

Elektromagnetische Felder

Erklärungen,
Zusammenhänge und
BUND-Positionen
zum Thema
„Elektrosmog“

Inhalt

1 Vorbemerkung	3
2 Ausgangssituation	4
3 Was unterscheidet elektrische und magnetische Felder?	5
4 Natürliche Felder – technisch erzeugte Felder	7
5 Das biologische System im elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feld	8
5.1 Vorbemerkung	8
5.2 Bioelektrizität: elektrische und ionengebundene Vorgänge im Organismus	8
5.3 Der Mensch im künstlichen elektrischen Feld	9
5.4 Der Mensch im künstlichen magnetischen Feld	9
5.5 Der Mensch im künstlichen elektromagnetischen Feld	10
5.6 Thermische - nicht-thermische Wirkungen	10
6 Nicht-thermische Wirkungen in biologischen Systemen	11
6.1 Vorbemerkung	11
6.2 Melatoninstoffwechsel	11
6.3 Ionenverschiebungen	12
6.4 Membranphysiologie und Zellteilung	12
6.5 Biologische Signale	12
6.6 Kanzerogene Wirkungen	13
6.7 Elektrosensibilität	13
6.8 Derzeitiger Stand der Diskussion zu den nicht-thermischen Effekten	14
7 Folgerungen für die Forschung	16
7.1 Fragestellungen	16
7.2 Notwendig: Die Berücksichtigung der Wirkung von dauerhaften Signalen	16
8 Was uns zukünftig erwartet – zur Entwicklung der Belastungen durch Elektromog	18
9 Normen und Regelwerke	19
10 Die Verordnung über elektromagnetische Felder	21
11 Ergebnis: Immer wieder das gleiche Dilemma	24
11.1 Das umweltpolitische Vorgehen – wie gehabt	24
11.2 Gefahrenschutz und Vorsorge sind nicht ausgefüllt	25
12 Das BUND-Programm zur Begrenzung des Elektromogs	27
12.1 Grundsätzliche Erwägungen	27
12.2 Forderungen im Einzelnen	27
13 Literatur	30
13.1 Zitierte Literatur	30
13.2 Literaturhinweise, Periodika	31
14 Anhang	32
14.1 Abkürzungen	32
14.2 Schutzmöglichkeiten (technisch, sachlich)	33
14.3 Adressen	35

1. Vorbemerkung

In zunehmendem Maße wird in der Bevölkerung, Wissenschaft und Politik die mögliche gesundheitliche Beeinträchtigung durch die nahezu explosionsartige Zunahme funkt technischer Anlagen, aber auch anderer Emittenten elektrischer und magnetischer Felder – vor allem im Bereich der Energieversorgung – diskutiert. Gerade die rasante Einführung von Mobilfunknetzen hat dazu geführt, daß sich Menschen durch Sendeanlagen und die davon ausgehenden elektromagnetischen Felder (EMF) bedroht fühlen. Die allgemeine Veränderung der elektromagnetischen Belastung und das unsichere Wissen über deren Wirkungen auf Mensch und Natur machen mißtrauisch, im Extremfall Angst. In diesem Zusammenhang wird umgangssprachlich von „Elektrosmog“ oder „Elektrostreß“ gesprochen. Er bezeichnet die zivilisationsbedingte Belastung durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder. Gemäß den Begriffsbestimmungen zählen die elektromagnetischen Felder und nicht ionisierenden Strahlen zu den „schädlichen Umwelteinwirkungen“ und unterliegen damit den Bestimmungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG).

Es handelt sich hierbei um eine unsichtbare Form der Umweltbelastung, die aus allen Bereichen der technischen Anwendung von Elektrizität auf Menschen, Tiere und Pflanzen einwirkt. Durch den Gebrauch von elektrischen Anlagen bzw. Geräten werden elektrische und magnetische Felder erzeugt, die auch auf die Regelungsprozesse im Menschen einwirken. Erkrankungen beim Menschen, die mit diesen Feldern zusammenhängen könnten, wurden in der Vergangenheit kaum erforscht, weil ein Wirkungsmechanismus bisher wissenschaftlich nicht beschrieben wurde. Durch die zunehmend flächendeckenden Belastungen durch elektromagnetische Felder entsteht offensichtlich ein neues, allgemeines Umweltproblem mit großer Tragweite.

Die Anlagenbetreiber und vor allem von ihnen bestellte Gutachter sehen sich als Experten zu den subtilen biologischen Regulationssystemen. Hier liegt das eigentliche Problem, denn offensichtlich ist ein Elektroingenieur, der sich gut in der Schwach- und Starkstromtechnik auskennt, schlecht beraten, wenn er sich mit diesen Kenntnissen auf das Gebiet der Biologie oder Medizin begibt. Umgekehrt fehlt allzu häufig den Biologen und Medizinern das Verständnis für die neuen Arbeitsweisen der Elektrotechnik. Auch die Biophysiker, die für dieses Thema eigentlich prädestiniert wären, sind häufig aufgrund der üblichen Praxis der Forschungsförderung in so eng begrenzte Fragestellungen eingebunden, daß es auch hier nicht zu der gewünschten Kooperation kommen kann.

Die Tatsache, daß sich intakte biologische Systeme in ihrer Gesamtheit weder physikalisch noch biochemisch formelmäßig beschreiben lassen, wird gerade von denjenigen vergessen, die sich in offiziellen Gremien – oder auch Ministerien – berufen fühlen, biologische Funktionsabläufe zu kommentieren. Hier wird für die biologische Wirkung elektromagnetischer Felder lediglich ein Denkschema benutzt: Der Mensch absorbiert diese Feldenergie, setzt sie in Wärme um und reagiert darauf oder zeigt sonstige Reizwirkungen. Daß in der internationalen Literatur mittlerweile auch andere Mechanismen diskutiert werden (PRESMANN, 1970; HO, et al. 1994), wird offensichtlich bewußt ignoriert. Die vorliegende BUND-Position versucht daher:

- ▶ eine Hilfestellung zu geben, ein wenig in die Materie der biologischen Regulationsmechanismen einzusteigen
- ▶ zu erwartende Entwicklungen sowie die Dimension der Gefahren und Risiken aufzuzeigen
- ▶ Forderungen zur umweltpolitischen Herangehensweise aufzustellen.

2. Ausgangssituation

Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder entstehen überall dort, wo Elektrizität als Energiequelle genutzt wird. Elektrizität und Magnetismus sind durchaus natürliche Erscheinungen, die der Mensch mit seinen Sinnen jedoch nicht direkt wahrnehmen kann. Elektrische Felder bauen sich beispielsweise auch zwischen dem Erdboden und den negativ geladenen Schichten der Atmosphäre auf. Magnetfelder sind auf der Erde ebenfalls natürlicherweise vorhanden. Diese Einflußgrößen, auf die die biologischen Systeme von jeher eingestellt sind, liegen allerdings z.T. um mehrere Größenordnungen unterhalb der heute bereits erreichten technisch bedingten Stärken. Damit stellt sich sowohl im Zusammenhang mit der Installation elektrischer Energieversorgungseinrichtungen, als auch beim Betrieb von Elektrogeräten oder funktechnischen Anlagen die entscheidende Frage nach deren elektromagnetischer Verträglichkeit für biologische Systeme.

Und hier beginnt das eigentliche Problem: Gesetze und Normen reduzieren den Menschen in seiner Gesamtheit auf einen physikalisch beschreibbaren und somit quasi-technischen Gegenstand, um bekannte physikalische Gesetze anwenden zu können. So entstehen dann für die vom Menschen absorbierte Feldenergie Richtwerte, wie sie von der internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) vorgegeben werden. Betont wird hier ausdrücklich, daß es sich um Wertsetzungen im sogenannten thermischen Bereich handelt, der Mensch also als Bestandteil eines thermodynamischen Systems gesehen wird. Beurteilt werden lediglich kritische Temperaturerhöhungen oder mögliche Reizwirkungen.

Nicht berücksichtigt von diesem Ansatz sind die in der Wissenschaft immer häufiger diskutierten nicht-thermischen Effekte bei Leistungsdichten weit unterhalb der derzeit bestehenden Empfehlungen (siehe Tab. 3). Zahlreiche Untersuchungen führten bisher im Ergebnis zu einer Vielzahl von Phänomenen, deren biologische Relevanz - und konkret hier die biologische Schädigung - derzeit jedoch nicht endgültig bewertet werden kann. So könnte eine gestörte Bioregulation eine sehr viel später einsetzende gesundheitsschädliche Wirkung nach sich ziehen. Allerdings kann nur selten rückblickend der kausale Zusammenhang nachvollzogen werden. Doch gerade diese Situation wird heute von den Verursachern der Felder und auch von staatlichen Institutionen mit dem Ziel ausgenutzt, allen Erkenntnissen zu biologisch wirksamen nicht-thermischen Effekten (wie z.B. Eingriffe in die Bioregulation) die Anerkennung zu verweigern.

Aus der Literatur sind aber biologische Funktionsabläufe bekannt, deren Ursachen überhaupt nicht mit den bekannten physikalischen Gesetzen der Thermodynamik erklärt werden können. Dennoch wird immer wieder versucht, hierüber die Wirkungen elektromagnetischer oder magnetischer Felder auf das biologische System zu erklären. Diese ingenieurmäßig zwar korrekte Anwendung der physikalischen Gesetze läßt es nicht zu, daß es neben diesen thermischen auch noch Effekte gibt, die nicht mit einer Umsetzung in Wärme-Energie erklärt werden können.

3. Was unterscheidet elektrische und magnetische Felder?

Zunächst muß hier differenziert werden zwischen elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern. Häufig werden diese drei Begriffe miteinander vermischt und somit auch falsche Rückschlüsse zu möglichen biologischen Einflüssen gezogen. Es muß also klar gestellt werden, von welchen Feldern jeweils die Rede ist. Zur weiteren Erläuterung sei auch auf anschauliche Literatur verwiesen (z.B. KATALYSE 1994).

Zum Feldbegriff

Grundsätzlich geht es um einen räumlich orientierten Energiezustand. Die Energie selbst kann in physikalischen Einheiten beschrieben werden, die räumliche Orientierung über sogenannte Vektoren. So ist ein elektrisches Feld zu beschreiben durch den Raum in der Umgebung elektrischer Ladungen, in dem eine (elektrische) Feldstärke nachweisbar ist. Die Feldstärke E (hier: $E = \text{Volt/Meter}$) selbst ist wieder definiert über das Verhältnis einer auf eine elektrische Ladung ausgeübten Kraft zur Größe der Ladung. Im statischen Zustand wird also eine Kraft auf die einzelnen Ladungsträger ausgeübt. Im dynamischen Zustand, also dann, wenn durch die Kraft eine Ortsänderung der Ladungsträger erfolgt, wird eine Arbeit verrichtet. Kommt es dabei zur Wechselwirkung mit anderer Materie, dann wird die entsprechende Energie z.B. in Joule'sche Energie, also Wärme umgesetzt. Da ein Feld einen Energiezustand beschreibt, muß natürlich diesem System vorher in irgendeiner Form Energie zugeführt worden sein. Die Arbeit, die dafür eingesetzt werden mußte, entspricht der Feldenergie.

Das elektrische Feld

Ein elektrisches Feld entsteht immer dann, wenn zwischen zwei Punkten in einem Raum eine elektrische Potentialdifferenz vorliegt. Da diese nur über eine Ladungsverschiebung oder einen Ladungstransport erreicht werden kann (also letztlich eine Arbeit verrichtet werden muß, um dieses zu bewirken), besteht zwischen diesen beiden Punkten mit der Potentialdifferenz auch eine Energiedifferenz. Nach dem Energieerhaltungssatz bleibt dieser Zustand solange erhalten, bis Energie entzogen oder zugeführt wird, also ein anderer Energiezustand erreicht wird, z.B. durch die Arbeit, die für einen weiteren Ladungstransport in das Gesamtsystem gesteckt wird.

Die Energie (= Fähigkeit, Arbeit zu verrichten) eines elektrischen Feldes führt dazu, daß alle frei beweglichen Ladungsträger in diesem Feld sich entsprechend mit entgegengesetzter Polarität orientieren (= Influenz). Die Feldquelle des elektrischen Feldes ist die Elementarladung des Elektrons; die Feldstärke wird angegeben in

$$E = \text{V/m (Volt/Meter)}.$$

Alle Geräte, die mit Netzstrom betrieben werden (wie Hochspannungsfreileitungen, Trafostationen oder Hausinstallationen) sind Quellen elektrischer Felder. Im Haushalt beträgt die Wechselspannung 230 Volt. Die Feldstärke des elektrischen Wechselfeldes wird sehr stark durch leitende Gegenstände beeinflusst (dringt daher kaum in Körper ein) und schwankt im Hause zwischen 1 und 100 V/m. Die Schwingungsfrequenz des Wechselfeldes wird in Hertz angegeben. 1 Hertz (Hz) entspricht einer Sinusschwingung pro Sekunde. Die Netzfrequenz in Europa beträgt 50 Hz. Die Bahn hat dagegen eine Stromversorgung mit $16 \frac{2}{3}$ Hertz. Elektrische Gleichfelder werden ebenfalls in V/m gemessen. Das natürliche elektrische Gleichfeld der Erde beträgt ca. 130 V/m (bei Gewitter bis zu 20.000 V/m).

