang. Die Kommunen sind aufgrund ihrer Verpflichtung, bei der Daseinsvorsorge und der Schaffung einheitlicher Infrastrukturbedingungen mitzuwirken, in ihren Steuerungsmöglichkeiten auch hier eingeschränkt.<sup>5</sup> Die rechtlichen Voraussetzungen für das Ausweisen von Negativflächen mit dem Ziel, senderfreie Schutzzonen zu definieren, könnten einzig durch eine Änderung der jeweiligen Landesbauordnungen geschaffen werden.

Eine Mobilfunkanlage ist grundsätzlich in allen Baugebieten zulässig. Einzig in so genannten „reinen Wohngebieten“ ist eine Mobilfunkanlage nur aufgrund einer Befreiung erlaubt, wenn es sich, wie bei kleineren Anlagen, um eine so genannte Nebenanlage handelt. Auch dieser Genehmigungsvorbehalt stellt aber kaum ein echtes Steuerungsinstrument dar, weil eine Gemeinde die Erlaubnis nur aus bauplanungsrechtlichen Gründen, nicht aber etwa aus Gründen des vorsorgenden Gesundheitsschutzes verweigern kann. Für alle Baugebiete gilt, dass die Errichtung einer Antennenanlage eine genehmigungspflichtige Nutzungsänderung darstellen kann. Diese Auffassung wurde von der Rechtsprechung in jüngster Zeit mehrfach bestätigt (Baumann 2001a u. b). Beispielsweise kann die Errichtung einer Anlage auf einem Wohnhaus eine genehmigungspflichtige Nutzungsänderung darstellen, weil die ausschließliche Wohnnutzung in diesem Fall durch eine gewerbliche Nutzung ergänzt wird. Es bleibt abzuwarten, ob sich diese Auslegung bundesweit durchsetzt. Das Argument der Nutzungsänderung stellt aber keine Möglichkeit dar, einen Standort dauerhaft zu verhindern, denn wenn alle baurechtlichen Vorschriften und die Vorgaben der BImSchV eingehalten werden, müssen die lokalen Behörden eine Genehmigung erteilen. Durch die Genehmigungspflicht ergibt sich für die Kommunen der Vorteil, dass sie im Rahmen des Genehmigungsverfahrens frühzeitig über die Antennenstandorte der Betreiber informiert werden. Dieses formale Vorgehen wird daher zum Teil als positiv bewertet.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Vgl. dazu die Implikationen des Artikels 91a GG (Mitwirkung des Bundes bei Gemeinschaftsaufgaben).

<sup>6</sup> Das Bauministerium NRW plant einen Erlass, wonach für Antennen in Wohngebieten grundsätzlich eine Baugenehmigung erforderlich sein soll.

Genehmigungspflichten ergeben sich außerdem aus den landesrechtlichen Regelungen zum Denkmalschutz. Das heißt, dass gegebenenfalls die örtliche Denkmalbehörde ein entscheidendes Mitspracherecht beim Erteilen der Genehmigung besitzt.

#### Kennzeichnungspflicht für Endgeräte

Eine Kennzeichnungspflicht für Mobilfunk-Endgeräte besteht nicht. Stattdessen wurde ein freiwillig verwendbares Gütesiegel eingeführt. Die Hersteller haben sich darüber hinaus im Sommer 2001 freiwillig dazu bereit erklärt, die SAR-Werte (Spezifische Absorptionsrate) für jedes Gerät anzugeben.<sup>7</sup>

Die Diskussion um die Einführung eines Gütesiegels verläuft sehr kontrovers. Hersteller und Netzbetreiber befürchten, dass ein Siegel für „strahlungsarme Mobiltelefone“ zu mehr Intransparenz für die Verbraucher führt, da die Exposition situationsbezogen schwankt und darüber hinaus für GSM- und DCS-Netze andere Werte gelten.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) favorisiert die Einführung des Umweltzeichens „Blauer Engel“ und hat darüber seit Frühjahr 2002 mit den Endgeräte-Herstellern beraten (Bundesregierung 2002). Das so genannte „Öko-Label“ soll auf Basis des SAR-Wertes über die Exposition informieren. Die zuständige Jury „Umweltzeichen“ legte die Kriterien für die Vergabe des Siegels Mitte Juni 2002 fest. Danach sollen Mobiltelefone mit einem SAR-Wert von höchstens 0,6 W/kg ein Siegel tragen dürfen. Die Bewertungskriterien wurden nicht im Konsens mit den Herstellern erarbeitet.

Der Herstellerverband BITKOM beispielsweise hat angekündigt, keinen Antrag auf Erteilung eines „Blauen Engels“ zu stellen, da der SAR-Wert aus ihrer Sicht ein irreführendes Kriterium ist. Sie plädieren für die Einführung eines Qualitätssiegels, das auch die Empfangseigenschaften des Mobiltelefons berücksichtigt. Der SAR-Maximal-

<sup>7</sup> Dies geht nicht auf eine spezifisch deutsche Regelung zurück, sondern auf die Vereinbarung der Mitglieder des Mobile Manufacturers Forum, Alcatel, Ericsson, Mitsubishi Electric, Motorola, Nokia, Panasonic, Philips, Siemens und Sony. Die Hersteller haben sich freiwillig verpflichtet, ab 1. Oktober 2001 für alle neuen Mobiltelefon-Modelle die SAR-Werte zu veröffentlichen (vgl. dazu die Homepage des Branchenverbandes [www.mmfa.org](http://www.mmfa.org)).

wert besitze keine Aussagekraft hinsichtlich der Feldstärken während des Telefonierens. Diese werden beeinflusst von Empfangssituation, Wahl des Netzes, Handhaltung und Verwendung eines Headsets. Bei allen Mobiltelefonen liegt der Wert beim Telefonieren unterhalb des Maximalwertes und unterschreitet diesen nicht selten um das Hundertfache (Bitkom 2002; BMU 2002; Gneiting 2002). Aber auch wenn der zulässige Grenzwert von 2 W/kg (GSM, DCS: 1 W/kg) erreicht wird, bestehe nach wissenschaftlichen Untersuchungsergebnissen keine Gesundheitsgefahr. Die Bezeichnung „Umweltzeichen – weil strahlungsarm“ suggeriert nach Auffassung der Hersteller in unzutreffender Weise, dass von anderen Mobiltelefonen ein Risiko ausgeht.

Mobiltelefone mit einem für das Umweltzeichen ausreichenden SAR-Wert befinden sich bereits auf dem Markt. Das Bundesamt für Strahlenschutz hält eine Liste mit allen aktuell verfügbaren Geräten auf seiner Homepage abrufbar (<http://www.bfs.de/presse/index.htm>).

### Verhaltenshinweise

Persönliche Verhaltenshinweise von offizieller Seite zur Vorsorge bei EMF-Exposition wurden bisher vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) veröffentlicht. Die zuständige und dem BMU nachgeordnete Behörde empfiehlt in diversen Pressemitteilungen und Hinweisen,<sup>8</sup>

- beim Kauf eines Mobiltelefons auf einen geringen SAR-Wert zu achten;
- die Mobiltelefonate kurz zu halten und wenn möglich auf ein Festnetztelefon zurückzugreifen oder SMS statt Sprachtelefonie zu nutzen;
- nicht bei schlechtem Empfang zu telefonieren, um erhöhte Strahlungsleistung des Gerätes zu vermeiden;
- den Abstand zwischen Antenne und Kopf so groß wie möglich zu halten, z. B. durch Verwendung eines Headsets;
- im Auto Mobilfunk-Freisprecheinrichtungen mit Außenantenne zu installieren.

Besonders hohe Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit wurde der Empfehlung des BfS zuteil, Kinder von Mobilfunktelefonen weitgehend fernzuhalten, da diese sich noch in der Entwicklung befinden und deshalb gesundheitlich empfindlicher reagieren könnten. Einige Wissenschaftler kritisieren diese Äußerungen als unnötige Verunsicherung der Öffentlichkeit, da die festgelegten Grenzwerte nach Erkenntnissen der ICNIRP für alle Bevölkerungsgruppen ausreichend seien.

### Bedeutung des Vorsorgeprinzips

Ein Vorsorgeprinzip ist in Deutschland nicht gesetzlich verankert und stellt daher nur ein freiwillig zu berücksich-

tigendes Kriterium im Umgang mit EMF dar. Die politischen Verantwortlichen, insbesondere das Bundesumweltministerium, gehen in Bezug auf die Grenzwerte gemäß der aktuellen SSK-Empfehlung davon aus, dass hier der Vorsorgeaspekt ausreichend beachtet ist, und eine weitere Absenkung der Werte daher nicht erforderlich erscheint (Bundesregierung 2001). Auch in mehreren Gerichtsurteilen wurde in der Vergangenheit anerkannt, dass die ICNIRP-Grenzwerte einen ausreichenden Schutz der Bevölkerung gewährleisten.<sup>9</sup>

Grenzwerte stellen jedoch nicht die einzige Möglichkeit dar, Vorsorge zu betreiben. Die Deutsche Strahlenschutzkommission hat durch ihre Forderung, nach dem „Prinzip der Minimierung von Expositionen“ vorzugehen, zumindest informell eine wichtige Leitlinie aufgezeigt, um über die Grenzwertfestlegung hinausgehende Maßnahmen im Sinne einer Vorsorge zu rechtfertigen (SSK 2001, S. 16).

Zudem bestehen nicht selten auch technische Möglichkeiten zur weiteren Feldstärkeverringering unterhalb der bestehenden Grenzwerte. Einem weiteren Gedanken liegt u. a. die Berücksichtigung von Befürchtungen zugrunde, durch spätere Forschungsergebnisse könnten bei geringeren Emissionen beobachtete biologische Wirkungen, die bisher als gesundheitlich unbedenklich galten, größere Bedeutung erlangen.

### Konfliktfelder

#### Aktuelle Gerichtsentscheide

Das Bundesverfassungsgericht hat im Februar 2002 eine Beschwerde nicht angenommen, welche die Bewertung der EMF-Grenzwerte betraf. Ein Beschwerdeführer hatte gegen eine Mobilfunkanlage in der Nähe seines Grundstücks geklagt, von der seiner Ansicht nach gesundheitliche Schäden ausgehen. Das BVerfG begründete seine Entscheidung damit, dass zurzeit keine verlässlichen Erkenntnisse über die negativen Wirkungen von mobilfunkverursachten EMF vorliegen und die geltenden Grenzwerte nach allgemeinem Wissensstand einen ausreichenden Schutz gewährleisten.<sup>10</sup> Daher sei es eine politische und keine rechtliche Entscheidung, in einer solchen Situation angesichts noch ungeklärter Risiken Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen.

Eine Senkung der Grenzwerte in Deutschland durch eine Gerichtsentscheidung erscheint somit ausgeschlossen. Die Zuständigkeit besitzen der Deutsche Bundestag und die Bundesregierung, denen es obliegt, eine Gesamteinschätzung über das mögliche Risiko zu treffen und entsprechend darauf zu reagieren. Da das BMU erst Mitte 2001 der Empfehlung der Strahlenschutzkommission gefolgt ist und von einer Novellierung der BImSchV abgesehen hat, ist nur dann mittelfristig eine Veränderung der Grenzwerte zu erwarten, wenn neue und breit akzeptierte Forschungsergebnisse dies nahelegen.

<sup>8</sup> Vgl. die Pressemitteilungen des BfS sowie die Veröffentlichungen zum Thema Mobilfunk: Pressemitteilung 90 vom 7. Dezember 2001, Pressemitteilung 01 vom 15. Januar 2001, „Empfehlungen des Bundesamts für Strahlenschutz zum Telefonieren mit dem Handy“, o. J., abrufbar unter [www.bfs.de](http://www.bfs.de).

<sup>9</sup> Vgl. Entscheidung des BVerfG 1 BvR 1676/01 vom 28. Februar 2002, Absatz-Nr. (1–20).

<sup>10</sup> Vgl. Entscheidung des BVerfG 1 BvR 1676/01 vom 28. Februar 2002, Absatz-Nr. (1–20) sowie BVerfG (2002).

### Standortsuche

Die Suche nach neuen Standorten für UMTS-Antennenanlagen entwickelt sich in Deutschland mehr und mehr zu einem Hauptkonfliktfeld des EMVU-Diskurses. Zwar liegen keine offiziellen Statistiken dazu vor, bei welchem Anteil der Antennenanlagen Protestaktionen von Bürgerinitiativen durchgeführt werden, eine Auswertung der Medienberichterstattung (Büllingen et al. 2002) weist jedoch darauf hin, dass vor allem in den südlichen Bundesländern die zunehmende Kritik eine erhebliche Behinderung des Netzausbaus darstellt. Mehr und mehr sind auch in Ländern wie Nordrhein-Westfalen, Hessen und Rheinland-Pfalz Protestaktionen zu beobachten.

Es besteht keine Verpflichtung für die Betreiber, die Kommunen oder die Bürger über ihre Netzplanung zu informieren oder sie einzubeziehen. Das Verhalten der Unternehmen, Antennenstandorte einzig nach wirtschaftlich-technischen Kriterien auszuwählen und die Fragen der Bevölkerung zu potenziellen Gesundheitsgefährdungen nicht zu berücksichtigen, ist ein Hauptgrund für Konflikte. Die Bürger werden mit den Anlagen konfrontiert, ohne dass Ansprechpartner vonseiten der Betreiber oder der lokalen Behörden zur Verfügung stehen bzw. ohne dass eine demokratische Beteiligung am Entscheidungsprozess möglich ist. Das damit verbundene Empfinden des „Ausgeliefertseins“ hat erheblich zu einer Verhärtung der Fronten beigetragen. Mittlerweile wurden Schritte unternommen, die Kommunen, und damit indirekt auch die Anwohner in der Nähe eines neuen Standortes, freiwillig an der Netzplanung zu beteiligen (vgl. Verbändevereinbarung 2001). Da mit entsprechenden Prozessen erst Anfang 2002 begonnen wurde, fehlen noch konkrete Erkenntnisse über den Erfolg dieser Maßnahmen, die ersten Schritte werden allerdings von allen Seiten positiv beurteilt.

Die für die Städte und Gemeinden unbefriedigenden Gestaltungsmöglichkeiten bei der Netzplanung haben inzwischen dazu geführt, dass die kommunalen Spitzenverbände und die Betreiber eine Vereinbarung geschlossen haben, die eine bessere Kooperation bei der Standortwahl gewährleisten soll (vgl. Kapitel VI.3). Ziel ist es, die Kommunen unbürokratisch und rasch an den Entscheidungsprozessen zu beteiligen. Sie können auf diese Weise dem wachsenden Unmut über den Aufbau von Antennen in der Bevölkerung begegnen und stehen den Protesten nicht mehr als unbeteiligte Akteure mit sehr eingeschränkten Mitspracherechten gegenüber.

Die alternative formal rechtliche Lösung, eine Einordnung einer Mobilfunkanlage als genehmigungspflichtige Nutzungsänderung, ist deshalb problematisch, weil dadurch die Baugenehmigungsbehörden mit einem hohen zusätzlichen Verwaltungsaufwand belastet würden. Dagegen spricht aber aus Sicht des Deutschen Städte- und Gemeindebundes vor allem, dass durch Baurechtsänderungen den gesundheitlich begründeten Einwänden der Bevölkerung gegen Antennen nicht Rechnung getragen würde.

Kann der Mobilfunkbetreiber die Standortbescheinigung für die in Rede stehende Mobilfunkanlage vorweisen, hat die Kommune keine Möglichkeit, aus Gründen des (Gesundheits-)Schutzes der Bevölkerung die Aufstellung eines Sendemastes zu untersagen. Vor allem kann weder von der Gemeinde noch von einzelnen Bürgern ein Verstoß gegen das Rücksichtnahmegebot (vgl. § 15 BauNVO) wegen einer möglichen Gesundheitsgefährdung geltend gemacht werden. Auch in der Rechtsprechung wird ohne Ausnahme die Auffassung vertreten, dass bei Einhaltung der Sicherheitsabstände – wie sie von der Standortbescheinigung der RegTP bescheinigt wird – keine Gesundheitsgefährdung zu befürchten ist. Klagen haben daher keine Aussicht auf Erfolg, selbst dann nicht, wenn der Kläger im Einzelfall beweist bzw. beweisen will, dass er gesundheitliche Beeinträchtigungen durch den Betrieb einer Mobilfunkanlage erleidet (DStGB 2001, S. 19).

### 2.1.2 Wichtige Akteursgruppen und ihre Ziele

Wie in anderen europäischen Ländern sind auch in Deutschland sowohl die Mobilfunkgegner, die sehr weit reichende Forderungen formulieren, als auch Kritiker, die sich nicht grundsätzlich gegen drahtlose Kommunikation richten, aber eine stärkere Beteiligung am Netzaufbau einfordern, in zahlreichen lokalen Bürgerinitiativen organisiert (vgl. Tabelle 11). Die „Bürgerwelle“ ist der aktivste und bekannteste Verein, er versteht sich als Dachverband für alle Bürgerinitiativen zum Thema „Elektrosmog“ und vertritt nach eigenen Angaben rund 50 000 Personen.

Hauptforderung der Bürgerinitiativen ist der Stopp des Ausbaus bzw. der Rückbau der Mobilfunknetze, bis die Risiken von EMF vollständig geklärt sind. Darin werden sie von einigen Wissenschaftlern unterstützt, z. B. vom Zentrum für Public Health Forschung (Universität Bremen) oder dem Ecolog-Institut u. a. Gemäßigtere Gruppen plädieren für die Beibehaltung der Mobilfunknetze, erwarten aber von den Betreibern einen Verzicht auf Standorte in Wohngebieten und darüber hinaus eine Senkung der Grenzwerte in den Bereich von Milliwatt bzw. sogar Mikrowatt pro Quadratmeter ( $\text{mW/m}^2$  bzw.  $\mu\text{W/m}^2$ ) sowie eine Umkehrung der Beweislast, bevor der Netzausbau fortgesetzt wird.

Der BUND und viele Baubiologen schließen sich ebenfalls dieser Grenzwert-Forderung an. Andere institutionalisierte Umwelt- und Verbraucherschutzverbände engagieren sich stark in der Diskussion, indem sie Informationen veröffentlichen und sich an Anhörungen beteiligen (z. B. VZBV, Landesverbraucherzentralen). Viele lokale Konflikte kreisen um die Tatsache, dass Kirchengebäude zunehmend als Antennenstandorte dienen. Folglich sind auch Kirchengemeinden und die Kirchenverbände mittlerweile in die Debatte involviert.

Tabelle 11

**Wichtige Akteursgruppen in Deutschland**

Kommunen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– kommunale Spitzenverbände: Deutscher Städte- und Gemeindebund, Deutscher Städtetag, Deutscher Landkreistag</li> <li>– Städte, Landkreise, Gemeinden (Umweltämter, Rechtsabteilungen, Gewerbeaufsicht)</li> </ul>
Ministerien und Behörden	<ul style="list-style-type: none"> <li>– BM für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)</li> <li>– Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)</li> <li>– BM für Wirtschaft und Technologie (BMW)</li> <li>– Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP)</li> <li>– Landesumweltministerien</li> </ul>
Fachgremien und Forschungsinstitute	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Strahlenschutzkommission (SSK)</li> <li>– Ecolog, Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung</li> <li>– Öko-Institut</li> <li>– Universitätsinstitute, z. B.: Bremer Institut für Präventionsforschung und Sozialmedizin, Zentrum für Public Health Forschung, Prof. Dr. Frentzel-Beyme; Zentrum für Elektropathologie, Universität Witten/Herdecke, Prof. Dr. David; Humboldt Universität Berlin, Institut für Biologie, Experimentelle Biophysik, Prof. Dr. em. Glaser; Johannes-Gutenberg-Universität, Klinikum in Mainz, Prof. Dr. Michaelis; RWTH Aachen, Forschungszentrum für Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (FEMU), Prof. Dr. Silny (u. a.)</li> </ul>
Betreiber und Hersteller	<ul style="list-style-type: none"> <li>– T-Mobile, E-Plus, D2 Vodafone, O2, Quam, MobilCom</li> <li>– Informationszentrum Mobilfunk (IZMF)</li> <li>– Forschungsgemeinschaft Funk (FGF)</li> <li>– Siemens AG</li> <li>– BITKOM Arbeitskreis „Mobilfunktechnik und Gesundheit“</li> </ul>
Umwelt- und Verbraucherschutzverbände	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verbraucherzentrale Bundesverband (VZBV)</li> <li>– Landesverbraucherzentralen</li> <li>– Bundesärztekammer</li> <li>– Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz (BBU)</li> <li>– Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)</li> <li>– Kirchenverbände</li> <li>– Berufsverband Deutscher Baubiologen e. V. (VDB)</li> </ul>
Bürgerinitiativen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bürgerwelle</li> <li>– lokale Gruppen (ca. 1 300)</li> </ul>

Quelle: nach Büllingen/Hillebrand 2002, S. 37

Betrachtet man die Berichterstattung in den Medien, gewinnt man den Eindruck, dass die EMVU-Problematik zu einem Thema lokaler, parteipolitischer Interessen geworden ist. Brennpunkte bilden beispielsweise die Städte Freiburg, Regensburg, München und Berlin. In diesen Orten plädieren die Verantwortlichen für niedrigere Grenzwerte (Berlin) und sprechen sich generell gegen die Vermietung öffentlicher Gebäude für Antennen aus (München).

Eine Zuordnung von Forderungen zu Parteien lässt sich kaum vornehmen. Eine Ausnahme bildet die PDS, die so-

wohl auf Bundes- und Landesebene als auch in den Kommunen die weitreichendsten Forderungen nach Schutzmaßnahmen stellt. Auf Bundesebene haben alle im 14. Deutschen Bundestag vertretenen Parteien Ansprechpartner für das Thema benannt und sind zum Teil durch Anfrage bzw. in Anhörungen aktiv geworden.

Die zuständigen Behörden wie BfS und SSK sowie innerhalb ihres Zuständigkeitsbereichs auch die RegTP informieren verstärkt die Bevölkerung über mögliche EMF-Risiken und über ihre Aufgaben im Rahmen der Vorsorgemaßnahmen.

Auch das BMU sowie die Bundesregierung haben im Rahmen ihres „Bürgerdialogs Elektromog“ schon mehrfach in Pressemitteilungen auf das Thema aufmerksam gemacht. Im Vergleich zu den Aktionen der Mobilfunkgegner und ihren sehr detaillierten Websites sind die Informationskampagnen der Behörden und auch der Netzbetreiber jedoch weniger präsent.

Bis 2001 war das Informationsangebot vonseiten der Betreiber äußerst gering, wenn auch seit Jahren die „Forschungsgemeinschaft Funk“ um die wissenschaftliche Erforschung der Wirkungen um EMF bemüht war. Diese Aktivitäten richteten sich jedoch weitgehend an Fachleute. Um diesem Defizit abzuwehren, haben sich alle sechs UMTS-Lizenznehmer sowie ein weiterer Mobilfunkanbieter im „Informationszentrum Mobilfunk“ (IZMF) zusammengeschlossen. Seit 2001 können Interessierte von einer Homepage der Organisation aktuelle Meldungen zu EMVU abrufen. Das Zentrum veranstaltet außerdem im Rahmen einer Dialogoffensive Hintergrund-Gesprächsrunden, Schulungen für Mediatoren und Workshops.

### 2.1.3 Aktivitäten des Parlaments

Das Thema „EMVU“ war in der 14. Legislaturperiode mehrfach Gegenstand einer parlamentarischen Befassung:

- Oktober 2000/April 2001: Kleine Anfrage der Abgeordneten Gerhard Jüttemann u. a. und der Fraktion der PDS „Schutz vor Mobilfunk-Strahlung“ (Bundestagsdrucksache 14/5418), Antwort der Bundesregierung (Bundestagsdrucksache 14/5874)
- April 2001/Januar 2002: Große Anfrage der Abgeordneten Ilse Aigner, Dr. Christian Ruck u. a. und der Fraktion der CDU/CSU „Auswirkungen elektromagnetischer Felder, insbesondere des Mobilfunks“ (Bundestagsdrucksache 14/5848), Antwort der Bundesregierung (Bundestagsdrucksache 14/7958)
- Juli 2001: Deutscher Bundestag, Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Anhörung „Mobilfunk“ am 2. Juli 2001, Protokoll 14/63
- Oktober 2001: Antrag der Abgeordneten Gerhard Jüttemann u. a. und der Fraktion der PDS „Mobilfunkstrahlung minimieren – Vorsorge stärken“ (Bundestagsdrucksache 14/7120)
- November 2001: Antrag der Abgeordneten Ilse Aigner u. a. und der Fraktion der CDU/CSU „Mobilfunkforschung und Information vorantreiben“ (Bundestagsdrucksache 14/7286)
- Februar/März 2002: Kleine Anfrage der Abgeordneten Birgit Homburger, Detlef Parr u. a. und der Fraktion der FDP „Ökolabel für Handys“ (Bundestagsdrucksache 14/8308), Antwort der Bundesregierung (Bundestagsdrucksache 14/8501)
- März 2002, Antrag der Fraktionen SPD und Bündnis 90/Die Grünen „Vorsorgepolitik für gesundheitsverträglichen Mobilfunk“ (Bundestagsdrucksache 14/8584) (vom Forschungsausschuss beschlossen am 17. April 2002)

Durch ihre Anfrage hat die PDS zum Problembereich „Schutz vor Mobilfunkstrahlung“ den Vorsorgeaspekt in den Mittelpunkt gestellt und die Bundesregierung dazu be-

fragt, welche Konsequenzen sie aus Studienergebnissen zu den Risiken von EMF zieht.<sup>11</sup> In ihrer Antwort betont die Bundesregierung, dass die zurzeit vorliegenden Untersuchungsergebnisse umstritten sind und aus diesem Grund das Ableiten von konkreten Maßnahmen nur schwer möglich ist. Die Bundesregierung orientiert sich an den Empfehlungen der Strahlenschutzkommission sowie der ICNIRP.

Umfangreiche Ausführungen über die geplanten Maßnahmen der Bundesregierung sowie eine Begründung für das Festhalten an den bestehenden Grenzwerten sind darüber hinaus in der Antwort auf die Große Anfrage der CDU/CSU-Fraktion vom Januar 2002 enthalten. Diese gibt den derzeitigen Stand der Maßnahmen auf Bundesebene in Deutschland wieder und orientiert sich in ihrer übrigen Argumentation stark an dem aktuellen Bericht der Strahlenschutzkommission. Eine Ergänzung finden die Ausführungen in der Antwort auf die Anfrage der FDP-Fraktion zu dem Thema „Gütesiegel für Handys“. Darin erläutert die Bundesregierung, dass sie auf bewährte Verbraucherschutz-Siegel aufbauen und bei der Maßnahmenplanung weiterhin auf Freiwilligkeit und Selbstregulierung setzen will.

Zur Klärung der bestehenden Fragen zum Gesundheitsschutz im Zusammenhang mit mobilfunkverursachten EMF fand im Juli 2001 eine öffentliche Anhörung vor dem Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit statt. Die Ergebnisse haben entscheidend dazu beigetragen, von einer Novellierung der BImSchV abzusehen und insbesondere keine Absenkung der Grenzwerte zu diesem Zeitpunkt zu forcieren. Im Vorfeld hatten Abgeordnete der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen, aber auch der FDP-Bundestagsfraktion<sup>12</sup> Handlungsbedarf angemahnt und weit gehende Schritte gefordert (u. a. niedrigere Grenzwerte, Vorsorgemaßnahmen für Kinder und Jugendliche). Zum Teil sind diese Forderungen heute in Form von Maßnahmenkatalogen umgesetzt.

Das Bundesumweltministerium hatte geplant, die Vorsorge bezüglich möglicher Gesundheitsgefahren durch Mobilfunk zu intensivieren. Eine Verschärfung der Grenzwerte sowie weitere Maßnahmen, die zu Einschränkungen des Netzausbaus geführt hätten, stießen jedoch auf starke Proteste der Betreiber, die ihre Investitionspläne in UMTS-Technologie gefährdet sahen. Um einen Interessenausgleich zwischen der besorgten Bevölkerung und den Zielen der Unternehmen herbeizuführen, wurde im Sommer 2001 dem Staatsminister im Kanzleramt, Hans Martin Bury, die Koordination der EMVU-Debatte übertragen („Bury-Runde“). Unter seiner Leitung wurde eine „Selbstverpflichtung der Anbieter“<sup>13</sup> ausgehandelt, die in der Konsequenz dazu führte, dass von einer Senkung der Grenzwerte und anderen gesetzlichen Maßnahmen abgesehen wurde. Mit der „Selbstverpflichtung“, dem „Aktionsprogramm der Bundesregierung“ und der „Vereinbarung zwischen den kommunalen Spitzenverbänden und den Betreibern“ ist ein Maßnahmenpaket entstanden, mit dem die wichtigsten Konfliktpunkte aufgegriffen und Lösungen vorgeschlagen werden. Diese Maßnahmen werden seit Anfang 2002 umgesetzt.

<sup>11</sup> Vgl. die vom bayerischen Umweltministerium in Auftrag gegebene „Rinderstudie“ (Wuschek 2000).

<sup>12</sup> Vgl. u. a. die Pressemitteilungen von Gudrun Kopp, Verbraucherpolitische Sprecherin der F.D.P.-Bundestagsfraktion vom 19. Juli 2001 und 1. August 2001.

<sup>13</sup> Vgl. Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber (2001).

### 2.1.4 Aktuelle Planungen und künftige Entwicklungstrends

Die zurzeit zentrale Aufgabe für alle Beteiligten ist die Umsetzung der auf freiwilliger Basis vereinbarten Maßnahmen. Es zeichnet sich ab, dass die drei Eckpunkte – Selbstverpflichtung der Anbieter, Verbändevereinbarung, Aktionsprogramm der Bundesregierung – erste Erfolge mit sich bringen. Für eine Zwischenbilanz ist es jedoch noch zu früh, da die meisten der Maßnahmen – insbesondere die Kooperation bei der Standortwahl – erst Anfang 2002 gestartet wurden, und über ihre konkrete Umsetzung jetzt vor Ort noch verhandelt wird.

#### Selbstverpflichtung der Anbieter<sup>14</sup>

In dem Papier von 2001 erklären sich alle sechs auf dem deutschen Markt aktiven Mobilfunknetzbetreiber zu folgenden Maßnahmen bereit:

- Kooperation mit den Kommunen bei der Standortsuche für Antennen, gemeinsame Nutzung von Antennenstandorten, alternative Standortprüfung bei Kindergärten und Schulen;<sup>15</sup>
- Verbraucherinformationen zu Mobiltelefonen, u. a. Konzeption eines Gütesiegels, Veröffentlichung der SAR-Werte;
- im Zeitraum von 2002 bis 2005 Beteiligung an der Forschungsförderung des BMU in der Höhe von 8,5 Mio. Euro;
- Aufbau eines EMF-Messmonitoring und Ausweitung des bestehenden Immissionsmessprogramms.

Die Mobilfunkanbieter sind bestrebt, auf freiwilliger Basis die Kooperation mit den Kommunen zu verbessern. Standortdebatten verzögern heute den Netzaufbau massiv und Einigungsprozesse sind daher dringlich. Die Betreiber bieten an, die beteiligten Städte und Gemeinden frühzeitig über ihre Netzplanungen zu informieren und Einwände der Kommunen gegen bestimmte Standorte zu berücksichtigen. Innerhalb von acht Wochen können alternative Standorte vorgeschlagen werden. Diese werden dann auf die wirtschaftliche und technische Machbarkeit geprüft. Ziel ist, eine Konsenslösung für die lokale Netzplanung zu finden. Es ist vorgesehen, dass die Kommunen eigene Immobilien vermieten und dadurch die Betreiber bei der Standortsuche unterstützen. Um dazu einheitliche Bedingungen zu schaffen, erarbeitet der Deutsche Städte- und Gemeindebund derzeit Musterverträge.<sup>16</sup> Darüber hinaus sollen bis Ende 2002 gemeinsame „Leitlinien für die Standortauswahl“ erarbeitet werden, die den Kommunen und Betrei-

bern als Richtlinie für die Umsetzung der Vereinbarung vor Ort dienen sollen.

Die Kommune wird außerdem über die Inbetriebnahme der Sendeanlagen informiert. Dies erfolgt zusätzlich zu der vorgeschriebenen Meldung an die zuständigen Behörden. Außerdem wird eine Standortdatenbank<sup>17</sup> gemeinsam mit der Regulierungsbehörde aufgebaut, die die notwendigen Daten zu allen Standorten enthält. Aus Datenschutzgründen stehen diese Informationen ausschließlich den Kommunen und nicht der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung. Bürger, die ein berechtigtes Interesse nachweisen können – z. B. weil sie Anwohner sind – können jedoch nach wie vor von der RegTP Standortinformationen erfragen.<sup>18</sup> Der eingeschränkte Zugang zu den Standortinformationen scheint sich zu einem neuen Kernpunkt der EMVU-Kontroverse zu entwickeln.

Besonders umstritten in der Bevölkerung sind Standorte in der Nähe von Kindergärten und Schulen. Die Betreiber haben sich bereit erklärt, den Einwänden Rechnung zu tragen und vorrangig andere Standorte zu prüfen. Die Errichtung von solchen Schutzzonen ist in vielfacher Hinsicht problematisch. Zum einen weisen Mobilfunkkritiker darauf hin, dass Kinder und Jugendliche sich in diesen Einrichtungen nur eine begrenzte Zeit aufhalten und ein besonderer Schutz in der Wohnumgebung und ähnlichen Bereichen dadurch nicht gewährleistet ist. Zum anderen entsteht durch die Errichtung besonderer Zonen der Eindruck, die bestehenden Grenzwerte seien nicht ausreichend, um bestimmte Bevölkerungsgruppen vor Gesundheitsgefahren zu schützen. Alternative Standortprüfungen führen daher nicht uneingeschränkt zu einem stärkeren Sicherheitsempfinden, sondern bergen das Risiko in sich, dass das Misstrauen gegenüber gesetzlich festgelegten Grenzwerten wächst. Darüber hinaus erscheint die technische Realisierbarkeit von Schutzzonen um Schulen und Kindergärten, die etwa 100 Meter betragen sollen, zweifelhaft. Physikalisch gesehen wäre aufgrund der charakteristischen Abstrahlung einer Antenne ein Standort auf Schulen etc. zu wählen, da dann die Einrichtung im „Schatten“ der Sendekegel läge. Eine solche Maßnahme ist aber kaum zu verwirklichen, da sie auf Akzeptanzhemmnisse stößt.<sup>19</sup>

Umstritten ist auch die Einführung des Gütesiegels, welches die Netzbetreiber in ihrer Selbstverpflichtungserklärung zugesagen. Die Endgeräte-Hersteller wenden sich gegen ein solches Siegel, da es ihrer Auffassung nach zu mehr Intransparenz und Verunsicherung unter den Verbrauchern führt. Der Maximalwert lässt keine Aussage über den SAR-Wert beim Telefonieren zu. Aufgrund der Eigenschaft der Geräte, bei schlechtem Empfang die Leistung anzupassen (dynamische Leistungsregelung), können Nutzer von Mobiltelefonen mit niedrigem SAR-Wert einer potenziell höheren Belastung ausgesetzt sein als Mobiltelefonierer, die ein Gerät mit höherem SAR-Wert besitzen.<sup>20</sup>

<sup>14</sup> Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber (2001): Maßnahmen zur Verbesserung von Sicherheit und Verbraucher-, Umwelt- und Gesundheitsschutz, Information und vertrauensbildende Maßnahmen beim Ausbau der Mobilfunknetze der Unternehmen DeTeMobil Deutsche Telekom Mobilnet GmbH, E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG, Mannesmann Mobilfunk GmbH, MobilCom Multimedia GmbH, Quam Group 3G UMTS GmbH, VIAG Interkom GmbH & Co.

<sup>15</sup> Ebenfalls mit den Verbänden vereinbart.

<sup>16</sup> Abrufbar unter [www.dstgb.de](http://www.dstgb.de).

<sup>17</sup> Im Regelbetrieb seit Juni 2002 unter <http://bo2005.regtp.de/> (nur für autorisierte Nutzer).

<sup>18</sup> Zum Beispiel Standort und Sicherheitsabstand, nicht jedoch Daten, die Geschäftsgeheimnisse von Unternehmen betreffen.

<sup>19</sup> Die Stadt Duisburg plant jedoch, Antennen auf diesen „sensiblen“ Orten anzubringen, damit diese im „Schatten“ der Abstrahlleistung liegen.

<sup>20</sup> Unter prinzipieller Einhaltung der Grenzwerte.

### Verbändevereinbarung<sup>21</sup>

Jenseits einer Novellierung des Bundesimmissionschutz- oder des Baurechts stellt eine freiwillige Vereinbarung für die rund 14 000 Kommunen die einzige Möglichkeit dar, auf die Funknetzplanung Einfluss zu nehmen. Für die Betreiber besitzt die Vereinbarung den strategischen Vorteil, dass die Kommunen in die Standortkonflikte als Vermittler eingeschaltet werden können.