Das magnetische Feld

Das magnetische Feld besitzt im Gegensatz zum elektrischen Feld keine unmittelbare Feldquelle. Vielmehr ist das magnetische Feld gekoppelt an jede Bewegung einer elektrischen Ladung; man bezeichnet dieses daher auch als Wirbelfeld. Im einfachsten Fall tritt solch ein magnetisches Moment bei der naturgegebenen Eigenrotation des Elektrons (Spin) auf. Durch die Zufallsverteilung der räumlichen Spin-Orientierung ist im allgemeinen das gesamte magnetische Moment Null. Ein Ordnungszustand kann erreicht werden durch besondere Strukturanordnungen (z.B. im Kristall), oder durch Orientierung in einem äußeren Magnetfeld. Eine besondere Form dieses Ordnungszustands ist dann gegeben, wenn durch einen elektrischen Leiter ein Strom fließt. Konkret werden hier elektrische Ladungen räumlich orientiert bewegt. Es entsteht ein Magnetfeld gemäß der folgenden Definition

$$B = A/m \text{ (Ampère/Meter)}.$$

Die Maßeinheit dieser magnetischen Induktion ist Tesla (T; nach dem Physiker Tesla). Da der Raum, in dem dieses Magnetfeld erzeugt wird, bezüglich seiner magnetischen Eigenschaften berücksichtigt werden muß, ist die Korrektur über eine „Materialkonstante“ notwendig. Für Luft ist diese Konstante $\mu_0 = 1$, womit hierfür letztlich gilt:

$$1 \text{ A/m} = 1,256 \mu\text{T}.$$

Während ein elektrisches Feld immer bei jeder elektrischen Potentialdifferenz vorhanden ist, entsteht ein magnetisches Feld erst bei einer Ladungsbewegung oder konkret bei einem Stromfluß.

Magnetische Felder durchdringen fast alle Materialien und lassen sich kaum abschirmen. Im menschlichen Körper entstehen dabei frequenzabhängige Wirbelströme. Das quasi-statische Magnetfeld der Erde beträgt in Deutschland ca. $40 \mu\text{T}$. Das natürliche Wechselfeld der Erde hat in Deutschland einen Wert von ca. $0,000.001$ Mikrotesla (μT).

Das elektromagnetische Feld

Es gilt der Zusammenhang, daß ein sich änderndes elektrisches Feld ein Magnetfeld zur Folge hat, wie auch der, daß ein magnetisches Wechselfeld ein entsprechendes elektrisches Feld induziert. Bei sehr schnell wechselnden Potentialen können die im dazwischenliegenden Feld befindlichen Raumladungen nicht mehr in die Potentialpunkte zurückfließen und werden in den weiteren Raum als elektromagnetische Welle hinausgesendet (emittiert). Die elektrische und magnetische Komponente sind hier miteinander gekoppelt, wobei im Nahfeld das elektrische und magnetische Feld noch getrennt betrachtet werden können. Die exakten physikalischen Zusammenhänge sind zu komplex, um hier weiter dargestellt zu werden. Festgehalten werden sollte nur, daß dieses emittierte elektromagnetische Feld auch einen Energieinhalt hat, die dem System zugeführt werden muß. Trifft eine elektromagnetische Welle auf einen Absorber (z.B. Mensch), dann wird die Energie in einen anderen Zustand (überwiegend Wärme) transformiert. Dieser sog. Mikrowelleneffekt wird auch im Mikrowellenherd in der Küche für die Erwärmung von Speisen nutzbar gemacht.

Jedes elektromagnetische Feld breitet sich in der Luft mit Lichtgeschwindigkeit von 300.000 km/s aus und läßt sich mit folgenden physikalischen Größen beschreiben:

- ▶ Die Frequenz wird in Hertz (Hz) angegeben, sie ist eine Maßzahl für die Schwingungen pro Sekunde (s); die Dimension ist demzufolge $1/s$.
- ▶ Die Wellenlänge gibt die geometrische Länge einer Schwingungsperiode an und wird in Meter (m) angegeben.
- ▶ Die Amplitude gibt den Maximalwert an; die emittierte Leistung berechnet sich aus den beiden Komponenten des elektrischen und magnetischen Feldes.

Hochfrequente Felder werden z.B. von Sendern abgestrahlt. Das elektromagnetische Feld eines Radiosenders schwingt z.B. mit $0,1$ Mrd. Hertz oder mehr, das von Mobilfunkanlagen mit $1 - 2$ Mrd. Hertz, das von Radaranlagen mit 10 Mrd. Hertz.

4. Natürliche Felder – technisch erzeugte Felder

Das Geschehen auf der Erde war von jeher natürlichen elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern ausgesetzt. Bei den elektrischen Feldern sind dies im wesentlichen die atmosphärisch bedingten elektrischen Potentialdifferenzen, die Ionisationen erzeugen und sich im Extremfall als Blitz entladen. Während elektrische Feldänderungen sehr schnell erfolgen können, zeigt das Erdmagnetfeld eine größere Konstanz, wobei im Tagesablauf durchaus geringe Veränderungen auftreten.

Auch das elektromagnetische Feld hat einen natürlichen Ursprung: jede Blitzentladung erzeugt ein breites Spektrum elektromagnetischer Frequenzen. Hier kommt es auch zu äußeren Einflüssen aus dem Weltraum, vornehmlich bei den Sonneneruptionen (diese sind eine bekannte Störgröße beim funktechnischen Betrieb, insbesondere im Kurzwellenbereich). Resonanzbedingungen zwischen Erdoberfläche und Ionosphäre sorgen zudem für dominierende Frequenzen auf der Erde. Dies wird im Zusammenhang mit dem Frequenzmuster der menschlichen Hirnaktivität gesehen und erklärt mögliche physiologische Einflüsse.

Natürliche Felder entstehen auch durch bioelektrische Signale; beim Menschen sind dieses neben den erwähnten Hirnströmen die Aktionsströme des Herzens oder der Nerven oder auch ganz allgemein jeder Membranstrom. Daneben treten auch magnetische Felder auf, da jede elektrische Ladungsbewegung zwangsläufig ein Magnetfeld erzeugt. Hochempfindliche Meßmethoden haben am menschlichen Herzen und auch im Gehirn den Nachweis dieser Felder ermöglicht.

Die hier diskutierten Felder hat es also schon immer gegeben und sie sind sicherlich auch ein wesentlicher Faktor in der Evolutionsgeschichte des Menschen.

Nach einer relativen Konstanz über Jahrtausende wurden innerhalb nur einer Generation diese den Menschen umgebenden Felder massiv verändert. Da diese Felder zunächst physikalisch gesehen in jedem Fall Wirkungen auf den menschlichen Organismus haben, ergibt sich die Frage, inwieweit hier in das über elektrische Signale gesteuerte Bioregulationssystem eingegriffen wird. Die Wirkungen können direkt über elektrische und magnetische Rezeptoren bzw. über Verstärkungsvorgänge innerhalb des bioelektrischen Systems erfolgen.

Jedes sich periodisch ändernde Feld wird als Wechselfeld bezeichnet, wobei das mit 50 Hz betriebene Energieversorgungsnetz eine dominierende Rolle spielt. Die niedrige Frequenz hat zur Folge, daß in den hier interessierenden Entfernungen von den Emittenten die magnetische und elektrische Komponente entkoppelt sind, also getrennt bewertet werden müssen. Bei einer Stromleitung gibt es also direkt (wenn Störpulse nicht berücksichtigt werden) kein elektromagnetisches Feld. Im höherfrequenten Bereich (ab ca. 30.000 Hz [30 kHz]) müssen die elektromagnetischen Eigenschaften allerdings berücksichtigt werden (Rundfunk, TV, Mikrowelle usw.). Beim Einsatz dieser elektromagnetischen Wellen für eine Informationsübertragung wird die Information auf eine Trägerfrequenz aufgeprägt.

Eine Besonderheit der Wechselfelder sind gepulste Felder. Hier wird z.B. ein Gleichfeld (oder auch konstantperiodisches Feld) kurzzeitig unterbrochen (getaktet), wobei dieses periodisch oder aperiodisch erfolgen kann. Dieses Prinzip wird auch in der drahtlosen Informationsübertragung eingesetzt: hier wird ein Hochfrequenz-Signal im allgemeinen konstantperiodisch, niederfrequent getaktet und in der kurzen Sendezeit die komprimierte Information übertragen. Auf dieser grundsätzlichen Technik beruht die Funktionsweise des GSM-Standards (s. Anhang) in der Telekommunikation (D- bzw. E-Netz).

5. Das biologische System im elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feld

5.1 Vorbemerkung

Es steht außer Zweifel, daß elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder Wirkungen beim Menschen hervorrufen. Die bereits vorliegenden Erkenntnisse und Hinweise über die verschiedenen Wirkungen können hier allerdings nur ansatzweise skizziert werden. Weitere Hinweise können der Literatur in Kap. 13 entnommen werden.

Es stellt sich allerdings die Frage, welche Art von Wirkungen bei welcher Art und Stärke von Feldern (Frequenz, Intensität, Dauer, zeitlicher Staffelung) zu betrachten sind und inwieweit diese modellmäßig soweit erklärt werden können, daß Einwirkungen beurteilt und ggf. durch Normen begrenzt werden können.

Lebende Organismen sind „offene Systeme“, die im ständigen Austausch von Energie und Materie mit der Umwelt stehen. Diese Systeme sind fähig, Störungen zu widerstehen, Wunden zu heilen und Krankheiten zu überwinden. Wird dieses (normalerweise durch eine Vielzahl ineinander verschachtelter, stetig rückgekoppelter Regelkreise erreichte) Gleichgewicht durch Eingriffe in den Energie- und Stoffhaushalt gestört, so können beispielsweise Kombinationen mit anderen Wirkungsfaktoren entstehen und zu einer gesteigerten Wirkung führen. Auch können stetige, über eine lange Zeit einwirkende Faktoren zu einer Folge führen (wie der berühmte Tropfen, der das Faß zum Überlaufen bringt), die eine wesentliche Veränderung des Systems auslöst, während vorher von außen lange Zeit gar keine Veränderung sichtbar bzw. wahrnehmbar war.

Es sollen daher diejenigen Wirkungen durch elektromagnetische Felder beschrieben werden, die mehr oder weniger offensichtlich das biologische Regulationssystem stören (können).

5.2 Bioelektrizität: elektrische und ionen-gebundene Vorgänge im Organismus

Jeder Organismus benötigt für seine elementaren Lebensfunktionen Energie. Die Bewegungsenergie, Wärmehaushalts- und Stoffproduktionsenergie beziehen Lebewesen aus der Verstoffwechslung von energiereichen Substanzen, wie zum Beispiel den Kohlenhydraten. Aber auch elektrische Energie kommt in lebenden Systemen vor.

Im Gegensatz zu vielen technischen Anwendungen hat die elektrische Energie in Organismen keine Antriebsfunktion, sondern dient vor allem der schnellen Informationsvermittlung. Die Voraussetzung dafür ist ein Nervensystem, welches Reize als elektrische Signale verrechnet. Das Prinzip der Erregungs- also Signalweiterleitung beruht auf der Änderung von Spannungen an der Membran der Nervenzelle (Neuron). Aufgrund von unterschiedlichen Ionenkonzentrationen innerhalb und außerhalb der Nervenzelle unterliegen die meisten Zellen sogar im Ruhezustand einer Spannung.

Eine Reizung der Nervenzelle führt zu Veränderungen der Ionenkonzentrationen und aufgrund dieser Teilchenbewegung entsteht ein elektrisches Signal, welches weitergeleitet wird. Fast alle schnellen Informationsübermittlungen sind an eine elektrische Signalkette gebunden, da diese enorme Geschwindigkeiten erreichen kann. Jede Muskelaktivität ist so an einen „Stromschlag“ gebunden. So auch der Herzmuskel, die Darmmuskulatur, etc. Die Sinneswahrnehmung und deren Verrechnung im Gehirn bis hin zu Bewußtsein, Erinnerungen, Denken und ähnlichen Leistungen sind ebenfalls an elektrische Aktivität gebunden. Dies macht man sich auch in der Diagnostik (EEG) zunutze.

Den Ionenflüssen kommt dabei eine enorme Bedeutung zu, denn Zellen werden auch durch elektrische Signale gesteuert. Dies ist von Wichtigkeit, wenn man sich weitere Funktionen von Ionen ansieht, insbesondere die des Calciums. In der elektrischen Weiterleitung spielt Calcium vor allem bei der Aktivierung von Muskelzellen eine Rolle. Als inter- und intrazellulärer Botenstoff ist Calcium von solcher Wichtigkeit, daß es ausgeklügelte Regelmechanismen gibt. Calcium wirkt bereits in sehr geringen Konzentrationen und je nach Wirkort außerordentlich vielseitig. Die Beeinflussung von Calciumströmen kann daher sehr vielfältige Auswirkungen, auch und vor allem im nicht elektrischen Bereich haben. Das schnelle neuronale Netz ist an vielen Stellen mit dem langsameren, aber längerfristig wirkenden hormonellen Informationssystem des Organismus über Neurotransmitter („Neurohormone“) verbunden. Man spricht auch von einer neurohormonalen Verknüpfung. Damit ergibt sich, daß Auswirkungen auf das neuronale System bzw. dessen Veränderungen weitere Wirkungen auf andere Körperfunktionen haben können.

5.3 Der Mensch im künstlichen elektrischen Feld

Allein schon aus der Tatsache, daß der Mensch im Freien elektrischen Feldern von bis zu 10 kV/m und unter den besonderen Bedingungen einer statischen Aufladung Potentialdifferenzen zur Umgebung von mehr als 20 kV/m aufweisen kann, stellt sich die Frage nach den Folgen einer plötzlichen Entladung. Praktisch tritt dieser Effekt recht häufig auf und ist gelegentlich als unangenehmer „Schlag“ zu empfinden. Über die biologische Relevanz solch einer Spontanentladung gibt es keine Kenntnisse.

Eine völlig andere Situation ergibt sich jedoch beim Aufenthalt in einem elektrischen Wechselfeld. Zunächst einmal ist die eigentliche Wirkung des elektrischen Feldes die Influenz: diese übt beim Menschen auf die frei beweglichen elektrischen Dipole an der Hautoberfläche eine Kraft aus. Durch den menschlichen Körper erfolgt somit eine erhebliche Felddämpfung. Die Feldverteilung selbst ist über den gesamten Körper sehr unterschiedlich, so ist die (natürlich und künstlich verursachte) Felddichte z.B. am Kopf höher als am übrigen Körper. Daraus ergeben sich lokale Ladungsdifferenzen, bei deren Ausgleich dann ein Strom auf der Bahn des geringsten elektrischen Widerstands – auch durch den Körper – fließt. Mit zunehmender Frequenz verlagert sich dieses Geschehen immer mehr zur Hautoberfläche.

Grenzwertempfehlungen für einzelne Frequenzbereiche legen maximale elektrische Feldstärken fest, damit keine kritischen Ströme auftreten. Grundlage hierfür ist die mit der Energieumsetzung verbundene thermische Belastung (auch als thermischer Effekt bezeichnet), da davon ausgegangen wird, daß lediglich die gesamte Feldenergie in Wärme umgesetzt wird.

5.4 Der Mensch im künstlichen magnetischen Feld

Das magnetische Feld wirkt auf die einzelnen magnetischen Momente, die durch jede Ortsänderung einer elektrischen Ladung – auch im menschlichen Körper – entstehen. Das biologische System stellt praktisch keine Dämpfungsgröße für magnetische Felder dar. Abhängig von der Frequenz gibt es im Körper entsprechende Wirbelströme, die sekundär dann thermische Wirkungen zeigen oder Reize auf Nervenzellen ausüben können. Auch hier soll über Grenzwerte verhindert werden, daß diese kritischen Ströme auftreten. Bei den derzeit technisch realisierbaren 50 Hz-Feldern der Energieversorgung reichen die über die Feldankopplung induzierten Körperströme nicht für kritische Stromerhöhungen aus. Nicht berücksichtigt ist bei diesen Normen die Tatsache, daß auch ein zeitlich konstantes Magnetfeld biologische Wirkungen hat: In der alten DIN/VDE 0848 wird nur auf den möglichen mechanischen Einfluß auf ferromagnetische Implantate oder Schaltprobleme bei Herzschrittmachern im Gleichfeld eingegangen.

5.5 Der Mensch im künstlichen elektromagnetischen Feld

Das elektromagnetische Feld ist dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische und magnetische Komponente (im Fernfeld) miteinander gekoppelt sind. Bei der Energieabsorption durch den menschlichen Körper kommt es dann im höherfrequenten Bereich hauptsächlich zu Erwärmungen an der Hautoberfläche; bei der im Zusammenhang mit der drahtlosen Telekommunikation zu diskutierenden Frequenz von etwa 1 GHz überwiegt dieser sogenannte „skin-Effekt“. Dieses darf aber keineswegs zu der Schlußfolgerung führen, daß Höchsthfrequenzen (Mikrowellen) im nicht-thermischen Bereich biologisch nicht relevant seien.

5.6 Thermische – nicht-thermische Wirkungen

Elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis zum oberen GHz-Bereich ($=10^9$ Perioden/s) sind von der Energie her in den nichtionisierenden Bereich einzuordnen, da ihre Quantenenergie nicht für biophysikalische oder biochemische Effekte über eine Ionisation von Biomolekülen ausreicht. Dieses bedeutet, daß es in dem häufig diskutierten Frequenzbereich von 50 Hz der elektrischen Energieversorgung auch bei den technisch höchstmöglichen Werten nicht zu Veränderungen im Erbgut kommen kann. Demgegenüber sind vergleichbare Dosen ionisierender Strahlung durchaus in der Lage, in denselben Zelltypen Chromosomenschäden zu verursachen. Dieses ist wohl auch der Grund, warum zunächst biologische Effekte nichtionisierender Energiequellen in dem obengenannten Frequenzbereich ausschließlich über kritische Temperaturerhöhungen oder elektrische Nervenreizungen gesehen werden.

Während der letzten 10-15 Jahre konnte jedoch gezeigt werden, daß nichtionisierende elektromagnetische Energie durchaus biologische Effekte hervorruft, und zwar nicht über eine thermische Eintragungsfunktion, sondern über andere Wirkmechanismen. Dies würde – energetisch betrachtet – eine theoretische Temperaturerhöhung im nicht thermoregulierten biologischen System von 0,001 K (Kelvin) mit sich bringen. Diese extrem niederenergetischen Feldeffekte werden in der Literatur als nicht-thermische Effekte beschrieben (BASSETT, 1989).

Trotz vielfältiger Untersuchungen wird immer wieder angezweifelt, daß es überhaupt biologische „Empfangsstellen“ für derart schwache elektromagnetische Felder gibt. Dem kann – wie jeder selbst nachvollziehen kann – entgegengehalten werden, daß das menschliche Auge (was keineswegs zu den empfindlichsten Organen gehört) im elektromagnetischen Spektrum des sichtbaren Lichts Leistungsdichten registriert, die viele Größenordnungen unter dem liegen, was hier im folgenden diskutiert wird.

6. Nicht-thermische Wirkungen in biologischen Systemen

6.1 Vorbemerkung

Wie schon erwähnt, wirken elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder auf den Menschen aufgrund der physikalischen Gegebenheiten sehr unterschiedlich. Aus der Vielfalt der Wirkungen kann hier nur ein Ausschnitt dargestellt werden. Im Gegensatz zu den elektrischen Feldern durchdringen magnetische Felder praktisch ungedämpft den menschlichen Körper. Obwohl eigentlich keine Effekte meßbar sein dürften, konnten in statischen Magnetfeldern jedoch biologische Effekte aufgezeigt werden. Unter den Bedingungen des Organismus sollte keine Induktion erfolgen können, es müssen also andere magnetosensitive „Empfangsstellen“ vorliegen. Bekannt ist, daß statische Magnetfelder eine Spin-Orientierung (Spin = Drehung von Elementarteilchen um die eigene Achse) bewirken, was diagnostisch in der Magnetresonanztomografie genutzt wird. Eine Spin-Orientierung beinhaltet jedoch keine Strukturveränderung, führt also nicht zu Veränderungen auf molekularer Ebene. Hinzu kommt, daß nach Feldexposition sich die Spin-Isotropie sehr schnell wieder einstellt, wogegen die biologischen Effekte länger nachwirken. Im Zusammenhang mit der Wirkung statischer Magnetfelder muß auch bedacht werden, daß bezogen auf die Mikrostrukturen im zellulären Bereich aufgrund der Eigenbewegung im Organismus die magnetischen Feldlinien geschnitten werden und hierüber ein Strom induziert wird.

Magnetische Wechselfelder erzeugen – wie eingangs dargestellt – über eine Induktion Stromflüsse, die im Körper fließen und durchaus kritische Werte erreichen können. Ähnlich verhält es sich bei der Absorption elektromagnetischer Energie: es kommt zu frequenzabhängigen Absorptionsraten in den einzelnen Teilstrukturen. Die Umsetzung in Wärme erfolgt somit in durchaus unterschiedlichen Volumenelementen. So weiß man aus Untersuchungen an Probanden und aus Tierversuchen, daß unter kontrollierten Expositionsbedingungen in niederenergetischen elektromagnetischen Feldern verschiedene physiologische Abläufe beeinflusst werden. Sicherlich ist es der biologischen Variationsbreite zuzuschreiben, daß die Schwellen unterschiedlich hoch und die beobachteten Effekte sehr einfacher Art sind. Beschrieben sind bisher Funktionseinflüsse auf das Zentralnerven- und neuroendokrine System, auf den 24-h-Rhythmus beim Menschen und auch auf das Blutbild sowie Immunreaktionen. Andererseits kann aber ein akutes Gefährdungspotential im Zusammenhang mit den genannten Effekten nicht präzise angegeben werden. Einig ist man sich darin, daß genetische Veränderungen durch niederfrequente elektromagnetische (oder magnetische) Felder, auch bei hohen Feldstärken, ausgeschlossen werden können. Inwieweit gepulste Magnetfelder eine Rolle als Co-Promoter bei der Tumorausbildung spielen, bedarf weiterer Forschungen (STUCHLY et al., 1992).

Also: Es steht fest, daß unterhalb der derzeitigen Grenz-

werte und der bisher eingeführten Vorsorge – also im nicht-thermischen Bereich – biologisch relevante Ereignisse zu erwarten sind.

6.2 Melatoninstoffwechsel

In der internationalen Literatur gibt es zahlreiche Hinweise darauf, daß in den sehr niederenergetischen Bereichen weit unterhalb jeglicher Grenzwert-Empfehlung biologische Effekte auftreten, die nicht deswegen ignoriert werden dürfen, weil sie derzeit physikalisch-chemisch oder physiologisch nicht erklärbar sind.

In erster Linie dürfte hier eine Beeinflussung der biologisch wichtigen Rhythmen über eine bisher unbekannteste Verbindung eine Rolle spielen. Ausgeprägt und für jeden nachvollziehbar ist der circadiane Rhythmus mit einer Periodenlänge von ca. 24 h. Diese Periodizität wird durch äußere Reize getriggert (Hell/Dunkel-Zyklus) und wirkt somit als Zeitgeber auf die gesamte Hormonproduktion, wobei offensichtlich das Melatonin als zentraler neuroendokriner Vermittler gesehen werden muß. Der Verlust dieser circadianen Koordination hat unangenehme Folgen wie erhöhten Blutdruck, Schlafstörungen und erhöhte Immundepression. So hat schon WEVER (1983) über diese Störungen berichtet, wenn Probanden einem Dauerlicht – also mit ungetriggerten und somit freilaufender endogener circadianer Rhythmik (= 25.2 h) – ausgesetzt waren. Werden diese Probanden zusätzlich einem elektrischen Wechselfeld (10 Hz, Rechteck) mit einer Feldstärke von 2.5 V/m (induzierte Stromdichte $0.2 \mu\text{A}/\text{m}^2$) ausgesetzt, dann wird die circadiane Rhythmik bei Dauerexposition verkürzt. Hier zeigt sich sehr deutlich, daß das „Reiz-Strommodell“ nicht mehr ausreicht, um biologische Effekte zu erklären.

Doch auf einen Punkt muß mit aller Deutlichkeit hingewiesen werden: periodische (!) äußere Reize wirken synchronisierend – oder auch desynchronisierend – auf biologische Regelsysteme. Hierzu zeigten auch AHLBOM et al. (1987), daß eine Langzeitexposition in sich periodisch ändernden magnetischen Feldern eine Verschiebung körpereigener Rhythmen bewirken kann, die dann auch über längere Zeit erhalten bleibt. Einer Langzeitexposition in technisch erzeugten Wechselfeldern konstanter Periodizität ist heute faktisch jeder ausgesetzt, sei es im Bereich der Energieversorgung (50 bzw. 16 2/3 Hz), oder auch bei den niederfrequent getakteten Hochfrequenzfeldern beim D-Netz-Betrieb (217 Hz). Gerade bei dem D-Netz geht es nicht um das hochfrequente Trägersignal, sondern um die niederfrequente Taktung, die biologisch wirksame Eigenschaften aufweisen kann.