Die kommunalen Spitzenverbände in Deutschland haben zusammen mit den Betreibern die so genannte „Verbändevereinbarung“ (2001) ausgehandelt, in deren Mittelpunkt die Beteiligung der Kommunen bei der Standortwahl steht. Dieses Vorgehen beinhaltet Vorteile für beide Seiten. Für die Betreiber ergibt sich daraus eine verbesserte Kalkulierbarkeit beim UMTS-Netzausbau, und die Kommunen können auf die Planung Einfluss nehmen, ohne dass durch bürokratisierte und langwierige Genehmigungsverfahren zusätzlicher Verwaltungsaufwand entsteht.

Die Umsetzung der Vereinbarung ist Anfang 2002 angelaufen. Betroffen sind alle Anlagen, bei denen die Mietverträge nach dem 30. September 2001 abgeschlossen wurden. Grundsätzlich können die Kommunen innerhalb von acht Wochen nach Bekanntgabe des geplanten Standorts durch die Betreiber eine Alternative vorschlagen, die die Unternehmen vorrangig prüfen. Dabei ist die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit ausschlaggebend. Sollte der von der Kommune präferierte Standort nicht realisierbar sein, wird gemeinsam nach einer einvernehmlichen Lösung gesucht. Erste Erfahrungen mit dem Verfahren werden von beiden Seiten als positiv bewertet.

Die Umsetzung der Verbändevereinbarung obliegt den Kommunen vor Ort, die autonom agieren und von den Spitzenverbänden nicht auf die Einhaltung der Vereinbarung verpflichtet werden können. Alle Kommunen wurden Anfang 2002 von den Netzbetreibern angeschrieben und auf die Kooperationsmöglichkeiten bei der Standortsuche aufmerksam gemacht. Die Verbände haben Informationen an ihre Mitglieder verteilt und stellen bei Bedarf Bundesbeauftragte als Clearingstelle zur Verfügung, die auf übergeordneter Ebene mit Regionalbeauftragten der Betreiber verhandeln können. Die Betreiber haben ebenfalls Ansprechpartner für besonders problematische Fälle benannt. Bisher mussten diese Stellen, die als eine Art „Mediatoren“ agieren sollen, noch nicht aktiv werden. Erfahrungsgemäß fehlt es vor allem den kleineren Gemeinden an fachlichem Know-how. Der Deutsche Städte- und Gemeindebund sieht daher in der Vereinbarung und den damit zusammenhängenden Informationsaktivitäten eine wichtige Maßnahme, um diese Kommunen zu unterstützen.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> Vereinbarung über den Informationsaustausch und die Beteiligung der Kommunen beim Ausbau der Mobilfunknetze zwischen Deutscher Städtetag, Deutscher Landkreistag, Deutscher Städte- und Gemeindebund und Detemobil Deutsche Telekom Mobilnet GmbH, E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG, Mannesmann Mobilfunk GmbH, Mobilcom Multimedia GmbH, Quam Group 3G, Viag Interkom GmbH & Co.

<sup>22</sup> Vermutlich sind es beim UMTS-Ausbau die größeren Städte, die zuerst mit den Problemen der Standortsuche konfrontiert werden, weil aufgrund der Lizenzverpflichtung der Betreiber bezüglich des Versorgungsgrades der Bevölkerung hier der UMTS-Netzausbau beginnt. Nach Einschätzung der Betreiber werden kleinere Kommunen frühestens in drei bis vier Jahren mit diesen Fragen beschäftigt sein. Sie waren aber in der Vergangenheit häufiger als die Städte wegen der GSM/DCS-Netzerweiterungen von Standortfragen betroffen. Da diese jedoch beinahe abgeschlossen ist, dürften Konflikte in diesen Regionen eher zurückgehen.

### Vorsorgemaßnahmen der Bundesregierung

Die Vorsorgemaßnahmen der Bundesregierung im Bereich Mobilfunk, veröffentlicht im Dezember 2001 (Bundesregierung 2001), basieren weitgehend auf der freiwilligen Selbstverpflichtung der Betreiber sowie der Verbändevereinbarung. Während letztere ohne Beteiligung des Bundes ausgearbeitet wurde, beruht die Selbstverpflichtung auf Gesprächen, die federführend vom Bundeskanzleramt geleitet wurden. Die Erklärungen der Betreiber bilden die Grundlage dafür, dass die Bundesregierung von weiteren Gesetzesvorhaben im Bereich EMVU zunächst absieht. Sie selbst will ihre Aktivitäten auf folgende Bereiche konzentrieren:

- Intensivierung der Forschung: Das BMU (8,5 Mio. Euro, Wirkungsforschung), das BMWi (5 Mio. Euro, technische Regulierungsfragen beim Aufbau der UMTS-Netze) und das BMBF (7 Mio. Euro, Förderung emissionsmindernder Technologien) tragen in erheblichem Umfang zur Forschung auf unterschiedlichen Gebieten bei (insgesamt 20,5 Mio. Euro im Zeitraum von 2002 bis 2005, zzgl. 8,5 Mio. Euro der Betreiber);
- Einrichtung einer Standort-Datenbank für die Kommunen durch die RegTP;
- mehr Informationsaktivitäten für die breite Öffentlichkeit, insbesondere bei konkreten Vorhaben.

Die Forschungsaktivitäten werden im Wesentlichen durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) koordiniert. An einem „Runden Tisch“ wurde im Frühjahr 2002 mit ausgewählten Fachleuten aus Verwaltung und Wissenschaft ein Konzept erarbeitet, um einen hohen Qualitätsstandard der Studien zu gewährleisten. Der Beitrag der Forschungsarbeiten zu mehr Transparenz und damit auch Akzeptanz beim Thema EMVU wird vor allem davon abhängen, ob es gelingt, die gesetzten Anforderungen zu erfüllen und die Ergebnisse laiengerecht zu kommunizieren. Nach zwei Jahren ist vonseiten des Bundes eine Gesamtevaluation des Aktionsprogramms sowie implizit der Selbstverpflichtung sowie der Verbändevereinbarung geplant.

### 2.2 Europäische Union

Die Hauptaktivitäten der Europäischen Kommission im Bereich Mobilfunk konzentrieren sich auf die Realisierung eines harmonisierten Binnenmarktes und folglich auf den Abbau von Handelshemmnissen sowie auf die Kontrolle von wettbewerbswidrigem Verhalten. Zu der Gestaltung einheitlicher Rahmenbedingungen gehört auch ein homogenes EMF-Grenzwertniveau sowie die Abstimmung von weiteren Maßnahmen zur Gesundheitsvorsorge in der Bevölkerung. Zu beiden Punkten hat die Kommission Schritte eingeleitet.

#### EMF-Grenzwert-Empfehlung des Rates

Der Rat der Europäischen Union veröffentlichte im Jahr 1999 eine Empfehlung zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 bis 300 GHz).<sup>23</sup> Ziel dieser Verlautbarung ist es, den EU-Mitgliedsländern ein Höchstniveau der Grenzwerte

<sup>23</sup> Vgl. ABl. EG Nr. L 199 v. 30. Juli 1999, S. 59.

vorzugeben und so zur Gewährleistung eines einheitlichen Gesundheitsschutzes auf Gemeinschaftsebene beizutragen. Der Ministerrat anerkennt die Notwendigkeit, die Bevölkerung vor nachweislich gesundheitsschädlichen Wirkungen nicht ionisierender Strahlung zu schützen. Neben spezifischen Vorschriften für den Gesundheitsschutz von Arbeitnehmern<sup>24</sup> sind daher aus seiner Sicht auch Maßnahmen zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung erforderlich, insbesondere für Bereiche, in denen sich Menschen längere Zeit aufhalten.

Die vom Rat empfohlenen Grenzwerte richten sich nach den international anerkannten ICNIRP-Werten. Der Ministerrat hält die in den ICNIRP-Werten abgebildeten Vorsorgewerte nach dem jetzigen Stand der Forschung für ausreichend. Diesen Standpunkt hat ein von der Europäischen Kommission beauftragtes Forschungskomitee, das Committee on Toxicity, Ecotoxicity und the Environment (CSTEE), in einem Review der Ergebnisse aktueller Studien bestätigt (CSTEE 2001).

Nach Ansicht des Rates sind die empfohlenen Werte aber im Hinblick auf Störprobleme bei medizinischen Implantaten wie Herzschrittmachern eventuell nicht ausreichend. Für diese sollten in den Mitgliedsländern jeweils zusätzliche Maßnahmen getroffen werden. Weitere Empfehlungen an die Länder lauten, Informationen für die Bevölkerung über den Schutz vor EMF bereitzustellen und die Forschungsanstrengungen über mögliche gesundheitliche Auswirkungen zu intensivieren.

Auch wenn die Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips in der EU-Empfehlung einerseits ausdrücklich gefordert wird, weist der Rat andererseits darauf hin, dass die Maßnahmen gegenüber Aspekten auf dem Gebiet der Gesundheit, der Sicherheit am Arbeitsplatz und der öffentlichen Sicherheit abzuwägen seien und die Bedeutung EMF-erzeugender Technologien für die allgemeine Lebensqualität zu berücksichtigen ist. In der Praxis bedeutet dies, dass der Vorsorgeaspekt auf europäischer Ebene nicht per se Vorrang vor anderen – etwa volks- oder betriebswirtschaftlichen – Überlegungen genießt.

### **Das Vorsorgeprinzip aus Sicht der Europäischen Kommission**

Das Prinzip der Vorsorge wird in der Politik nicht nur im Bereich EMF kontrovers diskutiert. Ob überhaupt und in welcher Form Maßnahmen zur Vorsorge getroffen werden sollten, ist umstritten, da diese im internationalen Kontext mit dem Grundsatz des freien Marktes konfliktieren könnten. Um zu verhindern, dass das Vorsorgeprinzip als Ansatz für protektionistische Eingriffe verwendet wird, und um dazu beizutragen, dass ein Grundkonsens innerhalb der Mitgliedsländer zu Risikobewertung und Risikomanagement erzielt wird, hat die EU im Jahr 2000 eine Mitteilung zu diesem Thema veröffentlicht, die auch für den Umgang mit EMF relevant ist.<sup>25</sup>

<sup>24</sup> U. a. abgedeckt durch die „Bildschirmrichtlinie“, vgl. ABl. L 156 vom 21. Juni 1990, S. 14.

<sup>25</sup> Vgl. Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2000). Die Mitteilung macht keine Aussagen zum Umgang mit spezifischen Technologien oder zu bestimmten Phänomenen wie etwa EMVU.

Entsprechend den Grundzügen des EU-Rechts und den Direktiven der Kommission handelt es sich beim Vorsorgeprinzip um einen allgemein gültigen Grundsatz. Dieser ist „in konkreten Fällen anwendbar, in denen die wissenschaftlichen Beweise nicht ausreichen, keine eindeutigen Schlüsse zulassen oder unklar sind, in denen jedoch aufgrund einer vorläufigen und objektiven wissenschaftlichen Risikobewertung begründeter Anlass zu der Besorgnis besteht, dass gefährliche Folgen für die Umwelt und Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen mit dem hohen Schutzniveau der Gemeinschaft unvereinbar sein könnten“ (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2002, S. 10). Gesundheitliche und ökologische Aspekte bei mobiler Telekommunikation und Sendeanlagen können nach dieser Definition die Anwendung des Vorsorgeprinzips rechtfertigen.

Voraussetzung ist aus Sicht der Kommission, dass über das Ausmaß eines Risikos Unsicherheit besteht, gravierende Folgewirkungen bei einem Schadenseintritt für möglich gehalten werden und in der Öffentlichkeit Besorgnis über die potenziellen Risiken herrscht. Im Rahmen einer eingehenden Risikoanalyse kann der jeweils zuständige politische Entscheidungsträger dann zu dem Schluss kommen, dass es unter Berücksichtigung der gegebenen politischen Verantwortung sowie des Rechts- und Ordnungsrahmens notwendig ist, präventive Maßnahmen zu ergreifen.

Diese Vorsorgemaßnahmen müssen jedoch verhältnismäßig sein, also dem angestrebten Schutzniveau entsprechen, sie dürfen nicht diskriminierend wirken und sollten auf bereits getroffene Maßnahmen abgestimmt sein. Um diesen Anforderungen zu entsprechen, empfiehlt die Europäische Kommission die Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse. Ferner hält sie es für erforderlich, dass Verantwortlichkeiten bezüglich der Risikobewertung definiert werden, d. h. dass im Vorhinein diejenigen Institutionen zu bestimmen sind, bei denen die Zuständigkeit für das Beibringen der notwendigen wissenschaftlichen Evidenzen liegt und die somit das Ergreifen oder Revidieren von Vorsorgemaßnahmen entscheidend beeinflussen können.

### **Weitere Schritte**

Die Europäische Kommission verfolgt das Ziel, durch die Empfehlung der international anerkannten ICNIRP-Grenzwerte eine einheitliche Regelung innerhalb der Mitgliedsländer zu fördern. Sie hat keine verbindlichen Festlegungen hinsichtlich der Einführung von Grenzwerten im Bereich der nicht ionisierenden Strahlung getroffen. Die Mehrheit der Länder orientiert sich derzeit an diesen Werten.<sup>26</sup> Die allgemeine Vorsorge-Direktive gestattet es prinzipiell, niedrigere Grenzwerte festzulegen oder weitere Vorsorgemaßnahmen zu ergreifen.

<sup>26</sup> Zum Beispiel Deutschland, Großbritannien, Frankreich, Dänemark, Irland, Niederlande, Finnland, Portugal, Spanien, Schweden. Nicht in allen diesen Ländern sind die ICNIRP-Werte gesetzlich verankert. Dies wird in der Regel damit begründet, dass man auf künftige Änderungsanforderungen flexibel reagieren will und dies mit einer Verordnungs- oder Normänderung rascher möglich ist. Einige EU-Länder haben zusätzliche oder andere (z. T. nur regional gültige) Vorsorgewerte eingeführt, z. B. Belgien, Italien, Luxemburg, Österreich und Griechenland sowie das Nicht-EU-Mitglied Schweiz; vgl. European Commission (2002).

Grundsätzlich kann jedoch die fehlende Harmonisierung der Regelungen auf europäischer Ebene erhebliche Auswirkungen auf den Infrastrukturausbau der Mobilfunknetze der so genannten 3. Generation hervorrufen. Durch die unterschiedlichen Bestimmungen z. B. in Bezug auf die Standortwahl, Gütesiegel und Grenzwerte wird die länderübergreifende Koordination des Netzausbaus für die Mobilfunknetzbetreiber problematisch und könnte sich in der Folge wiederum auf die Diffusion des Mobilfunks und damit auf die gesamte wirtschaftsstrukturelle Entwicklung in der EU auswirken.

Die Europäische Kommission schließt nicht aus, dass daraus künftig Behinderungen des gemeinsamen Binnenmarktes erwachsen. Die Einführung einheitlicher Regulierungsbestimmungen war deshalb Thema einer EU-Konferenz im November 2001,<sup>27</sup> die jedoch noch keine konkreten Schritte in Richtung einer Regulierung auf europäischer Ebene nach sich zog. Bisher beschränkt sich die Kommission noch auf ein Monitoring der Regelungen in den einzelnen Ländern, um Handlungserfordernisse frühzeitig zu erkennen.

### 2.3 Schweiz

Die Mobilfunkrate in der Schweiz lag im Frühjahr 2002 über 75 %. Mobilfunk-Kunden haben die Auswahl zwischen dem GSM/DCS-Netz der „Swisscom“, dem früheren Staatsmonopolisten, der etwa 3,63 Mio. Nutzer versorgt, dem Betreiber „Sunrise“, dessen GSM/DCS-Technologie für ca. 1,02 Mio. Kunden zur Verfügung steht, und dem GSM-Netzbetreiber „Orange Comms“ mit etwa 0,95 Mio. Nutzern.<sup>28</sup> Bis Ende 2002 müssen 20 % der Bevölkerung mit dem neuen Mobilfunkstandard UMTS telefonieren können, 50 % bis Ende 2004. Swisscom und diAx haben angekündigt, ihr Netz im zweiten Quartal 2003 in Betrieb zu nehmen, die anderen Unternehmen haben noch keine definitiven Aussagen getroffen.

#### Immissionschutz

Die Schweiz gehört in Europa zu den Ländern mit einer detaillierten EMF-bezogenen Gesetzgebung. Auf der Basis des Umweltschutzgesetzes hat der Schweizerische Bundesrat im Jahr 1999 eine Verordnung erlassen, die Grenzwerte und Vorschriften zum Schutz vor nicht ionisierender Strahlung festlegt (NISV). In der Verordnung sind ein Immissionsgrenzwert und ein Anlagengrenzwert definiert:

- Überall, wo sich Menschen – auch nur kurzfristig – aufhalten, darf der Immissionsgrenzwert nicht überschritten werden. Der Wert basiert auf der ICNIRP-Empfehlung.
- Für Orte, wo sich Menschen längere Zeit aufhalten, wurde ein um etwa den Faktor 10 niedrigerer Grenzwert festgelegt. So genannte „Orte mit empfindlicher Nutzung“ (OMEN) sind beispielsweise Wohnräume, Schulen, Krankenhäuser oder Kinderspielplätze.

Es handelt sich um einen Vorsorgewert mit dem Ziel, die Langzeiteinwirkung von mobilfunkverursachten EMF sehr

gering zu halten. Er begrenzt die Emissionen in Bezug auf die von einer Anlage allein erzeugten Strahlung. Diese niedrigen Anlagewerte sind erforderlich, um den Immissionsgrenzwert auch dann einzuhalten, wenn sich die Emissionen von mehreren Anlagen überlagern.

Die Festlegung des Vorsorgefaktors erfolgte nicht aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse über gesundheitliche Auswirkungen, sondern nach dem Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsprinzip, d. h. dass ein kleinstmöglicher Wert gewählt wurde, der als technisch und wirtschaftlich realisierbar gilt.

Die Bestimmung von Schutzzonen, in denen die Anlage-Emissionen bestimmte Werte nicht überschreiten dürfen, führt de facto zu wesentlich niedrigeren Expositionen an Orten, wo sich Menschen längerfristig aufhalten.

#### Genehmigungsverfahren

Die Genehmigung von Antennenstandorten liegt in regionaler Zuständigkeit. Der Betreiber muss bei der zuständigen Baubehörde in einem der 26 Kantone bzw. bei größeren Kantonen in einer Gemeinde ein Baugesuch einreichen. Ein detailliertes, vom BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) vorgegebenes Standortdatenblatt fordert Angaben zu der Anlage und ihren Emissionen sowie die Exposition der näheren Umgebung. Gleichzeitig wird das Gesuch veröffentlicht und die Bevölkerung erhält die Möglichkeit, innerhalb von 30 Tagen Einspruch gegen die Errichtung der Anlage zu erheben. Berücksichtigt werden können nur berechnete Einwände gegen baurechtliche Bestimmungen oder die Regelungen der NISV. Grundsätzliche Forderungen nach niedrigeren Grenzwerten oder eine Berufung auf den allgemeinen Gesundheitsschutz sind nicht zulässig. Die Einhaltung der Emissions- und Immissionsbegrenzungen wird vom BUWAL kontrolliert. Die Grenzwerte gelten bundesweit. Regional (kantonal) abweichende Regelungen dürfen nicht getroffen werden. Eigentümer, die Antennenstandorte vermieten, können aber prinzipiell auf privatrechtlicher Basis andere Grenzwerte vertraglich festlegen. Dies gilt auch für Gemeinden, die z. B. öffentliche Gebäude als Standorte zur Verfügung stellen.

#### Konfliktlinien und Besonderheiten

Das Thema „Elektrosmog“ genießt eine hohe Öffentlichkeitswirksamkeit. Proteste gegen die Grenzwerte und gegen Standorte haben in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen. Vorsorgengrenzwerte, die zu den niedrigsten in Europa zählen und strenge Genehmigungsvorschriften konnten bisher kaum zur Entschärfung der Situation beitragen. Die Schweiz kann als Beispiel dafür gelten, dass ein Mehr an Maßnahmen dennoch bzw. zugleich mit weiteren Maßnahmenforderungen einhergehen kann. Die niedrigen bzw. erniedrigten Grenzwerte werden anscheinend von vielen Schweizer Bürgern als Gefahrenwerte interpretiert, oberhalb derer Gesundheitsschäden auftreten. Forderungen nach weiteren Grenzwertsenkungen können die Folge sein. Auf der Fach- und Expertenebene in Behörden und Institutionen sind hingegen die bestehenden Regelungen weitgehend anerkannt. Probleme bereitet jedoch die Auslegung der NISV. Die dazu vom BUWAL vorgelegten Vollzugshilfsmittel sind unter den Beteiligten umstritten.

<sup>27</sup> Conference on Community Regulatory Aspects of Health Protection in the field of Non-ionising Radiation, 30. November 2001. [http://europa.eu.int/comm/health/ph/programmes/pollution/ph\\_fields\\_02\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/health/ph/programmes/pollution/ph_fields_02_en.html).

<sup>28</sup> Angaben nach Mobile Communications, No. 327, March, 19, 2002.

### Verpflichtung zum Site-Sharing

Die zuständige Regulierungsbehörde BAKOM (Bundesamt für Kommunikation) hat frühzeitig erkannt, dass sich bei künftig insgesamt sieben GSM/DCS- und UMTS-Netzen eine Ressourcenknappheit an Antennenstandorten abzeichnet, und daher die etablierten Anbieter auf dem Markt verpflichtet, ihre Standorte Wettbewerbern zur Mitnutzung anzubieten.

Aufgrund der teilweise hohen „Elektrosmog“-Skepsis in der Bevölkerung gestaltet es sich schwierig, neue Standorte zu akquirieren. Zugleich ist es aus technischen Gründen kompliziert, Site-Sharing zu betreiben. Die niedrigen Summenwerte für OMEN lassen es vielfach unmöglich erscheinen, dass sich mehr als zwei oder maximal drei Anbieter einen Standort teilen. In Städten mit hoher Bevölkerungsdichte wird dies bei einem weiteren Anstieg der Mobilfunkpenetration u. U. zu Netzengpässen führen. Die Betreiber fühlen sich einer paradoxen Situation ausgesetzt: Einerseits besteht die Pflicht und die Notwendigkeit zum Sharing, andererseits wird diese Option durch die vorgegebenen niedrigen Grenzwerte stark eingeschränkt. Die neuen UMTS-Lizenznehmer ohne GSM/DCS-Standortbasis haben bereits damit gedroht, ihre Lizenzen zurückzugeben, falls die Voraussetzungen für den Netzaufbau nicht geschaffen werden. Die zuständigen Behörden sehen jedoch derzeit keinen Handlungsbedarf über die Konkretisierung der NISV-Umsetzung hinaus.

### Moratorium

Die Bürgerbewegung „Moratorium für Mobilfunkantennen“ fordert eine Änderung der Bundesverfassung dahingehend, dass bis zur Feststellung der Unbedenklichkeit gepulster nicht ionisierender Strahlen sowie gepulster magnetischer und elektromagnetischer Felder, auch unter Berücksichtigung ihrer athermischen Wirkung, keine neuen privaten oder gewerblichen Sendeanlagen von Funkeinrichtungen erstellt und bestehende Anlagen nicht erweitert werden dürfen. Laufende Bewilligungsverfahren sollen bis zur Feststellung der Unbedenklichkeit ruhen. Ein eventuell aus der Volksinitiative resultierendes Gesetz könnte jedoch frühestens 2005 in Kraft treten. Zu diesem Zeitpunkt sind die UMTS-Netze bereits aufgebaut, sodass ein Erfolg des Moratoriums die 3. Generation der Mobilfunknetze kaum beeinflussen würde. Die Chancen für eine Unterstützung der Forderungen durch die Gesamtbevölkerung sind aber angesichts der hohen Mobilfunkpenetration in der Schweiz ohnehin als sehr gering einzuschätzen.

### Aktivitäten des Parlaments

Entsprechend der hohen öffentlichen Aufmerksamkeit beim Thema „Elektrosmog“ steht EMVU auch im Schweizerischen Parlament des Öfteren auf der Tagesordnung. Dabei lassen sich drei Anlässe für eine Behandlung des Themas ausmachen: die Verabschiedung der Verordnung über den Schutz vor nicht ionisierender Strahlung (NISV) Ende 1999, die Versteigerung der UMTS-Lizenzen im Jahr 2000 sowie die Vollzugsprobleme bei der NISV 2001/2002.

Aktuelle Anfragen<sup>29</sup> beschäftigen sich mit der Festlegung von Grenzwerten für technische Geräte. Da die Schweiz nicht Mitglied der EU ist, gilt die Produktsicherheitsrichtlinie (R&TTE Directive 1999/5/EC) dort nicht. Einzelne Abgeordnete kritisieren diesen Zustand und fordern eigene gesetzliche Regelungen über das in der Schweiz geltende Bundesgesetz über die Sicherheit von technischen Einrichtungen und Geräten hinaus. In dieser Angelegenheit sind noch keine Entscheidungen getroffen.

Die bedeutendste EMVU-Debatte der jüngeren Zeit beschäftigte sich mit den „Vollzugsproblemen bei den Antennen-Richtlinien gemäss der Verordnung über den Schutz vor nicht ionisierender Strahlung“.<sup>30</sup> Diese Kontroverse zeigt die unterschiedlichen Sichtweisen und Maßnahmenempfehlungen der Mitglieder von Nationalrat und Ständerat auf. Wiederholt wird dabei auf die wirtschaftsstrukturelle Bedeutung des Mobilfunks hingewiesen. Die niedrigen Grenzwerte, so die Gegner einer strengen Auslegung der NISV, seien unbegründet, wie die internationalen Empfehlungen der WHO (ICNIRP) und der EU zeigten. Beeinträchtigungen in der Kommunikation von Unternehmen seien die Folge. Diese Auffassung vertreten u. a. die liberale Partei FDP sowie die SVP. Die Grünen setzen sich für eine restriktive Auslegung der NISV ein mit der Begründung, die gesundheitlichen Risiken seien ungeklärt. Dabei beziehen sie sich u. a. auf eine Studie des deutschen Ecolog-Instituts (Hennies et al. 2000).

Der Kompetenzkonflikt zwischen BAKOM und BUWAL ist offensichtlich. Vor beiden Kammern erklärte der den Behörden vorstehende Bundesrat die Absicht, einen Kompromiss zwischen den Beteiligten herbeizuführen. Darüber hinaus beschloss das Parlament, künftig verstärkt die Forschung im Bereich EMVU zu fördern.

## 2.4 Österreich

Rund 82 % der Bevölkerung telefonieren mobil. Das Land weist damit eine der höchsten Nutzungsraten in Europa auf.<sup>31</sup> Anbieter auf dem österreichischen Markt sind Mobilkom Austria mit etwa 2,8 Mio. Nutzern im GSM-Netz, Max.mobil, ebenfalls GSM-basiert, mit ca. 2,2 Mio., der Betreiber One, der etwa 1,4 Mio. Kunden über sein DCS-1 800-Netz versorgt und Tele.ring, dessen GSM-Netz ca. 0,3 Mio. Nutzer hat (Stand Mitte 2002). UMTS-Lizenzinhaber in Österreich sind Mobilkom Austria, Max.mobil, Connect Austria (One), Mannesmann 3G (Tele.ring), 3G Mobile (Telefonica), Hutchison 3G (Hutchison Whampoa). Die Versteigerung erzielte einen Erlös von 610 Mio. US-Dollar. Damit zahlten die Betreiber 90 US-Dollar pro potenziellem Mobiltelefonierer. Die Unternehmen One und Mobilkom Austria haben ihren Netzstart für Ende 2002 angekündigt. Laut gesetzlicher Vereinbarung müssen 25 % der Bevölkerung bis Dezember 2003, 50 % bis Ende 2005 per UMTS erreichbar sein.

<sup>29</sup> Nationalrat Sondersession 2002, Dritte Sitzung, 16. April 2002, Motion Simonetta Sommaruga.

<sup>30</sup> Nationalrat Frühjahrssession 2002, Erste Sitzung, 4. März 2002, sowie Ständerat Frühjahrssession 2002, Erste Sitzung, 6. März 2002. Das Schweizer Parlament (Bundesversammlung) besteht aus zwei gleichberechtigten Kammern: der Volksvertretung (Nationalrat) mit 200 und der Vertretung der Kantone (Ständerat) mit 46 nebenamtlichen Abgeordneten.

<sup>31</sup> Angaben nach Mobile Communications, No. 327, March, 19, 2002.

### Immissionsschutz

Der Rahmen für die gesetzlichen Regelungen im Zusammenhang mit EMVU ist im österreichischen Telekommunikationsgesetz festgelegt. Ein spezifisches Immissionsgesetz besitzt Österreich nicht. Die geltenden Expositionsgrenzwerte im Bereich 30 KHz bis 3 000 GHz sind in dem Standard ÖNORM S1120 aus dem Jahr 1992 festgelegt. Im Gegensatz zu anderen Ländern, wie etwa der Schweiz, enthält die ÖNORM auch die Messverfahren, sodass in diesem Punkt eine verbindliche Referenz besteht. Konflikte über die Umsetzung konnten dadurch vermieden werden. Bei der ÖNORM S1120 handelt es sich um eine so genannte Vornorm, d. h. die darin beschriebenen Werte sind gesetzlich nicht verbindlich.

Die in der ÖNORM S1120 festgelegten Werte liegen geringfügig über den Empfehlungswerten der ICNIRP. Eine formale Grenzwertabsenkung auf ICNIRP-Niveau ist in der Diskussion. Heute halten die Betreiber freiwillig die niedrigeren ICNIRP-Werte ein. Schutzzonen o. Ä. mit niedrigeren Grenzwerten sind nicht vorgesehen. Eine Ausnahme bildet die Region Salzburg, für die ein Wert von  $1 \text{ mW/m}^2$  zwischen Land und Betreibern freiwillig vereinbart wurde (so genanntes „Salzburger Modell“).

### Genehmigungsverfahren

Für die Errichtung einer Antennenanlage benötigt der Betreiber eine Betriebsbewilligung der örtlichen Fernmeldebehörde nach dem österreichischen TKG. Die vier regionalen Behörden unterstehen dem zuständigen Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Die Bewilligung gilt mit der Mobilfunkbetreiberlizenz grundsätzlich als erteilt. Durch die zuständige Regionalbehörde erfolgt eine standortunabhängige Bewilligung und keine Einzelfallprüfung. Die Schutzabstände zu Sendeantennen werden im Nachhinein kontrolliert. Des Weiteren sind die bau-, naturschutz- und ortsbildschutzrechtlichen Bestimmungen der Länder zu beachten.

Die Betreiber haben sich freiwillig verpflichtet, jeder Gemeinde Daten der Sendeanlagen wie technische Kennzahlen, Standort und Sicherheitsabstand zur Verfügung zu stellen. Anwohner können sich somit bei den Gemeinden über den aktuellen Stand des Netzausbaus informieren. Nach Einschätzung der Gemeinden und der Bürgervertreter kommen die Betreiber dieser Zusage nicht ausreichend nach, und so besteht weiterhin ein Informationsproblem.

### Konfliktlinien und Besonderheiten

In Österreich existieren keine gesetzlichen Festschreibungen in Bezug auf das Vorsorgeprinzip. Mobilfunkgegner haben dies wiederholt gefordert, die öffentliche Hand sieht jedoch ohne wissenschaftliche Erkenntnisse über mögliche gesundheitliche Risiken keine Veranlassung, Vorsorgemaßnahmen zu implementieren. Eine Ausnahme bildet das Land Salzburg.

### „Salzburger Modell“

Das „Salzburger Modell“ ist nicht als ein geplantes Modell, sondern vielmehr als eine dynamische Entwicklung der

EMF-Regelungen im Raum Salzburg anzusehen. Ausgehend von einer Vereinbarung der Stadt, Bürgerinitiativen und dem Betreiber Connect Austria (One) wurden die vereinbarten niedrigen Grenzwerte des Modells zu einem allgemeinen Prinzip, das der Beurteilung von Antennenanlagen in der Stadt Salzburg zugrunde liegt.

Durch die Einführung eines Summenwertes von  $1 \text{ mW/m}^2$  (der summierte Immissionswert aller GSM-Anlagen darf den vorgegebenen Wert von  $1 \text{ mW/m}^2$  an der Außenseite des nächstgelegenen Wohnhauses nicht überschreiten) verfolgt die Stadt Salzburg das Ziel, für die gesamte Region das – von den Betreibern als „Salzburger Milli watt“ kritisierte – Modell zu etablieren. Bei Bauanträgen für Maststandorte muss mittels Berechnung eine maximale Leistungsflussdichte gemäß des Vorsorgewertes nachgewiesen werden. Dieses Vorgehen wurde 1999 auch auf Dachstandorte angewendet. Die Betreiber kamen den Forderungen nach eigenen Angaben „gezwungenermaßen“ nach, bis die steigende Anzahl von Anlagen die Unterschreitung von  $0,25 \text{ mW/m}^2$  zunehmend unmöglich machte. Befürworter des Modells erklären dagegen, die Ziele einer „Deep Inhouse“-Versorgung bzw. eine flächendeckende Versorgung des Gebiets müssten zugunsten der Vermeidung gesundheitlicher Risiken zurücktreten. Auf diese Weise sei die Einhaltung des Vorsorgewertes technisch und wirtschaftlich möglich.

Faktisch existiert in Salzburg jedoch kein flächendeckendes Mobilfunknetz mit einer maximalen Leistungsflussdichte von  $1 \text{ mW/m}^2$ . Denn das „Salzburger Modell“ bezieht sich im engeren Sinne nur auf die 1998 errichteten Masten der Firma Connect. Für eine Ausdehnung auf alle Betreiber besteht keine konsensuelle Vereinbarung. Gerichtsverfahren zur Genehmigung einzelner Standorte und die faktische Überschreitung des Vorsorgewertes in der Stadt lassen Zweifel an der weiteren Realisierbarkeit des „Salzburger Modells“ aufkommen.

### Aktivitäten des Parlaments

Eine dem österreichischen Nationalrat von zwei Bürgern, der FPÖ, der SPÖ und den Grünen vorgelegte „Mobilfunkpetition“ enthält folgende Forderungen:

- flächendeckende Einführung des Salzburger Vorsorgewertes,
- formale Parteistellung der Anwohner beim Netzausbau,
- Informationspflicht der Betreiber und Bewilligungspflicht für Standorte,
- Intensivierung der Informationsaktivitäten der zuständigen Ministerien (Ressorts: Gesundheit, Telekommunikation, Umwelt),
- Veranstaltung einer parlamentarischen Enquete zum Thema Mobilfunk.

Die geforderte Enquete fand statt und hatte großen Einfluss auf die weitere parlamentarische Debatte. Als ein wichtiges Ergebnis wurde festgehalten, dass die Risiken ungeklärt sind, die wissenschaftliche Grundlage für eine Entscheidung, den Salzburger Vorsorgewert einzuführen, umstritten ist und keine Studien vorliegen, die niedrigere Grenzwerte geboten erscheinen lassen.

Am 15. Dezember 1999 wurde von den Grünen ein Antrag<sup>32</sup> in den österreichischen Nationalrat eingebracht, durch den der Salzburger Vorsorgewert festgeschrieben werden sollte. Der Antrag wurde im Januar 2002 abgelehnt. Bestärkt wurden die Gegner dieses Antrags in ihrer Entscheidung durch eine Resolution des Obersten Sanitätsrates im November 2000. Das für nationale Gesundheitsfragen zuständige Gremium stellte fest, dass keine gesicherten Hinweise auf biologische Schäden durch Mobilfunk bei Berücksichtigung der von der EU empfohlenen Grenzwerte vorliegen. Ein weiterer Antrag<sup>33</sup> der Grünen Partei betraf ein Forschungsprogramm über die Auswirkungen von GSM-Emissionen nach den Vorschlägen des Dachverbandes der Bürgerinitiativen, Plattform Mobilkommunikation. Auch dieser Antrag wurde abgelehnt.

Die österreichische Regierung hat herausgestellt, dass sie eine Senkung der Grenzwerte für nicht erforderlich hält und weitere Schritte nur in Erwägung ziehen wird, wenn sie auf EU-Ebene vereinbart werden.

## 2.5 Dänemark

Etwa 75 % der dänischen Bevölkerung verfügen über ein Mobiltelefon. Die Nutzer können wählen zwischen dem GSM/DCS-Netz von TDC Mobil mit ca. 1,95 Mio. Kunden, dem Anbieter Sonofon, über dessen GSM-Netz ca. 1,05 Mio. Kunden telefonieren, sowie den DCS-1 800-Betreibern Telia Danmark mit ca. 0,3 Mio. und Orange Danmark mit ca. 0,6 Mio. Kunden.<sup>34</sup>

Die bei der im September 2001 durchgeführten Auktion der UMTS-Lizenzen erfolgreichen Unternehmen HI3G Denmark, TDC Mobile Internet, Telia Mobile und Orange Danmark zahlten 472 Mio. US-Dollar Lizenzgebühr (108 US-Dollar pro potenziellen Kunden). Bis 2004 müssen 30 %, bis 2008 80 % der Bevölkerung einen UMTS-Zugang in Anspruch nehmen können. Eine Kooperation beim Netzaufbau ist den Betreibern bis zum Erreichen der Versorgungsrate von 80 % nicht erlaubt, Site-Sharing ist jedoch erwünscht.

### Immissionsschutz

Trotz der intensiven Auseinandersetzung der dänischen Wissenschaft mit EMF (insbesondere durch die Danish Cancer Society; vgl. Johansen et al. 2001) sah sich die dänische Regierung bislang zu keiner spezifischen gesetzlichen Regelung im Bereich der elektromagnetischen Felder veranlasst.

Wohl wurde im April 2000 ein Gesetz in Bezug auf Telekommunikationsausrüstungen und -endgeräte erlassen, das elektromagnetische Verträglichkeit mit berücksichtigt (Act No. 232 of 5. April 2000 Act on Radio Equipment and Telecommunications Terminal Equipment and Electromagnetic Matters). Auf Grundlage dieses Gesetzes und in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Europäischen Rates können weitere Regeln, die auch den Gesundheitsschutz der Öffentlichkeit betreffen, festgesetzt werden. Eine Immis-

sionsschutzverordnung bezüglich nicht ionisierender Strahlen wurde aber nicht erlassen (vgl. European Commission 2002).

Die Kompetenz des Ordnungsgebers besitzt die dänische Regulierungsbehörde (Telestyrelsen). Sie kann nach Konsultation des Gesundheitsministeriums (Indenrigs- og Sundhedsministeriet) eine Verordnung zum Schutz der Öffentlichkeit vor EMF erlassen, wenn Erkenntnisse über gesundheitliche Risiken dies geboten erscheinen lassen. Aktuell hat die Regulierungsbehörde aus zwei Gründen von weiteren Schritten abgesehen. Nach Erscheinen des Stewart-Reports in Großbritannien wurde das Gesundheitsministerium von der Regulierungsbehörde um eine Bewertung der Ergebnisse des Reports gebeten. Nach Beratungen empfahl es im Herbst 2000, die bisherige Regelungspraxis beizubehalten. Außerdem legte das Ministerium Anfang 2001 eine umfangreiche epidemiologische Studie vor, in der eine mögliche Korrelation von Krebsentstehung und Mobilfunknutzung untersucht wurde. Da keine Hinweise auf Wirkungszusammenhänge abgeleitet werden konnten, wurde dies als Bestätigung gewertet, dass keine weiteren Maßnahmen erforderlich seien (Johansen et al. 2001).

Ähnlich den Ländern Schweden oder Österreich hat Dänemark die ICNIRP-Grenzwerte nicht gesetzlich festgeschrieben, wohl aber indirekt als Richtwert implementiert, indem die ICNIRP-Werte unter Verweis auf die Richtlinie der Europäischen Kommission R&TTE 1999/05/EC von der dänischen Gesetzgebung faktisch anerkannt werden. Die ICNIRP-Werte werden von den Mobilfunknetzbetreibern freiwillig eingehalten.<sup>35</sup>

In Dänemark ist das Vorsorgeprinzip nicht gesetzlich festgeschrieben, implizit ist der Vorsorgegedanke jedoch in der Präambel zum Umweltschutzgesetz enthalten. Demzufolge wird er zumeist beachtet und auch in Bezug auf EMF angewandt.<sup>36</sup> Dies hat in Dänemark dazu beigetragen, dass die Diskussion um mögliche Risiken von mobilfunkverursachten EMF kaum kontrovers verläuft. Ein prinzipielles Vertrauen in die Umweltgesetzgebung und ihre die Vorsorge berücksichtigenden Leitsätze hat sich anscheinend auch ausbalancierend auf die EMVU-Debatte ausgewirkt.

### Genehmigungsverfahren

Der Aufbau von Mobilfunknetzen richtet sich in Dänemark nach Verhaltensempfehlungen, die hauptsächlich das Site-Sharing, den Denkmalschutz sowie Bestimmungen des Landschaftsschutzes betreffen. Die Mobilfunknetzbetreiber müssen ihre Netzausbaupläne für einen Zeitraum von zwei Jahren der Regulierungsbehörde vorlegen, die in einer zentralen Datenbank alle Anlagen erfasst und für die Koordination der Ausbaupläne zuständig ist. Ziel ist dabei aber keine EMF-Kontrolle, sondern die Beförderung des Site-Sharing. Bei Konflikten in Gemeinden über die gemeinsame Nutzung von Standorten kann die Behörde beratend hinzugezogen werden. Die Regulierungsbehörde hat darüber hinaus

<sup>32</sup> Antrag 55/A – Änderung des Telekommunikationsgesetzes.

<sup>33</sup> Antrag 213/A(E) – Forschungsprogramm über Auswirkungen von GSM-Emissionen.

<sup>34</sup> Angaben nach Mobile Communications, No. 327, March, 19, 2002.

<sup>35</sup> Vgl. European Commission (2002, S. 17) sowie WHO, EMF Tabel Denmark, [http://www.who.int/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Europe/Denmark\\_files/table\\_da.htm](http://www.who.int/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Europe/Denmark_files/table_da.htm).

<sup>36</sup> Vgl. z. B. The Precautionary Principle, publiziert vom Ministry of Environment and Energy am 6. November 1998, [http://www.mem.dk/sowie Eurelectric \(2001, S. 7\)](http://www.mem.dk/sowie Eurelectric (2001, S. 7)).

ein Mitspracherecht bei der Genehmigung von Antennenstandorten, wenn es sich um Masten mit einer Höhe von über 100 Metern handelt (vgl. Telestyrelsen 2002).

### Konfliktlinien und Besonderheiten

Bürgerinitiativen gegen „Elektrosmog“ spielen in Dänemark keine Rolle. Auch eine Vereinigung „Elektrosensibler“ existiert nicht, obwohl diese im Nachbarland Schweden sehr aktiv ist. Welche Gründe dafür verantwortlich sind, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen. Die geringe Kritik am Mobilfunk scheint nicht zuletzt auf kulturelle Besonderheiten des Landes zurückzuführen zu sein. Dänemark gilt als „Konsensus-Gesellschaft“, in der Probleme einvernehmlich unter Beteiligung aller Interessierten angegangen werden. Die Förderung von wissenschaftlichen Instituten durch ihre persönlichen Mitglieder, wie dies etwa bei der Krebsforschung der Fall ist, trägt darüber hinaus entscheidend dazu bei, Vertrauen in die Methoden und Ergebnisse der Untersuchungen zu generieren.

### National Cancer Institute

Die nationale Gesundheitsbehörde sowie die wissenschaftlichen Institute des Landes besitzen einen großen Einfluss auf die öffentliche Risikowahrnehmung. Die enge Bindung zwischen Wissenschaft und Bevölkerung entspricht der dänischen Tradition. Beispielsweise werden viele nationale Institute mit Unterstützung der Allgemeinheit finanziert. So zählt etwa das National Cancer Institute über 250 000 zahlende Mitglieder. Diese strukturellen Voraussetzungen scheinen das Vertrauen der Bevölkerung in die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen zu stärken und damit auch wesentlichen Einfluss auf das Akzeptanzverhalten zu zeitigen. In mehreren umfangreichen Studien hat das National Cancer Institute den Standpunkt vertreten, dass auf Basis aktueller Befunde von einer gesundheitlichen Unbedenklichkeit des Mobilfunks gesprochen werden kann.

Weitere für EMF zuständige Behörden existieren nicht. Im Gegensatz zu anderen Ländern beschäftigt sich die staatliche Strahlenschutzbehörde (Statens Institut for Straalehygiejne) zwar mit Röntgenstrahlen, Kernkraftwerken, etc., aber nicht mit den EMF des Mobilfunks.

Die Mobilfunknetzbetreiber haben sich freiwillig verpflichtet, ihre Netze in Übereinstimmung mit den ICNIRP-Empfehlungen aufzubauen. Damit genügen sie der Empfehlung des Europäischen Rates und erfüllen auch die Erwartungen der Behörden und Forschungsinstitute. Sie führen freiwillige Kontrollmessungen durch, um auf diese Weise das Vertrauen in die bisherige Regelungs- und Genehmigungspraxis zu stärken. Wie die Regulierungsbehörde bestätigen kann, klären die Mobilfunknetzbetreiber die Anwohner im Gebiet eines neuen Antennenstandorts umfassend über die wissenschaftlichen Erkenntnisse im Zusammenhang mit EMF auf. Diese konkrete Informationsarbeit vor Ort gilt als Hauptgrund für den kaum vorhandenen Protest gegen Mobilfunkanlagen.

### Aktivitäten des Parlaments

Zu Beginn der 90er-Jahre wurde eine unabhängige Expertenkommission (Expert Group on Non-ionising Radia-

tion – Sundhedsministeriets ekspertgruppe vedrørende ikke-ioniserende stråling [SEIIS]) vom dänischen Parlament beauftragt, wissenschaftliche Befunde zu gesundheitlichen Wirkungen von EMF zu analysieren und darauf aufbauend eine gesundheitspolitische Empfehlung zu treffen. Auf der Grundlage dieses SEIIS-Reports entschied das zuständige Ministerium Ministry for Interior Affairs and Health (Indenrigs- og Sundhedsministeriet), von Regulierungsmaßnahmen abzusehen.<sup>37</sup>

Die Volksvertreter sehen bisher keine Veranlassung, weitere EMF-Debatten zu führen. Die Ergebnisse des SEIIS-Reports geben nach Auffassung der politischen Parteien bisher keinen Anhaltspunkt für weitere Aktivitäten. In den letzten drei Jahren hat die Regulierungsbehörde als fachlich zuständige Institution keine inhaltlichen Anfragen des Parlaments bearbeiten müssen.

## 2.6 Weitere Länder

In einigen europäischen Ländern gibt es bislang keine gesetzlich festgelegten Grenzwerte für hochfrequente EMF oder andere Regelungen zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung. Dazu gehören u. a. auch Frankreich, Spanien und Belgien. Allerdings haben diese Staaten die Empfehlungen der EU – die den ICNIRP-Empfehlungen entspricht – mit verabschiedet, sodass davon auszugehen ist, dass diese Länder die ICNIRP-Werte in der Praxis anwenden. Weitere länderspezifische Regelungen ausgewählter Staaten zur Regulierung der hochfrequenten EMF-Exposition werden im Folgenden kurz beispielhaft dargestellt, die Übersicht folgt dabei überwiegend einer Veröffentlichung von Wiedemann et al. (2001).

### 2.6.1 Schweden

In Schweden liegt die Nutzungsrate des Mobilfunks bei rund 80 % der Bevölkerung und ist damit neben Österreich in Europa die höchste. Gegenwärtig gibt es keine den Mobilfunk betreffende gesetzliche Regelung für hochfrequente EMF. Allerdings hat sich die Strahlenschutzbehörde SSI (Statens Strålskyddsinstitut) 1999 dafür ausgesprochen, die von der WHO bzw. ICNIRP empfohlenen Grenzwerte für EMF (0–300 GHz) als allgemeine Richtlinie in Schweden einzuführen. Damit ist – wie in Dänemark – indirekt faktisch eine gesetzliche Regelung getroffen worden. Allerdings hat die SSI bekräftigt, dass sie unter Gesichtspunkten des Strahlenschutzes keine von Mobilfunkantennen ausgehenden Gesundheitsrisiken unterhalb dieser Grenzwerte sieht. Eine Kennzeichnungspflicht für Endgeräte besteht nicht, wie in den meisten anderen europäischen Ländern wird aber auch hier von den Betreibern der SAR-Wert eines Gerätes angegeben.

In Schweden klären unterschiedliche Akteure die Mobilfunknutzer über mögliche Risiken auf, besonders engagiert sich neben der SSK die Vereinigung von Elektrosensiblen (FEB – Elöverkänsligas Förbund). Die FEB vertritt die Interessen „elektrosensibler“ Menschen, die sich Ende der 80er-Jahre im Zuge der Diskussion um die Exposition mit niedrigfrequenten EMF zu diesem Verein zusammengeschlossen

<sup>37</sup> Vgl. Expert Group on Non-ionising Radiation, Danish Ministry of Health (1993), (1994a u. b).

haben, um auf ihre Beschwerden im Zusammenhang mit EMF aufmerksam zu machen. Mittlerweile hat die FEB über 2 000 Mitglieder und erreicht, dass „Elektrosensibilität“ von den schwedischen Behörden als Krankheit anerkannt wird.

Aktiv in der Debatte ist auch der schwedische Mieterbund, der in jüngster Zeit die Rolle einer kritischen Bürgerinitiative einnimmt. Sein Einfluss ist angesichts der Tatsache, dass rund 45 % aller Wohnungsmieter Mitglieder der Organisation sind, nicht zu unterschätzen. Die Mietervereinigung vertritt die Auffassung, dass auf Basis aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse die Unbedenklichkeit mobilfunkverursachter EMF nicht nachweisbar ist und empfiehlt daher ihren Mitgliedern, sich gegen die Installation von Antennen zu wenden. Von dieser öffentlichen Positionierung werden Auswirkungen auf die weitere Diskussion in Schweden erwartet (Bülling/Hillebrand 2002, S. 61 f.).

### 2.6.2 Italien

Für hochfrequente EMF von Mobilfunksendeanlagen sowie für Fernseh- und Rundfunksender im Frequenzbereich von 100 KHz bis 300 GHz existieren in Italien seit 1999 gesetzliche Grenzwerte, die deutlich unter den von der ICNIRP empfohlenen Werten liegen. Allgemein wurde für den Bereich 3 MHz bis 3 000 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. Für Gebäude, in denen sich Menschen länger als vier Stunden aufhalten, gelten noch geringere Grenzwerte: 6 V/m für die elektrische, 0,016 A/m für die magnetische Feldstärke und 0,1 W/m<sup>2</sup> für die äquivalente Leistungsdichte. Bei der Festlegung dieser z. T. um das 7- bis 10fache niedrigeren Grenzwerte als die ICNIRP-Empfehlungen bezieht sich Italien explizit auf das Vorsorgeprinzip, um den Unsicherheiten bei der Abschätzung der gesundheitlichen Risiken durch EMF Rechnung zu tragen (Wiedemann et al. 2001, S. 27).

### 2.6.3 Niederlande

Für die Begrenzung der EMF-Exposition der Bevölkerung gibt es in den Niederlanden derzeit keine gesetzlich festgelegten Grenzwerte. Der Rat für Gesundheit beim Gesundheitsministerium hat jedoch Empfehlungen zur Expositionsbegrenzung erarbeitet, die in der Praxis als einzuhaltende Richtwerte genutzt werden. Ausgangspunkt für die Empfehlung bei hochfrequenter EMF (300 Hz bis 300 GHz) ist die Begrenzung thermischer Effekte. Forschungsergebnisse zu athermischen Effekten werden vom niederländischen Rat für Gesundheit als zu unsicher und deshalb für die Grenzwertsetzung nicht geeignet eingestuft. Für die Ganzkörper-SAR wurde in Übereinstimmung mit den ICNIRP-Empfehlungen ein Grenzwert von 0,08 W/kg festgelegt. Die abgeleiteten Grenzwerte für die elektrische sowie die magnetische Feldstärke liegen leicht über den ICNIRP-Werten (Wiedemann et al. 2001, S. 38).

### 2.6.4 Großbritannien

Die in Großbritannien bis 1999 geltenden Richtwerte zu hochfrequenter EMF lagen für die äquivalente Leistungsdichte etwa 7- bis 11fach über den ICNIRP-Werten und galten sowohl für die Exposition am Arbeitsplatz als auch

für die Öffentlichkeit. Seit Mai 2000 gelten nach einer Entscheidung des National Radiological Protection Board (NRPB) aus Gründen der Vorsorge die ICNIRP-Empfehlungen zur Begrenzung der EMF-Exposition der Öffentlichkeit. Das NRPB betont ausdrücklich, dass die Anpassung der britischen Grenzwerte an die ICNIRP-Empfehlungen nicht auf dem Nachweis gesundheitsschädigender Wirkungen von hochfrequenter EMF beruht (Wiedemann et al. 2001, S. 34).

### 2.6.5 USA

In den USA ist für die Regulierung hochfrequenter elektromagnetischer Felder (300 KHz bis 100 GHz) die Federal Communications Commission (FCC) zuständig, die für Sendestationen einen SAR-Grenzwert von 0,08 W/kg festgelegt hat. Der abgeleitete Grenzwert für die Leistungsdichte beträgt 6 W/m<sup>2</sup> bei 900 MHz und 12 W/m<sup>2</sup> bei 1 800 MHz. Somit liegen die Grenzwerte etwas höher als die ICNIRP-Empfehlungen. Für Mobiltelefone gilt der gleiche Wert; hier ist aber der lokale SAR-Grenzwert in Höhe von 1,6 W/kg von Bedeutung (Wiedemann et al. 2001, S. 38).

### 2.6.6 Japan

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). Für den Mobilfunkbereich hat das Telecommunication Technology Council des japanischen Ministeriums für Telekommunikation zudem 1997 Richtwerte für Mobiltelefone formuliert. Über die Einführung gesetzlicher Maßnahmen wird derzeit beraten (Wiedemann et al. 2001, S. 39).

### 2.6.7 Ozeanien

Grenzwerte für hochfrequente EMF (3 KHz bis 300 GHz) wurden in Neuseeland 1999 festgelegt, entsprechend den von der ICNIRP empfohlenen Werten. Es wurde für die allgemeine Öffentlichkeit ein Basisgrenzwert für die Ganzkörper SAR in Höhe von 0,08 W/kg gesetzt, als Äquivalente 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. Somit folgt das zuständige Umwelt- u. Gesundheitsministerium den Empfehlungen von WHO und ICNIRP, empfiehlt jedoch zugleich angesichts bestehender wissenschaftlicher Uneindeutigkeiten freiwillige emissionsreduzierende Maßnahmen dort durchzuführen, wo es ohne großen Aufwand und hohe Kosten möglich ist, beispielsweise bei der Konstruktion oder Platzierung von Sendestationen. Das Ministerium empfiehlt den zuständigen lokalen Behörden, die EMF-Exposition durch „district plans“ zu regeln. Vorgeschlagen wird eine freiwillige prinzipielle Einhaltung von höchstens 25 % der gesetzlichen Grenzwerte. Neben diesen vorsorgenden gesundheitsschutzbezogenen Maßnahmen wird zudem eine aktive Risikokommunikation empfohlen, um ggf. vorhandenen Besorgnissen der Bevölkerung über eventuelle Gesundheitsrisiken von hochfrequenter EMF zu entsprechen.

Dieselben Grenzwerte für hochfrequente EMF gelten derzeit faktisch auch in Australien (Wiedemann et al. 2001, S. 30 ff.).

## 2.7 Ländervergleich

Der Mobilfunk in Westeuropa hat sich in nur wenigen Jahren zu einer der meistgenutzten Kommunikationstechnologien entwickelt. Heute gehören rund 300 Mio. Menschen zu den Mobiltelefonierern. Damit hat die Penetrationsrate die Marke von 75 % im Frühjahr 2002 knapp überschritten.<sup>38</sup>

Trotz der hohen Akzeptanz zeigt sich, dass in einigen Ländern die regulatorischen Rahmenseetzungen in Bezug auf EMVU von der Bevölkerung als nicht ausreichend wahrgenommen werden. Vor allem in Deutschland, der Schweiz und Österreich wurden deswegen Maßnahmen ergriffen, die z. T. auf Freiwilligkeit und Selbstregulierung, z. T. auf rechtliche Regelungen setzen. Auffällig ist, dass in Ländern mit hoher Maßnahmendichte (Schweiz) und mit Maßnahmen hoher Eingriffstiefe (Salzburg in Österreich) der Protest gegen EMF am größten zu sein scheint. Eine stärkere Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips trägt anscheinend nicht automatisch zu einer Kompromisslösung zwischen den Akteuren bei, sondern kann u. U. weitere Zweifel an der Risikolosigkeit befördern und damit weitere politische Forderungen hervorrufen. Grenzwertsenkungen scheinen nicht als Vorsorge, sondern als Beleg für Risiken interpretiert zu werden und führen nicht selten zur Forderung nach weiteren Senkungen.

Von allen Ländern besitzt Deutschland mit den drei Eckpunktepapieren Selbstverpflichtung der Anbieter, Verbändevereinbarung und Aktionsprogramm der Bundesregierung das umfassendste Maßnahmenpaket. Erste Entwicklungen bei der Umsetzung der freiwilligen Vereinbarungen verlaufen positiv, für eine eindeutige Bewertung ist es jedoch noch zu früh.

Dänemark und Schweden erweisen sich deshalb als interessante Vergleichsländer im EMVU-Diskurs, weil dort trotz hoher Standards im Umwelt- und Gesundheitsschutz keine nennenswerten Proteste gegen Mobilfunkantennen oder den Mobilfunk als solches erkennbar sind. Dies kann auf die unterschiedlichen Regelungspraktiken, kulturelle Besonderheiten und vor allem auf die frühzeitige Befassung mit dem Thema EMF zurückgeführt werden.

In Dänemark und Schweden haben sich die nationalen Arbeitsschutz- und Gesundheitsbehörden als Vorreiter mit den Wirkungen von niederfrequenten EMF befasst. Dadurch wurde bereits in den 80er-Jahren eine Regelung für den Umgang mit EMF am Arbeitsplatz geschaffen, die dann in den 90er-Jahren auf hochfrequente EMF ausgedehnt wurde. Indirekt wirkten diese Regelungen auf die informellen Grenzwertfestlegungen für die Bevölkerung. Die Entstehung von Informationsdefiziten und Regelungslücken wurde somit trotz fehlender Immissionsgesetzgebung vermieden.

Kulturelle Besonderheiten des Umgangs mit gesundheitlichen Risiken sind vor allem in Dänemark auszumachen. Durch die finanzielle Beteiligung der Bevölkerung an der Krebsforschung als Mitglieder der Danish Cancer Society besteht ein hohes Vertrauen in die wissenschaftlichen Institutionen und ihre Aussagen zu den möglichen Risiken von EMF.

<sup>38</sup> Angaben nach Mobile Communications, No. 327, March, 19, 2002.

Schließlich sind zwei Regelungen hervorzuheben, die erheblich zu einem konsensorientierten Netzausbau beigetragen haben dürften. In Dänemark haben die Netzbetreiber freiwillig die Aufgabe übernommen, Anwohner im Umkreis von Antennenanlagen über ihre Planungen und über mögliche Risiken aufzuklären. Diese Methode hat Proteste gegen eine mangelnde Beteiligung beim Netzaufbau erst gar nicht entstehen lassen. In Schweden wurden die Beschwerden und Proteste von „Elektrosensiblen“ und ihrer Interessensvertretung FEB von den Gesundheitsbehörden schon frühzeitig ernst genommen. Heute ist „Elektrosensibilität“ in Schweden als Krankheit anerkannt und mit speziellen Gesundheitsvorsorgemaßnahmen verbunden. Dies dürfte dazu beigetragen haben, dass der Umgang mit möglichen Risiken von EMF nicht als allgemeines Problem, sondern als individuelle Problemlage, für die keine weiteren allgemeinen Vorsorgemaßnahmen erforderlich sind, von der Öffentlichkeit wahrgenommen wird. Darüber hinaus leisten die Netzbetreiber und die öffentlichen Behörden trotz des relativ geringen Interesses der Bevölkerung am Thema „Elektrosmog“ durch Mobilfunk einen erheblichen Beitrag zur Risikokommunikation, in dem sie Informationskampagnen durchführen (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 69 f.).

## V. Risikowahrnehmung und Kommunikation bei elektromagnetischen Feldern

In den letzten Jahrzehnten werden fast alle Systeminnovationen von Risikokontroversen begleitet. Kernenergie, Gentechnik, Klimakatastrophe und Elektrosmog sind Beispiele für Risikothemen, die nicht nur unter Experten, sondern auch in der Öffentlichkeit, häufig vermittelt über die Massenmedien, diskutiert werden. Die Debatten entwickeln sich dabei zu einem Strukturmerkmal moderner Gesellschaften, in denen die Entscheidung über die Einführung neuer Technologien immer auch mit Fragen der Risikobewertung, der Akzeptabilität und der Regulierung einhergeht. In diesem Zusammenhang ist es ein Verdienst der Risikokommunikationsforschung (vgl. z. B. Bobis-Seidenschwanz/Wiedemann 1993; Jungermann et al. 1991; Petermann 2001; Wiedemann 1999), darauf hingewiesen zu haben, dass diese Debatten sinnvolle und diskursive Auseinandersetzungen über die Bestimmung und Ausgestaltung des gesellschaftlichen Nutzungsverhaltens darstellen und nicht etwa „Störfälle“ (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 72).

### 1. EMVU in der öffentlichen Diskussion

In Bezug auf die EMVU-Debatte ist zu konstatieren, dass mittlerweile alle gesellschaftlichen Gruppen wie etwa zuständige Behörden, Bürgergruppen, Unternehmen, die Wissenschaft, die Medien sowie die Politik in eine solche Arena eingebunden sind (vgl. Abbildung 3). Während sich Medien, lokale Gruppen, Baubiologen, die Scientific Community sowie „Elektrosensible“ schon seit längerem sehr stark engagieren, ist bei Netzbetreibern, Ärztenverbänden, Kommunen und Öffentlichkeit eher noch von einer beginnenden Beteiligung zu sprechen, die allerdings erheblich an Bedeutung und Einfluss gewonnen hat. Auch die Aktivitäten der Parlamente in den verschiedenen

Ländern sind spürbar in den letzten zwei Jahren angewachsen. Umfangreiche Anhörungen und Debatten haben auch in Deutschland die Fachdiskussion beeinflusst und die breite Öffentlichkeit auf das Thema aufmerksam gemacht.

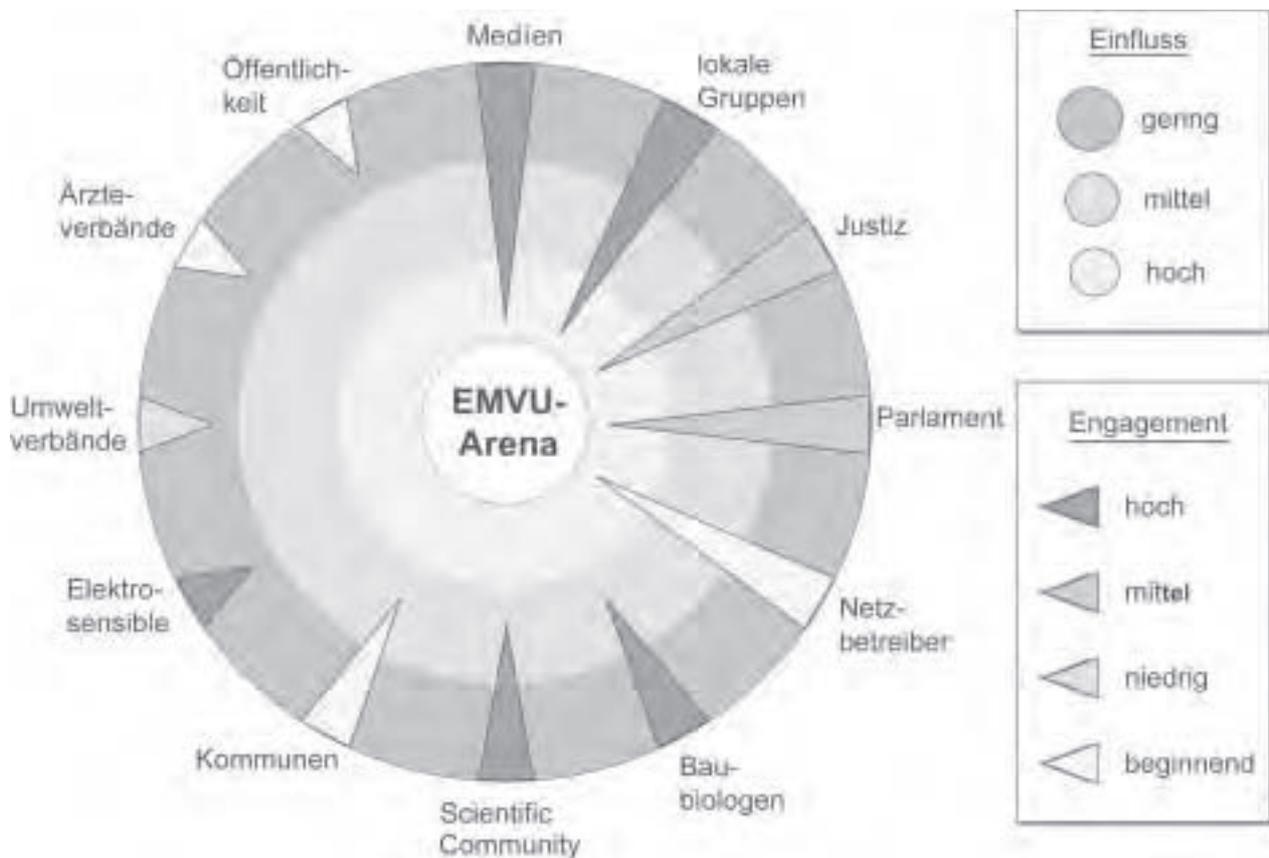
Die Tatsache, dass ein Risikodiskurs stattfindet, darf jedoch nicht mit der Erwartung verbunden werden, eine solche Auseinandersetzung führe mit einem gewissen Automatismus mittel- oder langfristig zu einem Konsens über die Risikobewertung und die zu treffenden Maßnahmen. Eine solche Erwartungshaltung erscheint schon deshalb problematisch, weil Risikoeinschätzungen zu einem wesentlichen Teil von divergierenden Leitbildern und Werten bestimmt werden. Risikokommunikation bietet hiernach nicht zuerst die Chance der Lösung eines Konflikts, sondern ist als Versuch zu werten, auch bei scheinbar unüberwindbaren Dissensen und Interessenlagen zu möglichst vielseitig akzeptierten Kompromisslösungen zu gelangen.

Die gegenwärtige Diskussion um das Thema EMVU beim Mobilfunk weist einige Besonderheiten auf:

- Das Mobiltelefon ist akzeptiert. Ein enorm hoher Anteil der Bevölkerung akzeptiert durch seine Nutzung faktisch die Mobilfunktechnik. Zuzüglich der schnurlosen Telefone ist die in den Haushalten mit über 55 Mio. Mobiltelefonen platzierte Technik so zahlreich, dass beinahe von einer vollständigen Sättigung gesprochen werden kann. Viellelefonierer halten die Technik zumeist ohnehin für unverzichtbar, andere meinen, durch persönliches Verhalten mögliche Risiken hinreichend beeinflussen zu können.
- Die Sendeanlage wird abgelehnt. Andererseits wird kaum eine neue Sendeanlage errichtet, die nicht von Protesten betroffener Anwohner begleitet wird. Die zum Mobiltelefonieren notwendig dazugehörige Infrastruktur – das Netz mit Basisstationen – wird häufig vehement abgelehnt. Auch Kommunen befürchten z. T. Imageschäden, wollen jedoch zugleich eine wirtschaftliche Regionalentwicklung nicht verpassen.

Abbildung 3

**EMVU-Arena in Deutschland**



Quelle: Büllingen/Hillebrand 2002, S. 73

- Risiko eines gewünschten Effektes. Die Mobilfunktechnik erfordert den Einsatz hochfrequenter EMF – die gleichen Felder, die z. T. für die befürchteten Gesundheitsrisiken verantwortlich gemacht werden. Den Möglichkeiten der Risikovorsorge sind prinzipiell gewisse technisch-physikalische Grenzen gesetzt. Der „Risikoverursacher“ kann nicht verhindert werden, ohne den Mobilfunk insgesamt zu beeinträchtigen.
- EMF trifft alle. Hochfrequente EMF ist – im Gegensatz etwa zur Gen- und Biotechnologie, Klimaschutz oder Kernenergie – häufig ein lokales Thema, als solches aber ein nahezu global verbreitetes Problemfeld. Im Gegensatz zu vielen anderen Risikoproblemen, die – weil bestimmte Gruppen überproportional betroffen sind – auch als „Gerechtigkeits Thema“ wahrgenommen werden, ist dies bei EMF des Mobilfunks nicht der Fall. Um eine flächendeckende Versorgung zu gewährleisten, müssen Basisstationen in allen Wohngebieten errichtet werden, d. h. jede Sozialschicht ist betroffen.

**1.1 Massenmedien**

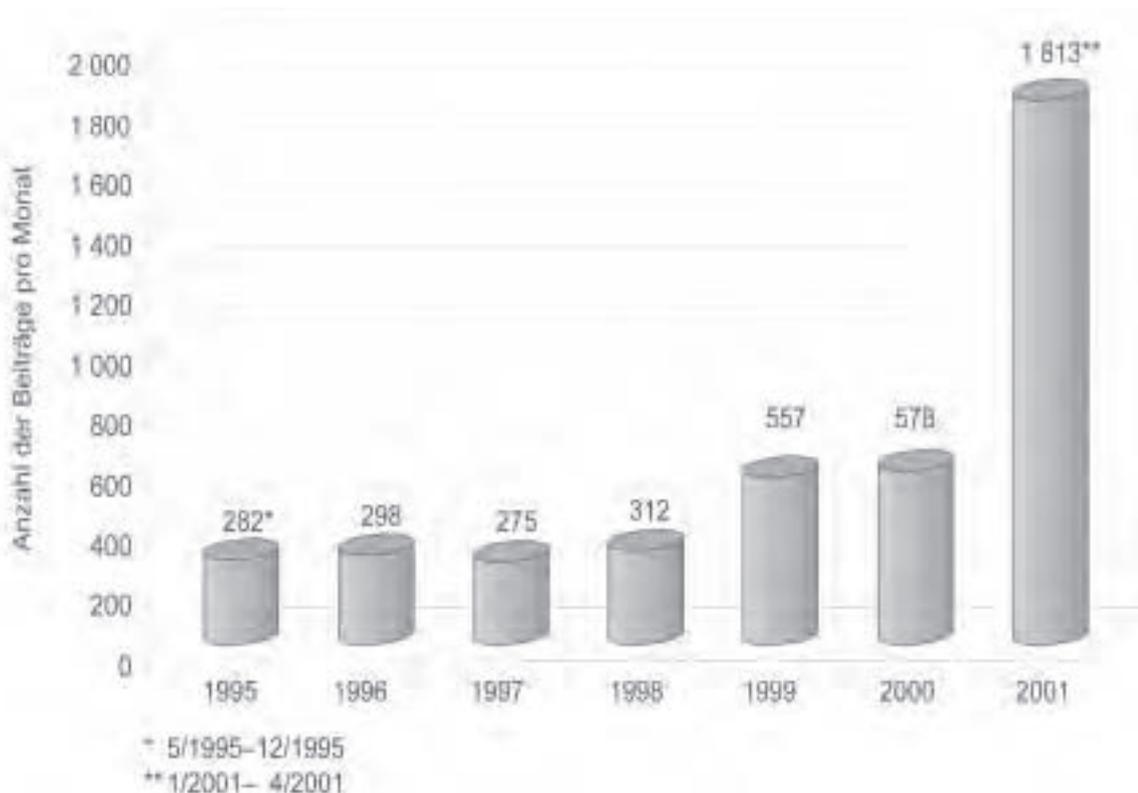
Die Resonanz in den Massenmedien verleiht einem Risiko eine gesellschaftliche und politische Relevanz. Das Thema Mobilfunk wird von den Medien häufig aufgegriffen, da es bewährte Selektionskriterien erfüllt, wie z. B. den Bezug zu

lokalen oder aktuellen Aktivitäten oder die Verbindung zu Reizthemen wie „Strahlung“, „Krebs“ oder spezielle Gruppen (z. B. Kinder oder kranke Menschen). Einer zunächst vergleichsweise kleinen Zahl besorgter Menschen gelingt es hierbei häufig, relativ große Aufmerksamkeit zu erhalten. „Es ist gerade dieses Mobilisierungspotenzial, welches das Mobilfunkrisiko um eine wichtige Risikofacetten ergänzt. Allein schon die Tatsache, dass die Medien häufig über ein Thema berichten, führt bei den Rezipienten oft zu der Vermutung, dass dieses Thema besonders umstritten ist und deshalb besondere Vorsicht geboten sei“ (Carius 2002, S. 152).

Mit der Versteigerung der UMTS-Lizenzen und der damit verbundenen Diskussion um deren Anwendungsoptionen stieg auch das Medieninteresse an den denkbaren Folgewirkungen von EMF weiter an. Mit dem Start des Netzausbaus wuchs nach Angaben der Forschungsgemeinschaft Funk (FGF) die Anzahl der Beiträge geradezu explosionsartig an und erreichte in den ersten vier Monaten des Jahres 2001 schon mehr als 1 800 (vgl. Abbildung 4). Gleichzeitig hat die Anzahl der Nutzer, aber auch die der Bürgerinitiativen gegen Antennenanlagen zugenommen, sodass die EMVU-Problematik zu einem dauerhaften Bestandteil der öffentlich relevanten Themenwelt wurde.