6.3 Ionenverschiebungen

Als möglicher Wirkmechanismus schwacher magnetischer Felder wird immer wieder die Verschiebung der Ca^{++} -Ionen in den einzelnen Kompartimentsystemen der Zellen diskutiert. Für die Funktion der biologischen Membranen spielt dieses Ion eine entscheidende Rolle, ebenso in der interzellulären Signalübertragung, aber auch bei physiologischen Prozessen, insbesondere bei der Muskelkontraktion (z.B. Herz !). Zahlreiche Untersuchungen lassen den Schluß zu, daß einzelne biologisch aktive Zell-Kompartimente innerhalb enger Frequenzbereiche (Frequenzfenster) mit Veränderungen im Ca^{++} -Transport reagieren. Dieses frequenzselektive Verhalten dürfte auch die teilweise widersprüchlichen Ergebnisse erklären. FEWTRELL (1993), GOLDPETER (1989), KAISER UND EICHWALD (1992) untersuchten die Eigenfrequenz des Ca^{++} -Oszillators in Abhängigkeit der gesetzten Stimuli. Als wichtigstes Ergebnis muß aus diesen Untersuchungen gesehen werden, daß jede Zelle ein individuelles Oszillationsverhalten hat, mit der zusätzlichen Aussage, daß auch Zellen desselben Typus unterschiedliche Ca^{++} -Oszillationsfrequenzen zeigen. Konkret bedeutet dies, daß unterschiedliche Reaktionen in der Biorhythmik auf ein und denselben Reiz erfolgen können. LIBOFF et al. (1990) postulierten, daß bestimmte Frequenzen und Signalformen schwingungsfähige Systeme aktivieren (Resonanzsysteme) und somit zum biologischen Effekt führen. Als kritische Frequenz wird mehrfach 16 Hz genannt, ein Umstand, der bei der biologischen Bewertung der Bahnstromfrequenz (16 2/3 Hz) zu berücksichtigen ist.

6.4 Membranphysiologie und Zellteilung

Die obengenannten Ionenverschiebungen haben eine große biologische Relevanz in Hinblick auf jegliche Membranfunktion. Pionierarbeiten hierzu wurden in den Jahren 1976-1978 von BAWIN und ADEY (1976), sowie von BAWIN et al. (1978) durchgeführt, mit dem Ergebnis, daß in einem niederfrequent moduliertem Hochfrequenzfeld Ca^{++} -Ionen aus Hirngewebe ausströmen (und damit die Membraneigenschaften verändert werden), während dieser Effekt nicht meßbar ist bei einer Exposition in demselben, jedoch unmodulierten Hochfrequenz-Feld. Zahlreiche Experimente hierzu haben dieses bestätigt, wobei offensichtlich die biologische Antwort auch noch von der Periodizität des niederfrequenten Signal abhängt. Dieses betrifft insbesondere die Frequenz um 15 Hz, also den Bereich der 16 2/3 Hz-Energieversorgung der Bahn. Hier besteht eine sehr gute Übereinstimmung zu den Melatonin-Ergebnissen. Über den Wirkmechanismus selbst gibt es derzeit keine Kenntnis. Sicher ist dagegen, daß es keine klassische Dosis-Wirkungs-Beziehung gibt, was auch bedeutet, daß höhere Feldenergien nicht unbedingt zu einer stärkeren Ionenverschiebung führen.

Änderungen an der biologischen Membran haben auch auf

das Immunsystem eine Wirkung. Eine Zusammenstellung der derzeitigen Erkenntnisse ist von WALLECZEK (1992) publiziert worden.

Die Untersuchungen an der veränderten Ca^{++} -Regulation in Lymphozyten und deren Auswirkung auf die Lymphozyten-Proliferation zeigte, daß in bestimmten Phasen der Zellteilung durch schwache niederfrequente elektromagnetische Felder der Ca^{++} -Metabolismus und die DNA-Synthese (DNA = Nukleinsäure; Bestandteil des Gens) beeinflußt werden. Das nichtlineare Verhalten kommt besonders in den Experimenten von BLANK und SOO (1990) zum Ausdruck, in denen die Aktivität eines wichtigen Membranenzym durch gepulste Felder beeinflußt wurde: im optimalen Bereich wurde die Aktivität verändert. Das Ganze spielt sich bei Frequenzen von ca. 100 Hz und Stromdichten von $1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, bzw. elektrischen Feldstärken im in-vitro-Versuch von 2 mV/m (!) ab.

6.5 Biologische Signale

Langjährige Untersuchungen gibt es im Bereich des menschlichen EEG (Elektroenzephalogramm; Darstellung der Hirnstromaktivitäten). So konnte zunächst gezeigt werden, daß statische Magnetfelder das EEG nachhaltig – also auch nach der Exposition – verändern (VON KLITZING 1989) und zudem die zerebralen (= im Gehirn) Ladungsverschiebungen – die letztlich das EEG ausmachen – in einen höheren Ordnungszustand versetzt werden. Weit- aus interessanter ist, daß bei gleichzeitiger periodischer Reizung enzephaloelektrische schwingungsfähige Systeme angeregt werden, die auch nach Ende der Stimulation einige Zeit „nachschrumpfen“.

Mit Hilfe bestimmter Rechenverfahren lassen sich Leistungsspektren der EEG-Signale darstellen, wo für die einzelnen Frequenzanteile des Elektroenzephalogramms die entsprechenden Energieanteile angegeben sind. Im Gegensatz zu der im allgemeinen praktizierten visuellen und sehr subjektiven Beurteilung, ist dieses ein objektives Bewertungskriterium für zeitliche EEG-Veränderungen. Untersuchungen hierzu zeigten sehr deutlich, daß das EEG überwiegend in einem bestimmten Frequenzbereich (Alpha-Bereich) unmittelbar nach einer 15-minütigen Exposition in schwachen, niederfrequent gepulsten elektromagnetischen Feldern verändert ist (VON KLITZING 1995).

Zu einem gleichwertigen Ergebnis kommen RITTWEGER et al. (1995) bei Analysen der encephalomagnetischen Signale vor und nach Feldexposition. Eine Erklärung für diese Phänomene steht aus, desgleichen kann auch keine Aussage zu einer möglichen biologischen Relevanz gemacht werden. Es deutet jedoch einiges darauf hin, daß hier Resonanzsysteme angesprochen werden. Dabei stellt sich natürlich die Frage, inwieweit dieses als biologische „Normalität“ toleriert wird, d.h., ob die Signaländerung unbedeutend ist oder eine Wirkung auf das Gesamtsystem hat, – gleichgültig.

tig, ob positiv oder negativ.

Da die interzelluläre Kommunikation auch über elektrische Signale realisiert wird, wären durchaus Interferenzen durch äußere Signale denkbar. Das Wissen über elektrische Aktivitäten an Zellmembranen, die dem interzellulären Informationstransfer dienen, reicht jedoch nicht für Modellentwicklungen aus, um hier eine Antwort zu finden. So wären durchaus auch direkte Eingriffe in die Regulation der Membranaktivität über die Ionenkanäle möglich, zumal die Impulsfolgen dieser Kanäle im gleichen Frequenzbereich liegen wie die niederfrequente 217 Hz-Taktung des Telekommunikationsnetzes nach GSM-Standard.

Für den Biologen ist es unstrittig, daß jede Störung auf dieser Ebene als negativer Einfluß gewertet werden muß, da die interzelluläre Kommunikation eine absolute Notwendigkeit für die Funktion eines Zellverbandes oder des Gesamtsystems ist. Die magnetischen Flußdichten, bei denen biologische Effekte bisher nachgewiesen wurden, liegen im Bereich um 10 nT (10^{-8} T). Da es offensichtlich neben Frequenzfenstern auch Energiefenster gibt, in denen das biologische System empfindlich reagiert, steht auch keineswegs fest, ob dieser Wert als unterer Grenzwert angesetzt werden kann.

6.6 Kanzerogene Wirkungen

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Hinweisen auf die Krebswirkung durch elektromagnetische Strahlung. Auch wird ein Zusammenhang mit der Alzheimer-Krankheit vermutet. Neben epidemiologischen Studien weisen Zell- und Gewebeerperimente sowie Tierversuche auf Krebswirkungen hin. In Zell- und Tierversuchen konnte festgestellt werden, daß Tumore schneller wachsen und größer werden, wenn sie Feldern ausgesetzt sind. Bei 50 μ T ergaben sich noch statistisch signifikante Ergebnisse. Selbst bei 1 μ T war noch ein Trend zu erkennen.

Bei Wirkungsanalysen von niederfrequenten Feldern (unter 1 μ T) gibt es viele epidemiologische Studien, die einen Zusammenhang z.B. von Leukämie und langandauernder Exposition herstellen. Ein hohes Krebsrisiko scheint nicht gegeben zu sein, da die Fallzahlen gering sind. Ein Beweis nach den Regeln der Epidemiologie konnte wegen der Mängel bei der Auswertung und Erfassung von Rahmendaten nicht immer erfolgen. Auch zeigten sich in manchen Studien keine Zusammenhänge. Die Unstimmigkeiten bei den (vornehmlich ältere) Studien werden genutzt, um generell den Krebszusammenhang vom Tisch zu wischen. Immerhin bestehen bei der Strahlenschutzkommission soviel Zweifel, daß weitere Forschungsarbeiten für notwendig erachtet werden.

Die Mehrzahl der Studien deutet jedoch auf eine leichte Erhöhung des Risikos für eine Erkrankung an Leukämie und Gehirntumor bei Kindern und Jugendlichen hin. Der LAI führt hierzu zusammenfassend aus, daß mehr für als gegen die Annahme eines Zusammenhangs zwischen Langzeitaufenthalt in niederfrequenten, schwachen elektromagnetischen Feldern und kindlicher Leukämie sowie Hirntumor bei Erwachsenen spricht. Er bewertet dies soweit, daß von einem Gefahrenverdacht gesprochen werden kann.

Der vom US-Kongreß beauftragte National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) empfiehlt nach neunjähriger Auswertung der internationalen Forschungsergebnissen in dem (bisher nicht autorisierten) Bericht eine generelle Grenzwertabsenkung auf 0,2 Mikrottesla innerhalb von 10 Jahren. Grundlage hierfür waren epidemiologische Studien, die ein geringes, aber nachweisbares Gesundheitsrisiko bergen (Krebs, Fehlgeburten, Mißbildungen von Embryos und Störungen des Nervensystems).

6.7 Elektrosensibilität

Neben allgemeinen Risikogruppen, die bei der Beurteilung von Wirkungen durch elektromagnetische Felder betrachtet werden müssen (z.B. Kinder) gibt es offensichtlich Personen, welche empfindlicher auf schwache elektromagnetische Felder reagieren. Nicht zu beantworten ist derzeit die Frage, ob die Primärmechanismen zwar bei jedem Menschen greifen, jedoch nicht immer dieselbe Wirkung zeigen. Die Sensibilität, die als Faktum gewertet werden muß, ist bis heute nur lückenhaft dokumentiert oder möglicherweise auch falsch eingeordnet worden, so daß es unklar ist, welcher Bevölkerungsanteil hier von tatsächlich betroffen ist.

Mit Elektrosensibilität wird eine hohe Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern bezeichnet, die bei den betreffenden Personen zu Befindlichkeitsstörungen und bei unverminderter Einwirkungsdauer zu Krankheiten führen kann. Die Berichte betroffener Personen¹ machen deutlich, daß es „Risikogruppen“ gibt, bei denen sich eine Elektroempfindlichkeit einstellt: Allergiker mit 80%, Schwermetallgeschädigte mit 98% (vorwiegend durch Quecksilber aus den Amalgam-Zahnfüllungen, Palladium aus Goldkronen, Blei aus der Umwelt), Geschädigte durch chemische Substanzen mit 95% (Formaldehyd, Lindan, PCP, PCB u.a.). Der jeweils hohe Anteil zeigt, daß die Betroffenen Mehrfachbelastungen ausgesetzt sind, es handelt sich also offensichtlich um kumulative Wirkungen („Synergismen“). Die Elektroempfindlichkeit kann somit Teil eines multifaktoriellen Geschehens werden. Eine fundierte wissenschaftliche Behandlung des Themas, vorzugsweise durch

¹ über den Selbsthilfe-Verein für Elektrosensible in München (s. Anhang) sind die Erfahrungen von 400 Betroffenen berücksichtigt.

Einbeziehen der betroffenen Personen in ihrem Umfeld, ist dringend notwendig².

Hervorzuheben ist, daß in der Regel nicht kurzzeitig hohe Belastungen durch Elektrorasierer, Fön, Elektroherd, sondern eher die Langzeitwirkung selbst schwacher Feldstärken zu den Beschwerden führen.