Abbildung 4

**Häufigkeit der Thematisierung in Print-, Radio- und TV-Medien**



Quelle: Büllingen/Hillebrand 2002, S. 76, auf Basis von Daten der Forschungsgemeinschaft Funk

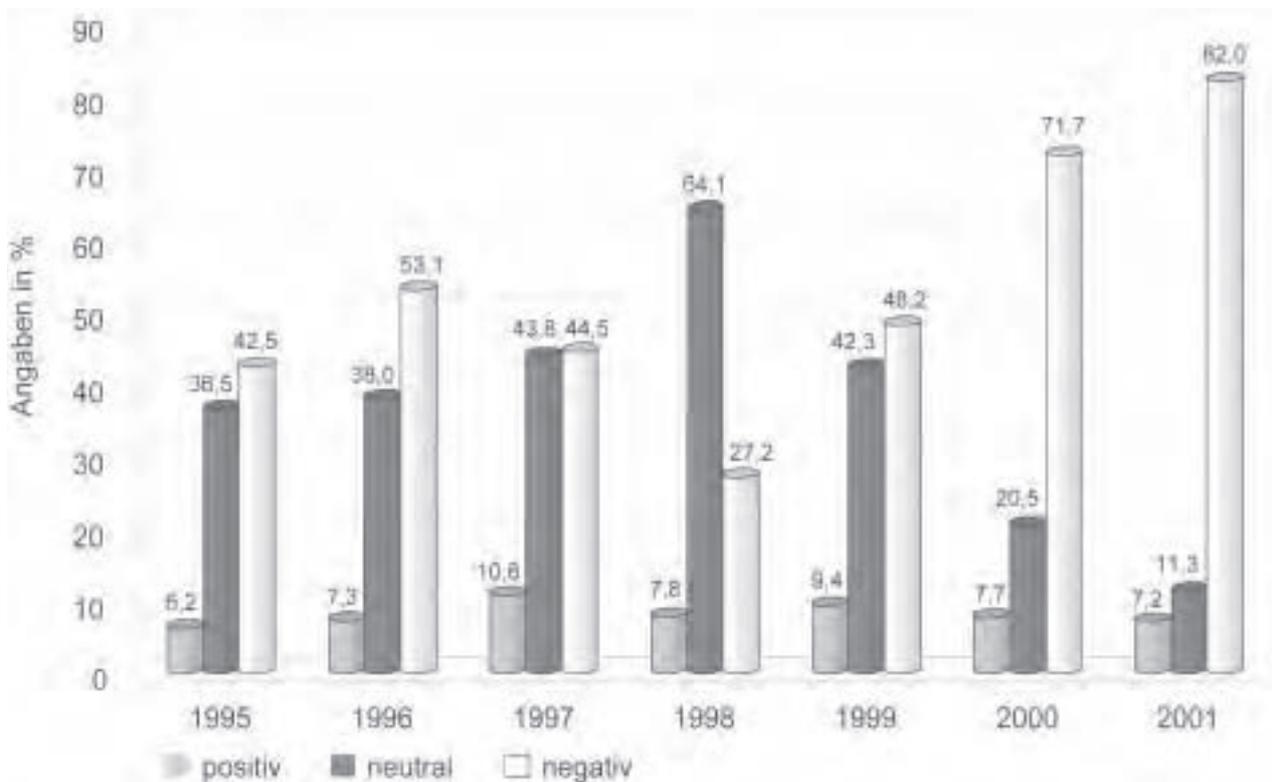
Bei der Medienberichterstattung zur EMVU finden sich Anzeichen, dass die Häufigkeit, die ausgewählten Themen und die Auswahl der in den Berichten zu Wort kommenden Gruppen relativ deutlich auf Leserreaktionen abzielen. Jedoch wäre es zu einfach, direkt von Medieninhalten auf die Rezipienten zu schließen. Ein einfaches „Reiz-Reaktions-Schema“ wird in der heutigen Medienwirkungsforschung kaum noch unterstellt. Vielmehr finden auch die Diskussion mit Peer Groups, die eigenen Erlebnisse oder bestimmte dauerhafte Werthaltungen Berücksichtigung bei Bewertungen des Einflusses von einzelnen Medienereignissen und ihrer Darstellung. Die Wirkung der Medien auf die Perzeption eines Risikos kann als hoch eingeschätzt werden, nicht jedoch als allein determinierende Einflussgröße. Dementsprechend zurückhaltend müssen die Wechselwirkungen zwischen Tendenzen in der Berichterstattung und Zunahme des Protests gegen hochfrequente EMF des Mobilfunks gewertet werden. Zunehmende Proteste in der Bevölkerung führen auch zu einer Ausweitung der Berichterstattung.

Auf der Basis der Dokumentation der Forschungsgemeinschaft Funk lässt sich feststellen, dass die Medien mit unterschiedlicher Tendenz über die EMVU-Debatte berichten (vgl. Abbildung 5). Überwiegen im Jahr der vollständigen Liberalisierung des deutschen Telekommunikationsmarktes noch bei weitem die neutralen Beiträge mit rund 65 %, sind es drei Jahre später kaum mehr als 10 %. Dafür steigt bis zum Jahr 2001 die Anzahl der Berichte mit kritischen oder negativen Wertungen um das Dreifache.

Die Zahl der Nennungen von möglichen negativen Auswirkungen spiegeln den zunehmenden Protest und die Besorgnis in der Bevölkerung gegenüber möglichen gesundheitlichen Risiken wider. Bemerkenswert ist auch, dass zunehmend Artikel über verschiedene Auswirkungen von EMF auf die Gesundheit und bestimmte Krankheitsbilder veröffentlicht werden (vgl. Abbildung 6, S. 64, S. 64).

Abbildung 5

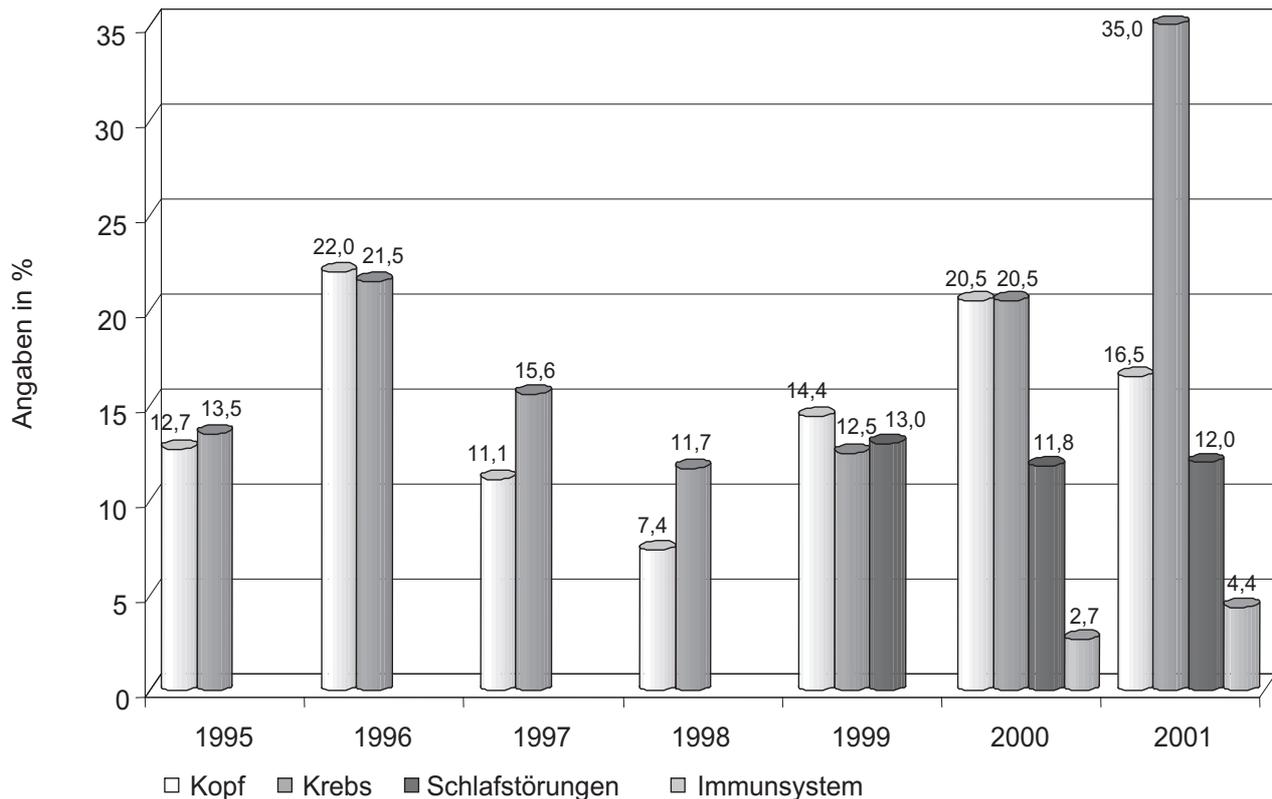
**Tendenzen in der Berichterstattung**



Quelle: Büllingen/Hillebrand 2002, S. 77, auf Basis von Daten der Forschungsgemeinschaft Funk

Abbildung 6

## Nennung von potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen in Prozent aller Medienbeiträge



Die Unterschiedlichkeit der Nennungen ergibt sich z. T. daraus, dass Auswirkungen etwa auf den Schlaf, das Immunsystem oder Herzschrittmacher nicht über alle Jahre gleichmäßig berücksichtigt wurden.

Quelle: Büllingen/Hillebrand 2002, S. 78, auf Basis von Daten der Forschungsgemeinschaft Funk

Insbesondere gravierende Krankheitsbilder wie Krebs werden mehr und mehr in den Mittelpunkt gerückt. Unspezifische Beschwerden, wie sie das Krankheitsbild der „Elektrosensibilität“ aufweist, werden ebenfalls häufiger thematisiert (Schlafstörungen, Beeinflussung des Immunsystems).

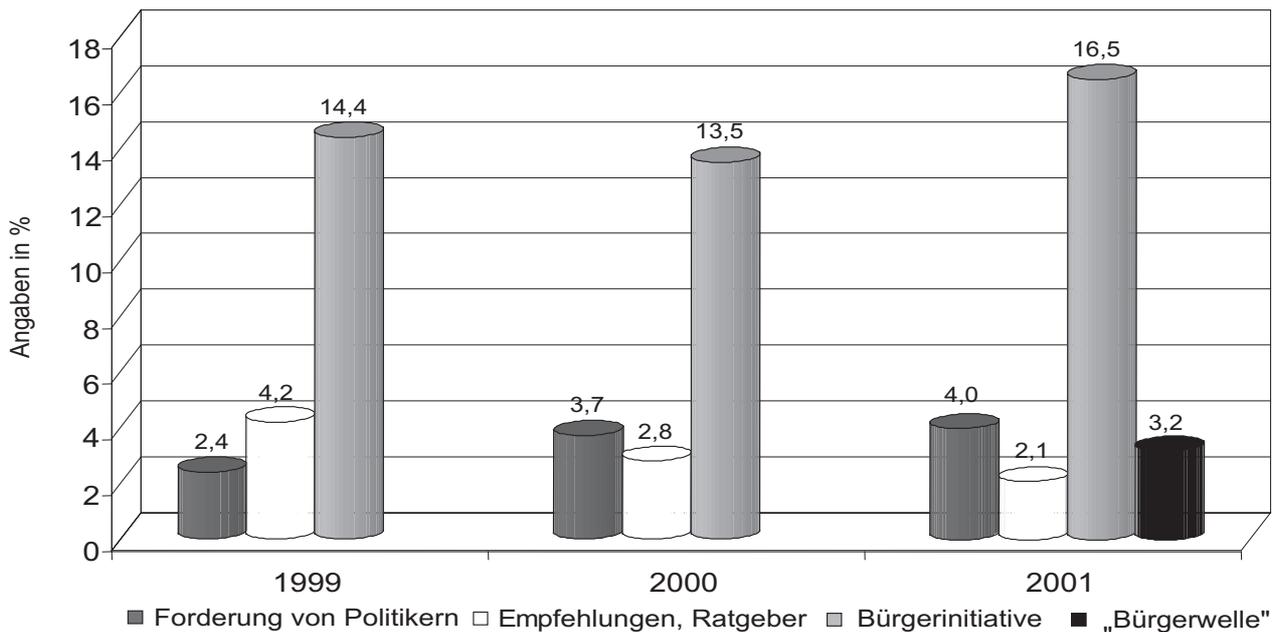
Die zunehmenden Aktivitäten von Bürgerinitiativen spiegeln sich in der Nennung von Forderungen verschiedener Akteure in Prozent aller Medienbeiträge wider (vgl. Abbildung 7). Während die Forderungen von Politikern konstant nur einen geringen Anteil ausmachen, steigt die Anzahl der Beiträge über Bürgerinitiativen leicht an, wobei die vehementesten Gegner des Mobilfunks, die Bürgerwelle, ein immer größeres Echo in der Presselandschaft finden. Die vergleichsweise geringe Erwähnung von Forderungen aus der Politik kann u. U. als Beleg dafür gelten, dass diese Akteursgruppe sich vor allem auf lokaler Ebene mit der EMVU-Problematik bis 2001 kaum auseinander gesetzt hat. Dies dürfte sich mit der „Verbändevereinbarung“ geändert haben.

Inhaltliche Presseauswertungen aus dem ersten Halbjahr 2002 (hier noch nicht für die Tabelle berücksichtigt) können belegen, dass sich EMVU zu einem der wichtigsten Themen der Lokalpolitik entwickelt. Die sinkende Anzahl von Artikeln über Ratgeber u. Ä. kann als resignativer Ausdruck der wachsenden Verunsicherung interpretiert werden, dass gegen „Elektrosmog“ kaum individuelle Vorsorgemöglichkeiten existieren.

Insgesamt lässt sich die Presseberichterstattung unter qualitativen Gesichtspunkten als lokal und tagesaktuell charakterisieren, was vor allem auch durch manchen „Eventcharakter“ lokaler Konflikte befördert wird („Dem Elektrosmog auf der Spur“, „Mobil gemacht gegen Mobilfunk“, „Stadt kann Antennen kappen“). Die Berichterstattung über Konflikte überwiegt, z. T. lassen sich auf eine unzureichende Informationslage zurückzuführende Formulierungen ausmachen. Zwei Drittel aller Meldungen befassen sich mit den Antennen (Basisstationen) und den damit verbundenen Standortkonflikten.

Abbildung 7

## Nennung von Forderungen verschiedener Akteure bzw. Informationsquellen in Prozent aller Medienbeiträge



Quelle: Büllingen/Hillebrand 2002, S. 80, auf Basis von Daten der Forschungsgemeinschaft Funk

Der Bürger als aktiv gestaltender Akteur steht im Mittelpunkt der Mehrzahl der Artikel, während die Maßnahmen der Industrie („Selbstverpflichtung“) weitgehend ohne Resonanz bleiben: allenfalls implizit wird auf die Möglichkeit der Kooperation der Kommune mit den Betreibern hingewiesen. Bei Auswertung der Inhalte lassen sich in den kritischen oder eher negativ argumentierenden Beiträgen Argumentationsstereotype unterscheiden, die im Folgenden in der Häufigkeit ihres Auftretens aufgelistet sind (vgl. Büllingen/Hillebrand 2002, S. 80 f.):

1. Demokratie- und Legitimationsdefizite: „Industrieinteressen verhindern Vorsorge“
2. Informations- und Aufklärungsdefizite: „Betreiber und Kommunen machen schlechte Informationspolitik“
3. Wissensdefizite: „fehlendes Wissen“, „falsches Wissen“, „Wissenschaftsaporien“
4. Vorsorgedefizite: Grenzwerte, Schutzzonen, EMV, Verhalten, Schutz öffentlicher Güter (Volksgesundheit, Landschaftsschutz)
5. Vollzugsdefizite: RegTP, Politikebenen

## 1.2 Interessengruppen

Die Ergebnisse einer aktuellen repräsentativen Bevölkerungsumfrage durch WIK-Consult/Ipsos<sup>39</sup> sind in Abbildung 8, S. 66 dargestellt.

<sup>39</sup> Die Erhebung von WIK-Consult/Ipsos 2001 basiert auf einer Telefonbefragung von 1 000 in Deutschland lebenden Personen. Die Stichprobe ist hinsichtlich der demographischen Merkmale repräsentativ. Befragt wurden Personen ab 14 Jahren. Die Gruppe der 14- bis 17-Jährigen wurde bewusst in die Erhebung miteinbezogen, da diese eine hohe Mobilfunknutzung aufweist. Die Erhebung erfolgte im Auftrag des BMWi.

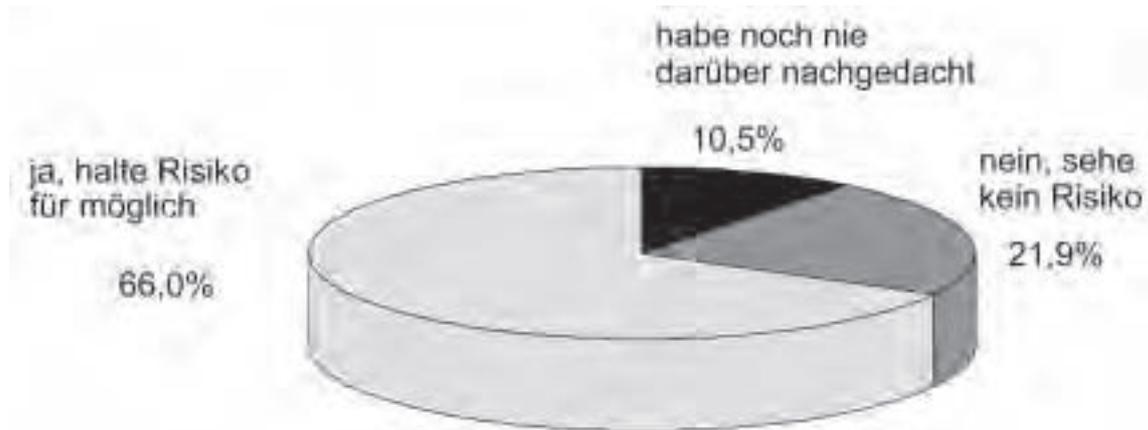
Nur etwa ein Fünftel der Bevölkerung sieht im Mobilfunk keinerlei Gefahren für die Gesundheit. Rund 66 % halten Gesundheitsrisiken grundsätzlich für denkbar, und nur ein Zehntel hat noch nie über die Auswirkungen von EMF nachgedacht.

Eine überwältigende Mehrheit der in Deutschland lebenden Personen hat schon einmal von möglichen gesundheitlichen Risiken des Mobilfunks gehört oder gelesen. Damit muss die Gruppe derer, die für das Thema sensibilisiert sind und deren Risikoeinschätzung sich gegebenenfalls durch die weitere Perzeption von Medienberichten, Fachdiskussionen oder Gesprächen in Peer Groups noch kurzfristig ändern kann, noch als weit größer eingeschätzt werden als die Gruppe derer, die heute Risiken für denkbar hält. Für 94 % der Befragten sind die Medien eine bevorzugte Informationsquelle. Erst mit weitem Abstand folgen Informationen vom „Hörensagen“ (27 %) und von Bürgerinitiativen (13 %), das Schlusslicht bilden mit 5 % Broschüren u. Ä. von Behörden oder Mobilfunkunternehmen (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 82).

## Einschätzung des Risikos

Die Ergebnisse der Befragung legen die Einschätzung nahe, dass auch Laien den Mobilfunk differenziert bewerten. Im Vergleich mit bekannten Risikofaktoren wie Asbest, Kernenergie, Straßenverkehr, Gentechnologie, Röntgenstrahlen und Radarwellen landen der Mobilfunk und Fernsehsendemasten auf den letzten Plätzen. Nur knapp 10 % schätzen die damit verbundenen möglichen Risiken als sehr hoch ein. Geht es dagegen um eine Einschätzung von EMF, liegen die neuen Mobilfunktechniken vorn (vgl. Abbildung 9, S. 67). Haushaltsgeräte, die nachweislich eine höhere EMF-Exposition verursachen, werden als strahlungsärmere Technologien

Abbildung 8

**Risikoeinschätzung der Bevölkerung in Bezug auf Mobilfunk-EMF**

Quelle: WIK-Consult/Ipsos 2001 (Basis: alle Befragten, N = 1 000)

eingeschätzt. Offenbar bestätigt sich hier eine These der Risikoforschung, wonach neue und unbekannte Technologien als risikoreicher gelten als seit langem diffundierte und adoptierte.

Als ein Beleg für die prinzipielle Beliebtheit des Mobilfunks kann gelten, dass etwa 70 % der noch nicht mobil Telefonierenden in nächster Zeit die Anschaffung eines Mobiltelefons planen. Darüber hinaus gibt es keine Anzeichen dafür, dass die Gruppe der Nichtnutzer mit der der Mobilfunkgegner identisch ist. Auch Mitglieder von Bürgerinitiativen nutzen Mobiltelefone, zumindest ein „Notfallhandy“ soll überall verfügbar sein und funktionieren. Gleichzeitig wenden sie sich gegen den Aufbau von Antennenanlagen in ihrer Umgebung. Diese Schein-Paradoxie ist symptomatisch für Risikodiskurse, d. h. kein ausschließliches Merkmal der EMVU-Debatte (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 82).

**Risikobewertung**

Die Höhe eines möglichen Risikos wird von der Gesamtbevölkerung weniger bedeutsam eingeschätzt als von engagierten Laien. Das Engagement und die Argumentationen dieser Gruppen dominieren entsprechend weitgehend die öffentliche Debatte. Ihre wichtigsten Argumentationen lauten (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 84):

- EMF des Mobilfunks sind nachweisbar die Ursache für zahlreiche Krankheiten, darunter Krebs, insbesondere bei Kindern.
- Durch die zunehmenden EMF ist ein neues Krankheitsbild entstanden, das der „Elektrosensibilität“. Die davon Betroffenen leiden besonders unter dem Ausbau der Mobilfunknetze.
- Die gepulste Strahlung der GSM-Netze ist noch weitaus risikobehafteter als niedrigfrequente EMF von Hochspannungsleitungen etc.
- Die Dauerexposition durch Mobilfunk-Basisstationen birgt ein hohes Risiko für alle.

- Langzeiteffekte sind zu wenig erforscht.
- Athermische Effekte sind zwar nicht eindeutig nachgewiesen, sie existieren aber. Da die ICNIRP-Grenzwerte diese nicht berücksichtigen, ist die Bevölkerung diesen Wirkungen schutzlos ausgeliefert.
- Die Risiken des Mobilfunks sind insgesamt ungeklärt.

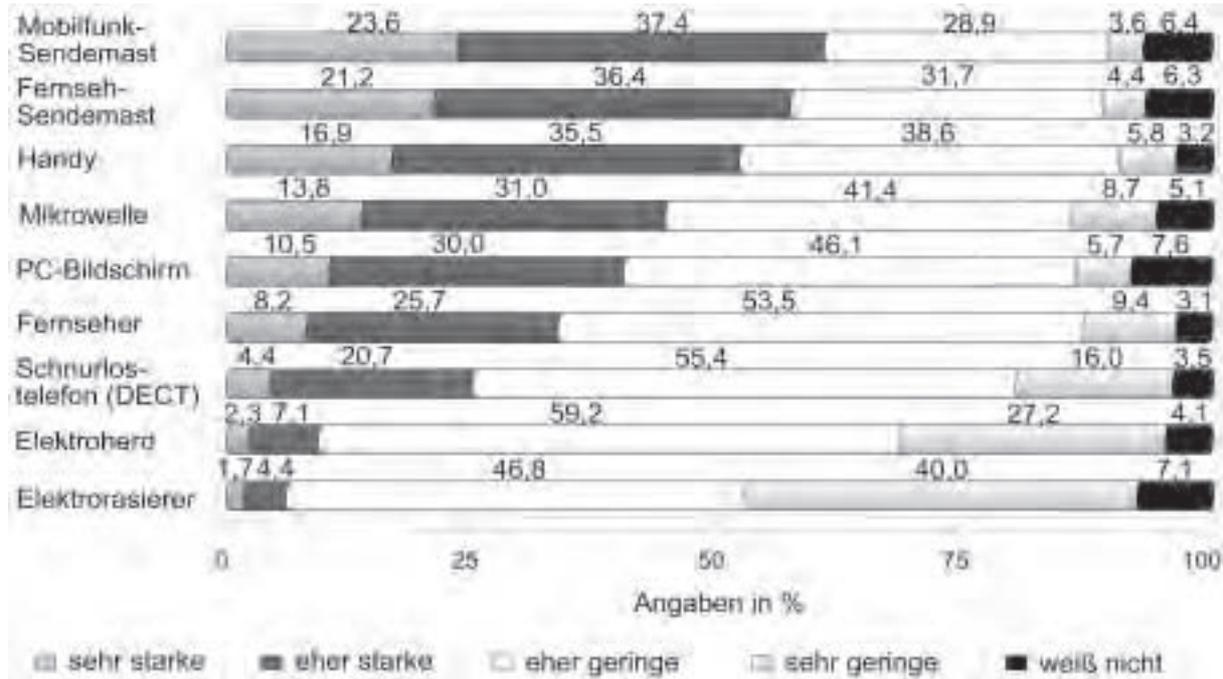
Das Risiko wird somit insgesamt als nicht tragbar bewertet, und es werden dementsprechende Maßnahmen von der Politik und den Unternehmen eingefordert. Zurzeit erscheint die Gruppe derjenigen, die diese Risikoeinschätzung öffentlich vertreten, noch vergleichsweise klein. Etwa 1 300 Bürgerinitiativen mit ca. 50 000 Mitgliedern sind in Deutschland nach Schätzung der Bürgerwelle, die sich als Dachverband der Initiativen versteht, aktiv. Immerhin 55 % derer, die mobilfunkverursachte EMF-Risiken für möglich halten, erwarten eine Zunahme der Risiken in den nächsten Jahren (WIK-Consult/Ipsos 2001).

Darüber hinaus existieren noch weitere Akteure, die zahlenmäßig weniger bedeutsam sind, deren Argument aber in manchen Kontexten des Risikodiskurses eine wichtige Rolle spielen können. Dabei handelt es sich um Immobilienbesitzer sowie Unternehmer von KMU und Kirchenmitglieder, die sich aus anderen als gesundheitlichen Gründen gegen Antennenanlagen aussprechen:

- Immobilienbesitzer befürchten eine Wertminderung ihres Besitzes, falls Antennen in der Umgebung deutlich sichtbar angebracht sind;
- Unternehmen befürchten negative Reaktionen ihrer Kundschaft, wenn auf ihren Gebäuden Antennen angebracht sind;
- Kirchenmitglieder sprechen sich zum Teil aus prinzipiellen Erwägungen gegen eine kommerzielle Nutzung des Kirchengebäudes aus.

Abbildung 9

Einschätzung EMF bei Elektrogeräten



Quelle: WIK-Consult/Ipsos 2001 (Basis: alle Befragten, N = 1 000)

**Risikomanagement**

Die Betrachtung der unterschiedlichen Forderungen von lokalen Bürgerinitiativen und bundesweiten Vereinigungen gegen Elektromog weist graduelle Unterschiede auf. Größere Verbände verstehen ihre Aufgabe eher als Aufklärung für Bürgerinitiativen und versuchen, diese bei ihren Aktionen zu beraten und zu unterstützen. Dies reicht vom Informationsmaterial bis hin zu personeller Unterstützung bei Anhörungen im Gemeinderat. Oftmals richten sie Maximalforderungen an Politik und Mobilfunkunternehmen. Gruppen wie etwa die „Bürgerwelle“ haben sich folgende Ziele gesetzt:

- Stopp des Ausbaus der Mobilfunknetze, bis die Risiken geklärt sind;
- Rückbau vorhandener Antennenanlagen;
- Einführung von Grenzwerten im niedrigst möglichen Bereich, dabei werden sie von Baubiologen unterstützt, die Werte im Mikrowatt-Bereich fordern;
- Intensivierung der epidemiologischen Forschung und Erforschung der „Elektrosensitivität“.

Diese Gruppen sehen die Freiwilligkeit bislang getroffener Vereinbarungen als unzuverlässig und unzureichend an und fordern eine gesetzliche Regelung. Aus Sicht dieser Interessensgruppen hat die Beibehaltung der Grenzwerte in Deutschland zu einer „Verhärtung der Fronten“ beigetragen. Nach Einschätzung von Behörden und Mobilfunknetz-

betreibern sind diese Vereinigungen in der Minderheit, werden jedoch von der Öffentlichkeit am stärksten wahrgenommen. Daneben existieren zahlreiche weitere Gruppen, die häufig lokal organisiert sind, und denen es nicht um eine vollständige Abschaffung des Mobilfunks geht, sondern die sich für ein stärkeres Mitspracherecht bei der Standortsuche einsetzen. Sie fordern

- eine stärkere Beteiligung von Bürgern bzw. Kommunen an Standortverfahren und damit eine Demokratisierung des Netzausbaus, weil sie sich durch die von Behörden nicht im Einzelfall kontrollierte Standortwahl der Betreiber in ihren Anwohner- und Bürgerrechten verletzt fühlen;
- die Errichtung von Schutzzonen, z. B. keine Antennen in Wohngebieten, in der Nähe von Schulen, Kindergärten, Krankenhäusern oder Altenheimen;
- eine Senkung von Grenzwerten mit stärkerer Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips, z. B. orientiert an den Leitbildern „Salzburger Modell“ oder „Schweizer Vorsorgewerte“.

**1.3 Internationale Gremien und Wissenschaft**

Mit der wachsenden Aufmerksamkeit gegenüber EMF (zunächst NF-Felder, dann HF-Felder) nahm auch die Förderung von Forschungsaktivitäten nationaler Behörden und internationaler Vereinigungen zu. In den 70er-Jahren wurden Expertengremien gegründet, deren Untersuchungsergebnisse den weiteren Verlauf der EMVU-Debatte entscheidend auf

internationaler Ebene beeinflussen sollten. Die WHO übernahm hierbei eine Vorreiterrolle und setzte in diesem Bereich Arbeitsgruppen ein, welche die vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchungen auswerten und Empfehlungen ableiten sollten. Die Bestandsaufnahme aller wesentlichen Schlussfolgerungen im Rahmen von Forschungsprogrammen, die 1982 und 1985 initiiert wurden, bildeten die Grundlage für spätere politische Handlungsempfehlungen. Diese gingen in die Erarbeitung von Grenzwerten durch die unabhängige Expertenkommission INIRC/IRPA (einer Vorläuferorganisation der ICNIRP) ein, die 1988 veröffentlicht wurden.

Die Ergebnisse haben bis heute einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Diskussion. Für die Bevölkerung, so die Ansicht der Experten, seien niedrigere Expositionsgrenzwerte erforderlich als für beruflich exponierte Personen. Negative gesundheitliche Effekte auf den Menschen wurden zwar nicht grundsätzlich festgestellt, die Hinweise allerdings für ausreichend erachtet, um weitere, insbesondere epidemiologische Untersuchungen zu initiieren. Im Jahr 1992 führte die Environmental Health Division der WHO ihre Untersuchungen in enger Zusammenarbeit mit der neu

gegründeten ICNIRP fort. Als Ergebnis wurde bestätigt, dass infolge einer Exposition mit EMF Wärmewirkungen auftreten. In der Konsequenz erklärte die ICNIRP die Notwendigkeit von Grenzwerten für EMF als gegeben und bekräftigte noch einmal die von ihrem Vorgänger INIRC/IRPA festgelegten Werte. Grenzwertsenkungen wurden nicht für erforderlich gehalten, wohl aber weitere Forschungen.

Seit Veröffentlichung der ICNIRP-Grenzwerte 1998 haben sich zahlreiche nationale Gremien sowie die EU mit den zugrunde liegenden Begründungen und Forschungsergebnissen auseinandergesetzt. Die ICNIRP-Empfehlungen sind dabei zu einem (nicht unumstrittenen) Leitbild des Risikodiskurses generiert, an dem sich alle nationalen Grenzwertfestlegungen messen. In den letzten drei Jahren wurden die Werte mehrfach von Institutionen bestätigt, die damit national und international einen gewichtigen Einfluss auf die weitere Diskussion nahmen: Die EU empfahl die ICNIRP-Werte im Rahmen der Binnenmarkt-Harmonisierung, die britische Stewart-Kommission sowie die deutsche Strahlenschutzkommission befanden die Werte ebenfalls für ausreichend.

Tabelle 12

## Auswahl wichtiger Forschungsereignisse

Jahr	Ereignis
1987	Ahlbom-Studie (Schweden): Hinweise auf Zusammenhang zwischen NFF und Leukämie-Entstehung
1988	INIRC/IRPA: „Guidelines on Limits of Exposure to Radiofrequency EMF in the Frequency Range from 100 kHz to 300 GHz“
1993	WHO: „Environmental Health Criteria 137: Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz)“
1996	Start „International EMF Project“ der WHO
1998	ICNIRP: „Guidelines on Limits of Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (1 Hz – 300 GHz)“
1999	Rat der Europäischen Kommission: „Zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz–300 GHz)“
2000	Europäische Kommission veröffentlicht Papier zum Vorsorgeprinzip
2000	Studie der Independent Expert Group on Mobil Phones (Stewart-Report), Großbritannien
2000	vier Gutachten zu gesundheitlichen Auswirkungen des Mobilfunks im Auftrag von T-Mobile (RWTH Aachen, Humboldt-Universität Berlin, Ecolog-Institut Hannover, Öko-Institut Freiburg)
2001	Aufstockung der EMF-Forschungsmittel durch die Bundesregierung, Beteiligung der Betreiber an der Forschungsförderung (29 Mio. Euro)
2001	Empfehlung der SSK zu Grenzwerten und Vorsorge
2002	Gutachten des femu für den VDE zum aktuellen Wissensstand zu Effekten und gesundheitsrelevanten Wirkungen von HFF
2004	voraussichtlicher Abschluss des „International EMF Project“ der WHO

Auf der anderen Seite ziehen kritische Wissenschaftler aus den vorliegenden zahlreichen experimentellen sowie epidemiologischen Untersuchungen auch gegenteilige Schlüsse und fordern aufgrund der nicht eindeutigen Ergebnislage die Senkung von Grenzwerten. Die bestehenden Forschungslücken und die unterschiedliche Bewertung von Forschungsergebnissen bilden das bestimmende Element der Thematisierung von EMVU innerhalb der Wissenschaft.

Trotz der enormen Zahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen erscheint die Ergebnislage unbefriedigend, und eine Intensivierung der Forschungsförderung wird verlangt. Die Bundesregierung ist im Jahr 2001 dieser Forderung insofern nachgekommen, als gemeinsam mit den Netzbetreibern Fördergelder von 29 Mio. Euro für die nächsten fünf Jahre festgelegt wurden.<sup>40</sup> Das BfS erarbeitete zusammen mit der Wissenschaft einen Kriterienkatalog zur Vergabe von Forschungsaufträgen. Ein Forschungsprogramm liegt derzeit noch nicht vor.

Die WHO führt ihre EMF-Untersuchungen ebenfalls weiter und hat 1996 das „International EMF Project“ initiiert. Die Ergebnisse des mit 16,5 Mio. US-Dollar ausgestatteten Programms werden voraussichtlich 2004 vorliegen. Die Ziele dieses Projektes, von dessen Ergebnissen viele nationale Behörden einen hohen Einfluss auf die Grenzwert-Diskussion erwarten, lauten:

- die Problematik der potenziellen gesundheitlichen Wirkungen von EMF international koordiniert anzugehen;
- die wissenschaftliche Literatur zu bewerten und so genannte Statusreports über Gesundheitseffekte zu erarbeiten;
- Wissenslücken zu dokumentieren und Forschungsprogramme anzulegen;
- konsistente Informationen über Risikowahrnehmung, Risikokommunikation und Risikomanagement bzgl. EMF bereitzustellen;
- weiteren Rat und Information an nationale Organisationen zu geben;
- die Entwicklung von international akzeptierten Standards zu erleichtern.

### Risikobewertung

Je nach der Einschätzung der durch EMF bewirkten Effekte ergeben sich für die Wissenschafts-Akteure unterschiedliche Nutzen-Risiko-Abwägungen:

- „Auf Grund der heute nicht hinreichend belegbaren Effekte unterhalb der bestehenden Grenzwerte sind weitere Maßnahmen in Richtung einer weiteren Senkung der Werte nicht erforderlich“.

Diese Auffassung wird durch international anerkannte Gremien bestätigt und von der Mehrzahl der nationalen politischen Entscheidungsgremien mitgetragen.

- „Auf Grund ungeklärter Risiken erscheinen weitere Vorsorgemaßnahmen geboten. Dazu gehört die Beachtung des Minimierungsprinzips bei der Einführung von Grenzwerten (as low as reasonably achievable)“.

Diese Meinung findet derzeit in vielen Ländern nicht die Mehrheit unter den in Kommissionen und Beratungsinstitutionen tätigen Wissenschaftlern (u. a. Deutschland, Großbritannien, Dänemark, Schweden, EU, WHO, ICNIRP).

Laienerwartungen an Forschungsergebnisse liegt häufig die Einschätzung „entweder es gibt ein Risiko, oder es gibt keins“ zugrunde. Die auf Wahrscheinlichkeitsaussagen zurückgehenden Expertenansichten stoßen meist auf Unverständnis. In der Folge können kaum auflösbare Kommunikationsprobleme im Risikodiskurs auftreten, wenn sich wissenschaftlich differenzierte Bewertungen und emotional begründete Besorgnis gegenüber stehen. Die Anforderungen an Forschungsstrategien und experimentelle Methodik wie Exaktheit und Nachprüfbarkeit teilen Laien häufig nicht, sondern erwarten die Einbeziehung von Einzelfällen und persönlichen Erfahrungen. Letztlich ist somit die Diskussion um mögliche gesundheitsschädliche Wirkungen des Mobilfunks nicht nur von einem „Expertendilemma“ gekennzeichnet. Auch der von manchen Bürgerinitiativen geforderte „Null-Beweis“ ist nicht zu erbringen: Unbedenklichkeit ist nicht zu beweisen, immer nur die Schädlichkeit. Die beobachtbaren Kommunikationsprobleme führen schließlich im EMVU-Risikodiskurs dazu, dass Wissenschaftler von Laien, insbesondere von Bürgerinitiativen und Vereinigungen Elektrosensibler, als parteiisch wahrgenommen werden,<sup>41</sup> was die Verständigung erschwert (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 91 ff.).

### Risikomanagement

Aus Sicht der Forscher und Wissenschaftler kann ein Weg aus dem „Expertendilemma“ nur über die Schaffung einer breiteren Wissensbasis durch weitere Forschung führen. Ihre Forderungen an das Management von Risiken lauten, die Forschung quantitativ durch mehr Fördermittel zu erweitern, an die Forschung hohe qualitative Anforderungen hinsichtlich Exaktheit, Nachprüfbarkeit und Wiederholbarkeit zu stellen sowie die Interdisziplinarität der Forschung (Medizin, Biologie, Elektrotechnik, Physik und Statistik) zu gewährleisten.

Eine eindeutige Basis für eine Risiko-Nutzen-Abwägung darf jedoch aufgrund der Bewertungsunsicherheiten nicht erwartet werden. Die Entscheidung über Bewertungsmaßstäbe und Bezugsgrößen bei der Risikobewertung bleibt weitgehend eine politische Aufgabe. Wo der Schwerpunkt wissenschaftlicher Methoden und Forschungsfelder bei der Ausweitung der Forschung liegen soll, ist unter den Akteuren nicht unumstritten. So fordern die Ärztekammern eine stärkere Berücksichtigung der Untersuchung von Befindlichkeitsstörungen und des Krankheitsbildes „Elektrosensibilität“. Andere Forscher sehen die zentrale Herausforderung darin, mehr epidemiologische Studien durchzuführen. Deren Aussagekraft wird wiederum von vielen anderen Forschern bestritten, die auf methodische Probleme im Hinblick auf die Durchführbarkeit dieser Studien verweisen.

<sup>40</sup> BMU: 8,5 Mio. Euro (Wirkungsforschung), BMWi: 5 Mio. Euro (techn. Regulierungsfragen bei UMTS), BMBF: 7 Mio. Euro (Förderung emissionsmindernder Technologien), Mobilfunkunternehmen: 8,5 Mio. Euro (Beteiligung am BMU-Programm zu gleichen Teilen).

<sup>41</sup> Die Initiative Bürgerwelle hat z. B. einen „Pranger“ auf ihrer Homepage eingerichtet, an dem Wissenschaftler, die nach ihrer Auffassung zu wenig kritisch sind, „bloßgestellt“ werden sollen. Dies kann verdeutlichen, wie verhärtet die Kommunikation in manchen Bereichen ist. Auch die Forschungsgemeinschaft Funk, an deren Finanzierung auch Unternehmen beteiligt sind, wird häufig von einigen Bürgerinitiativen als zu industrienah kritisiert.

#### 1.4 Mobilfunkanbieter

Auch unter den Mobilfunknetzbetreibern bestehen Konflikte, die in einer unterschiedlichen Risikoeinschätzung begründet sind. Anders als die Akteure aus Wissenschaft und Forschung nehmen die Betreiber aber streng genommen keine eigene Risikobewertung vor, sondern schließen sich der offiziellen Bewertung durch Politik und Wissenschaft an. Zur Einhaltung der damit verbundenen Regelungen sind sie indirekt durch die Annahme der Lizenzbedingungen der GSM-/ DCS sowie der UMTS-Netze verpflichtet.

Im EMVU-Risikodiskurs spielen jedoch nicht unbedingt in erster Linie die von der Regulierungsbehörde vorgeschriebenen EMF-Standortregeln eine Rolle, sondern vielmehr die Kommunikation über Risiken. Unterschiedliche Sicherheitsphilosophien, basierend auf unterschiedlichen Interessenlagen der Bürger und der Mobilfunknetzbetreiber, führen derzeit zu Konflikten, die sich vor allem in der Standortdebatte manifestieren. So zeigt sich, dass trotz hoher Mobilfunkverbreitung viele Menschen Mobiltelefone und Antennen als mögliches gesundheitliches Risiko wahrnehmen. Die Bereitschaft, sich gegen eine Antennenanlage in der eigenen Wohnumgebung aktiv zu engagieren, kann zwar als nicht sehr hoch angesehen werden, aus der relativ großen Präsenz dieser Gruppen in der Öffentlichkeit ergibt sich für die Mobilfunknetzbetreiber aber dennoch die Anforderung, über Risiken zu kommunizieren und gegebenenfalls Maßnahmen zu ergreifen, die zu einer verbesserten Akzeptanz von Antennen (und Mobiltelefonen) führen.

Darüber hinaus kann die Bereitschaft, monatlich einen gewissen Betrag für Vorsorgemaßnahmen auszugeben, als ein Indikator dafür gewertet werden, dass Maßnahmen gegen mögliche gesundheitliche Risiken des Mobilfunks für viele ein ernstes Anliegen darstellen. Zwar kann sich die tatsächliche Zahlungsbereitschaft nur am Markt erweisen, die hohe Zustimmung im Bereich von 5 bis 10 DM pro Monat (vgl. WIK-Consult/Ipsos 2001) zeigt jedoch, wie stark sich viele Mobilfunknutzer mit dem Thema EMVU auseinander setzen und daraus möglicherweise auch Anforderungen an das Verhalten der Netzbetreiber ableiten.

#### Einschätzung des Risikos

Vonseiten der Mobilfunknetzbetreiber wird immer wieder auf die Unbedenklichkeit von EMF im Mobilfunk bei Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte hingewiesen. Dieses Statement bildet die Grundlage der Argumentation in Anhörungen, Informationsbroschüren und auf Websites. Aufgrund der spezifischen wirtschaftlichen Interessenslage der Netzbetreiber wird jedoch diese Aussage, auch wenn sie sich auf allgemein anerkannte wissenschaftliche Empfehlungen und bestehende rechtliche Regelungen stützt, von manchen Bürgern nicht akzeptiert. In der Bevölkerung scheinen eher die Bedenken in Bezug auf Risiken von Mobiltelefonen und Sendemasten zu steigen.

Inzwischen kann jedoch konstatiert werden, dass sich die Risikoeinschätzung anscheinend nicht stärker auf die Antennen (30,8 %) fokussiert, vielmehr gelten die Endgeräte als höheres Risiko (42,1 %), da sie näher am Körper getragen werden, wie eine Befragung von 781 Personen ergab, die gesundheitliche Risiken des Mobilfunks nicht ausschließen. 22,5 % der Befragten halten Antennen und Mobiltelefone für gleich riskant (WIK-Consult/Ipsos 2001).

#### Risikobewertung

Die Mobilfunknetzbetreiber haben anscheinend ihre Einstellung zu der Akzeptabilität der potenziellen Risiken von hochfrequenten EMF geändert. Während zu Beginn der EMVU-Debatte das formale Zurückziehen auf rechtliche Argumente zu beobachten war, bringen die Unternehmen heute den Einwänden der Bürger zumindest in so weit Verständnis entgegen, als sie mit ihrem Verhalten und ihrer Kommunikation auf die Informationsanforderungen dieser Akteure eingehen. Statt der unproduktiven Konfrontation Anfang der 90er-Jahre haben die Netzbetreiber Schritte eingeleitet, um an einer Konfliktlösung mitzuarbeiten. Damit rücken sie von ihrer bisherigen Strategie ab, ausschließlich die wissenschaftliche Evidenz von Risiken und die darauf folgenden Regelungsänderungen zum Anlass für weiteres Handeln zu nehmen.<sup>42</sup> Aus Sicht der Netzbetreiber stellt sich die Situation wie folgt dar: Einige Bürger und Bürgerinitiativen

- sehen die Regelungen in Bezug auf den Mobilfunk als „bürgerfeindlich“ an,
- beklagen die mangelnde Transparenz beim Netzaufbau,
- fühlen sich nicht ausreichend informiert,
- empfinden Antennen als störend und bedrohlich,
- fühlen sich z. T. nicht ernst genommen in ihrer Kritik und ihren Ängsten in Bezug auf „Elektrosmog“ (von Fallois 2002).

Aus dieser Situationsbeschreibung leiten die Unternehmen dringenden Handlungsbedarf ab, um Planungssicherheit für den Netzaufbau zu schaffen und einem negativen, „risikobehafteten“ Image des Mobilfunks vorzubeugen (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 97).

#### Risikomanagement

Inwieweit die dazu eingeleiteten Schritte erfolgreich dazu beitragen können, den teilweise zu konstatierenden Vertrauensverlust in die Technologie und die Unternehmen zu mindern, bleibt abzuwarten. Die Versuche, den Dialog mit den Kommunen und den Bürgern bei der Standortwahl zu suchen sowie die Zusagen der Selbstverpflichtung wenden sich an verschiedene Zielgruppen und Multiplikatoren. Von einer Mehrheit der Akteure im Risikodiskurs wird das veränderte Kommunikationsverhalten anscheinend weitgehend anerkannt und positiv beurteilt, dass es sich von der bisherigen, ausschließlich auf die technologischen und wirtschaftlichen Chancen des Mobilfunk abzielende Argumentation abhebt. Für einen Teil der Mobilfunkgegner scheinen die geplanten Kompromisslösungen jedoch nicht akzeptabel zu sein. Sie fordern einen Stopp des Netzausbaus bzw. eine Abschaffung des Mobilfunks. Es ist wahrscheinlich, dass diese Gruppen ihre Haltung auch künftig nicht ändern werden (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 97). An die Anforderungen der Risikokommunikation mit den Bürgern gehen

<sup>42</sup> So äußerte der Koordinator der Mobilfunkbetreiber bei der Anhörung im Deutschen Bundestag: „Es ist festzustellen, dass in Teilen der Bevölkerung der Ausbau der Mobilfunknetze zu Sorgen und Verunsicherungen geführt hat. Das ist nach unserer Einschätzung primär eine Folge fehlender Information und nicht ausreichender Einbindung der Gemeinden. Wir haben als Betreiber in der Vergangenheit hier die Erfordernisse sicher nicht richtig eingeschätzt.“ (vgl. Deutscher Bundestag 2001b, S. 4).

die Mobilfunknetzbetreiber im Wesentlichen mit den folgenden Zielformulierungen und Aktionen heran:<sup>43</sup>

- Grenzwertsenkungen ohne wissenschaftliche Begründbarkeit reduzieren die Unsicherheit in der Bevölkerung nicht, sondern verstärken sie. Die bestehenden Grenzwerte sollten beibehalten werden, da keine wissenschaftlichen Belege für eine notwendige Senkung existieren. Dies beinhaltet die Notwendigkeit des Antennenausbau: Ohne Mobilfunknetz kann Mobilfunk nicht funktionieren.
- Bestehende Sorgen und Ängste in der Bevölkerung müssen ernst genommen werden. Nur ein offener Dialog und umfassende Information können der Kontroverse um Mobilfunk eine sachliche Basis geben. Trotz hoher Nutzungspenetration bestehen erhebliche Informationsdefizite über die technischen Funktionsweisen.
- Ziel ist es, dem Bürger ein sachliches und verständliches Bild über den wissenschaftlichen Sachstand als Basis der persönlichen Risikobewertung zu vermitteln. Heute wird die EMVU-Debatte zu wenig faktenorientiert und zu spekulativ geführt.

Die von den Netzbetreibern in den letzten zwölf Monaten eingeleiteten konkreten Schritte umfassen die

- Gründung des Informationszentrums Mobilfunk (IZMF), das eine umfangreiche Dialogkampagne gestartet hat (u. a. Anzeigenschaltung, Info-Website, Info-Hotline, Informationsveranstaltungen für Multiplikatorengruppen, z. B. Journalisten, Informationsarbeit mit Schulen),
- die Einrichtung von Clearingstellen im Rahmen der Verbändevereinbarung,
- die Etablierung von Ansprechpartnern in den Kommunen,
- eine schriftliche Kontaktaufnahme mit allen Kommunen,
- die Bestimmung von Umweltbeauftragten als Ansprechpartner der Öffentlichkeit in den Techniekonventionen sowie
- die Durchführung und Teilnahme an Informationsveranstaltungen sowie intensiviertere Informationsmaßnahmen begleitend zum Netzausbau.

Hinzu kommen die bereits erwähnten Maßnahmen der Selbstverpflichtung und der Kooperationsvereinbarung mit den Kommunen, wie etwa die Einbindung der Kommunen bei der Standortsuche, die alternative Standortprüfung in der Nähe von Schulen und Kindergärten, Verbraucherinformationen zu Mobiltelefonen, Forschungsförderung sowie Immissionsmessungen.

Ziel der Netzbetreiber ist es, die von ihnen wahrgenommene Diskrepanz zwischen Risikobewertung durch die Wissenschaft und der öffentlichen Wahrnehmung der möglichen gesundheitlichen Risiken von EMF mit diesem umfangreichen Maßnahmenpaket aufzufangen. Davon erhoffen sie sich eine versachlichte Diskussion, die einen effizienten Netzausbau ermöglicht (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 99).

<sup>43</sup> Vgl. ebenda sowie den Vortrag von Lauer (2002), die Anhörung Mobilfunk im Deutschen Bundestag (2001b) und im Hessischen Landtag (2002).

## 1.5 Kommunen

Im Zuge der Einführung des UMTS-Standards bemühen sich die Mobilfunkbetreiber derzeit offensiv um neue Standorte für den Betrieb von Mobilfunkanlagen, zumeist versuchen sie die Liegenschaften von Kommunen als Standorte zu gewinnen. Dies bietet den kommunalen Gebietskörperschaften prinzipiell zunächst einmal sowohl eine zusätzliche Einnahmequelle als auch die Möglichkeit, steuernd in den Ausbau einer modernen Kommunikationsinfrastruktur einzugreifen. Die 2001 zwischen Mobilfunkbetreibern und den kommunalen Spitzenverbänden getroffene Vereinbarung sieht eine umfangreiche Information und Beteiligung der Kommunen an der Standortfindung für Sendeanlagen vor. Wenn die Kommunen Alternativstandorte vorschlagen, sollen diese vorrangig berücksichtigt werden.

### Umgang mit EMF-Problemen

Ohne ausreichende Begleitmaßnahmen und Mitbestimmungsrechte können Konflikte eskalieren und kommunale Entscheidungsträger (Bürgermeister, Gemeinderäte etc.) in eine schwierige Lage bringen: Sie sind Adressaten für die Befürchtungen und Forderungen der Anwohner, sie sind aber auch Ansprechpartner und Entscheider für lokale und regionale Betriebe und auch für Unternehmen, die eine energie- und kommunikationstechnische Infrastruktur benötigen, um arbeiten zu können. Häufig sind die verantwortlichen Entscheidungsträger auch direkt in den Konflikt einbezogen, so z. B. als Verwalter öffentlichen Grundbesitzes, auf dem eine Sendeanlage gebaut werden soll. Um hier sachgerecht urteilen zu können, brauchen die Vertreter der Kommunen ausreichende Kenntnisse über

- Dialogverfahren, zur Konfliktvorbeugung und -deeskalation,
- zuverlässige Aussagen der Wissenschaft zu EMF sowie seriöse Informationsquellen,
- notwendige Vorbereitungen und Maßnahmen bei der Bearbeitung von EMF-Problemen,
- den effektiven und konstruktiven Umgang mit Fachleuten, Anlagenbetreibern, Kritikern und Medien,
- die einschlägige Gesetzgebung,
- die Ermöglichung eines intensiven Austauschs zwischen Bürgern, Wissenschaft, Industrie und Kommunen.

Die Kommunalpolitik muss bei der Information und dem Dialog zur EMVU-Problematik darauf achten, die Interessen aller Bürgerinnen und Bürger zu vertreten: die Interessen der Aktiven wie die der Meinungsbildner als auch die Anliegen Betroffener oder auch Unentschiedener und Nicht-engagierter (Wiedemann et al. 2001, S. 4 ff.).

Die verschiedenen Institutionen der kommunalen Spitzenverbände (Städtetag, Gemeindetag u. a. m.) haben inzwischen vielerorts Konzepte und Projekte beispielsweise einer „integrierten kommunalen Mobilfunkplanung (IkoM)“ entwickelt oder von fachkompetenten Unternehmen – als „neutrale Partner“ – entwickeln lassen, um einen Interessensausgleich zwischen den Anliegen der Bevölkerung und den ökonomischen Forderungen der Mobilfunkbetreiber durch einen konstruktiven Dialog auf kommunaler Ebene zu erreichen. Damit die Kommunen dieser Aufgabe gerecht werden

können, müssen Sie ihre Kompetenzen bezüglich der Mobilfunktechnik bzw. der EMVU-Problematik stärken.

Entsprechend initiieren immer mehr Kommunalvertretungen auf Länderebene Schulungen für kommunale Mandatsträger und MitarbeiterInnen der Verwaltungen über immissionschutz- und baurechtliche Fragen, über die Wirkung hochfrequenter EMF und über mögliche gesundheitliche Gefährdungen. Unterstützt werden sie dabei von Fachleuten aus Ministerien, der RegTP sowie unabhängigen Wissenschaftlern. Errichtet werden auch „Info-Pools“ oder „Personal-Pools“, um im Rahmen von Bürgerversammlungen o. ä. Veranstaltungen gezielt informieren zu können. Clearingstellen werden ins Leben gerufen, die sich mit problematischen Einzelfällen beschäftigen, um im Kontakt mit Betreibern Lösungen zu finden, wenn vor Ort entsprechende Bemühungen gescheitert sind (Städte- und Gemeinderat 2001, S. 10 f.).

## 2. Zentrale Diskursfelder

Die Behandlung der EMVU-Problematik durch Medien, die Fachwelt, die Verbände und die Politik hat entscheidenden Einfluss darauf, in welcher Weise mögliche gesundheitliche Risiken von der Öffentlichkeit wahrgenommen werden, wie sie problematisiert und diskutiert werden. Erst eine gewisse Kenntnis der Struktur des öffentlichen Risikodiskurses ermöglicht es, Konflikte zu identifizieren, Informations- und Wissensdefizite festzustellen, die Debatte zu versachlichen und potenzielle Konsensstrategien zu entwickeln. Es lassen sich drei wesentliche Diskursfelder identifizieren, die den weiteren Verlauf der Debatte künftig beeinflussen werden. Diese Diskursfelder werden im Folgenden dargestellt.

## 2.1 Vermittlung und Information

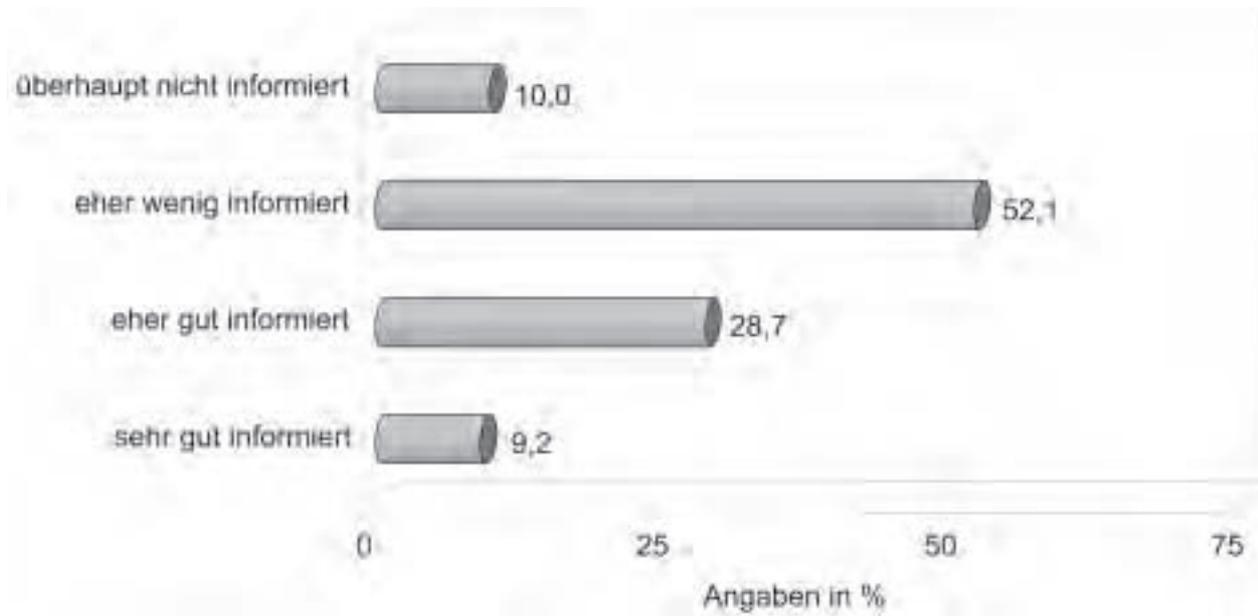
Ein Ziel der Forschung ist es, mögliche Risiken von EMF zu identifizieren. Problematisch erscheint jedoch häufig die Vermittlung von Forschungsergebnissen und den damit verbundenen Vorsorgemaßnahmen oder Verhaltensempfehlungen. Medienanalysen zeigen, dass Informationen häufig unvollständig, missverständlich oder verfälschend weitergegeben werden. Dies ist zum einen auf das Ziel der Medien zurückzuführen, eine „Story“ zu liefern, zum anderen zeigt sich hier aber auch die Komplexität der Interpretation von wissenschaftlichen Ergebnissen, die außerhalb der Scientific Community kaum kommuniziert werden kann.

Das Vermittlungsproblem zwischen Laien und Wissenschaftlern erscheint im EMVU-Diskurs häufig unauflöslich. Bürger fordern eindeutige Aussagen, wo Untersuchungen nur probabilistisch vorgehen. Experten stellen Risikovergleiche an, wenn Laien eine eindeutige „ja/nein“-Bewertung erwarten. In der Öffentlichkeit werden häufig einmalige Vorkommnisse als eindeutige Belege gewertet, wo die Wissenschaft auf Vergleichbarkeit und Wiederholbarkeit bestehen muss.

Umso bedeutender erscheint die Aufgabe, Forschung nicht nur zu fördern, sondern auch laiengerecht aufzubereiten und zu veröffentlichen. Die Mehrheit der Bevölkerung sieht weitere Forschungsprogramme als unbedingt erforderlich an (fast 80 % der Befragten, die gesundheitliche Risiken durch Mobilfunktechnik nicht ausschließen, halten weitere Forschungen für sehr sinnvoll, 18 % für sinnvoll; WIK/Ipsos 2001) und fühlt sich unzureichend informiert (vgl. Abbildung 10).

Abbildung 10

Einschätzung des eigenen Informationsstandes



Quelle: WIK-Consult/Ipsos 2001 (Basis: Befragte, die über mögliche gesundheitliche Risiken des Mobilfunks schon einmal gehört/gelesen haben, N = 908)

Während noch vor etwa zwei Jahren kaum Informationen zum Thema „Elektrosmog“ außerhalb der engagierten Bürgerinitiativen und der mit diesem Thema im engeren Sinne befassten Behörden existierten, kann heute schon beinahe von einer „Informationsflut“ gesprochen werden. Die zahlreichen Veröffentlichungen bergen das Risiko in sich, dass Informationen nicht perzipiert werden, weil der Aufwand, sie zu finden, zu selektieren und zu bewerten zu zeit- und kostenintensiv ist. Die Frage, wie Informationen verständlich aufbereitet werden können, wird eine Hauptaufgabe für die Akteure werden. Dies gilt u. a. auch für Messergebnisse, die allgemein verständlich dargestellt werden müssen, wenn sie für alle zugänglich sein sollen, und in besonderem Maße für die Ergebnisse der geplanten Forschungsprogramme im Aktionsprogramm der Bundesregierung.

Zu einem Brennpunkt der Debatte hat sich die Frage nach der Veröffentlichung von Antennenstandort-Daten entwickelt. Heute steht eine Standortdatenbank der RegTP zur Verfügung, in der aber nur von den Kommunen recherchiert werden darf. In der Öffentlichkeit kann so der Eindruck entstehen, es würden Informationen vorenthalten, die die Bevölkerung bzw. die Anwohner unmittelbar betreffen. Auch wenn Datenschutzgründe gegen eine Veröffentlichung aller Daten sprechen, sollte überlegt werden, wie hier noch mehr Transparenz geschaffen werden kann.

## 2.2 Grenzwerte, Standorte, Telefone

### Grenzwerte

Die Grenzwert-Debatte bildet in Deutschland und auch international immer noch einen Fokus des EMVU-Risikodiskurses. Dabei scheint die Intensität, mit der diese Kontroverse geführt wird, unabhängig von der Regelungsform in dem jeweiligen Land zu sein. Als Leitbilder für die Forderungen gelten häufig das „Salzburger Modell“ oder die „Schweizer Vorsorgewerte“. Aber auch in der Schweiz, wo die Grenzwerte die international empfohlenen ICNIRP-Werte um ein Zehnfaches unterschreiten, ist die Absenkung von Grenzwerten weiterhin eine Hauptforderung vieler Bürgerinitiativen.

Daran wird deutlich, dass die Senkung von Grenzwerten – bzw. ihr Vorhandensein – als „Risikoeingeständnis“ gewertet werden kann: Die Einführung von Vorsorge-Grenzwerten kann weitere Forderungen nach Senkungen nach sich ziehen. Auch in Deutschland spricht sich eine Mehrheit in der Bevölkerung (über 80 %), die gesundheitliche Risiken durch mobilfunkverursachte EMF für möglich halten, für eine Absenkung der Grenzwerte aus (vgl. Abbildung 11).

Auf der anderen Seite nehmen genauso viele eine Nutzen-Risiko-Abwägung zugunsten des Mobilfunks vor. Mehr als 75 % der Gesamtbevölkerung telefonieren mobil und wollen auch trotz der Diskussion über mögliche gesundheitliche Risiken nicht auf diese Technologie verzichten.

Abbildung 11

### Forderung nach Absenkung der Grenzwerte



Quelle: WIK/Ipsos 2001 (Basis: Befragte, die gesundheitliche Risiken nicht ausschließen, N = 781)

Diese Einstellung findet sich auch bezüglich des Nutzens des Mobilfunks (Abbildung 12). Der überwiegende Anteil der Gesamtbevölkerung ist nicht für Maßnahmen, ohne über gesicherte Forschungsergebnisse zu verfügen. Für viele ist darüber hinaus mit jeder Technologie ein gewisses Risiko verbunden, das in Kauf genommen werden muss, wenn von den Vorteilen dieser Technologie profitiert werden soll. Daher überwiegt für die meisten doch der persönliche Nutzen, der mit dem Mobiltelefonieren verbunden ist. Diese Einstellung schlägt sich in dem heutigen Telefonieverhalten nieder. Schließlich liegt für mehr als die Hälfte der Befragten auf der Hand, dass jemand, der ein Mobiltelefon nutzt, auch die Antennen akzeptieren muss. Vor dem Hintergrund dieser Antworten muss die Skepsis gegenüber Grenzwerten und Antennenstandorten relativiert werden.

Die hohe Zustimmung zu einer Grenzwertabsenkung deutet aber darauf hin, dass das Vertrauen in die bestehenden Grenzwerte zumindest bei einem Teil der Bevölkerung nicht sehr ausgeprägt ist. Um dieses Vertrauen zu festigen, stehen verschiedene strategische Optionen zur Verfügung. Die Bundesregierung hat sich dazu entschlossen, den wissenschaftlichen Empfehlungen der ICNIRP, die durch die SSK im letzten Jahr bestätigt wurden, zu folgen. Dieses Vorgehen birgt den Vorteil, dass eine verbindliche Zusage darüber besteht, die Werte zu senken, wenn wissenschaftliche Belege

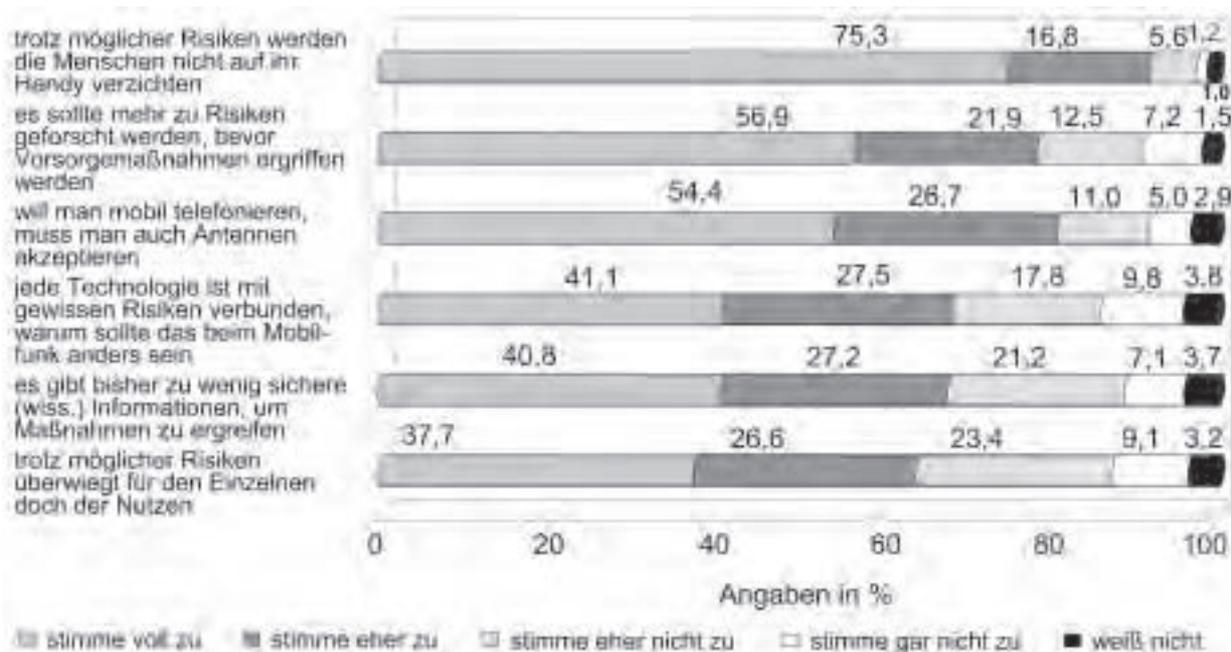
dies geboten erscheinen lassen. Solange diese nicht vorhanden sind, bilden die den zuständigen Kommissionen vorliegenden (Meta-)Studien einen verbindlichen und transparenten Referenzpunkt. Eine Senkung der Grenzwerte nach dem absoluten Minimierungsprinzip beinhaltet dagegen das Problem, dass die Festlegung eines solchen Vorsorgewertes (ausschließlich) politisch begründet werden müsste, evtl. willkürlich erscheint und wiederum in Zweifel gezogen werden könnte.

**Standortsuche**

Ein weiterer wesentlicher Konfliktpunkt in der MVU-Debatte entstand, weil sich die Bevölkerung aus einem wichtigen Entscheidungsprozess ausgeschlossen sah. Die Wahrnehmung, Antennenanlagen würden in „Nacht-und-Nebel-Aktionen“ errichtet und die Anwohner einem unkalkulierbaren, nicht beeinflussbaren Gesundheitsrisiko ausgesetzt, ist häufig der Auslöser für die Gründung von Bürgerinitiativen und massive Proteste. Entsprechend wünscht sich die Mehrheit eine stärkere Beteiligung der Kommunen bei der Standortwahl (Abbildung 13). Die Errichtung von Schutz-zonen findet ebenfalls eine hohe Zustimmung. Oftmals fehlen Informationen über den aktuellen Netzplanungsstand und die Exposition von Schulen, Kindergärten sowie Wohn-gebieten insgesamt.

Abbildung 12

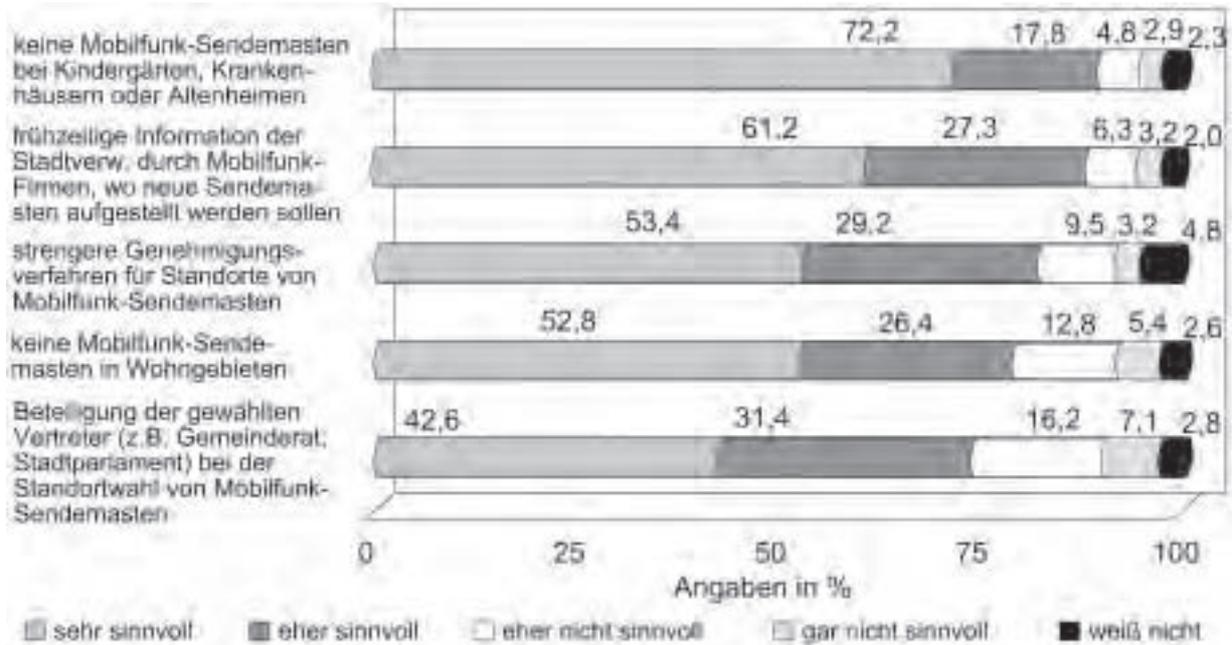
**Nutzen-Risiko-Abwägung in der Bevölkerung**



Quelle: WIK-Consult/Ipsos 2001 (Basis: alle Befragten, N = 1 000)

Abbildung 13

Forderungen in Bezug auf Beteiligung bei der Standortwahl



Quelle: WIK/Ipsos 2001 (Basis: Befragte, die gesundheitliche Risiken nicht ausschließen, N = 781)

Nach dem derzeitigen Stand werden die Kommunen freiwillig an den Netzplanungen der Betreiber beteiligt. Dies bietet die Chance, bei geringem bürokratischen Aufwand eine relativ hohe und konkrete Einflussnahme zu gewährleisten. Problematisch bleibt jedoch die Festlegung von verbindlichen Entscheidungsprozessen. Dieser Schritt steht noch weitgehend aus, sodass eine Bewertung der Kooperationen noch nicht möglich erscheint. Die Kommunen haben angedeutet, dass sie bei einem Scheitern der freiwilligen Vereinbarung eine andere Strategie verfolgen und auf eine gesetzliche Regelung drängen werden.

Telefone

Ebenso wie die Diskussion um allgemeine EMF-Grenzwerte bzw. die EMF-Exposition durch Sendemasten steht auch die Senkung von Grenzwerten für Mobiltelefone in der öffentlichen Diskussion (Abbildung 14, S. 76).

Denkbare Optionen sind zum einen die Angabe des SAR-Wertes auf dem Gerät<sup>44</sup> bzw. in der Bedienungsanleitung oder auch auf einer Homepage des Herstellers. Die transparente Darstellung der Werte kann dazu führen, dass Verbraucher Mobiltelefone mit niedrigem SAR-Wert bevorzugen.

<sup>44</sup> Bei einer Kennzeichnung auf dem Gerät kann es jedoch zu Problemen mit der EU-weiten Regelung bezüglich des CE-Zeichens kommen. Aus diesem Grund hat z. B. Dänemark von einer solchen Vorschrift abgesehen.