Es wird verständlich, daß angesichts der möglicherweise zahlreichen Belastungskombinationen und des unterschiedlich individuellen Stärken-/Schwächen-Profiles des Organismus die Symptome eine breite Streuung erfahren und als „unspezifisch“ erscheinen müssen. In der Tat sind es zunächst Symptome wie Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Nervosität, innere Unruhe, Konzentrations- und Gedächtnisstörungen, ständige Müdigkeit, Verkrampfungen; bei längerer Belastung werden dann die individuellen Beschwerden deutlich wie erhöhter Blutdruck, Herzrhythmusstörungen, Atembeschwerden, Sehstörungen, Ohrgeräusche. Sie können auch in Depression und Suizidgefährdung – insbesondere dann, wenn die rechtzeitige Aufklärung fehlt. Die Befindlichkeitsstörungen weisen auf Störungen im Regelsystem des Organismus hin. Eine umfassende Information der Mediziner ist unumgänglich, damit Fehldiagnosen vermieden werden und das leichtfertige Abdrängen der Patienten in die „psychosomatische Ecke“ ein Ende findet.

Auf medizinischer Seite erscheint eine direkte Therapie dieser Empfindlichkeit nicht möglich; vielmehr wird es notwendig, die „anderen“ Belastungen zu behandeln, wodurch bei gutem Erfolg eine Minderung der Empfindlichkeit erreicht werden kann. Erfolgreich waren bisher vorwiegend „alternative“ Verfahren, die das „energetische“ Geschehen berücksichtigen. Es wäre wünschenswert, daß die Schulmedizin alternative Diagnose- und Therapieverfahren wie Homöopathie, Akupunktur, Bioresonanzverfahren, Polyfrequenzlaser oder Biofeldtests einbezieht.

6.8 Derzeitiger Stand der Diskussion zu den nicht-thermischen Effekten

Im Mittelpunkt der weltweiten Diskussion zu den nicht-thermischen Wirkungen auf biologische Systeme stehen die periodisch gepulsten magnetischen oder getakteten elektromagnetischen Felder.

Die Nutzung dieser Technik war ursprünglich vor allem im Radarbereich anzutreffen, wo Mikrowellen mit niedriger Frequenz gepulst werden und die Laufzeit des reflektierten Signals ausgewertet wird. Typische Pulsfrequenzen liegen hier im unteren Kilohertzbereich (600 Hz, 1200 Hz). Mit den erhöhten Anforderungen an drahtlose Telekommunikationssysteme und die Limitierung der Frequenzbänder wurde der heute eingesetzte GSM-Standard entwickelt, bei dem auf einer Grundfrequenz um 1 GHz (10^7 Hz) die komprimierte Information in sehr kurzen periodischen Zeitab-

ständen (beim D- und E-Netz mit 4,6 Millisekunden, entsprechend 217 Hz) übertragen wird. Periodische Feldänderungen (elektrische und magnetische) treten auch bei der üblichen Energieversorgung auf. Das 50 Hz-Signal (bzw. 60 Hz in den USA) kann als strengperiodisch angesehen werden. Aus den bisherigen Erkenntnissen muß bei den getakteten elektromagnetischen Feldern davon ausgegangen werden, daß das biologische System offensichtlich ausschließlich auf die niederfrequente Periodizität reagiert, wobei aber die untere und obere Grenze des biologisch relevanten Frequenzbereichs nicht bekannt ist. Es gibt bisher keine sichere Erkenntnis darüber, ob die Trägerfrequenz, auf die die Information aufmoduliert ist, eine biologisch relevante Rolle spielt.

Bewertet man die internationale Literatur zu diesem Thema, dann kristallisiert sich derzeit bei allen Widersprüchen ein Punkt heraus, der durchaus auf eine mögliche Verbindung hinweist. So konzentrieren sich viele Ergebnisse auf diejenigen Bereiche, wo die interzelluläre Information im biologischen Geschehen in irgendeiner Weise tangiert wird. Konkret bedeutet dies, daß in die Informationswege zwischen einzelnen Zellen oder Kompartimenten dauerhafte Störsignale gesetzt werden, die dann entweder eine Fehlinformation enthalten oder das gesamte Kommunikationssystem lahmlegen können (siehe Kasten „Informationsverarbeitung in biologischen Systemen“).

Informationsverarbeitung in biologischen Systemen

Jede Informationsübertragung im biologischen System erfolgt zum Teil in Form einer Pulsmodulation. Ein Nerv, der einen Reiz weiterleitet, realisiert diese Informationsübertragung durch eine Folge elektrischer „Spikes“. Die Information steckt hier nicht in der Amplitudenhöhe des einzelnen Signals, sondern hauptsächlich in der Pulsfolge. Ein starker Reiz induziert eine hohe Pulsfolge, wobei diese begrenzt ist, also eine bestimmte Sequenz in der zeitlichen Aufeinanderfolge nicht überschritten werden kann. Andererseits wird im Ruhezustand die Pulssequenz nicht auf Null gesetzt, sondern es bleibt ein niederfrequentes „stand-by“-Signal. Da das detektierende und weiter verarbeitende System aus der Pulsfolge die Information entnimmt, stellt jede fremde Pulsfolge auf diesem Signalweg eine Fehlinformation dar. Da diese Informationswege wiederum als „Regelmechanismus“ arbeiten, bestehen hier durchaus Möglichkeiten, die Fehlinformation zu erkennen und zu kompensieren: das biologische System adaptiert sich, bzw. es lernt, diese Fehlinformation entsprechend umzusetzen. Das Problem stellt sich eigentlich nur in der Zeitkonstanten dar zwischen Beginn der gesetzten Fehlinformation und dem „Ausregeln“. Es kann aber auch das System überfordert sein, zumal, wenn die aufgeprägte zusätzliche Information eine

² Das Fachkrankenhaus Nordfriesland (s. Anhang) betreibt eine systematische Studie an Patienten zur Abklärung objektivierbarer Maßstäbe für Elektrosensible

biologische Wertigkeit besitzt, deren Einordnung in das Gesamtsystem nicht realisiert werden kann. Hier wird die Information falsch verarbeitet und das System reagiert dann anders als es sollte. Ein weiterer Punkt ist die besondere Charakteristik biologischer Regelwege: hier wird das Ausgangssignal als Teilfunktion wieder in den Eingang der Signalkette eingespeist und erfährt somit je nach Wahl der Eingangsgröße eine Verstärkung oder auch Abschwächung. Jedes Störsignal, was als solches nicht erkannt wird, hat natürlich fatale Folgen, wenn es einer Verstärkung unterliegt.

Die Verknüpfung der gesamten biologischen Funktionsabläufe ist dadurch gekennzeichnet, daß jede Bioregulation ein oszillatorisches Verhalten zeigt. Es sind phasen- und rückgekoppelte schwingungsfähige Einzelsysteme, die durch ihr iteratives Verhalten eigene Zeitfunktionen aufweisen und zudem untereinander über bestimmte Phasenbeziehungen miteinander verknüpft sind. Untersuchungen zu diesen Systemen zeigen, daß tatsächlich jede Funktionseinheit eine charakteristische „situationsbedingte“ und somit momentane Eigenfrequenz hat. So zeigt zum Beispiel die Glykolysekette der Leberzelle, also die Reaktionsfolge des Glucosestoffwechsels ein oszillatorisches Regelverhalten mit einer Periodizität von ca. 45 s. Andere biologische Systeme haben hier eine andere Frequenz und wird anstelle von Glucose der Zelle Fructose als ebenfalls glykolytisch verwertbares Substrat angeboten, dann ist die Periodizität eine andere. Unter optimalen Bedingungen unterliegt der Stoffwechsel offensichtlich immer diesem oszillatorischen Regelverhalten. Werden die hierfür notwendigen Ausgangsbedingungen nicht eingehalten, dann ändert sich auch das Regelverhalten. Oder anders ausgedrückt: über die Regelcharakteristik kann eine Aussage über den physiologischen Zustand gemacht werden. Wird nun durch äußerer Parameter ein anderes Regelverhalten aufgeprägt, dann muß in erster Näherung davon ausgegangen werden, daß damit in den Funktionsablauf des Systems eingegriffen wird. Von dem Gedanken ausgehend, daß mit jeder nicht kompensierten Abweichung von der Norm das System nicht mehr im optimierten Regelbereich liegt und dieses letztlich zu dem führt, was im Dauerzustand mit „Krankheit“ bezeichnet wird, zeigt sich, wie schwer es ist, den kausalen Zusammenhang zwischen dem äußeren Einfluß und der Störung nachzuweisen.

Neben dieser durchaus trivialen Beeinflussung des biologischen Systems wird noch eine weitere Möglichkeit beschrieben, die sich letztlich aus den Erkenntnissen der Chaosforschung ergeben kann (s. Kasten „Beeinflussung biologischer Systeme durch konstantperiodische Einflüsse“).

Beeinflussung biologischer Systeme durch konstantperiodische Einflüsse

Unter optimalen Bedingungen sind die einzelnen zellulären schwingungsfähigen Systeme nicht fest phasengekoppelt, das heißt, die Zellen sind nicht stoffwechselsynchronisiert, das System zeigt ein chaotisches Verhalten. Bei optimal substratversorgten Zellen ist in der Gesamtheit der Zellsuspension keine Oszillation nachweisbar. Erst wenn die Bedingungen sich ändern, die Zellsuspension z.B. zuvor ausgehungert wurde, dann kommt es zu einer Phasenkopplung. Eine Synchronisation muß also so interpretiert werden, daß in bestimmten physiologischen Situationen die einzelnen Zellen zu einem synchronen Regelverhalten gezwungen werden. Aus der Chaosforschung wissen wir, daß der Ordnungszustand der Synchronisation und das Chaos der Desynchronisation nicht voneinander zu trennen sind. Bei der Zellpopulation bedeutet die Synchronisation einen Notzustand, die Desynchronisation oder das Chaos ist hier die Normalität. Äußere periodische Einflüsse, für die das biologische System „Rezeptoren“ besitzt, beeinflussen dieses Gleichgewicht des Zusammenspiels. Es ist also absolut falsch, hier die klassische Newton'sche Physik anzusetzen, um biologische Wirkungen nur als Folge der Energieübertragung durch äußere „Störquellen“ zu sehen.

Hypothetische Sequenz der einzelnen Schritte bei der Beeinflussung von Zellfunktionen durch niederfrequente magnetische Felder (nach TENFORDE 1994):

1. niederfrequentes elektromagnetisches Feld
2. induzierte Ströme im Medium innerhalb und außerhalb der Zelle
3. elektrochemische Wirkung an der Zellmembran und Auflösung oder Beeinflussung eines Signals durch die Membran hindurch
4. Aktivierung von Enzymen im Zellinneren
5. Beeinflussung von Zellwachstum, Zelldifferenzierung

Ergebnis: Die funktionellen Eigenschaften der Zelle werden verändert.

7. Folgerungen für die Forschung

7.1 Fragestellungen

Die Vielfalt beobachteter Wirkungen durch EMF hat gezeigt, daß die Bewertung neuer Technologien bezüglich ihrer langfristigen Auswirkungen sehr schwierig ist. Entsprechende Erfahrungen fehlen zwangsläufig. Kurzfristige Gefährdungen und Risiken sind meistens geklärt. Die Schwierigkeiten treten dann auf, wenn es darum geht, langfristige Einwirkungen weit unterhalb bekannter Gefährdungsschwellen zu ermitteln und zu beurteilen.

Die komplexen Vorgänge (z.B. in physikalischer, chemischer, biologischer oder psychologischer Hinsicht) in der lebenden (dynamischen) Welt können mit den üblichen wissenschaftlichen Vorgehensweisen bisher nur ansatzweise erfaßt werden. Der klassische Beweis z.B. durch Experimente oder epidemiologische Untersuchungen kann in absehbarer Zeit und mit den begrenzten ökonomischen Mitteln kaum durchgeführt werden.

Aufgrund der drängenden Zeit ist es daher notwendig, sich zunächst grundsätzlich mit den folgenden Fragen zu beschäftigen:

- ▶ Welche Empfindlichkeit besitzen biologische Systeme in Bezug auf elektromagnetische Felder? Im einzelnen:
 - Gibt es Mechanismen zur Abwehr und zum Ausgleich von Belastungen?
 - Wo liegen individuelle Empfindlichkeiten?
 - Gibt es Unterschiede bei werdenden, wachsenden, alternen, gesunden oder kranken Menschen?
- ▶ Wie verändern Mehrfacheinwirkungen die Empfindlichkeiten der biologischen Systeme?
 - Gibt es bei gleicher Einwirkung verschiedene Auswirkungen?
 - Welche Einflüsse haben verschiedene Einwirkungen (physikalische, chemische, biologische)?
- ▶ Welche langfristigen Veränderungen können auftreten?
 - Welche direkten und indirekten Gefährdungen bei biologischen Teil-, Gesamtsystemen treten auf?
 - Wie groß ist die Bandbreite der Empfindlichkeit biologischer Systeme?
- ▶ Wie groß sind die langfristigen Risiken für Ökosysteme?
 - Direkte/indirekte Risiken, zeitlich verzögertes Auftreten von Auswirkungen?