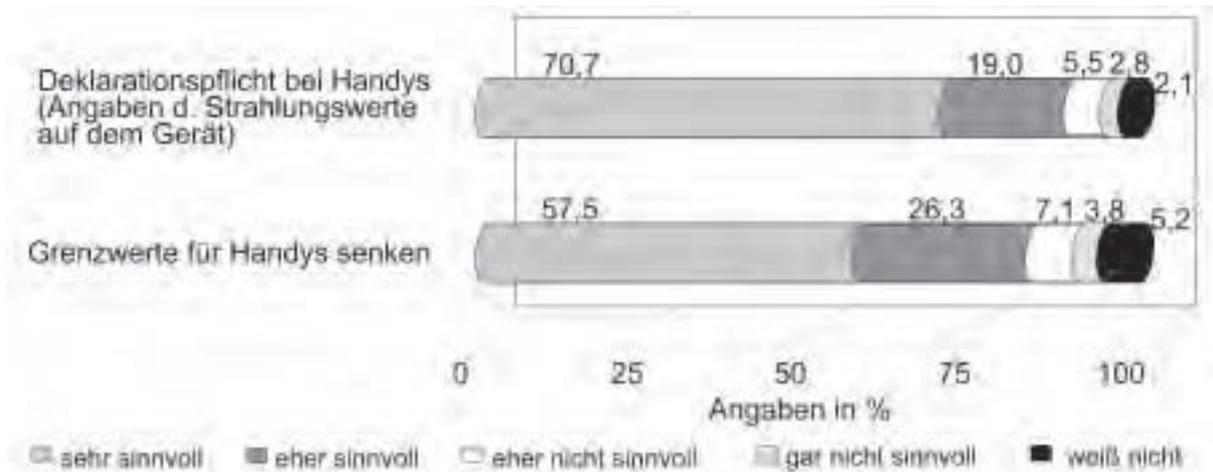
Des Weiteren ist es möglich, durch die Einführung eines Mobiltelefon-Gütesiegels für besonders strahlungsarme Geräte eine faktische Grenzwertsenkung zu bewirken. Schließlich bleibt noch die Option, den international empfohlenen Grenzwert von 2 W/kg durch nationale Regelungen zu unterschreiten.

Die Bundesregierung favorisierte die Einführung eines freiwilligen Gütesiegels auf Basis des bestehenden Umweltzeichens „Blauer Engel“. Der Herstellerverband BITKOM protestierte vehement gegen dieses Vorgehen und kündigte an, keine Anträge auf Erteilung des Siegels bei der zuständigen Behörde zu stellen (BITKOM 2002). Die Einwände richten sich gegen die Beurteilungskriterien, die auf dem SAR-Wert basieren. Da alle Mobiltelefone im Regelbetrieb den Maximalwert weit unterschreiten, ist aus Sicht der Hersteller die Bezeichnung „strahlungsarm“ bei Geräten mit Gütesiegel irreführend. Ein Siegel sollte sowohl die Empfangsqualität als auch die Emissionswerte berücksichtigen.

Momentan zeichnet sich ab, dass der „Blaue Engel“ von den Herstellern als „Senkung der Grenzwerte durch die Hintertür“ wahrgenommen und nicht akzeptiert wird. Voraussichtlich werden keine Anträge auf Erteilung des Siegels gestellt, sodass faktisch kein Gewinn an Transparenz und Orientierung für die Verbraucher erreicht wird. Falls künftig tatsächlich keine Mobiltelefone mit Siegel auf dem Markt erhältlich sind, wäre zu überlegen, ob die Bewertungskriterien nicht erneut diskutiert werden sollten, um zu einer einvernehmlicheren Lösung zu gelangen.

Abbildung 14

## Forderungen in Bezug auf Mobiltelefon-Kennzeichnungen



Quelle: WIK/Ipsos 2001 (Basis: Befragte, die gesundheitliche Risiken nicht ausschließen, N = 781)

### 2.3 Messaktionen und Monitoring

Die Mehrheit der Bevölkerung wünscht sich ein starkes bzw. stärkeres Engagement der Akteure im EMVU-Diskurs (Abbildung 15). Im Hinblick auf die Frage, ob und welches Engagement in welcher Intensität von den jeweiligen Akteuren gewünscht wird, sind die Erwartungshaltungen jedoch unterschiedlich. Besonders die Mobilfunkanbieter, die Umweltorganisationen bzw. Bürgerinitiativen, aber auch die Behörden sind gefordert, mehr Informationen bereitzustellen sowie Maßnahmen zu initiieren und weiterzuführen. Ein Fokus der Debatte bilden Immissionsmessungen und Monitoring-Vorhaben. In Deutschland, aber auch in anderen Ländern, werden Standorte nicht ausgemessen, sondern die Erfassung der Exposition erfolgt durch Berechnungen. Zusätzliche Messungen werden bei Bedarf bzw. zur Kontrolle durchgeführt.

In der Wahrnehmung von Laien erscheint dieses Vorgehen häufig als unzureichend, da es aus ihrer Sicht an „Beweisen“ für die tatsächliche Einhaltung der Grenzwerte mangelt. Auf Berechnungen basierte Verfahren – wie das in Deutschland übliche Standortverfahren – sind nur schwer zu kommunizieren. Messungen werden hingegen in der Regel als wichtige und vertrauensgenerierende Maßnahme wahrgenommen (vgl. Wiedemann 1999).

Daher bilden Messaktionen und Mess-Monitorings ein wichtiges Element in der Risikokommunikation, auch wenn vom wissenschaftlichen Standpunkt die Maßnahmen einen nicht unbedingt notwendigen Ressourceneinsatz darstellen. Tatsächlich ergab keine der drei bisher von der Regulierungsbehörde durchgeführten Messaktionen (1992, 1996/97, 1999/2000) Überschreitungen der Grenzwerte.

Vielmehr wurde der Beleg erbracht, dass die Werte in der Regel um ein Vielfaches, häufig mehr als das Tausendfache unterschritten werden.

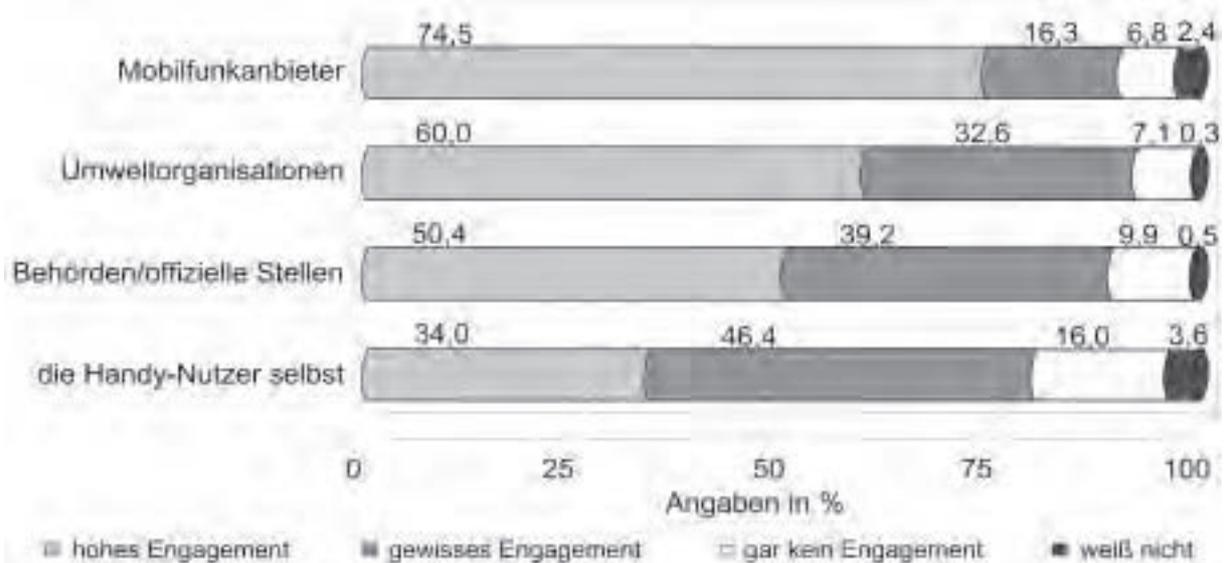
Weitere bundesweite Mess-Monitorings wurden in den Maßnahmenpaketen im Rahmen der Verbändevereinbarung bzw. der Selbstverpflichtung der Mobilfunkanbieter vorgeschlagen, bisher wurde aber noch keine konkrete Einigung über die Durchführung erzielt, auch wenn alle Akteure Messungen generell befürworten. Eine Arbeitsgemeinschaft bei der RegTP diskutiert derzeit mögliche Optionen, wie Messaktivitäten verstärkt werden könnten, z. B. durch eine Ausweitung der bestehenden Aktionen oder durch fest installierte Stationen.

Die Betreiber beteiligen sich heute an lokalen Messaktionen, die von Gemeinden oder auch Bundesländern wie Bayern und Baden-Württemberg durchgeführt werden.<sup>45</sup> Diese Aktionen bieten zudem Möglichkeiten, dort, wo der Protest gegen Mobilfunk-Sendemasten und Antennenanlagen besonders groß ist, Beiträge zum Dialog und zur vertieften Information zu leisten. Dieser Effekt sollte – auch in anderen Bundesländern – nicht unterschätzt werden. Trotz des Aufwandes und des aus wissenschaftlicher Sicht nicht unbedingt notwendigen Verfahrens spricht viel für die vertrauensbildende Wirkung von prophylaktischen Messungen und Monitoring.

<sup>45</sup> Bayern: <http://www.umweltministerium.bayern.de/bereiche/mobilf/mobilf.htm>;  
Baden-Württemberg: <http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de> (Messaktion 2001).

Abbildung 15

Forderungen nach mehr Engagement der Akteure



Quelle: WIK/Ipsos 2001 (Basis: Befragte, die gesundheitliche Risiken nicht ausschließen, N = 781)

VI. Schlussfolgerungen

Im Zusammenhang mit der Erstellung des vorliegenden Berichts wurden insgesamt 25 Metastudien aus dem Zeitraum 2000 bis 2002, drei Metastudien aus dem Zeitraum 1991 bis 1999 sowie die Ergebnisse von 218 wissenschaftlichen Primärstudien aus dem Zeitraum 1999 bis 2002 gesichtet (vgl. von Homeyer et al. 2002). Die umfangreichen Informationen und vorgenommenen Analysen weisen darauf hin, dass hochfrequente Strahlung im Frequenzbereich der mobilen Telekommunikation eine Reihe von biologischen Effekten (mit möglichen gesundheitlichen Auswirkungen) verursachen könnte. In den folgenden Abschnitten sollen diesbezüglich einige Schlussfolgerungen thematisch zentriert und im Überblick dargestellt werden.

1. Forschung und Risikobewertung

Die Auswertung des o. g. sehr umfangreichen wissenschaftlichen Materials ergab, dass in einigen Untersuchungsbereichen Hinweise auf biologische Effekte konstatiert wurden, die eventuell gesundheitliche Auswirkungen bedingen könnten. Zu diesen Effekten zählen Veränderungen, die auch bei Energieintensitäten aufzutreten scheinen, die normalerweise nicht mit thermischen Effekten in Verbindung gebracht werden. Derartige Effekte betreffen beispielsweise das EEG, die Veränderungen der Reaktionszeiten beim Menschen oder den Anstieg der Permeabilität der Blut-Hirn-Schranke. Es gibt bislang jedoch nur wenig Kenntnisse darüber, inwieweit diese Effekte gesundheitliche Risiken mit sich bringen könnten. Bislang konnte kein Nachweis für

direkte negative Wirkungen von mobilfunkverursachter EMF auf den Menschen festgestellt werden, und zwar sowohl was Mobiltelefone als auch Sendeanlagen anbelangt.

Dieses Gesamtbild kontrastiert bis zu einem gewissen Grad mit der Feststellung, dass bezüglich spezifischer Effekte hochfrequenter EMF auf Menschen und Tiere kein bzw. nur ein geringer Konsens in der Wissenschaft besteht. Dies gilt insbesondere für Beurteilungen möglicher negativer Wirkungen. Sehr unterschiedliche Positionen können anscheinend jeweils mit wissenschaftlichen Daten und Argumenten untermauert werden. Konsens über negative Wirkungen besteht lediglich hinsichtlich thermischer Wirkungen oberhalb der SAR von 4W/kg (i. d. R. nicht mobilfunkrelevant), Interferenzen mit medizinischen Implantaten und bei der Nutzung des Mobiltelefons während des Autofahrens ohne Außenantenne und Freisprechanlage.

Zudem stellte sich bei der Analyse der berücksichtigten Studien heraus, dass offensichtlich ein relativ großer Spielraum bei der Interpretation der Forschungsergebnisse existiert. Relevante Unterschiede zwischen der wissenschaftlichen Debatte innerhalb und außerhalb Deutschlands konnten nicht identifiziert werden.

Mit großer Wahrscheinlichkeit werden die wissenschaftlichen Kernfragen innerhalb der nächsten fünf bis zehn Jahre nicht hinreichend beantwortet werden können. Dafür dürften die wissenschaftlichen Grundlagen für die mögliche Identifizierung tatsächlicher gesundheitlicher (oder ökologischer) Risiken auf abschbare Zeit nicht ausreichen. Dies könnte evtl. auch dahin gehend interpretiert werden, dass

politische Entscheidungsträger sich nicht allein auf die Forschung verlassen können. Angesichts der bestehenden Unsicherheit sollte der politische Maßnahmenkatalog breit gefächert sein. Gleichzeitig müssen weitere, ebenfalls breit angelegte Forschungsanstrengungen unternommen werden, die sich insbesondere auf die tatsächlichen Expositionen von Personen sowie die Klärung von beobachteten Effekten, die möglicherweise durch EMF geringer Intensität ausgelöst werden können, konzentrieren sollten.

### Wissenschaftliche Grundlage der Risikobewertung

Die Auswertung der Forschungsliteratur identifizierte zum Teil Befunde zu biologischen Effekten hochfrequenter Strahlung, die möglicherweise nicht auf thermische Ursachen zurückgeführt werden können (vgl. von Homeyer et al. 2002). Auch wenn die zugrunde liegenden Mechanismen bisher nicht geklärt sind, sollten diese Ergebnisse nicht gänzlich ignoriert werden. Denn schließlich sind nicht nur die kausalen Mechanismen ungeklärt, sondern es ist auch nicht die Frage, ob derartige athermische Effekte zu (negativen) gesundheitlichen Effekten führen können, eindeutig negativ beschieden worden.

Die wesentlichen internationalen Richtlinien zur Exposition durch hochfrequente EMF basieren auf der SAR. Die SAR betrifft jedoch nur relativ hohe Intensitäten von HF-Feldern, die biologische Gewebe erwärmen können. Sie hat demnach keine Bedeutung für die angesprochenen athermischen Effekte, die (möglicherweise) nicht als Folge einer Erwärmung des Gewebes auftreten. Angesichts der identifizierten Hinweise auf die mögliche Existenz derartiger Effekte ließe sich schlussfolgern, dass sich die Summe der derzeit vorhandenen Hinweise auf mögliche Risiken nicht vollständig in den ICNIRP-Richtlinien widerspiegelt. Ähnliche Schlüsse können auch aus der Analyse der deutschen Metastudien gezogen werden (vgl. auch Kapitel II.2.3). Auch die in Deutschland geltenden Grenzwerte, die den ICNIRP-Richtlinien im Wesentlichen entsprechen, finden nicht ausschließlich vorbehaltlose Unterstützung. So wird zum Teil darauf hingewiesen, dass Gesichtspunkte der Vorsorge trotz bestehender Wissenslücken nicht berücksichtigt sind, oder es wird von manchen Autoren hervorgehoben, dass der hier von weitgehend unabhängige „Sicherheitsabstand“ der Werte vergleichsweise gering ist. Der Rückgriff auf die SAR als entscheidender Messparameter sowie die Verfahren zur ihrer Ermittlung sind somit Gegenstand mancher Kritik.

### Risikoabschätzung, Risikobewertung, Risikomanagement

Aus dem wissenschaftlichen Gesamtbild der Risikoeinschätzung können Schlussfolgerungen für eine Risikobewertung gezogen werden. Dies geschieht jedoch zumeist unter Unsicherheit, beispielsweise im Hinblick auf die Frage, ob und ggf. welche Maßnahmen des Risikomanagements zu einer Vorsorge zu tätigen sind, vor dem Hintergrund eines nicht vorhandenen Nachweises von Effekten der EMF unterhalb geltender Grenzwerte und der Tatsache, dass andererseits die generelle Unbedenklichkeit von mobilfunkverursachten EMF prinzipiell nicht bewiesen werden kann.

In der einschlägigen Literatur zur Risikobewertung finden sich diesbezüglich eine Reihe von Klassifikationsvorschlä-

gen (vgl. Ecolog 2001; Wiedemann et al. 2002), die teilweise auch in der Praxis Anwendung finden: Die SSK (2001, S. 7) unterscheidet beispielsweise zwischen „wissenschaftlichem Nachweis“, „wissenschaftlich begründetem Verdacht“ und „wissenschaftlichem Hinweis“. Ebenso lässt sich eine Reihe von hieran anknüpfenden Vorschlägen für eine strukturierte und transparente Risikobewertung finden. Wiedemann et al. (2002, S. 86 f.) schlagen diesbezüglich folgende Grundsätze vor:

- Trennung von Risikoabschätzung, Risikobewertung und Risikomanagement;
- Risikoabschätzung wird durch die Wissenschaft getätigt, die Politik befindet über das notwendige Risikomanagement;
- Risikobewertung stellt die Verbindungsstelle zwischen Risikoabschätzung und Risikomanagement dar und erfordert hierzu sowohl Beiträge der Wissenschaft wie auch Beiträge der Politik.
- Ob und wie die Politik die Risikobewertung und Entscheidungen über das Risikomanagement beispielsweise unter Einschluss gesellschaftlicher Gruppen und von Betroffenen partizipativ ausgestaltet, unterliegt nicht der Beurteilung der Wissenschaft. Im Umkehrschluss sollte die Politik keinen Einfluss auf die Risikoabschätzung nehmen.

### Forschungsbedarf

In der Mehrzahl der nationalen Metastudien werden Aussagen zum Forschungsbedarf gemacht, die im Folgenden aufgelistet werden. Im Hinblick auf Entscheidungen zur weiteren Forschungsförderung wäre diesbezüglich eine Klärung der wichtigsten Forschungslücken bzw. eine Festlegung von Schwerpunkten notwendig.

- Technische Aspekte: Glaser (2000, S. 65) hält eine weitere Erforschung der möglichen Wirkungen modulierter Felder und unterschiedlicher Modulationsarten für erforderlich und verweist auf Forschungsbedarf im Bereich der Wirkungen von sehr kurzen Pulsen hoher Intensität und der Mikrodosimetrie. Silny (2000, S. 31) empfiehlt die Entwicklung eines neuen Verfahrens für die Dosimetrie, mit dem die relevanten Expositionsparameter (Feldstärke pro Zeiteinheit, Frequenzbereich, Signalform) festgestellt werden können.
- Wirkungsprinzip: Studien, die sich mit der Klärung der biophysikalischen Wirkungsmechanismen auseinandersetzen, werden insbesondere von Glaser (2000, S. 64 f.) angeraten. Ähnliche Empfehlungen äußern Silny (2000, S. 33) und das Öko-Institut (2000, S. 81). Die Studien kommen zu dem Schluss, dass die Kenntnis der kausalen Mechanismen eine wesentliche, wenn nicht sogar die zentrale Voraussetzung für die Klärung der offenen Fragen hinsichtlich der möglichen gesundheitlichen und ökologischen Wirkungen der Mobilfunkstrahlung ist.
- Literaturforschung: Silny (2000, S. 12) verweist darauf, dass die Frage möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Exposition mit elektromagnetischer Strahlung die Öffentlichkeit auch in Zukunft beschäftigen wird. Eine regelmäßige Auswertung der gesamten relevanten wissenschaftlichen Literatur wird empfohlen.

- Epidemiologische Untersuchungen: Das Ecolog-Institut (2000, S. 38) schlägt epidemiologische Untersuchungen insbesondere zu karzinogenen und neurodegenerativen Erkrankungen sowie Effekten auf das Zentralnervensystem, das Herz-Kreislauf- und das Immunsystem vor, ebenso Kohortenstudien und tierepidemiologische Untersuchungen. Silny (2000, S. 31) empfiehlt die Durchführung von prospektiven epidemiologischen Studien, wobei der Schwerpunkt hierbei auf der Untersuchung der Wirkungen von Mobiltelefonen liegen sollte.
- Experimentelle Langzeit-Untersuchungen: Das Ecolog-Institut (2000, S. 38) hält Untersuchungen zu chronischen Wirkungen für erforderlich und empfiehlt diesbezüglich Experimente zum Zentralnervensystem, Immunsystem, Hormonsystem und zum Herz-Kreislauf-System.
- Andere Frequenzbereiche: Das Öko-Institut (2000, S. 82) befürwortet Studien zur Übertragbarkeit von Forschungsergebnissen, die für andere Frequenzbereiche erzielt wurden, auf den Frequenzbereich der Mobilfunkstrahlung.
- Kurzzeit-Untersuchungen: Das Ecolog-Institut (2000, S. 38) empfiehlt weitere Untersuchungen zu akuten Wirkungen von EMF insbesondere auf die Reaktionen des Gehirns in verschiedenen Ruhe- und Belastungssituationen mithilfe von EEG-Messungen.
- Spezifische Effekte: Silny (2000, S. 33) hält Untersuchungen zu den Wirkungsmechanismen, die der Karzinogenese zugrunde liegen, für erforderlich. Einzelne Schritte der Zellreplikation sollten in In-vivo- und In-vitro-Experimenten geklärt werden. Ein weiterer Schwerpunkt sollte auf Untersuchungen zum Zentralnervensystem, wie Experimente zum Schlafverhalten, EEG und Kalziumhaushalt liegen (S. 59). Bezüglich des EEG sollten zunächst Effekte und daraufhin Wirkungsmechanismen geklärt werden.
- Elektrosensibilität: Das Ecolog-Institut (2000, S. 38) legt besonderen Wert auf weitere Untersuchungen zum Phänomen „Elektrosensibilität“, insbesondere auch auf die Entwicklung zuverlässiger Forschungsmethoden.
- Kumulative Wirkungen: Das Öko-Institut (2000, S. 80 f.) empfiehlt die Erstellung von Studien darüber, inwieweit vorübergehende Expositionen durch die Selbstregulierungsmechanismen des biologischen Systems kompensiert werden oder ob sich die Effekte summieren.
- Replikation von Experimenten: Glaser (2000, S. 55) und Silny (2000, S. 31 f.) halten die kaum erfolgte Replikation von Experimenten für dringend erforderlich, insbesondere für den Bereich der kognitiven Funktionen beim Menschen.

Die Analyse der Empfehlungen der Metastudien zum weiteren Forschungsbedarf zeigt, dass mehrheitlich Forschungen zu technischen Aspekten und zu den Wirkungsmechanismen für besonders dringlich gehalten werden. Eine Erklärung für diese Priorisierung könnte sein, dass diese Schwerpunkte relativ allgemein und unstrittig sind, da sie keine Festlegung bezüglich spezifischer (und daher umstrittener) Effekte bedeuten. Insofern können die Forschungsempfehlungen als eine Bestätigung der unterschiedlichen Positionen in der wissenschaftlichen Diskussion betrachtet werden.

Allerdings sollten diese Schlussfolgerungen deshalb nicht überbewertet werden. Zum einen ist die quantitative Auswertung von der Wahl der Forschungskategorien abhängig. Hier besteht ein beträchtlicher Spielraum. Zum anderen stand die Ermittlung von Forschungsprioritäten zumeist nicht im Mittelpunkt der Metastudien. Hier handelt es sich somit wohl nur sehr eingeschränkt um systematische Einschätzungen des Forschungsbedarfs (von Homeyer et al. 2002, S. 148).

Was kann somit aus der aktuellen wissenschaftlichen Debatte und Risikoeinschätzung gefolgert werden? Auch wenn die Forschung keine eindeutigen Antworten auf die besonders dringlichen Fragen bereit hält, liefert sie zahlreiche Beispiele für die biologischen Effekte hochfrequenter EMF. Zudem liefert sie Hinweise auf mögliche kausale Mechanismen, neue Beobachtungen von athermischen Effekten oder Effekten aufgrund von Strahlung geringer Intensität. Diese Tendenzen müssen vor dem Hintergrund der Besorgnis der Öffentlichkeit über mögliche gesundheitliche Gefahren der Mobilfunkstrahlung, einer wachsenden Zahl von Gerichtsverfahren sowie der politischen Notwendigkeit, die möglichen Risiken trotz der bestehenden wissenschaftlichen Ungewissheit einzuschätzen und zu bewältigen, gesehen werden.

## 2. Vorsorgemaßnahmen

In Deutschland wurde die grundlegende Idee des Vorsorgeprinzips im Rahmen der Umweltpolitik entwickelt. Auch in vielen anderen Ländern ist der Vorsorgegedanke zum Bestandteil nationaler Politik geworden, und ebenso spielt Vorsorge im EU-Recht eine Rolle. Das Vorsorgeprinzip beinhaltet nach weit verbreiteter Ansicht, dass die Umweltpolitik schon im Vorfeld von Gefahren das Entstehen von Belastungen für Umwelt (und Menschen) verhindern oder einschränken und dadurch Risiken mindern soll. Auch wenn das Vorsorgeprinzip mit dieser Auffassung zwar grundsätzlich als umweltpolitisches Instrument, das sich auf potenzielle Risiken bezieht, anerkannt ist, bleibt dennoch zumeist unklar, nach welchen Kriterien darüber entschieden werden oder in welchen Fällen eingegriffen werden soll und welche Mittel dabei einzusetzen sind. In Umweltberichten der deutschen Bundesregierung werden dem Vorsorgeprinzip zumeist die Zielsetzungen Gefahrenabwehr, Risikovorsorge und Zukunftsvorsorge zugeordnet.

### Gefahrenabwehr

Nach deutschem Recht ist eine Gefahrenabwehr erforderlich, wenn eine Sachlage besteht, die „bei ungehindertem Ablauf des objektiv zu erwartenden Geschehens mit hinreichender Wahrscheinlichkeit zu einem Schaden führt“ (SRU 1999, S. 39), also bei einer ausreichenden Gewissheit über das Eintreten einer Gefahr. Demgegenüber besteht das Leitmotiv der Vorsorge gerade darin, auch ohne Gewissheit zu handeln: „Vorsorge weist weit über die Gefahrenabwehr hinaus in den Bereich der Risiken und hat deren Verminderung zum Ziel. [...] Risiko wird dabei verstanden als jede Möglichkeit, dass ein Schaden lediglich mit einer Gewissheit eintritt, die nicht ausreicht, um das Vorhandensein einer Gefahr zu begründen. [...]“ In der Regel wird Gefahrenabwehr inhaltlich durch Grenzwerte umgesetzt, die den Gefahrenbereich vom Risikobereich und damit die

Gefahrenabwehr von der Risikovorsorge trennt. Dieser Unterscheidung geht eine wissenschaftliche Bewertung des Risikos voraus. Dabei werden Grenzwerte so festgelegt, dass bei Einhaltung der Werte bei Betroffenen keine Belastungen bzw. keine Gefahr für Gesundheitsschäden besteht (Wiedemann et al. 2001, S. 44).

Das Vorsorgeprinzip kommt überwiegend dann zum Tragen, wenn bei einem Risikoverdacht die Informationen zur Risikobewertung nicht ausreichend sind, um das Risiko genügend sicher zu ermitteln und wissenschaftlich begründete Grenzwert abzuleiten, beispielsweise wenn ein Kausalzusammenhang zwischen einer Emission und einer Wirkung bzw. einer Schädigung vermutet wird, jedoch nicht definitiv nachweisbar ist. In solchen Fällen kann der Rückgriff z. B. auf das schon erwähnte ALARA-Prinzip als Vorsorge zur Anwendung kommen (Wiedemann et al. 2001, S. 45).

Im Hinblick auf Vorsorgeoptionen werden in einem Papier der EU-Kommission (2000) Kriterien für die Auswahl angemessener Maßnahmen zur Umsetzung von Vorsorge erstellt, die dazu beitragen sollen, Freiheiten und Rechte von Personen, Unternehmen und Verbänden auf der einen Seite sowie die Notwendigkeit von Vorsorgemaßnahmen auf der anderen Seite gegeneinander abzuwägen. Danach soll jede vorgeschlagene Vorsorgemaßnahme nicht nur durch einen wissenschaftlichen Verdacht begründet sein, sondern auch im Vergleich mit anderen Maßnahmen bewertet werden. So ist abzuwägen, ob und wie der ökonomische Nutzen – hier: das mobile Telefonieren – sowie die damit verbundenen Rechte Dritter bei der Umsetzung von konkreten Maßnahmen berücksichtigt werden sollen (vgl. auch Rat der EU, 1999/519/EG vom 12.07.1999).

Ausgewählte Vorsorgemaßnahmen sind außerdem danach zu beurteilen, ob die angestrebten Schutzziele auch durch die entsprechenden Maßnahmen erreicht werden, denn Maßnahmen können prinzipiell eine Reihe gänzlich unterschiedlicher Folgen haben. Zu beachten ist beispielsweise, ob durch Vorsorgemaßnahmen tatsächlich ein mögliches Gesundheitsrisiko reduziert wird oder ob nicht intendierte Nebenwirkungen auftreten können. Für die Bewertung der Wirksamkeit von Vorsorgemaßnahmen, die z. B. Vorsorgewerte zur Begrenzung von EMF-Expositionen vorschlagen, halten Wiedemann et al. (2002, S. 98) die Offenlegung einer Reihe von Informationen für notwendig: „Können Schwellenwerte für gesundheitsrelevante Wirkungen begründet werden, wenn ja, welche? Lässt sich eine Dosis-Wirkungs-Beziehung angeben? Welchen Expositionen sind welche Teile der Bevölkerung ausgesetzt?“

Die Überlegungen zeigen, dass bei einer Risikobewertung unter dem Gesichtspunkt der Vorsorge zum einen das Problem (un)vollständiger Information besteht, zum anderen beim Risikomanagement in umfassender Weise die Interessen aller Beteiligten abgewogen werden müssen und drittens eine kritische Überprüfung der Zielerreichung durch die vorgeschlagenen Maßnahmen vorzunehmen ist (Wiedemann et al. 2002, S. 99).

### Vorsorge und Schutzmaßnahmen

Angesichts der bestehenden Lücken hinsichtlich des Wissensstandes über die möglichen gesundheitlichen und öko-

logischen Effekte von EMF werden in etwa der Hälfte der für den vorliegenden Bericht analysierten internationalen Metastudien für den Bereich der mobilen Telekommunikation Vorsorgemaßnahmen empfohlen. Ebenso werden – vor dem Hintergrund der bereits bestehenden Schutzmaßnahmen in Deutschland – in den meisten der hier untersuchten nationalen Metastudien Fragen nach der Notwendigkeit weiterer Maßnahmen diskutiert. Im Folgenden werden die wesentlichen bestehenden und in der Diskussion befindlichen Maßnahmen kurz beschrieben, und es wird auf die Position der verschiedenen Studien zu diesen Maßnahmen im Einzelnen sowie in einer Gesamtbetrachtung eingegangen.

- Information/Aufklärung: Maßnahmen der Information und Aufklärung richten sich an die Öffentlichkeit. Der Bürger soll hierdurch in die Lage versetzt werden, sich selbst ein hinreichend informiertes Urteil zu bilden und entsprechende Entscheidungen zu treffen. Gegenstand entsprechender Maßnahmen können z. B. der Stand der Forschung, Informationen zur Strahlungsexposition und über Möglichkeiten zur Reduzierung der Exposition sein. So wird z. B. vom Öko-Institut (2000) betont, dass die Strahlungsexposition von den Nutzern des Mobilfunks selbst durch Maßnahmen wie das Vermeiden der Nutzung des Mobiltelefons in geschlossenen Räumen beträchtlich vermindert werden kann. Ein solches Verhalten kann durch Aufklärungsmaßnahmen gefördert werden.
- Planungsverfahren/Bürgerbeteiligung: Maßnahmen zur Bürgerbeteiligung im Rahmen von Planungsverfahren betreffen besonders die Errichtung von Mobilfunkseideanlagen. Durch eine frühzeitige Information der Bürger über die geplante Errichtung dieser Anlagen sowie die Schaffung von Verfahren, die den Bürgern die Möglichkeit geben, die Planung zu beeinflussen, können Konflikte frühzeitig erkannt, Vertrauen aufgebaut und die Legitimität von Entscheidungen erhöht werden. Im Dezember 2001 einigten sich die Bundesregierung und die Mobilfunkbetreiber auf eine Reihe von Vorsorgemaßnahmen, zu denen sich die Betreiber selbst verpflichten. Teil dieses Pakets ist die Unterrichtung der Bürger über die beabsichtigte Errichtung von Sendeanlagen.
- Transparenz/Kennzeichnung: Eine weitere Maßnahme betrifft die Schaffung von Transparenz durch klare Kenntlichmachung der Strahlungsintensität der unterschiedlichen Mobilfunkgeräte und anderer Endgeräte. Dies kann z. B. durch eine deutlich sichtbare Angabe des SAR-Wertes auf der Verpackung bzw. auf dem Mobiltelefon selbst geschehen. Ergänzend oder alternativ hierzu kann die Transparenz auch durch die Nutzung eines Kennzeichens, wie z. B. des „Blauen Engels“ für umweltfreundliche Produkte, erhöht werden. Im Juli 2002 wurde in Deutschland die Möglichkeit geschaffen, strahlungsarme Mobiltelefone mit einem SAR-Wert unter 0,6 W/kg mit dem „blauen Engel“ zu kennzeichnen. Allerdings scheinen die Mobilfunkanbieter dieser Möglichkeit bisher ablehnend gegenüber zu stehen (Mobilfunkanbieter 2002; <http://www.handywerte.de>). Die Kennzeichnung der mobilen Endgeräte

- wird von der SSK (2001, S. 16) sowie dem Öko-Institut (2000, S. 91) empfohlen. Während die SSK eine geeignete einheitliche Kennzeichnung, welche die Expositionen durch Geräte angeben, z. B. in welchem Ausmaß Basisgrenzwerte bzw. Referenzwerte der EU-Ratsempfehlung ausgeschöpft werden, für ausreichend hält, spricht sich das Öko-Institut für eine nutzungsspezifische Kennzeichnung aus, aus der hervorgeht, wie hoch die mögliche Strahlenbelastung bei der typischen Handhabung eines Gerätes ist.
- Generelle Produktverbesserung: Als weitere Maßnahme ist eine stärkere Berücksichtigung des Aspekts der Minimierung der Strahlungsintensität bei der technischen Entwicklung insbesondere von Endgeräten wie Mobiltelefonen denkbar. Die SSK (2001, S. 16) empfiehlt bei der Entwicklung von Geräten oder der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen.
  - Dosimetrie/Technische Maßnahmen: Handlungsmöglichkeiten bestehen auch im Bereich der technischen Standards und Messverfahren. Dies könnte z. B. die Verfahren betreffen, die der Ermittlung und Anwendung des SAR-Wertes zugrunde liegen.
  - Schutzzonen: Die Einrichtung von Schutzzonen, in denen z. B. die Verwendung von Mobiltelefonen oder die Errichtung von Sendeanlagen verboten oder stark eingeschränkt wird, ist eine häufig diskutierte Maßnahme. Diese Zonen können u. a. dem Schutz von möglicherweise besonders strahlungsempfindlichen Personen dienen. Ihre Einrichtung wird daher primär für Krankenhäuser, Schulen oder Kindergärten erwogen. Die Mobilfunkbetreiber in Deutschland wollen im Rahmen der freiwilligen Selbstverpflichtung vom Dezember 2001 bei der Planung von Sendeanlagen verstärkt die Standorte von Schulen und Kindergärten berücksichtigen. Über diese Selbstverpflichtung hinaus wird das Konzept der Schutzzonen hierzulande bisher nicht verwendet. Manche Studien befürworten noch weitergehende Maßnahmen: Schutzzonen sollen alle Orte umfassen, an denen sich Menschen regelmäßig länger als vier Stunden aufhalten. Da sehr viele Orte von einer derartigen Regelung betroffen sein dürften, käme sie einer Verschärfung der allgemein geltenden Grenzwerte nahe.
  - Ausweitung der 26. BImSchV auf Mobiltelefone: Eine weitere mögliche Maßnahme besteht in der Festlegung von Grenzwerten für die Strahlungsemissionen von Mobiltelefonen in der 26. BImSchV, die von drei Meta-studien empfohlen wird. Eine Orientierung könnte die im August 2001 verabschiedete europäische Sicherheitsnorm EN 50360 zur Festlegung der maximalen Emissionen von Mobiltelefonen bieten. Dort gilt ein SAR-Wert von 2 Watt/kg. Bei der Einführung der Grenzwerte für mobile Endgeräte sollten jedoch, so das Öko-Institut (2000, S. 91), die typischen Einsatzbedingungen, wie z. B. die Nutzungsdauer, variable Strahlungsintensität durch Empfangs- und Senderegulierung der Geräte und der erreichbare technische Standard, berücksichtigt werden.
  - Grenzwertreduzierung: Die derzeit in Deutschland geltenden Grenzwerte für ortsfeste Anlagen sind in der 26. BImSchV aus dem Jahre 1999 festgeschrieben. Diese Grenzwerte orientieren sich an den von der ICNIRP und von der EU empfohlenen Werten. Das Gutachten des Ecolog-Instituts (2000) empfiehlt explizit eine Senkung der geltenden Grenzwerte auf 0,01 W/m<sup>2</sup> für Mobilfunk-sendeanlagen und maximal 0,5 W/m<sup>2</sup> für Mobiltelefone. Das Öko-Institut (2000) gibt zu bedenken, dass die geltenden Grenzwerte keine Vorsorgewerte sind, da sie lediglich auf die wissenschaftlich unumstrittenen thermischen Effekte der Mobilfunkstrahlung abstellen. Die bei der Festlegung der Grenzwerte verwendeten Multiplikatoren decken lediglich gewisse Unsicherheiten hinsichtlich dieser Effekte ab (vgl. Öko-Institut 2000, S. 86). Glaser (2000) betont den relativ geringen Sicherheitsabstand der geltenden Grenzwerte.
  - Minimierungsgebot: Ein Minimierungsgebot eignet sich besonders, wenn keine Wirkungsschwelle bekannt ist oder wenn die Art und Stärke der Expositionen stark variieren. Entsprechende Maßnahmen wären z. B. die Minimierung der Exposition durch geeignete Standortplanung, die Verwendung von Mobiltelefonen mit möglichst geringer Strahlung, die Verwendung von Mobiltelefonen nach Möglichkeit nicht in Situationen mit besonders hoher Exposition, wie z. B. in geschlossenen Fahrzeugen. Schließlich ist zudem eine Expositions-minderung nach dem Stand der Technik möglich. Während eine Expositionsreduzierung entsprechend dem Stand der Technik u. a. auf die Festlegung relativ strenger Grenzwerte hinausläufe, würde eine Reduzierung unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Faktoren tendenziell zu weniger restriktiven Maßnahmen führen. Die Einführung eines Minimierungsgebots ist eine der zentralen Forderungen des Öko-Instituts (2000, S. 90). Die SSK (2001, S. 16) empfiehlt lediglich eine Minimierung der Exposition durch EMF im Rahmen der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten besonders in Bereichen, in denen sich Menschen längere Zeit aufhalten.
- Die Analyse der Empfehlungen der deutschsprachigen Metastudien zu den Schutzmaßnahmen zeigt, dass alle Studien Handlungsbedarf erklären. Betrachtet man die verschiedenen Maßnahmenarten, so zeigt sich, dass es sich bei Information und Aufklärung der Bürger um die am häufigsten empfohlene Maßnahme handelt. Verbesserungen im Planungsverfahren und eine Anwendung der 26. BImSchV auf Mobiltelefone werden jeweils von drei der fünf Studien befürwortet. Mit jeweils zwei Empfehlungen folgen die Erhöhung der Transparenz und Kennzeichnung, die Einrichtung von Schutzzonen und das Minimierungsgebot. Nur jeweils einmal werden generelle Produktverbesserungen, Maßnahmen im Bereich der Dosimetrie und Messverfahren sowie Grenzwertreduzierungen genannt. Obwohl nur Ecolog (2000) eine deutliche Verschärfung der Grenzwerte empfiehlt, bemerken sowohl Öko-Institut (2000) als auch Glaser (2000), dass die geltenden Grenzwerte keine Vorsorgewerte sind und einen im Vergleich zu anderen (Nicht-Vorsorge-) Grenzwerten niedrigen Sicherheitsfaktor aufweisen.