7.2 Notwendig: Die Berücksichtigung der Wirkung von dauerhaften Signalen

Die vielfältigen biologisch wirksamen Effekte einerseits und die zunehmende dichter werdenden Feldstrukturen andererseits verlangen deutlich nach einer Begrenzung der Emissionen und Immissionen. Als zentrale Frage stellt sich dabei, mit welchem Erklärungsmodell man begrenzende Maßnahmen ableiten und begründen kann.

Die beschriebenen Phänomene beim Elektrosmog weisen darauf hin, daß die bisher bei der Normsetzung betrachteten Wirkungen (Untersuchungen bei höheren Feldstärken) das Ausmaß der belastenden Effekte durch elektromagnetische Felder im üblichen Lebensumfeld des Menschen nicht ausreichend abbilden. Der Mensch muß bei diesen Fragestellungen also als biochemisches und biophysikalisches Gebilde betrachtet werden, welches sich aus der Summe aller einzelnen Elemente zusammensetzt.

Das biologische System Mensch muß ständig viele Informationen verarbeiten und unmittelbar oder anschließend auf komplexe Situationen innerhalb und außerhalb des Körpers reagieren. Informationen werden in biologischen Systemen mit Hilfe elektrischer Potentiale übertragen und gespeichert. Die Regelungsebenen benötigen hierzu Zeit und Übertragungswege. Die Elemente der Regelung im Gehirn sind Nerven und Neuronen. Jedes Neuron gibt einen Strom von Impulsen ab, die sich zeitlich verändern. Diese Arbeitsweise kann nur einen sehr begrenzten Informationsaustausch gewährleisten. Erst, wenn nicht nur die Anzahl, sondern auch andere Variationen der Impulse bei der Informationsübertragung eine Bedeutung besitzen, können große Informationsmengen übertragen werden. Es muß deswegen von der Vorstellung ausgegangen werden, daß verschiedene Merkmale von Impulsfolgen gleichzeitig von unterschiedlichen Teilen des Gehirns bzw. anderer Regelungsebenen aufgenommen und verarbeitet werden.

Das menschliche Leben und Erleben besteht zudem nicht nur aus Steuerungsprozessen, sondern auch aus Regelungsprozessen: jede Zelle im menschlichen Körper regelt in ihrem Aufgabenbereich das Leben. Eine effektive Regelung in einem komplexen biologischen System kann aber nur durch vielfältige, selbständige, aber miteinander verbundene Regelkreise gewährleistet werden, die ständig eine Vielzahl von Informationen verarbeiten.

Werden solche biologischen Regelkreise gestört, ergeben sich daraus Wirkungen. Es geht in diesem Fall nicht um eine akute oder krankhafte Störung mit direkten kurzfristigen oder langfristigen Folgen, sondern um die Auswirkungen einer dauerhaften Beeinflussung durch ständige Einwirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf ein biologisches System. Eine direkte Kraft- oder

Wärmewirkung des technischen Feldes auf das biologische System oder Teile davon – wie bisher als Grundlage für eine Gesundheitsgefährdung angenommen – ist in diesem Fall weitgehend auszuschließen. Die Wirkung geht hauptsächlich von einem ständig gestörten Signal- bzw. Informationsfluß im betreffenden biologischen Regelkreis aus.

Von daher ist es erforderlich, die von außen auf das menschliche Informationssystem eindringenden elektromagnetischen Felder mit Hilfe eines sog. „dynamischen Signalwirkungsmodells“ zu betrachten. Nerven und andere Übertragungswege können Signale dieser Felder aufnehmen. Nur Felder, die über längere Zeit die körpereigenen Impulsfolgen und/oder Impulsformen beeinflussen können, werden die körpereigenen Informationssysteme in ihren Aufgaben beeinträchtigen. „Dynamisch“ bedeutet in diesem Zusammenhang eine unterschiedliche Berücksichtigung der Aktionsphasen der biologischen Systeme, z.B. Aktivität, Ruhe.

Eine Krankheit wird hier verstanden als eine längerfristige Störung einzelner Regelsysteme, die zwangsläufig den ganzen Körper in Mitleidenschaft zieht. Kurzfristige Störungen stellen eine erhöhte Belastung im üblichen Schwankungsbereich dar, die bei stabilen Regelsystemen (d.h. beim gesunden Menschen) keine dauernde Auswirkungen zeigen.

8. Was uns zukünftig erwartet – zur Entwicklung der Belastungen durch Elektromog

Die bisherigen Anwendungen der Elektrotechnik in der Produktion, Verteilung, Konsum und Medizin sind unübersehbarer Bestandteil der allgemeinen technischen Entwicklung. Obwohl im Konsumbereich schon Sättigungstendenzen zu erkennen sind, schreitet die Entwicklung durch ständig neue Anwendungsbereiche voran. Besonders die Mikroelektronik gestattet in vielen Lebensbereichen völlig neue Einsatzmöglichkeiten. Die Massenproduktion hat zu einem starken Preisverfall der elektronischen Bauteile geführt, z.B. ist bei einem Funktelefon das Gehäuse teurer als die dazu notwendigen elektrischen Teile. Sehr grobe Schätzungen gehen dahin, daß erst 20% der Anlagen, die für das Jahr 2000 nach den jetzt vorliegenden Planungen benötigt werden, in Betrieb sind. Allein 14.000 stationäre Sender werden das Bundesgebiet überziehen, wenn die Mobilfunknetze ausgebaut sind. Hinzu kommen Millionen weiterer Funkgeräte (in Finnland besitzen bereits heute 30% der Einwohner ein mobiles Funkgerät). Im folgenden werden kurz die qualitativen Veränderungen und neuen Einsatzgebiete dargestellt.

Veränderungen im Niederfrequenzbereich (0 - 30 kHz)

Um optimalen Energieeinsatz und leistungsfähige Regelungen zu erreichen, wird die Sinusform des Stromes durch Steuergeräte verändert. Hierbei treten eine Vielzahl von Oberschwingungen und Stromimpulsen auf, so daß bisher ungenutzte Frequenzbereiche verstärkt mit elektrischen und magnetischen Feldern belastet werden. Dies gilt für private Haushalte und gewerbliche Anwendungen.

Veränderungen im Hochfrequenzbereich (30 kHz - 300 GHz)

Hier werden zum großen Teil grundlegende Veränderungen in den nächsten Jahren zu erwarten sein, weil einerseits eine durch aggressive Werbung gesteuerte starke Nachfrage für die Nutzungen der Frequenzen besteht, andererseits aber nur eine begrenzte Frequenzbelegung möglich ist, um gegenseitige Störungen zu vermeiden. Selbst das Umsteigen vieler Nutzer auf leitungsgebundene Informationssysteme bis in den optischen Bereich (Glasfaser) wird den Bedarf nicht verringern, weil auch hier technische und wirtschaftliche „Zwänge“ durch eine entsprechend gesteuerte Nachfrage geschaffen werden.

Derzeit müssen die einzelnen Anwender bestimmte Abstände bei der Nutzung einzelner Frequenzen einhalten, um die gegenseitigen Störungen auf ein vertretbares Maß zu beschränken. Durch den Einsatz computergesteuerter Übertragungsverfahren kann dieser Abstand verkleinert werden. Es stehen dann wesentlich mehr Übertragungskanäle zur Verfügung, was entsprechend mehr Hochfrequenzsender zur Folge haben wird.

Überall werden die Menschen mit stärkeren Feldern konfrontiert werden:

Arbeitswelt:

In der Arbeitswelt wird es an energieintensiven Arbeitsplätzen zu einem weiteren Anstieg zum Teil sehr hoher Belastungen kommen, wenn beispielsweise statt einem Gasheizgerät die Hochfrequenzerwärmung oder der Einsatz von supraleitenden Magneten wirtschaftlicher wird.

Medizin und Forschung:

In der Forschung und Medizin treten durch den häufigeren Einsatz von Diagnosegeräten kurzzeitig sehr hohe Belastungen mit sehr hohen Magnetfeldern auf. Die Einsatzbereiche von Geräten wie dem Magnet-Resonanz-Tomograph (Magnetspektograph) sind bisher begrenzt. Wegen technischer Probleme und der mangelnden Wirtschaftlichkeit werden neue Anwendungsmöglichkeiten erst in einigen Jahren erschlossen werden.

Datenbahnen (Multimediasysteme mit

„Datenautobahnen“ verursachen meist nur geringe Belastungen, da sie in erster Linie leitungsgebunden geführt werden. Das Problem liegt allerdings im letzten „Kilometer“ bis zum Einzelnutzer. Hier wird ein Kabel oder eine Glasfaserleitung sehr teuer, weil diese für eine hohe Nutzerzahl ausgelegt sind. Einfacher und preiswerter sind hier die funkgesteuerten Datenübertragungssysteme. Gleichzeitig können mit diesen Systemen die steigenden Zahlen der mobilen Anwender versorgt werden. Hier wird es eine Vielzahl neuer Sendeanlagen geben.

Sicherheitstechnik:

Verbreitet ist heute schon der Einsatz von Diebstahlsicherungsanlagen (mit hohen magnetischen Wechselfeldern) in Kaufhäusern und Sicherheitsschleusen auf Flughäfen. Diese Einsatzmöglichkeiten können sehr stark ausgeweitet werden, wenn ein erhöhter technischer Sicherheitsstandard auch für andere Einrichtungen (Banken, Gerichte, Behörden usw.) gefordert wird. Großflächige Alarmsysteme im Geschäfts- und Privatbereich lassen sich heute schnell und ohne große bauliche Veränderungen mit Mikrowellensendern aufbauen. Selbst die derzeit üblichen Tastsensoren lassen sich durch berührungslose Mikrowellensensorsysteme ersetzen.

Büro- und Wohnbereiche:

Im Büro- und Wohnungsbereich soll auch die interne Informationsverteilung flexibler werden. Dieses Ziel gilt für das Telefonieren, das Fernsehen und das Arbeiten an Computerterminals. Entsprechende Mikrowellensendeanlagen sind hierfür notwendig und werden schon relativ „preisgünstig“ angeboten. Die Reichweite dieser Anlagen liegt für den einwandfreien Betrieb der Geräte in einem Radius von 300 Metern. Verkabelungen im direkten Wohnumfeld können dadurch ersetzt werden.

9. Normen und Regelwerke

Internationale Gremien

Bisher wurden Sicherheitsregeln für nichtionisierende Strahlung in Deutschland von privaten Vereinigungen (Verband Deutscher Elektrotechniker, VDE) erarbeitet. Wegen der zunehmenden Bedeutung und zur besseren Abgrenzung zum Bereich der ionisierenden Strahlung wurde 1992 eine eigenständige Organisation, die ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung) gegründet. Die zwölf Mitglieder werden jeweils auf vier Jahre von den national zuständigen Behörden zu diesem Fachgebiet berufen. Die internationalen Schutzempfehlungen folgen im Grunde einer gleichen Grundphilosophie, die dann von den zuständigen nationalen Gremien übernommen werden.

Die Schutzphilosophie der ICNIRP

Gemeinsame Grundlage aller derzeit geltenden Richt- und Grenzwerte ist lediglich die Vermeidung kritischer Temperaturerhöhungen bei der Immission elektromagnetischer Felder. Bei den rein elektrischen und magnetischen Feldern wird anhand eines Strommodells berechnet, unter welchen Bedingungen es zu kritischen Stromflüssen im Organismus kommen kann, bzw. Reizwirkungen auftreten können. Da zusätzlich auch die Dauer einer Exposition eine Rolle spielt, sind die Grenzwerte in zwei „Expositionsbereiche“ (Dauer-aufenthalt/vorübergehender Aufenthalt) unterteilt. Der unkontrollierte Bereich gilt für general public (Öffentlichkeit). Der kontrollierte Bereich gilt für workers (Beschäftigte, bei denen die Stärke der elektromagnetischen Strahlung überprüft wird).

Die Beurteilung einer kritischen Temperaturerhöhung wurde zunächst relativ zu der Leistungsdichte einer Sonneneinstrahlung von 800 W/m^2 auf eine Körperoberfläche des Menschen vorgenommen. Berücksichtigt wurde dabei ein 75 kg schwerer Mensch und die Tatsache, daß bei Sonneneinstrahlung nur eine Hälfte der Gesamtoberfläche, also 1 m^2 , der Sonne ausgesetzt ist. Des weiteren wurde davon ausgegangen, daß 1 K Temperaturerhöhung in der körpereigenen Thermoregulation als tolerabel angesetzt werden kann.

Im Bestreben um Vorsorge wurden die so entwickelten Grenzwerte zwar reduziert, wesentliche Grundlage ist jedoch immer noch das lineare und somit physikalisch beschreib-

bare Modell, was aber keineswegs der biologischen Realität entspricht. So ist es nicht verwunderlich, wenn die Grenzwerte folgendermaßen begründet werden³:

„Maßgeblich für die biologische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder ist der vom menschlichen Körper aufgenommene Energieanteil. Dominanter Effekt der Hochfrequenzfelder ist die Erwärmung des Gewebes, da der größte Teil der Energie in Wärme umgewandelt wird (sog. thermischer Effekt). Der Grenzwertfestsetzung liegt daher die Energieabsorption als Bezugsgröße zugrunde, die als spezifische Absorptionsrate (SAR) in Watt pro Kilogramm Körpermasse angegeben wird.“ Und weiter heißt es: „...dürfen die Immissionen durch hochfrequente elektromagnetische Felder bei Personen der Bevölkerung (nicht beruflich exponierte Personen) einen Ganzkörper-SAR-Wert von 0.08 W/kg und einen Teilkörper-SAR-Wert von 2 W/kg nicht überschreiten.“ Und weiter: „Die SAR-Werte basieren auf einer Mittelung über 6-Minuten-Intervalle. Dies folgt aus der thermischen Zeitkonstanten, die nach sechs bis zehn Minuten im Körper eine stationäre Temperaturverteilung bewirkt.“

Dieser Auszug stellt unmißverständlich klar, daß hier keine Kompetenz zur biologischen Bewertung vorhanden war. Die Schutzempfehlungen bei EMF folgen damit nicht einmal der Formulierung zulässiger Immissionswerte, wie es bei anderen schädlichen Umwelteinwirkungen, z.B. bei Luftschadstoffen üblich ist. Dort setzt Vorsorge vor Immissionen bereits weit unterhalb einer Gefahrgrenze ein:

► Bei Übertragung von beobachteten Wirkungen (bei toxisch wirkenden Luftschadstoffen) aus dem Tierversuch auf den Menschen werden zumindest Sicherheitsfaktoren von 100 bis 1000 (je nach Art der beobachteten Wirkung) verwendet⁴.

► Bei der Wertableitung für die Allgemeinbevölkerung wird ein weiterer Unsicherheitsfaktor notwendig.

Das Vorsorgekonzept des BImSchG verlangt darüber hinaus von den Betreibern der Anlagen eine Emissionsbegrenzung nach dem Stand der Technik, wenn zulässige Immissionswerte noch nicht erreicht wird. Was unter Vorsorge zu verstehen ist, wird in den bislang zugrunde gelegten Richtlinien und Normen zu EMF allerdings nicht definiert („...soll die besondere Schutzbedürftigkeit empfindlicher Personengruppen ... berücksichtigen“). Eine Wertableitung zum Schutz vor Gefahren und zur Vorsorge

³ Begründung zu § 2 des Entwurfs der Sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Elektromagnetische Felder – 26. BImSchV)

⁴ SCHLIPKÖTER, H.-W. et al., Gutachten über die Wirkung umweltrelevanter Schadstoffe der Aussenluft zur Ableitung von Immissionsgrenzwerten, Düsseldorf: Im Auftrag des Ministers für Umwelt NW (o.J.)

bei EMF darf aber nicht hinter die bisher üblichen Pflichten und Sicherheiten zurückfallen, wie sie bei anderen Immissionen gelten (Gleichheitsgrundsatz).

Das Sicherheitskonzept der ICNIRP (und damit auch das der darauf basierenden neuen 26. BImSchV) erreicht also nicht einmal den bisher üblichen Gefahrenschutz – und erst recht keinen vorsorglichen Schutz – wie er für andere schädliche Umwelteinwirkungen gemäß BImSchG gilt.

Wirkungen unzureichend berücksichtigt

Das von der ICNIRP verwendete Erklärungsmuster ist also nur für bestimmte Wirkungen von EMF-Feldern (Wahrnehmungen, Belästigungen) berechtigt. Bei Langzeiteinwirkungen mit geringen Feldstärken und zur Erklärung weiterer nicht-thermischer Effekte muß dieser Ansatz zwangsläufig versagen. Es ist daher zwingend, daß eine modifizierte Betrachtung des menschlichen Körpers angestellt werden muß.

Vielfältige Erfahrungen in anderen Problembereichen des Umweltschutzes belegen außerdem, daß eine deutlich erhöhte und dauerhafte Belastung von Rezeptoren über die bestehende natürliche Einwirkung hinaus kaum rückholbare Schäden/Gefahren bedeuten können. Die natürlichen Feldstärken durch EMF (s. Tab. 3) müssen daher als ein erster Beurteilungsmaßstab angelegt werden.

Bei der Bestimmung von hinnehmbaren Einwirkungswerten (auch unter Betrachtung von langfristigen Einwirkungen) für die Allgemeinbevölkerung (einschl. empfindlicher Gruppen) muß der gesamte, oben beschriebene Wirkungskomplex berücksichtigt werden. Dieser Wirkungskomplex beginnt – je nach Frequenz und Art der Felder – um mehrere Größenordnungen unterhalb der Werte in vorgesehenen Schutznormen. Fachlich und rechtlich kann in vielen Fällen bereits von einem Gefahrenverdacht gesprochen werden, der den Staat zur Ergreifung wirksamer Vorsorgemaßnahmen verpflichtet. Dem stellen sich die ICNIRP-Richtlinien nicht.

Wechselwirkungen nicht berücksichtigt

Zusätzlich zur unzureichenden Wirkungsabschätzung ist die heute überall verbreitete Situation zu betrachten, daß verschiedenartige Schadwirkungen (z.B. EMF und Luftschadstoffe) gleichermaßen auf den Menschen einwirken

und Wechselwirkungen erzeugen⁵. Solche Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Immissionen i.S.d. BImSchG müssen durch zusätzliche Sicherheitsfaktoren berücksichtigt werden. Dies gilt auch für die gleichzeitige Einwirkung einer Mischung von hoch- und niederfrequenten Impulsen, dazu u.U. noch überlagert mit elektrischen und magnetischen Gleichfeldern. Eine lediglich quantitative energieabhängige Betrachtung, also ohne eine qualitative Komponente, wird den Anforderungen an eine der Gesundheit verpflichteten Richtlinie nicht gerecht.

Empfindliche Personen und Risikogruppen nicht berücksichtigt

Die Grundlagen der ICNIRP-Richtlinien lassen die explizit betrachteten Wirkungen in Bezug auf Risikogruppen vermissen. Solche Risikogruppen sind bei Wirkungen durch EMF z.B. Kinder und Jugendliche. Eine Untersuchung von Selbstmordfällen mit verschiedenen starken 50 Hz-Wechselfeldern ist bekannt, findet allerdings keine Berücksichtigung (PERRY et al. 1981).

Die vorgesehenen Werte sind als Dauerbelastung über Tage, Wochen, Monate und Jahre viel zu hoch. Das natürliche Elektroklima wird so auf Dauer wesentlich verändert und führt zu einem unkalkulierbaren Risikofaktor. Zudem ist der eingesetzte Sicherheitsfaktor (fünf) gegenüber gesunden erwachsenen Personen nicht begründet. Eine Risikoabstufung in Bezug auf Männer, Frauen oder Kinder fehlt. Zusätzlich können Personen aus diesen Risikogruppen krank oder besonders sensibel sein.

Ruhezeiten fehlen

In anderen Bereichen des technischen Sicherheitsrechts werden für Wach- und Ruhezeiten unterschiedliche Grenzwertfestsetzungen getroffen (z.B. 18. BImSchV). Die bekannten Unterschiede zwischen Schlafenden und Wachen bei einwirkenden EMF sind dagegen nicht berücksichtigt.

Minimierungsziele fehlen

Auch fehlen mögliche Minimierungsziele, wie sie z.B. bei Bildschirmarbeitsplätzen üblich sind. Im Vergleich zu den gesetzlichen Regelungen über Luftschadstoff-Emissionen (Einhaltung des Stands der Technik zur Emissionsminderung unabhängig von der Intensität erreichter Einwirkungen bzw. Immissionen) ist dies ein unhaltbarer Ansatz.

⁵ So ist z.B. das Multiple-Chemical-Sensitivity-Syndrom (MCS-Syndrom) im Sinne eines Krankheitswertes von Bedeutung. Vgl. Mitteilung des bgvv (Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin) vom 3.1.95, wo von einem neuartigen umweltmedizinischen Krankheitsbild gesprochen wird. Das MCS-Syndrom dürfte damit im Sinne des Gefahrenschutzes zu betrachten sein

10. Die Verordnung über elektromagnetische Felder

Anfang des Jahres 1995 legte das Bundesministerium für Umwelt den Entwurf für eine Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) vor, die am 1.1.1997 in Kraft getreten ist⁶. Im Zuge der Beratungen⁷ wurde schnell deutlich, daß die bisher geäußerte Kritik an der unzureichenden Begrenzung elektromagnetischer Felder auch hier fast vollständig übertragen werden kann. Die von den Umwelt- und Verbraucherverbänden geäußerte Sorgen wurden in den Wind geschlagen. Statt dessen wurde dem Drängen von Energieversorgungsunternehmen und Betreibern von Funkanlagen stattgegeben, was zu noch weiteren Defiziten führte.

Der Anwendungsbereich der Verordnung

Der Anwendungsbereich wurde deutlich eingeschränkt:

- ▮ Hochfrequenz-Sendeanlagen, die der Wahrnehmung „hoheitlicher Aufgaben“ dienen (Bundesgrenzschutz/Bundeswehr), private Amateurfunkanlagen und öffentlich-rechtlich betriebene Sendefunkanlagen sowie mobile Sender bleiben ausgespart
- ▮ Der Hochfrequenzbereich wird eingeschränkt auf den Bereich von 10 bis 300.000 Megahertz, der Bereich von 0,1 bis 10 MHz wurde bisher ausgeklammert⁸

- ▮ Im Niederfrequenzbereich werden Frequenzen außerhalb des „Haushaltsstroms“ mit 50 Hertz und des „Bahnstroms“ mit 16 2/3 Hertz nicht berücksichtigt und die Spannungen werden auf über 1.000 Volt begrenzt⁹.

Schutzumfang, Grenzwertregelungen

Die in der Verordnung festgelegten Grenzwerte für zulässige Immissionen beziehen sich auf die internationalen Empfehlungen der ICNIRP, die lediglich bekannte Gesundheitsgefahren wie Herzkammerflimmern oder Erregbarkeit des zentralen Nervensystems begrenzen wollen. Von einem ausreichenden Schutz kann in keiner Weise gesprochen werden:

- ▮ Der Schutz der biologischen natürlichen Systeme vor den vielfältigen, o.a. Effekten wird überhaupt nicht erwähnt.
- ▮ Erlaubt sind beispielsweise 100 µT für 50 Hz-Felder und 300 µT für 16 2/3 Hz-Felder, wobei diese Werte sowohl kurzfristig um 100 % als auch kleinräumig (außerhalb von Gebäuden) um 100 % überschritten werden dürfen.
- ▮ Im Bereich der niederfrequenten Anlagen werden viele Aufenthaltsorte für Menschen nicht erfaßt (Straßen, Bahnsteige, etc.), da nur Wohngebäude, Schulen, Krankenhäuser etc., die dem *Daueraufenthalt* dienen, einem Schutz unterliegen.

Tabelle 1: Zulässige Grenzwerte der 26. BImSchV für Hochfrequenzanlagen

Frequenz (f) in Megahertz (MHz)	Effektivwerte der Feldstärke, quadratisch gemittelt über 6-Minuten-Intervalle	
	elektrische Feldstärke V/m (Volt pro Meter)	magnetische Flußdichte A/m (Ampere pro Meter)
10 - 400	27,5	0,073
400 - 2.000	$1,375 \sqrt{f}$	$0,0037 \sqrt{f}$
2.000 - 300.000	61	0,16

⁶ Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) vom 16.12.1996 (BGBl. 1996 Teil I Nr. 66 vom 20.12.1996)

⁷ Der BUND beteiligte sich hieran intensiv, vgl. z.B. BUND-Stellungnahmen vom 10.07.1995 und 01.05.1996 zum Entwurf einer Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder) sowie diverse Pressemitteilungen

⁸ hierbei wollte man offensichtlich nicht den internationalen Normierungen dadurch in die Quere kommen, daß zukünftig zu erwartende Anhebungen der Werte in diesem Bereich dann möglicherweise im Widerspruch zur Verordnung stehen

⁹ Damit sind z.B. Hausanschlüsseleitungen oder auch Haushaltsgeräte ausgenommen. Auch die Großtransformatoren der Energieversorger, die genehmigungspflichtigen Elektromotoren werden ebenso ausgenommen wie die von den genannten Frequenzen völlig abweichenden neuen Drehstrommotoren der neuen Bahnlokomotiven

Tabelle 2: Zulässige Grenzwerte der 26. BImSchV für Niederfrequenzanlagen

Frequenz (f) in Hertz (Hz)	Effektivwerte der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flußdichte	
	elektrische Feldstärke kV/m (Kilovolt pro Meter)	magnetische Feldstärke μT (Mikrotesla)
50-Hz-Felder (Vorsorge)	5 (darf nicht überschritten werden)	100 (darf nicht überschritten werden)
50- Hz-Felder	5 (kleinräumig bis 10)	100 (darf 1,2 Stunden am Tag bis zu 200 μT betragen)
16,66 Hz-Felder	10	300

In den zukünftigen DIN/VDE-Normen werden die Frequenzen und Bereiche erfaßt, die nicht in der Verordnung enthalten sind, sie sollen sich auch an die ICNIRP-Empfehlungen halten.