### 3. Öffentlichkeit und politische Debatte

Da allem Anschein nach nicht davon auszugehen ist, dass die bestehenden Wissenslücken und offenen Fragen hinsichtlich der möglichen gesundheitlichen (und ökologischen) Risiken und Wirkungen mobilfunkverursachter EMF in naher Zukunft hinreichend oder abschließend geklärt werden können, ist zu fragen, wie auf die bestehenden Kontroversen reagiert werden kann.

#### Stand des öffentlichen EMF-Risikodiskurses in Deutschland

Am Ende eines gesellschaftlichen Kommunikationsprozesses über technologische Risiken sollte idealerweise ein Verfahren stehen, das durch die konsensuelle Festlegung von Maßnahmen zu einer Deeskalation des Konflikts führt. Die Einführung von freiwilligen Vereinbarungen, Zusicherungen von Grenzwertregelungen oder weiterer Forschungsförderung bedeutet jedoch im hier relevanten EMVU-Diskurs nicht, dass damit eine abschließende Lösung gefunden wäre. Vielmehr bilden die Kommunikation über potenzielle Risiken von EMF und die damit verbundenen Management-

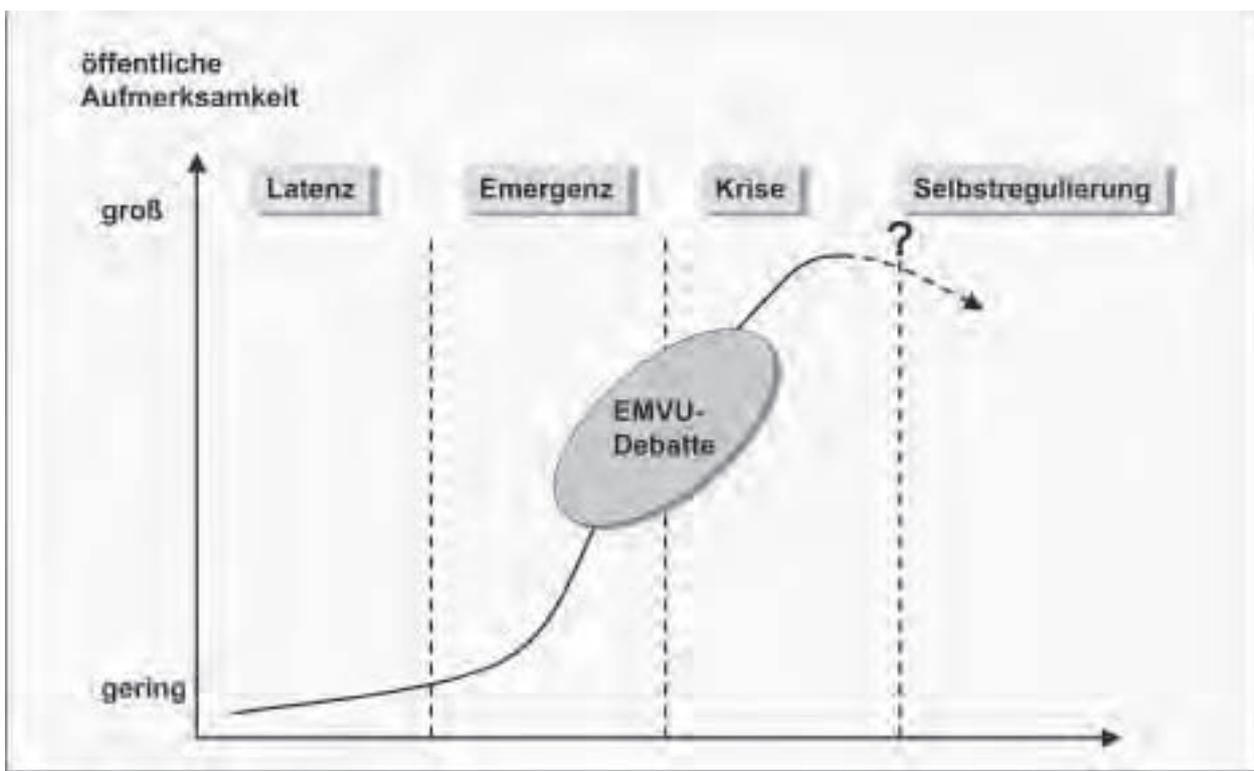
optionen einen dauerhaften Bestandteil der weiteren Entwicklung, wenn die (bislang schon teilweise) eingeleiteten Maßnahmen Erfolg haben sollen. Lösungsorientierte und kooperative Aktivitäten aufseiten der Netzbetreiber, der staatlichen Institutionen, der Wissenschaft, der Kommunen und der Bürgerinitiativen sind zur Umsetzung der geplanten Maßnahmen im Zusammenhang mit der flächendeckenden Implementierung der neuen UMTS-Netze weiterhin notwendig.

Zur Veranschaulichung des Verlaufs der EMVU-Debatte in Deutschland kann der idealtypisch zu verstehende Ablauf von Risikodiskursen in Phasen der Latenz, der Emergenz, der Krise sowie Regulation unterteilt werden (Abbildung 16).

Der Ausgang des EMVU-Diskurses ist derzeit offen. Mit der Definition zahlreicher Maßnahmen hat eine Phase der Selbstregulierung begonnen, wobei aufgrund der denkbaren hohen Varianzen in der Umsetzung zurzeit sowohl eine weitere, krisenhafte Zuspitzung des Konflikts als auch eine konsens- und kompromissorientierte Lösung möglich erscheinen (Büllingen/Hillebrand 2002, S. 114).

Abbildung 16

#### EMVU-Debatte in Deutschland



Quelle: Büllingen/Hillebrand 2002, S. 113 (nach Wiedemann et al. 2001)

Angesichts der zukünftig noch weiter wachsenden Exposition der Öffentlichkeit durch hochfrequente EMF kann davon ausgegangen werden, dass die teilweise in der Bevölkerung vorhandene Beunruhigung zumindest weiter anhalten wird. Während einerseits die wissenschaftliche Erforschung von mobilfunkverursachter Strahlung fortgesetzt werden sollte – insbesondere durch epidemiologische- und Langzeitstudien –, ist es zugleich erforderlich, zeitnah auf Anliegen und Ängste in der Bevölkerung angemessen zu reagieren. Vermutlich kann und sollte hier nicht auf weitere oder eventuell neue wissenschaftliche Erkenntnisse gewartet werden. Aktuell zu unternehmende Schritte für konkrete Maßnahmen könnten Folgendes umfassen:

- Vertrauensbildung in der Öffentlichkeit, konstruktives Eingehen auf die öffentlich vorgetragene Bedenken, Förderung der öffentlichen Debatte, verbesserte Risikokommunikation etc.;
- Zugang der Öffentlichkeit zu Informationen (z. B. Messaktionen, Messmonitoring), Informationsprogramme;
- Einbeziehung der Öffentlichkeit in die politische Debatte;
- Einführung von Vorsorgemaßnahmen;
- Unterstützung weiterführender Forschung;
- Verpflichtung der Industrie zur Übernahme von Kostenanteilen;
- Klärung von Haftungsfragen.

### Integrierte Mobilfunkplanung

Anfängliche (politische) Reaktionen zielten häufig darauf ab, die Öffentlichkeit davon zu überzeugen, dass ein Risiko nicht besteht, bzw. unerheblich oder zumindest geringer als andere (alltägliche) Risiken ist. In der Regel stellen jedoch die zuständigen Stellen bald fest, dass es unabdingbar ist, sich der von der Öffentlichkeit vorgetragene Bedenken konstruktiv anzunehmen sowie ggf. resultierende Maßnahmen und Aufgaben zeitnah und effektiv durchzuführen und auch entsprechend zu kommunizieren.

Ursache für die Skepsis in der Bevölkerung gegenüber EMF sind nicht nur die nicht zweifelsfrei geklärten Fragen der biologischen Wirksamkeit hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung, sondern auch, dass der bisherige Netzaufbau (sowohl beim bisherigen GSM-Standard als auch beim neuen UMTS-Netz) ohne ausreichende Koordination der Betreiber untereinander erfolgte, begleitet von einer bisher nicht immer und überall offensiven bzw. transparenten Informationspolitik. Wenn man auf einen Ausgleich zwischen Forderungen aus der Bevölkerung nach einer möglichst niedrigen elektromagnetischen Strahlenbelastung und dem ökonomischen Interesse der Mobilfunk-Betreiber an einem Kosten sparenden UMTS-Netzaufbau mit effizienter Versorgung und hoher Netzqualität abzielt, erscheint eine „integrierte kommunale Mobilfunkplanung“, durch die ein konstruktiver Dialog auf kommunaler Ebene erreicht werden kann, notwendig. Die Kommune erhält hierbei die Rolle einer Vermittlerin zwischen den Bedürfnissen der Einwohner und den Interessen der (zudem untereinander konkurrierenden) Mobilfunkbetreiber. Um dieser Aufgabe gerecht werden zu können, müssen die Kommunen in ihrer Kompetenz

bezüglich der Mobilfunktechnik und resultierender Problematiken (noch) unterstützt werden.

Unterstützung erfahren die Kommunen seit einiger Zeit zum einen von staatlicher Seite durch entsprechende Schulungen und Programme, die auf Landes- oder Bezirksebene entwickelt und den zuständigen kommunalen Bediensteten angeboten werden (vgl. Kapitel V.1.5). Dieses Instrument sollte weiterhin und noch verstärkt eingesetzt werden. Zum anderen bieten inzwischen privatwirtschaftliche Unternehmen – zum Teil in Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen wie Universitäten etc. – den Kommunen eine umfassende Dienstleistung im Bereich Planung und Optimierung von Mobilfunknetzen an, die ihnen die Möglichkeit an die Hand gibt, eine Bündelung von verschiedenen Kompetenzen zur konstruktiven Netzplanung zu realisieren. Die Beratungsinstitutionen entwickeln Vorschläge, Probleme der Standortakquisition durch Einbezug der Kommunen und der Mobilfunkgegner mit einem abgestimmten Netzplanungsansatz zu lösen.

Ziel der kommunalen Zusammenarbeit mit entsprechenden Beratungsfirmen ist es, aus den jeweiligen soziogeographischen Gegebenheiten und Anforderungen der Betreiber nach Netzkapazität und Abdeckung einen konstruktiven Planungsvorschlag für den Aufbau der Mobilfunknetze zu erarbeiten, der zugleich individuelle Anpassungen der Zielvorgaben beispielsweise für Strahlungsintensitäten für besonders schutzbedürftige Zonen für die jeweilige Kommune in gemeinsamer Abstimmung erlaubt. Eine solchermaßen aktive Rolle der Kommunen, unterstützt durch einen „neutralen“ Dienstleister, könnte somit einen Einbezug der Bevölkerung im Hinblick auf die EMVU-Problematik bei gleichzeitiger Berücksichtigung der jeweiligen ökonomischen Interessen erleichtern. Die Kommunen koordinieren die Dienstleistung, um ihre Interessen und die ihrer Einwohner zu wahren.

Im Ergebnis dieser konzertierten Funknetz- und Standortplanung könnte somit ein von allen Beteiligten gemeinsam verantwortetes Resultat stehen, das mindestens folgende Aspekte beinhaltet (vgl. Kalau/Kamp 2002):

- Verzeichnis aller bislang vorhandenen Standorte für Sendeanlagen
- Festlegung sensibler EMVU-Bereiche
- ausgewiesene und bewertete kommunale Standorte
- konzertierte Detailplanung der Netzbetreiber
- verbindliche Szenarien für den weiteren Netzausbau
- bedarfsabhängige, funktionsfähige Netze
- umfassende Standorterfassung in einem Umweltkataster
- Erfassung und Dokumentation der Strahlungsintensitäten
- Planungseffizienz und Optimierung der Kosten und Einnahmen
- gesteigerte Akzeptanz in der Bevölkerung.

### Handlungsoptionen für das Parlament

Bei der politischen Bewertung neuer Forschungsergebnisse in Bezug auf die Festlegung von Grenzwerten kommt dem Parlament eine besondere Aufgabe zu. Das BVerfG hat in

seiner jüngsten Entscheidung diese Anforderung hervor gehoben. Die wissenschaftliche Begründbarkeit von Grenzwerten bildet dabei eine zentrale Anforderung für die Akzeptanz. Eine Diskussion von Grenzwerten dürfte neuerlich erforderlich werden, wenn die WHO 2004 die Ergebnisse ihrer international erwarteten Studie vorlegt.

Hinsichtlich weiterer Maßnahmen, die z. B. mit Blick auf das Vorsorgeprinzip eingeleitet werden (könnten), ist es eine bedeutende Aufgabe der parlamentarischen Debatte, eine für die Öffentlichkeit transparente Risiko-Nutzen-Abwägung im Vorfeld einer Entscheidungsfindung vorzunehmen. Das Parlament könnte dazu eine Plattform für den Risikodiskurs für alle Beteiligten, z. B. in Form eines „Runden Tisches“ oder in Form von weiteren Anhörungen, zur Verfügung stellen. Eine wichtige Anforderung an das Parlament im Rahmen des EMVU-Diskurses besteht auch darin, in verschiedenen Bereichen durch Monitoring sicherzustellen, dass Transparenz zwischen den verschiedenen „Mobilfunk-Akteuren“ zur Förderung eines Interessenausgleichs hergestellt werden kann. Um einen Beitrag zur Information der breiten Öffentlichkeit zu leisten, könnte das Parlament beispielsweise im Abstand von zwei Jahren einen Bericht über den Fortgang des EMVU-Diskurses initiieren. Auf diese Weise könnte ggf. einer Zuspitzung der Risikokommunikation bei der EMVU-Problematik zu einer Vertrauenskrise beim Mobilfunk entgegen gewirkt werden. Ein zentraler Punkt wäre in diesem Zusammenhang das Monitoring der vom Bund gemeinsam mit den Mobilfunkbetreibern finanzierten Forschungsprogramme sowie zum anderen das Monitoring der Umsetzungsfortschritte der auf Freiwilligkeit beruhenden Zusagen der Netzbetreiber. So sind die Unternehmen verpflichtet, der Bundesregierung Ende 2002 einen Bericht über die bis dahin erzielten Erfolge vorzulegen.

#### 4. Resümee und Ausblick

Die in Deutschland und auch in vielen anderen Ländern für die jeweiligen nationalen Grenzwertbestimmungen maßgebenden ICNIRP-Richtlinien basieren auf Erkenntnissen zu thermischen Effekten bzw. der allgemeinen Erwärmung von Geweben.

Einige wissenschaftliche Studien sehen jedoch zum einen Hinweise, dass u. U. lokale Erwärmungen – so genannte „Hot Spots“ – anscheinend auch bei Expositionen unterhalb der ICNIRP-Grenzwertempfehlungen auftreten können. Zum anderen gibt es Hinweise auf mögliche biologische Wirkungen, die auf so genannten athermischen Effekten beruhen könnten, also ohne dass es zuvor zu einer signifikanten Erwärmung des Körpergewebes gekommen ist. Es stellt sich daher die Frage, inwieweit die Einhaltung der ICNIRP-Grenzwertempfehlungen in jedem Fall sicherstellen kann, dass es nicht zu einer möglicherweise schädlichen Geweberwärmung bzw. anderen biologischen Wirkungen kommen kann. Gegebenenfalls ist zu bedenken, dass sich Grenzwerte bzw. Richtlinien nicht nur an einem allgemeinen Temperaturgradienten für Gewebe, sondern auf reale (teilweise lokale) Effekte beziehen sollten.

Die noch bestehenden Wissenslücken sowie die Kontroversen um mögliche gesundheitliche Effekte der Mobilfunkstrahlung werfen allgemein die Frage auf, inwieweit bestimmte Verfahren der Wissenschaft geeignet sind, möglichst zügig das relevante und notwendige Wissen zu

generieren, um evtl. resultierende politische Maßnahmen so weit wie möglich auf wissenschaftliche Erkenntnisse stützen zu können.

Aus den im Rahmen dieses Berichtes analysierten Studien können abschließend folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Es ist ein weiterer Anstieg der Nutzung von Mobilfunksystemen zu erwarten und damit auch eine Zunahme von mobilfunkverursachten EMF.
- Die Emissionen von Mobiltelefonen und Basisstationen haben – bei Einhaltung der bestehenden Grenzwerte – für die Allgemeinheit anscheinend im Regelfall keine gesundheitlichen Auswirkungen.
- Es gibt jedoch wissenschaftliche Hinweise darauf, dass Expositionen durch hochfrequente Strahlung von Mobilfunkgeräten und von Basisstationen biologische Effekte bei Menschen (und Tieren) hervorrufen können. Für die meisten Personen stellen diese Effekte höchstwahrscheinlich kein gesundheitliches Risiko dar. Einige Personen scheinen jedoch unter gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu leiden. Es ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht zweifelsfrei auszuschließen, dass es bei diesem „elektrosensiblen“ Personenkreis, aber auch bei anderen Personen, zu tatsächlichen Wirkungen kommen kann – auch bei Expositionen unterhalb der geltenden Grenzwertempfehlungen und auch bei so genannten athermischen Effekten.
- Die Einführung eines Gütesiegels für Mobiltelefone ist nicht im Konsens mit den Herstellern und Netzbetreibern erfolgt. Falls die Hersteller keinen Gebrauch von dem Siegel machen, wäre im Interesse der Verbraucher ggf. eine andere Lösung zu diskutieren. Ob zudem ein Siegel, das auf den maximalen SAR-Werten eines Mobiltelefons basiert, Transparenz für die Verbraucher über die tatsächliche Exposition in der praktischen Anwendung schafft, erscheint darüber hinaus fraglich, da aufgrund der dynamischen Leistungsregelung der Geräte die tatsächlichen Strahlungswerte sehr stark variieren können.
- Kinder und andere in besonderer Weise sensible Personen sollten Mobiltelefone mit besonderer Sorgfalt bzw. Zurückhaltung nutzen. Nach Möglichkeit sollten generell Nutzer von Mobiltelefonen ein so genanntes Head-Set o. Ä. verwenden. Im Hinblick auf die Head-Sets und Freisprechanlagen sollte entsprechend die Forschung intensiviert werden, da es zu diesem Problembereich erst sehr wenige Untersuchungen gibt.
- Vorsorgemaßnahmen erscheinen – sowohl hinsichtlich der Nutzung von Mobiltelefonen als auch mit Blick auf die Sendeanlagen – geeignet, mögliche Risiken zu vermindern und den in der Öffentlichkeit geäußerten Befürchtungen eines möglichen gesundheitlichen Risikos durch die Mobilfunktechnologie zu begegnen. Es erscheint bedenkenswert, diesbezüglich ggf. auch die geltenden nationalen- bzw. ICNIRP-Richtlinien mit dem Vorsorgeansatz in Übereinstimmung zu bringen, insbesondere dann, wenn weitere Forschungsergebnisse die Existenz und die Auswirkungen athermischer Effekte zweifelsfrei belegen sollten.

- Alternativ bzw. zusätzlich scheinen Möglichkeiten zur Optimierung der Mobilfunktechnologie zu bestehen – insbesondere auch im Hinblick auf eine Verringerung der Strahlungsintensität –, die zu weiteren wesentlichen Reduzierungen von Emissionen an den jeweiligen Quellen – Mobiltelefone und Sendeanlagen – beitragen können.
- Messaktionen und Monitoring tragen zur Vertrauensgenerierung in Standortverfahren bei. Sie sollten intensiviert werden, damit kontinuierlich Nachweise für die Einhaltung von Grenzwerten vorgelegt werden können. Sinnvoll erscheint die Schaffung eines Netzes von Monitoringsystemen, um Messdaten über die gesamten tatsächlichen Mobilfunkemissionen gewinnen zu können. Es macht Sinn, mit den Mobilfunkbetreibern weitere gemeinsame und verbindliche Schritte im Umwelt-, Verbraucher- und Gesundheitsschutz zu unternehmen.

Allgemeine Übereinstimmung besteht dahin gehend, dass mehr Forschung (insbesondere Langzeit- und epidemiologische Studien) und bessere Information eine zentrale Rolle in der Risikokommunikation über die Auswirkungen der Mobilfunktechnologie spielen sollten. Dabei darf nicht außer Acht gelassen werden, dass im EMVU-Diskurs die Forschungsergebnisse entsprechend aufbereitet und kommuniziert werden müssen, um von der Bevölkerung perzipiert zu werden. Die Frage, wie Informationen neutral und objektiv dargestellt, gebündelt und bewertet werden können, stellt eine Hauptanforderung für die öffentlichen Akteure dar, auch für das Parlament.

Um zu einer Intensivierung, Verbesserung und ggf. Neuausrichtung der Forschung zu den gesundheitlichen Auswirkungen von elektromagnetischer Strahlung durch den Mobilfunk zu kommen, sollte über die Einrichtung einer

entsprechenden Forschungsplattform beispielsweise im Rahmen eines koordinierten Forschungskonzeptes „Mobilfunk und Gesundheit“ nachgedacht werden (analog der 2001 eingerichteten TSE-Forschungsplattform). So eine Forschungsplattform hätte kommunikative Aufgaben nach innen – als Selbstorganisation der Forschenden – und nach außen. Hinzu kämen Koordinationsaufgaben, Absprachen zu Standardisierung der Verfahren und der Austausch von Methoden.

Wenn die WHO 2004 die Ergebnisse ihrer internationalen Studie vorlegt, könnte eine Aufgabe des Parlamentes sein, zu einer öffentlichen und transparenten Risiko-Nutzen-Abwägung im Vorfeld einer Entscheidungsfindung (beispielsweise im Hinblick auf Veränderungen von Grenzwerten oder Verringerung der Intensitäten bei EMF-Emissionen) beizutragen. Das Parlament könnte z. B. eine Plattform für den Risikodiskurs für alle Beteiligten, z. B. in Form eines „Runden Tisches“ oder in Form von weiteren Anhörungen, zur Verfügung stellen.

Das Monitoring der Debatte in Deutschland zu Kontroversen und neuen Erkenntnissen stellt ebenso eine wichtige Anforderung an das Parlament dar. Um einen Beitrag zur Information der breiten Öffentlichkeit zu leisten, könnte das Parlament im Abstand von zwei Jahren einen Bericht über den Fortgang des EMVU-Diskurses erstellen (lassen). Auf diese Weise könnte ggf. einer möglichen Zuspitzung der Risikokommunikation zu einer Vertrauenskrise in den Mobilfunk entgegengewirkt werden. Ein zentraler Punkt wäre dabei das Monitoring der vom Bund gemeinsam mit den Betreibern finanzierten Forschungsprogramme sowie zum anderen das Monitoring der Umsetzungsfortschritte der freiwilligen Netzbetreiber-Zusagen sowie die Umsetzungserfolge im Rahmen der Verbändevereinbarung.



## Literatur

### 1. In Auftrag gegebene Gutachten

BÜLLINGEN, F., HILLEBRAND, A. (2002): Gesundheitliche und ökologische Aspekte bei mobiler Telekommunikation und Sendeanlagen – Regulatorische Rahmenbedingungen und Erfordernisse sowie öffentliche Debatte. WIK-Consult, Bad Honnef

VON HOMEYER, I., MAXON, P., VERBUECHELN, M. (2002): Analyse des wissenschaftlichen Diskurses zu den gesundheitlichen und ökologischen Risiken mobiler Telekommunikation und von Sendeanlagen. Ecologic – Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik, Berlin

### 2. Zitierte Literatur

ALTPETER, E. S. (1995): Study of Health Effects of Short-wave Transmitter Station at Schwarzenburg-University of Berne, Institut for Social & Preventative Medicine. Bern

ARGE GSM-Netz (1998): Gesundheit und Wohlbefinden, Symposium über mögliche biologische und gesundheitliche Auswirkungen von radiofrequenten elektromagnetischen Feldern – Wiener EMF-Deklaration, Symposium, 25. bis 28. Oktober 1998, Universität Wien. Wien

ARPANSA (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency) (2001): Maximum exposure levels to radiofrequency fields – 3kHz to 300 GHz. [http://www.arpansa.gov.au/rf\\_standard.htm](http://www.arpansa.gov.au/rf_standard.htm) (abgerufen am 15. April 2002)

BAKOM (Bundesamt für Kommunikation, Schweiz) (2002): NIS Immissionen in Salzburg. Studie erstellt durch das BAKOM in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum ARC Seibersdorf research GmbH, dem Magistrat Salzburg, Amt für Umweltschutz und der EMC – RF Szentkuti. Im Auftrag der Eidgenössischen Kommunikationskommission (ComCom), Februar 2002. Bern

BALODE, Z. (1996): Assessment of radio-frequency electromagnetic radiation by the micronucleus test in Bovine peripheral erythrocytes. In: Science of Total Environment, S. 180

BAUMANN, W. (2001a): Rechtsschutz gegen Mobilfunk. In: Zeitschrift für Umweltmedizin 9(5), S. 274–277

BAUMANN, W. (2001b): Die Behörde muss einschreiten. In: Zeitschrift für Umweltmedizin 9(6), S. 334–335

BENISCHKE, A., BUNKE, D., KÜPPERS, C., WASSILEWREUL, C. (2000): Gutachten zum Erkenntnisstand zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen des Mobilfunks. Studie im Auftrag von T-Mobile. Öko-Institut Darmstadt, Darmstadt. [http://www.emf-risiko.de/projekte/pro\\_emf/gutachten.html](http://www.emf-risiko.de/projekte/pro_emf/gutachten.html) (abgerufen am 15. April 2002)

BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) (2001): Empfehlungen des Bundesamtes für Strahlenschutz zum Telefonieren mit dem Handy (<http://www.bfs.de>)

BImSchV (Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes) (1996): Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV. Bonn

BITKOM (Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und Neue Medien) (2002): Blauer Engel für Handys führt in die Irre. Pressemitteilung vom 14. Juni 2002

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2001): Vermerk zur Novellierung der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV). Ausschuss-Drucksache 14/552

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2002): „Blauer Engel“ jetzt auch für strahlungsarme Handys. Pressemitteilung vom 14. Juni 2002

BOBIS-SEIDENSCHWANZ, A., WIEDEMANN, P. M. (1993): Gesundheitsrisiken nieder- und hochfrequenter elektromagnetischer Felder. Bestandsaufnahme der öffentlichen Kontroverse, Arbeiten zur Risikokommunikation, Heft 39, Forschungszentrum Jülich. Jülich

BORBELY, A., HUBER, R., GRAF, T., FUCHS, B. (1999): Pulsed high-frequency electromagnetic fields affects human sleep and sleep electroencephalogram. In: Neuroscience Letters 275(3), S. 207–210

BRAUNE, S., WROCKLAGE, C., RACZEK, J., GAILUS, T., LUCKING, C. H. (1998): Resting blood pressure increase during exposure to a radiofrequency electromagnetic field. In: Lancet 351

BRITISH MEDICAL ASSOCIATION (2001): Board of Science and Education, Mobile phones and health: An interim report, May 2001

BÜLLINGEN, F., HILLEBRAND, A., WÖRTER, M. (2002): Elektromagnetische Verträglichkeit zur Umwelt (EMVU) in der öffentlichen Diskussion. Studie im Auftrag des BMWi, WIK-Consult, Bad Honnef (unveröff.)

BUNDESREGIERUNG (2001): Die Vorsorgemaßnahmen der Bundesregierung im Bereich Mobilfunk. Pressemitteilung, Stand: 14. Dezember 2001

BUNDESREGIERUNG (2002): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der FDP, Bundestagsdrucksache 14/8501 vom 13. März 2002

BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft, Schweiz) (2002): Mobilfunkantennen: Grundsätze für den Vollzug festgelegt, Medienmitteilung vom 5. Juni 2002

BVerfG (Bundesverfassungsgericht) (2002): Erfolgreiche Verfassungsbeschwerde gegen Mobilfunkanlagen. Pressemitteilung Nr. 37/2002 vom 22. März 2002

CARIUS, R. (2002): Vom Pulverfass zum Risikodiskurs. Welche Kommunikation über Kommunikationstechnik brauchen wir? In: GAIA 11(2), S. 152–153

CARLO, G., JENROW, R. S. (2000): Scientific progress – wireless phones and brain cancer: current state of the science, MedGenMed, 11 July 2000

CHERRY, N. (2001): Cell phone radiation poses biological and health risk, Lincoln University New Zealand. <http://>

[www.drscheiner-muenchen.de/cherryeng.pdf](http://www.drscheiner-muenchen.de/cherryeng.pdf) (abgerufen am 12. Mai 2002)

CHEVILLOT, J. (2000): *Physiological and Environmental Effects of Electromagnetic Radiation*, Essor Europe (STOA). Luxembourg

CSTEE (Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment) (2001): *Opinion on Possible Effects of Electromagnetic Fields (EMF), Radio Frequency Fields (RF) and Microwave Radiation on human health*, Expressed at the 27th CSTEE plenary meeting, Brussels, 30 October 2001

DEUTSCHER BUNDESTAG (2001a): Antrag der Abgeordneten Gerhard Jüttemann u. a. und der Fraktion der PDS „Mobilfunkstrahlung minimieren – Vorsorge stärken“ (Bundestagsdrucksache 14/7120)

DEUTSCHER BUNDESTAG (2001b): Deutscher Bundestag, 16. Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Anhörung „Mobilfunk“ am 2. Juli 2001, Protokoll 14/63

DEUTSCHER BUNDESTAG (2001c): Kleine Anfrage der Abgeordneten Gerhard Jüttemann u. a. und der Fraktion der PDS „Schutz vor Mobilfunk-Strahlung“ (Bundestagsdrucksache 14/5418), Antwort der Bundesregierung (Bundestagsdrucksache 14/5874)

DEUTSCHER BUNDESTAG (2002a): Antrag der Fraktionen SPD und Bündnis 90/Die Grünen „Vorsorgepolitik für gesundheitsverträglichen Mobilfunk“ (Bundestagsdrucksache 14/8584) (vom Forschungsausschuss beschlossen am 17. April 2002)

DEUTSCHER BUNDESTAG (2002b): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion der FDP – (Bundestagsdrucksache 14/8308) – „Ökolabel für Handys“ (Bundestagsdrucksache 14/8501)

DEUTSCHER BUNDESTAG (2002c): Große Anfrage der Abgeordneten Ilse Aigner, Dr. Christian Ruck u. a. und der Fraktion der CDU/CSU „Auswirkungen elektromagnetischer Felder, insbesondere des Mobilfunks“ (Bundestagsdrucksache 14/5848), Antwort der Bundesregierung (Bundestagsdrucksache 14/7958)

DEUTSCHER BUNDESTAG (2002d): Kleine Anfrage der Abgeordneten Birgit Homburger, Detlef Parr u. a. und der Fraktion der FDP „Ökolabel für Handys“ (Bundestagsdrucksache 14/8308), Antwort der Bundesregierung (Bundestagsdrucksache 14/8501)

DIRECTION GENERALE DE LA SANTE (ZMIROU Report) (2001): *Les telephones mobiles, leur stations de base et lasante*. [http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/telephon\\_mobil/telep\\_uk.htm](http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/telephon_mobil/telep_uk.htm) (abgerufen am 27. Mai 2002)

DIRNBERGER, F. (2001): Beratung Bayerischer Gemeinden in Mobilfunkfragen. In: Städte- und Gemeindebund Nordrhein-Westfalen (Hg): *Städte- und Gemeinderat 55(4)*, S. 10–12

DStGB (Deutscher Städte- und Gemeindebund) (2001): *Mobilfunk und Kommunen. Technik – Gesundheit – Bau-recht*. Berlin

ECOLOG (2002): siehe Hennies et al. (2000)

ELSCHENBROICH, R. (1996): *Biologische Wirkungen von elektromagnetischen Feldern und Wellen*. Böblingen.

[http://www.elschenbroich.com/emvu\\_gen/emvu\\_gen.htm](http://www.elschenbroich.com/emvu_gen/emvu_gen.htm) (abgerufen am 13. November 2002)

EU-KOMMISSION (2000): siehe Kommission der Europäischen Gemeinschaften

EURELECTRIC (2001): *Power-frequency EMF Exposure Standards*, Brussels, S. 9, Eurelectric (2001): *Legal aspects of electric and magnetic fields (EMF) – A comparative study*. Brussels

EUROPEAN COMMISSION (2002): *Implementation report on the Council Recommendation limiting the public exposure to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)*. Brussels

EUROPEAN COUNCIL (1999): *Directive 1999/5/EC of the European Parliament and of the Council of 9 March 1999 on radio equipment and telecommunications terminal equipment (R&TTE) and the mutual recognition of their conformity*. Brussels

EXPERT GROUP ON NON-IONISING RADIATION, Danish Ministry of Health (1993): *Report on the risk of cancer in children living in homes exposed to 50-Hz magnetic fields from high-voltage lines*. SEIIS Report No. 1. Kopenhagen

EXPERT GROUP ON NON-IONISING RADIATION, Danish Ministry of Health (1994a): *Report on the risk of cancer among persons occupationally exposed to extremely low frequency magnetic fields*. SEIIS Report No. 2. Kopenhagen

EXPERT GROUP ON NON-IONISING RADIATION, Danish Ministry of Health (1994b): *Sundhedsmaessige risici ved eksponering for elektromagnetiske felter i radiofrekvensområdet*. SEIIS Report No. 3. Kopenhagen

FIRSTENBERG, A. (2000): *Special section on farms*. In: *No Place to Hide 2(4)*, S. 15–18

FMK (Forum Mobilkommunikation) (2001): *Vereinbarung zwischen dem Österreichischen Gemeindebund und den Mobilfunk-Betreibern betreffend Information der Gemeinden und der Bevölkerung bei der Errichtung von Mobilfunkanlagen und wirtschaftliche Entwicklung des ländlichen Raumes durch Aufbau und Nutzung einer zeitgemäßen Mobilfunk-Infrastruktur*, 29. August 2001. Wien

FMK (Forum Mobilkommunikation) (2002): *Entstehungsgeschichte des so genannten „Salzburger Modells“ und des Immissionsbeurteilungswertes von 1 Milliwatt pro Quadratmeter (1 mW/m<sup>2</sup>)*. Wien

GAO (General Accounting Office, USA) (2001): *Telecommunications: Research and Regulatory Efforts on Mobile Phone Health Issues*, Report to Congressional Requesters, United States General Accounting Office. <http://www.gao.gov/new.items/d01545.pdf> (abgerufen am 27. April 2002)

GLASER, R. (2000): *Darstellung und Bewertung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen des Mobilfunks in Relation zu bestehenden Empfehlungen und Normen*. Studie im Auftrag von T-Mobile. Institut für Biologie, Humboldt-Universität Berlin, Berlin. <http://www.emf-risiko.de/projekte/proemf/gutachten.html> (abgerufen am 15. April 2002)

- GNEITING, S. (2002): Flügellahmer Engel. Diskussion um Gütesiegel für Handys. In: c't 2002(5), S. 94–96
- GSM EUROPE (Hg) (2001a): Recommendation on network rollout good practice. <http://gsmeurope.gsmworld.com>
- GSM EUROPE (Hg) (2001b): Health and environment position statement. <http://gsmeurope.gsmworld.com>
- HEALTH COUNCIL OF THE NETHERLANDS (2000): GSM base stations. <http://www.gr.nl/OVERIG/PDF/00@16E.PDF> (abgerufen am 20. April 2002)
- HEALTH COUNCIL OF THE NETHERLANDS (2002): Mobile telephones: An evaluation of health effects. <http://www.gr.nl/overig/pdf/02@01E.pdf> (abgerufen am 20. April 2002)
- HECHT, K. (1997): Auswirkungen von Elektromagnetischen Feldern – eine Recherche russischer Studienergebnisse 1960 bis 1996. Berlin
- HENNIES, K., NEITZKE, H.-P., VOIGT, H. (2000): Mobilfunk und Gesundheit. Bewertung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes unter dem Gesichtspunkt des vorsorgenden Gesundheitsschutzes, Studie im Auftrag der T-Mobil. Hannover
- HESSISCHER LANDTAG (2002): Öffentliche Anhörung zu dem Thema Mobilfunk, 40. Sitzung des Ausschusses für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, 49. Sitzung des Innenausschusses, Stenographischer Bericht, 24. Januar 2002
- HYLAND, G. (2000): The physics and biology of mobile telephony. In: *The Lancet* 356, S. 1833–1836
- HYLAND, G. (2001): The Physiological and Environmental Effects of Non-ionising Electromagnetic Radiation (STOA-Report). Luxembourg
- ICNIRP (1998a): Guidelines on Limits of Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (1Hz – 300 GHz). In: *Health Physics* 74(4), S. 494–522
- ICNIRP (1998b): Response to questions and comments on ICNIRP guidelines. In: *Health Physics* 75(4)
- INIRC/IRPA (1990): Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields. In: *Health Physics* 58, S. 113–123
- INSKIP, P., TARONE, R., HATCH, E., WILCOSKY, T. (2001): Cellular-telephone use and brain tumors, Division of Cancer Epidemiology and Genetics, National Cancer Institute, Bethesda, MD. In: *New English Journal of Medicine* 344(2), S. 79–86
- JOHANSEN, C., BOICE, J. D., McLAUGHLIN, J. K., OLSEN, J. H. (2001): Cellular Telephones and Cancer – a Nationwide Cohort Study in Denmark. In: *Journal of the National Cancer Institute* 93(3), S. 203–207
- JUNGERMANN, H., ROHRMANN, B., WIEDEMANN, P. M. (Hg.) (1991): Risikokontroversen. Konzepte, Konflikte, Kommunikation. Berlin u. a. O.
- KÄS, G. (1995): Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme. In: *Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder und Wellen, Lehrgang an der Technischen Akademie Esslingen, unveröffentlicht. Esslingen*
- KALAU, W., KAMP, J. (2002): Projekt IkoM (Integrierte kommunale Mobilfunkplanung). Unveröffentlichtes Manuskript der Firmen „Techcom Consulting“ und „enorm – elektro telekommunikation consulting“. Rosenheim und München
- KOIVISTO, M., REVONSUO, A., KRAUSE, C. M., HAARALA, C., SILLANMÄKI, L., LAINE, M., HÄMÄLÄINEN, H. (2000a): Effects of 902 MHz electromagnetic field emitted by cellular phones on response times in humans. In: *NeuroReport* 11, S. 1638–1641
- KOIVISTO, M., KRAUSE, C. M., REVONSUO, A., LAINE, M., HÄMÄLÄINEN, H. (2000b): The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. In: *NeuroReport* 11, S. 1641–1643
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2000): Die Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips, Mitteilung der Kommission, COM 2000(1), Brüssel, 2. Februar 2000
- KRAUSE, C., SILLANMAKI, L., KOIVISTO, M., HÄGGQVIST, A. (2000): Effects of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the electroencephalogram during a visual working memory task. In: *International Journal of Radiation Biology* 76(12), S. 1659–1667
- KREß, A., RENN, O. (2002): Stichwort: Mobilfunk – Elektromog – Gesundheit. In: *GAIA* 11(2), S. 146–147
- LAI, H. (2000): Biological Effects of Radiofrequency Radiation from Wireless Transmission Towers, Bioelectromagnetics Research Laboratory, University of Washington (Seattle). Presentation at „Cell Tower Forum: State of the Science/State of the Law“, Berkshire-Litchfield Environmental Council (CT-USA). Seattle
- LAUER, F. (2002): Die Mobilfunkbranche im Dialog, IZMF-Medienforum: Mobilfunk und EMVU. München, 5. März 2002
- LÖSCHER, W., KÄS, G. (1998): Conspicuous behavioural abnormalities in a dairy cow herd near a TV and radio transmitting antenna. In: *Pract. Vet. Surg.* 79, S. 437–444
- MANN, K., RÖSCHKE, J. (1996): Effects of pulsed high frequency electromagnetic fields on human sleep. In: *Neuropsychobiology* 33(1), S. 41–47
- MANN, S. M., COOPER, T. G. (2000): Exposure to radio waves near mobile phone base stations. National Radiological Protection Board NRPB. London
- MILLER, F. (2002): Antennen für den Mobilfunk der Zukunft. In: *Fraunhofer Magazin* 1, S. 52–53
- MOBILFUNKANBIETER (2002): [www.handywerte.de](http://www.handywerte.de) (abgerufen am 16. Juli 2002)
- MSC (Ministerio de sanidad y consumo) (2001): Campos electromagnéticos y salud pública: informe técnico elaborado por el Comité de Expertos, Spanish ministry of Health and Consumer Affairs, Dirección General de Salud Pública y Consumo, Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral, Madrid. <http://www.msc.es/salud/ambiental/ondas/MSC&CEM%207-5-01.doc> (abgerufen am 25. Mai 2002)
- NEITZKE, H.-P., CAPELLE, J. VAN, DEPNER, K., EDELER, K., HANISCH, T. (1994): Risiko Elektromog. Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf Gesundheit und Umwelt. Basel

NRPB (National Radiological Protection Board NRPB[00]M.2): Minutes of the Board Meeting, 25 May 2000, London

NRPB (National Radiological Protection Board) (2001): Possible Health Effects from Terrestrial Trunked Radio (TETRA), Report of an Advisory Group on Non-Ionising Radiation (AGNIR), Documents of the NRPB 12(2), National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ. [http://www.nrpb.org/publications/documents\\_of\\_nrpb/abstracts/absd12-2.htm](http://www.nrpb.org/publications/documents_of_nrpb/abstracts/absd12-2.htm) (abgerufen am 21. April 2002)

ÖKO-INSTITUT (2000): siehe Benischke et al. (2000)

PETERMANN, T. (2001): Technikkontroversen und Risikokommunikation. In: TAB-Brief Nr. 20, S. 5–20

PREECE, A., IWI, G., DAVIES-SMITH, A., WESNES, K. (1999): Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man. In: International Journal of Radiation Biology 75, S. 447–456

RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (1999): Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz–300 GHz), ABl. EG Nr. L 199 vom 30. Juli 1999, S. 59

RegTP (2001a): Jahresbericht 2000, Marktbeobachtungsdaten der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post. Bonn

RegTP (2001b): Thesenpapier Infrastruktur-Sharing. Auslegung der UMTS-Vergabebedingungen im Hinblick auf neuere technische Entwicklungen. Bonn

RegTP (2002): Jahresbericht 2001, Marktbeobachtungsdaten der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post. Bonn

REISER, H., DIMPFL, W., SCHÖBER, F. (1995): The influence of electromagnetic fields on human brain activity. In: European Journal of Medical Research 1

RÖSCHKE, J., MANN, K. (1997): No short-term effects of digital mobile radio telephone on the awake human electroencephalogram. In: Bioelectromagnetics 18

ROTHMAN, K. (2000): Epidemiological evidence on health risks of cellular telephones. In: Lancet 356, S. 1837–40

SELBSTVERPFLICHTUNG DER MOBILFUNKNETZ-BETREIBER (2001): Maßnahmen zur Verbesserung von Sicherheit und Verbraucher-, Umwelt- und Gesundheitsschutz, Information und vertrauensbildende Maßnahmen beim Ausbau der Mobilfunknetze der Unternehmen DeTeMobil Deutsche Telekom Mobilnet GmbH, E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG, Mannesmann Mobilfunk GmbH, MobilCom Multimedia GmbH, Quam Group 3G UMTS GmbH, Viag Interkom GmbH & Co.

SICTA (Swiss Information and Communications Technology Association) (2002): Mobilkommunikations-Betreiber verzichten auf Großteil ihrer Forderungen zugunsten verbesserter Rechtssicherheit, Medienmitteilung vom 5. Juni 2002

SILNY, J. (1999): Exposition der Allgemeinbevölkerung durch hochfrequente elektromagnetische Felder – Plausibilität der gesundheitlichen Unbedenklichkeit. Im Auftrag

des Bundesministeriums für Wissenschaft und Verkehr der Republik Österreich. [www.bmv.gv.at/tk/3telecom/forschung/studie.doc](http://www.bmv.gv.at/tk/3telecom/forschung/studie.doc) (abgerufen am 20. April 2002)

SILNY, J. (2000): Gesundheitliche Auswirkungen der Mikrowellen von Mobilfunkanlagen im D-Netz. Studie im Auftrag von T-Mobile. Forschungszentrum für Elektromagnetische Umweltverträglichkeit, RWTH Aachen, Aachen. [http://www.emf-risiko.de/projekte/pro\\_emf/gutachten.html](http://www.emf-risiko.de/projekte/pro_emf/gutachten.html) (abgerufen am 15. April 2002)

SILNY, J. (2002): Effekte und gesundheitsrelevante Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks und anderer Neuer Kommunikationssysteme. Studie im Auftrag des VDE, Forschungszentrum für Elektromagnetische Umweltverträglichkeit, RWTH Aachen, Aachen. <http://www.ralf-woelfle.de/elektrosmog/> (abgerufen am 19. April 2002)

SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1999): Umwelt und Gesundheit. Risiken richtig einschätzen. Sondergutachten

SSK (Strahlenschutzkommission) (1992): Schutz vor elektromagnetischer Strahlung beim Mobilfunk – Empfehlung der Strahlenschutzkommission. <http://www.ssk.de/empfehl/1991/ssk9109e.pdf> (abgerufen am 15. April 2002)

SSK (Strahlenschutzkommission) (2001): Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern, Bonn. <http://www.ssk.de/2001/ssk0102e.pdf> (abgerufen am 15. April 2002)

STÄDTE- UND GEMEINDEBUND NRW (Hg) (2001): Sonderdruck Mobilfunk. (Städte- und Gemeinderat 55[4])

STEWART, W. (2000): Mobile Phones and Health, Independent Expert Group on Mobile Phones (IEGMP). Oxon

TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2002): Technikakzeptanz und Kontroversen über Technik – Die Einstellung der deutschen Bevölkerung zur Technik: Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage des TAB. TAB-Arbeitsbericht Nr. 83. Berlin

TELESTYRELSEN (2002): Jahresbericht 2001. Kopenhagen

THE PARLIAMENT OF THE COMMONWEALTH OF AUSTRALIA (2001): Inquiry into electromagnetic radiation. <http://www.arpansa.gov.au/news/allison.htm> (abgerufen am 15. April 2002)

T MOBILE (2002): T 25: Mobilfunk und Gesundheit. Darmstadt

VERBÄNDEVEREINBARUNG (2001): Vereinbarung über den Informationsaustausch und die Beteiligung der Kommunen beim Ausbau der Mobilfunknetze zwischen Deutscher Städtetag, Deutscher Landkreistag, Deutscher Städte- und Gemeindebund und Detemobil Deutsche Telekom Mobilnet GmbH, E-Plus Mobilfunk GmbH & Co. KG, Mannesmann Mobilfunk GmbH, Mobilcom Multimedia GmbH, Quam Group 3G, Viag Interkom GmbH & Co.

VON FALLOIS, I. (2002): Die Rolle des IZMF (Informationszentrum Mobilfunk) innerhalb der Dialog-Offensive der Mobilfunknetzbetreiber, IZMF-Medienforum: Mobilfunk und EMVU. München, 5. März 2002

- WAGNER, P., RÖSCHKE, J., MANN, K., HILLER, W., FRANK, C. (1998): Human sleep under the influence of pulsed radiofrequency electromagnetic fields: a polysomnographic study using submaximal high power flux densities. In: *Neuropsychobiology* 42(4), S. 207–212
- WHO (World Health Organization) (1993): *Environmental Health Criteria 137: Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz)*. Geneva
- WHO (World Health Organization) (1997): *The International EMF Project. Health and Environmental Effects of Exposure to Static and Time Varying Electric and Magnetic Fields*. Geneva
- WHO (World Health Organization) (1998): *The International EMF Project. Project Progress Report*. Geneva
- WHO (World Health Organization) (1999): *The International EMF Project. Project Progress Report*. Geneva
- WHO (World Health Organization) (2000): *Electromagnetic fields and public health: cautionary policies*. Geneva
- WIEDEMANN, P. M. (1999): *Risikokommunikation: Ansätze, Probleme und Verbesserungsmöglichkeiten*, Vorträge einer öffentlichen Seminarveranstaltung am 2. Februar 1999 an der TU Clausthal. Clausthal-Zellerfeld
- WIEDEMANN, P. M., SCHÜTZ, H., BRÜGGEMANN, A. (2000): *Leitfaden zum Umgang mit Problemen elektromagnetischer Felder in den Kommunen, Teil 1 und Teil 2*, erarbeitet im Auftrag des BMU. Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik. Jülich
- WIEDEMANN, P. M., MERTENS, J., SCHÜTZ, H., HENNINGS, W., KALLFASS, M. (2001): *Risikopotenziale elektromagnetischer Felder: Bewertungsansätze und Vorsorgeoptionen, Band 1, Endbericht für das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen*. Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik. Jülich
- WIEDEMANN, P. M., SCHÜTZ, H., THALMANN, A. (2002): *Risikobewertung im wissenschaftlichen Dialog*. Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik. Jülich
- WIK-CONSULT, IPSOS (Hg) (2001): *Befragung: „Elektromagnetische Verträglichkeit neuer UMTS-Technologien in der öffentlichen Meinung“*. Hamburg (unveröffentlicht)
- WUSCHEK, M. (2000): *Untersuchungen zum Einfluss elektromagnetischer Felder von Mobilfunkanlagen auf Gesundheit, Leistung und Verhalten von Rindern*. Studie im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen. München

**Anhang**

Seite

**1. Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1	Sendeleistungen .....	14
Tabelle 2	Überblick über die Auswertung der Primärstudien von 1999 bis 2002 .....	26
Tabelle 3	Befunde der Primärstudien zu gesundheitlichen Auswirkungen .....	27
Tabelle 4	Befunde der Primärstudien zu gesundheitlichen Effekten in einem der Mobilfunkstrahlung ähnlichen Frequenzbereich ...	28
Tabelle 5	Ausgewählte Metastudien .....	30
Tabelle 6	Metastudien im Überblick .....	32
Tabelle 7	Metastudien in der Ergebnisübersicht .....	33
Tabelle 8	Anteile der Evidenzen an den untersuchten Effekten (Tabelle 7) in % .....	37
Tabelle 9	ICNIRP-Grenzwerte .....	43
Tabelle 10	Grenzwerte der 26. BImSchV .....	46
Tabelle 11	Wichtige Akteursgruppen in Deutschland .....	49
Tabelle 12	Auswahl wichtiger Forschungsereignisse .....	68

**2. Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1	Das elektromagnetische Spektrum .....	13
Abbildung 2	Nutzung der Mobilfunkstandorte durch mehrere Funkdienste .....	44
Abbildung 3	EMVU-Arena in Deutschland .....	61
Abbildung 4	Häufigkeit der Thematisierung in Print-, Radio- und TV-Medien .....	62
Abbildung 5	Tendenzen in der Berichterstattung .....	63
Abbildung 6	Nennung von potenziellen gesundheitlichen Aus- wirkungen in Prozent aller Medienbeiträge .....	64
Abbildung 7	Nennung von Forderungen verschiedener Akteure bzw. Informationsquellen in Prozent aller Medienbeiträge .....	65
Abbildung 8	Risikoeinschätzung der Bevölkerung in Bezug auf Mobilfunk-EMF .....	66
Abbildung 9	Einschätzung EMF bei Elektrogeräten .....	67

	Seite
Abbildung 10 Einschätzung des eigenen Informationsstandes . . . . .	72
Abbildung 11 Forderung nach Absenkung der Grenzwerte . . . . .	73
Abbildung 12 Nutzen-Risiko-Abwägung in der Bevölkerung . . . . .	74
Abbildung 13 Forderungen in Bezug auf Beteiligung bei der Standortwahl . . . . .	75
Abbildung 14 Forderungen in Bezug auf Mobiltelefon-Kennzeichnungen . . .	76
Abbildung 15 Forderungen nach mehr Engagement der Akteure . . . . .	77
Abbildung 16 EMVU-Debatte in Deutschland . . . . .	82

### 3. Verzeichnis Webseiten

<http://biom.ing.uniroma.it/ebea/welcome.html> (Euro Bioelectromagnetics Assn)

<http://daknet.com/nate> (Nat'l Assoc. of Tower Erectors)

[http://europa.eu.int/comm/health/ph/programmes/pollution/ph\\_fields\\_index.html](http://europa.eu.int/comm/health/ph/programmes/pollution/ph_fields_index.html)  
(Europäische Kommission)

[http://europa.eu.int/comm/index\\_de.htm](http://europa.eu.int/comm/index_de.htm) (Europäische Kommission)

<http://iago.lib.mcw.edu.html>

<http://infoventures.com/>

<http://irpa.sfrp.asso.fr/> (International Radiation Protection Assosiation)

<http://link.springer.de/ol/>

<http://pacifix.ddb.de:7000/> (Zeitschriftendatenbank)

<http://safeem.iroec.fir.cnr.it/safeemf/emfref.htm> (Italian Nat'l Research Council)

<http://www.aje.oupjournals.org> (American Journal of Epidemiology)

<http://www.amedeo.com/medicine/nme/physmedb.htm> (The medical literature guide)

<http://www.amta.org.au> (Australian Mobile Telecom. Assoc.)

<http://www.apha.org/journal> (American Journal of Public Health and The Nation's Health)

<http://www.arpana.gov.au> (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency)

<http://www.baubiologie.net>

<http://www.bfs.de/> (Bundesamt für Strahlenschutz)

<http://www.bioelectromagnetics.org/> (Bioelectromagnetics Society)

<http://www.buergerwelle.ch/>

<http://www.buergerwelle.de>

<http://www.buwal.ch/luft/d/n0.htm> (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft, Schweiz)

[http://www.cancer.gov/cancer\\_information/](http://www.cancer.gov/cancer_information/) (National Cancer Institute)

<http://www.cdc.gov/niosh/emf2.html>

<http://www.charite.de/ch/bib/cha02.htm> (Berliner Charite Bibliothek)

<http://www.cwta.ca> (Canadian Wireless Telecommunications Assoc)

<http://www.dhs.circagov/ehib/emf/RiskEvaluation/riskeval.html> (California EMF-Program)

<http://www.dnai.com/~emf> (California EMF Program)

<http://www.doh.gov.uk/mobile.htm> (Department of Health U. K.)

<http://www.ecolog-institut.de>

<http://www.eiaj.or.jp/english/index.htm> (Electronic Industries Assoc. of Japan)

<http://www.electric-words.com/cell/cellindex.html>

<http://www.elettra2000.it/scienza/docs2.htm>

<http://www.elsevier.com/> (Science direkt)

<http://www.emfguru.org>

<http://www.epa.gov/oar> (US EPA Office of Air & Radiation)

<http://www.epri.com> (Electric Power Research Inst.)

<http://www.fcc.gov> (Federal Communications Commission)

<http://www.fcc.gov/oet/rfsafety/> (Federal Communications Commission)

<http://www.fda.gov/cdrh/phones/index.html> (Food and Drug Administration USA)

<http://www.feb.se> (Swedish Assoc for the Electrosensitive)

[http://www.feb.se/index\\_int.htm](http://www.feb.se/index_int.htm)

<http://www.femu.rwth-aachen.de/> (Literaturdatenbank)

<http://www.fgf.de/> (Forschungsgemeinschaft Funk)

<http://www.fz-juelich.de/zb/text/fachinfo/ingenieur/datenbank.html>  
(Forschungszentrum Jülich)

<http://www.gr.nl/engels/welcome/frameset.htm> (Gezondheidsraad Nederlands)

<http://www.google.de/>

<http://www.gsmworld.com/technology/tech-faq.html>

<http://www.heise.de>

<http://www.hse.gov.uk/index.htm> (Health and Safety Executive U. K.)

<http://www.icnirp.de> (ICNIRP)

<http://www.iec.ch> (Int'l Electrotechnical Commission)

<http://www.iegmp.org.uk/> (Independent Expert Group on Mobile Phones)

<http://www.ilo.org/> (International Labour Organisation)

<http://www.interscience.wiley.com/jpages/0197-8462/> (Bioelectromagnetics Journal)

<http://www.izmf.de/pc/> (Informationszentrum Mobilfunk)

<http://www.loc.gov> (US Library of Congress)

<http://www.mcw.edu/gcrc/cop/cell-phone-health-FAQ/toc.html>  
(Medical College of Wisconsin)

<http://www.microwavenews.com/>

<http://www.mmfa.org/> (Mobile Manufakturers Forum)

<http://www.mthr.org.uk/> (Mobile Telecommunications and Health Research Programme)

<http://www.mtl.se> (Swedish Mobile Telecom. Assoc.)

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi>

<http://www.ncf.carleton.ca/bridlewood-emfinfo/> (Bridlewood Bibliography on Electromagnetic Fields and Health)

<http://www.niehs.nih.gov> (NIEHS)

<http://www.niehs.nih.gov/emfrapid/home.htm>

<http://www.nova-institut.de/> (Nova-Institut)

<http://www.nrpb.org.uk> (NRPB)

<http://www.nrpb.org/>

<http://www.ntia.doc.gov> (National Tele. & Information Admin.)

<http://www.open.gov.uk/hse/hsehome.htm> (U. K. Health & Safety Exec.)

<http://www.parliament.uk/commons/hsecom.htm> (House of Commons)

<http://www.powerwatch.org.uk>

<http://www.rsba.com/hsd/digest.html>

<http://www.rsc.ca/> (The royal society of Canada)

<http://www.rsc.ca/english/RFreport.pdf>

<http://www.sante.gouv.fr/index.htm>

<http://www.sciencedirect.com/>

<http://www.ssk.de/> (Strahlenschutzkommission)

<http://www.sz.shuttle.de/dm1001/icnirp.htm> (ICNIRP)

<http://www.ub.hu-berlin.de/zweigbibl/bio/bio3.html> (Universitätsbibliothek HU)

<http://www.who.int/peh-emf/> (WHO EMF-Project)

<http://www.who.int/peh-emf/database.htm> (WHO EMF-Project)

<http://www.wirc.org/>

#### 4. Abkürzungsverzeichnis

$\mu\text{T}$	Mikrotesla
$\mu\text{W}/\text{m}^2$	Mikrowatt pro Quadratmeter
ALARA	As low as reasonably achievable
ARGE Daten	Österreichische Gesellschaft für Datenschutz
BAKOM	Bundesamt für Kommunikation
BauGB	Baugesetzbuch
BBU	Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz
BEMFV	Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektro-magnetischer Felder
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BITKOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und Neue Medien e.V.

---

BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMPT	Bundesministerium für Post und Telekommunikation
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
BVerfG	Bundesverfassungsgericht
CEN	Europäisches Komitee für Normung
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
ComCom	Eidgenössische Kommunikationskommission
CSTEE	Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment
DCS	Digital Cellular System
DStGB	Deutscher Städte- und Gemeindebund
EBD	Danish Association for the Electromagnetically Hypersensitive
EMF	Elektromagnetische Felder
EMVU	Elektromagnetische Verträglichkeit zur Umwelt
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
EU	Europäische Union
FEB	Elöveränsligas Förbund (Swedish Association for Electrosensitive)
FEMU	Forschungszentrum für Elektromagnetische Umweltverträglichkeit
FGF	Forschungsgemeinschaft Funk
FMK	Forum Mobilkommunikation
FTEG	Gesetz über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen
GG	Grundgesetz
GHz	Gigahertz
GSM	Global System for Mobile Communications
HF	hochfrequente Felder
Hz	Hertz
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
INIRC	International Non-Ionizing Radiation Committee
IRPA	International Radiation Protection Association
ITEK	Brancheafaellesskab for IT-, tele-, elektronik og kommunikationsvirksomheder
IZMF	Informationszentrum Mobilfunk
KHz	Kilohertz
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
kV/m	elektrische Feldstärke in Kilovolt pro Meter
METAS	Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung

---

MHz	Megahertz
MUT	Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik
mW/m <sup>2</sup>	Milliwatt pro Quadratmeter
NALAD	National Association of Local Authorities in Denmark
NF	niederfrequente Felder
NISV	Verordnung über den Schutz vor nicht ionisierender Strahlung
OMEN	Orte mit empfindlicher Nutzung
R&TTE	Radio Equipment and Telecommunications Terminal Equipment
RegTP	Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post
SAR	Spezifische Absorptionsrate
SEIIS	Sundhedsministeriets ekspertgruppe vedrørende ikke-ioniserende stråling
SICTA	Swiss Information and Communications Technology Association
SMS	Short Message Service
SSI	Statens Strålskyddsinstitut (Strahlenschutzbehörde)
SSK	Strahlenschutzkommission
TKG	Telekommunikationsgesetz
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USG	Umweltschutzgesetz
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie, Kommunikation
VDB	Berufsverband Deutscher Baubiologen e.V.
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik
VZBV	Verbraucher Zentrale Bundesverband
W/kg	Watt pro Kilogramm
W/m <sup>2</sup>	Watt pro Quadratmeter
WHO	World Health Organization
WLL	Wireless Local Loop
WWW	World Wide Web
ZNS	Zentrales Nervensystem

## Glossar

**Abgeleiteter Grenzwert** – Da die Verfahren zur Überprüfung der Einhaltung der Basisgrenzwerte zu aufwendig sind, werden zur Expositionsbeurteilung „abgeleitete Grenzwerte“ eingeführt. Zu ihrer Formulierung werden leichter messbare Größen verwendet, die in der Umgebung des Menschen ermittelt werden können. Abgeleitete Größen sind: elektrische Feldstärke, magnetische Flussdichte und Leistungsflussdichte außerhalb des Körpers sowie die im Körper fließenden Ströme.

**Absorptionsrate** – Die absorbierte Strahlungsleistung (vgl. SAR). Wird im Labor gemessen oder durch Computersimulationen berechnet.

**Amplitudenmoduliertes Feld** – hochfrequentes elektromagnetisches Feld, dessen Trägerschwingung durch eine zweite, „modulierende“ Schwingung verändert wird.

**Athermische Effekte** – siehe Nicht thermische Effekte

**Basisgrenzwerte** – Grenzwerte der Exposition durch elektromagnetische Felder, die auf gesicherten Schwellenwerten der unmittelbar im Gewebe wirksamen physikalischen Einflussgrößen unter Berücksichtigung von Sicherheitsfaktoren beruhen. Je nach den Frequenzen der Felder sind die wirksamen Größen die elektrische Feldstärke bzw. die zugehörige Stromdichte und die spezifische Energieabsorptionsrate im Gewebe.

**26. BImSchV** – Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über elektromagnetische Felder. Hier sind seit dem 1. Januar 1997 die von der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK) bzw. ICNIRP empfohlenen Werte als bundesweit verbindliche Grenzwerte für elektrische und magnetische Feldstärken in der Umgebung von Stromversorgungsanlagen (z. B. Hochspannungsleitungen, Bahnstromleitungen) sowie für Funksehtanlagen (einschließlich des Bereichs für Mobilfunkfrequenzen) festgeschrieben.

**Blut-Hirn-Schranke** – bezeichnet eine selektiv durchlässige Barriere zwischen Blut und Hirnsubstanz und kontrolliert den Stoffaustausch mit dem Zentralen Nervensystem (ZNS). Sie ist moduliert aus Blutgefäßen und Gliazellen des Gehirns und verhindert, dass bestimmte, für das Gehirn schädliche Substanzen aus dem Blut in das Nervengewebe eindringen können.

**Chromosomen** – fadenförmige, aus DNA und Proteinen aufgebaute Strukturform des Erbmaterials in jedem Zellkern von höheren Lebewesen, in artspezifischer Anzahl und Gestalt. Der Mensch hat zweimal 23 Chromosomen (diploider Chromosomensatz).

**Chromosomen-Aberration** – Abweichung von der normalen Chromosomenzahl oder die strukturelle Abweichung einzelner Chromosomen.

**Chromosomen-Mutation** – eine erbliche Änderung in der Form, der Qualität oder anderer Charakteristika. Chromosomen-Mutation: Änderung der Chromosomen. Gen-Mutation: Änderung im genetischen Material. DNA-Mutation: Änderung der Basensequenz.

**DNA** – Desoxyribonucleinacid, die biochemische Schrift, in der die Erbinformation geschrieben ist (deutsch: Desoxyribonucleinsäure, DNS).

**EEG** – Elektroenzephalogramm; Kurvenbild (Hirnstrombild) des zeitlichen Verlaufs der die Gehirntätigkeit begleitenden langsamen elektrischen Erscheinungen. Wird durch auf der Kopfhaut angebrachte Elektroden erfasst und lässt u. a. Rückschlüsse auf Veränderungen bzw. Erkrankungen des Gehirns zu.

**Elektrisches Feld** – ein elektrisches Feld entsteht überall dort, wo aufgrund getrennter Ladungsträger eine Potenzialdifferenz, d. h. eine elektrische Spannung vorhanden ist. Dies ist auch dann der Fall, wenn kein Strom fließt. Die Stärke des elektrischen Feldes nimmt mit zunehmender Spannung zu und mit zunehmendem Abstand von der Quelle ab.

**Elektrische Feldstärke** – Maß für die von einem elektrischen Feld ausgehende Kraftwirkung, die in Volt pro Meter (V/m) gemessen wird.

**Elektromagnetische Felder (EMF)** – allgemeine Bezeichnung für das gesamte Spektrum elektrischer und magnetischer Felder.

**Emission** – bezeichnet das Aussenden von Wellen bzw. Feldern.

**Epidemiologie** – Untersuchung der Verteilung von Krankheiten in der Bevölkerung sowie ihrer physikalischen, chemischen, psychischen und sozialen Ursachen und Folgen.

**Exposition** – Ausmaß, in dem eine Person der Einwirkung von Umweltfaktoren, wie z. B. EMF, ausgesetzt ist.

**Genmutation/Expression** – siehe Chromosomen-Mutation

**Gepulstes Feld** – bezeichnet ein hochfrequentes Feld, das in einem bestimmten Rhythmus an- und abgeschaltet wird.

**Grauer Star (Katarakt)** – Augenkrankheit; Trübung der Augenlinse mit je nach Sitz und Ausprägung unterschiedlicher Beeinträchtigung des Sehvermögens. Ursache möglicherweise auch durch Einwirkung elektromagnetischer Energie oder thermische Einflüsse.

**Hirnpotenziale** – Darstellung eines Gebietes im Gehirn mit erhöhtem Energieverbrauch, welche als Hinweis auf Hirnaktivitäten gewertet werden kann.

**Hochfrequente Felder (HF)** – Frequenzbereich von 100 KHz bis 300 GHz.

**Kalzium-Homöostase/Ca-Efflux** – die Aufrechterhaltung einer gleichmäßigen Kalziumkonzentration in der Zelle. Ist für die Regulierung zellulärer Prozesse von großer Bedeutung, da Kalzium den Zellaustausch bzw. die Interaktion zwischen Zellen bei der Übermittlung von Informationen reguliert.

**Kardiovaskuläre Erkrankungen** – Erkrankungen des Herzens und der Herzkranzgefäße.

**Leistungsflussdichte** – die Stärke der von einer Strahlungsquelle ausgehenden Felder kann durch die Leistungsflussdichte (Intensität) angegeben werden (W/m<sup>2</sup>).

**Leukämie** – bösartige Erkrankung der weißen Blutkörperchen. Erhöhung des Erkrankungsrisikos möglicherweise durch (ionisierende) Strahlung, Chemikalien, onkogene Viren oder auch genetische Disposition.

**Magnetisches Feld** – ein magnetisches Feld entsteht überall dort, wo elektrische Ladungen bewegt werden, d. h. wo ein elektrischer Strom fließt. Die Einheit der magnetischen Feldstärke ist Stromstärke pro Meter (A/m) oder, angegeben als magnetische Induktion, Tesla (T). Die magnetische Induktion ist proportional der magnetischen Feldstärke (in Luft entspricht 1 A/m 1,257  $\mu$ T). Die Stärke des Magnetfeldes nimmt mit zunehmender Stromstärke zu und mit zunehmendem Abstand von der Quelle ab.

**Magnetische Feldstärke** – Maß für die Stärke und Richtung der Kraft auf ein ruhendes oder bewegtes geladenes Teilchen im elektromagnetischen Feld. Bei hochfrequenten elektromagnetischen Wellen sind elektrisches und magnetisches Feld eng miteinander gekoppelt. Maßeinheit: Ampere pro Meter (A/m).

**Magnetische Flussdichte** – Maß für die Kraft, die auf eine bewegte Ladung oder bewegte Ladungen wirkt. Maßeinheit: Tesla (T).

**Melatonin** – Hormon, das bei Tieren und Menschen in der Zirbeldrüse in Abhängigkeit vom Hell-Dunkel-Rhythmus produziert wird und somit den Biorhythmus beeinflusst.

**Nicht thermische (athermische) Effekte** – Auswirkungen elektromagnetischer Energie auf einen Körper, die nicht mit Wärme(entwicklung) verbunden sind.

**Niederfrequente Felder (NF)** – umfassen den Frequenzbereich unter 100 KHz.

**Planfeststellung** – die im Rahmen der staatlichen Fachplanung vorzunehmende Prüfung, rechtliche Gestaltung und

Durchführung eines konkreten (Bau-)Vorhabens. Mit der Planfeststellung treten unmittelbare Rechtsfolgen ein, z. B. Nutzungseinschränkungen für Anliegergrundstücke.

**Primärstudien** – haben direkt experimentelle bzw. empirische Untersuchungen zum Gegenstand.

**Psychosomatik** – Bezeichnung für die Wechselwirkung von Körper und Seele bzw. die psychischen Einflüsse auf körperliche Vorgänge. Im weiteren Sinne können alle psychogenen Erkrankungen, die zu somatischen Symptomen und pathologisch-anatomischen Veränderungen führen, als psychosomatische Krankheiten verstanden werden.

**Retina** – Netzhaut des Auges.

**Strahlung** – die mit einem gerichteten Transport von Energie oder Materie (bzw. von beiden) verbundene räumliche Ausbreitung eines physikalischen Vorgangs; auch Bezeichnung für die hierbei transportierte Energie oder Materie. Bei einer Wellen-Strahlung, wie z. B. bei der elektromagnetischen Strahlung, erfolgt die Ausbreitung in Form von Wellen.

**Thermische Effekte** – Wirkungen, die durch Wärme(entwicklung) verursacht werden.

**Zellmembran** – in sich geschlossene, teilweise durchlässige äußere Begrenzung von tierischen Zellen zur Gewährleistung des Kontakts zu anderen Zellen (Stoffaustausch, Reizbeantwortung), der Oberflächenspannung und von Zellbewegungen.

**Zellproliferation** – Wucherung von Zellen bzw. beschleunigte Zellvermehrung.

**Zentralnervensystem (ZNS)** – übergeordnete Teile des Nervensystems, die einerseits ein Gehirn, andererseits ein Rückenmark (Wirbeltiere) bzw. ein Bauchmark bilden.