Vorsorgeanforderungen

Längere Diskussionen wurden um den Vorsorgeumfang geführt – nicht zuletzt durch die nicht zu überhörenden Hinweise auch von offiziellen Stellen auf längst bekannte nicht-thermische Effekte. So herrscht als Auffassung in verschiedenen anerkannten Gremien bereits vor^{10, 11}, daß zur Zeit nicht ausgeschlossen werden kann, daß beabsichtigte oder unbeabsichtigte Feldstärken durch elektromagnetische Felder, wie sie heute bereits im Alltag vorkommen können, ein gewisses Gesundheitsrisiko oder eine bestimmte Belästigung darstellen können. Der vom US-Kongreß beauftragte NCRP¹² empfiehlt ebenfalls eine generelle Grenzwertabsenkung aus Vorsorgegründen.

Soweit in fachlicher Hinsicht aber bereits von einem Gefährverdacht gesprochen werden kann, ist der Staat zur Ergreifung wirksamer Vorsorgemaßnahmen verpflichtet. Dies folgt einerseits aus Art. 2 Abs. 2 Satz 1 Grundgesetz, wonach das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit gewährt und als „Höchstwert der grundgesetzlichen Ordnung“¹³ ein adäquater Schutzanspruch gefordert wird. Ist in diesem Zusammenhang davon auszugehen, daß das Recht auf Leben jedenfalls beeinträchtigt ist, wenn eine Verletzung (des Lebens) ernsthaft zu befürchten ist¹⁴, so gilt dies auch bei einer Gefährdung der Gesundheit, also bei Vorliegen nachvollziehbarer Verdachtsmomente.

Die vom Ordnungsgeber zugestandene Vorsorge verlangt dagegen lediglich, daß bei der Errichtung oder wesentlichen Änderung von Niederfrequenzanlagen die genannten Grenzwerte in der Nähe sensibler Nutzungen auch als Maximalwerte einzuhalten sind. Das heißt im Klartext: die international vorgesehenen Grenzwertempfehlungen werden kurzerhand zu Vorsorgewerten umfunktioniert. Es ist nicht weiter erstaunlich, daß dies ausgerechnet der Forderung der Verbände der Energiewirtschaft¹⁵ entspricht, die an noch höheren Grenzwerten interessiert sind.

¹⁰ Bundesamt für Strahlenschutz, Empfehlung der Strahlenschutzkommission „Schutz vor niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern der Energieversorgung und Anwendung“, 129. Sitzung, S. 19 ff

¹¹ Länderausschuß Immissionsschutz, Ad-hoc-Arbeitskreis „Elektromagnetische Strahlung“, Stand: 5. April 1995, S. 5 ff

¹² Microwawe News 7/95 - 8/95

¹³ vgl. BVerfGE, 49, 24, 53

¹⁴ vgl. BVerfGE, 51, 324, 347; 66, 39, 58

¹⁵ Stellungnahme der Energiewirtschaft vom Juli 1995, zit. n. Elektrosmog-Report 6 (1996), S. 7

Hochfrequenzanlagen bleiben von Anforderungen an Vorsorge verschont; das gleichzeitige Einwirken niederfrequenter und hochfrequenter Felder wird nicht näher betrachtet. Insgesamt wird der ungehemmten, nicht ausreichend vor negativen Wirkungen geprüften technischen Entwicklung (insbesondere im Mobilfunkbereich) Vorschub geleistet, obwohl deutliche Hinweise auf Schädigungen in biologischen Systemen vorliegen.

Weitere Beispiele für die Mängel in der Verordnung:

► Kinder dürfen (ständig) mit 100 Mikrottesla belastet werden, während teilweise die Berufsgenossenschaften den Beschäftigten am Bildschirm (max. 8 Stunden am Tag) weniger als 0,2 Mikrottesla empfehlen (s. Tabelle 3).

► Funkamateure mitten in Wohngebieten dürfen legal mit 750 Watt Leistung senden (ohne Überprüfung ihrer tatsächlichen Sendeleistung), weil sie keine wirtschaftlichen Interessen verfolgen.

► Ein Sendeantenne eines privaten Betreibers wird von der Verordnung betroffen; wird die gleiche Antenne von der Polizei betrieben, gilt die Verordnung nicht mehr.

► Ein Telekom-Sender (gemietet von der ARD) fällt unter die Verordnung; dagegen fällt ein ARD-eigener Sender nicht unter die Verordnung.

Tabelle 3: Flußdichten für magnetische Wechselfelder im Vergleich (μT = Mikrottesla)

Regelwerk, Grundlage	Flußdichte
DIN/VDE 0848 (Arbeitsplatz)	5.000 μT
26. BImSchV (Schutz der Allgemeinheit, Nachbarschaft)	100 μT
Empfehlung einer Kommission des US-Kongresses (NCRP)	0,2 μT
MPR-3 (Norm für Bildschirme, Schweden) Abstand 50 cm	0,25 μT
Natürliche Stärke magnetischer Wechselfelder	0,000.001 μT

11. Ergebnis: Immer wieder das gleiche Dilemma

11.1 Das umweltpolitische Vorgehen – wie gehabt

Auch wenn über die prinzipielle Beeinflussung biologischer Systeme durch die EMF unter denjenigen Wissenschaftlern, die sich intensiv mit dieser Materie auseinandersetzen, eigentlich keine Zweifel bestehen, sind die beschriebenen Phänomene als gesellschaftliches Problemfeld relativ neu. Dessen Behandlung in Politik, Literatur und Rechtsprechung ist dagegen bekannt. Folgende – immer wiederkehrende – Denk- und Handlungsmuster lassen sich aufzeigen:

(1) In der fachlichen Diskussion wird durch die berührten „Wirtschaftskreise“ und ihre Sachverständigen das „Problem“ entweder totgeschwiegen, verharmlost oder als wissenschaftlich nicht nachweisbar dargestellt¹⁶, betroffene Bürger schlimmstenfalls sogar diffamiert.

(2) Kommt es verstärkt zu gerichtlichen Auseinandersetzungen, bemüht die (Verwaltungs-) Rechtsprechung entweder den Gesetzgeber, der das Problem „zu regeln“ habe¹⁷ – was immerhin einen gewissen zeitlichen Aufschub vor Zulassung der Gefahrenquellen bewirken kann – oder stützt sich auf technische Regelwerke (DIN, VDI, VDE), deren Normen jedoch nicht frei von ökonomischen Interessen sind¹⁸.

Unabhängig von der fehlenden Bindungswirkung solcher Normen (die „private“ Regelwerke sind) wird unter Bemühung juristischer Krücken („antizipiertes Sachverständigengutachten“, „normkonkretisierende Verwaltungsvorschrift“) die Zulassungs-/ Genehmigungsfähigkeit der neu ins Blickfeld rückenden Anlagen etc. postuliert.

(3) Der Gesetzgeber „legt nach“ unter Berücksichtigung der o.g. privaten Regelwerke, setzt Kommissionen (die hauptsächlich von der beteiligten Industrie besetzt werden) ein und verweist auf das Allgemeinwohl, welches diese wirtschaftliche Betätigung (ausnahmsweise) erfordere oder erlaube (die Notwendigkeit einer gesicherten Energieversorgung bescherte der Bundesrepublik die Kernenergie, Wissenschaftsfreiheit und angebliche medizinische Erkenntnisbedürfnisse dienen der Rechtfertigung der Gentechnik!).

Für den betroffenen Bürger stellt sich die Situation vielschichtig dar:

► trotz auftretender (Schad-)Wirkungen gibt es keinen Rechtsschutz; weder im Rahmen von Klagen gegen die Anlagengenehmigung, noch bei der Geltendmachung evtl. Schäden ist die Ursächlichkeit (Kausalität) nachweisbar; im übrigen wird oft genug die Beweislast dem betroffenen Bürger überbürdet

► die Zahl möglicher Belastungsquellen nimmt geradezu sprunghaft zu, das Risiko „Leben“ zeigt sich in weit verbreiteten Krankheitsbildern (z.B. Allergien) oder einer körperlichen (Über-)reaktion, wie z.B. beim MCS-Syndrom

► der Staat billigt unternehmerische Freiheit mit drastischen, den Rechtsstaat persiflierenden, Rechtsschutzbeschränkungen zu Lasten der Betroffenen, die – de facto – rechtlos gestellt werden

► die von den Unternehmen hervorgerufenen Kosten werden letztendlich auf das Gemeinwesen abgewälzt.

Kommt die Justiz – auch mangels ausreichender Normierungen – nicht mehr ihrer Kontrollfunktion nach, werden von Legislative und Exekutive nur noch Mindeststandards eingehalten (nämlich diejenigen Regelungen, die von den Betroffenen noch eingeklagt werden können).

¹⁶ siehe: OVG Lüneburg, UPR 1993, 155; OVG NW, UPR 1993 156; Urteil vom 05.11.1992 – 20 AK 10/89 –, Bl. 21 ff d.a.U.

¹⁷ VG Gelsenkirchen, Beschluß vom 18.02.1993 – 5 L 3261/92 –, JuS 1993, 1067 ff (aufgehoben durch OVG NW – 10 B 681/93 –, NVwZ 1993, S. 1115).

¹⁸ vgl. für viele: OVG NW – 10 B 681/93 –, NVwZ 1993, S. 1115; BVerwGE, Beschluß vom 09.02.1996 – 11 VR 46/95 –, NVwZ 1996, 1023 ff.

11.2 Gefahrenschutz und Vorsorge sind nicht ausgefüllt

Angesichts des aktuellen Kenntnisstands über die Wirkungen von EMF ergeben sich für die rechtliche Auseinandersetzung folgende Orientierungspunkte:

- ▶ Eine Gefahr kann bereits dann gegeben sein, wenn über die Ursache-Wirkungs-Beziehungen eines technischen Risikos naturwissenschaftliche Zweifel bestehen, gleichwohl in tatsächlicher Hinsicht Anhaltspunkte für die Schädigungsmöglichkeit vorliegen¹⁹.
- ▶ die staatliche Schutzpflicht fordert – bei hinreichenden Anhaltspunkten – auch bei noch so fernem theoretischen Möglichkeiten eines Schadens für die Gesundheit eine umfassende Risikoermittlung und -bewertung sowie die parlamentarische Entscheidung über die Implementation der damit verbundenen Risiken.
- ▶ Die Unkenntnis des Risikopotentials stellt bei hinreichenden Anhaltspunkten für eine Gesundheitsgefährdung ein unüberwindliches Hindernis dar, eine derartige Technik ohne jegliche Vorsorge zuzulassen.

Daraus folgt die Pflicht sowohl zu einer klaren als auch fachlich und rechtlich nachvollziehbaren Abgrenzung des Schutz- und Vorsorgegehalts der Aussagen in der Elektromogverordnung und anderen Normen. Aus der Rechtssystematik des vorbeugenden Schutzes vor schädlichen Umwelteinwirkungen (i. S. d. BImSchG) ergibt sich notwendigerweise, daß zu den Betreiberpflichten auch die Vorsorge gehört. Sollen die gesetzlichen und privaten Normen einen verlässlichen und nachvollziehbaren Schutz leisten, so bedarf es eines in sich geschlossenen, auch bundesrechtlich abgestimmten Vorsorge- und Schutzkonzepts.

Dies bedingt – wenn man die bisherige Systematik beibehalten wollte – eine Unterscheidung des Vorsorgebegriffs, nämlich in schutzbezogene Vorsorge (Gefahrenvorsorge) und schutzobjektunabhängige (gefahrenunabhängige) Vorsorge²⁰. Nur letztere kommt beispielsweise in 5 Abs. 1, Nr. 2 BImSchG bei der Emissionsbegrenzung augenfällig zum Ausdruck. Da es bei Vorsorge stets darum geht, theoretisch mögliche bzw. vermutete und nicht wie bei der Gefahrenabwehr hinreichend wahrscheinliche Umweltschäden zu vermeiden, wird nur eine auch immissionsseitige, d.h. auf einen ausreichenden Schutz vor Wirkungen bei Betroffenen abgestellte Vorsorge der Zielsetzung gerecht.

Die bereits heute bekannten und als hinreichend wahrscheinlich zu erwartenden Wirkungen durch EMF machen es also in besonderer Weise erforderlich, genauer über Vorsorge und Gefahrenschutz nachzudenken und mit entsprechenden Beurteilungsmaßstäben zu versehen. Ungewißheiten hinsichtlich des aktuellen Wissens- und Erkenntnisstandes über Wirkungen durch EMF können und müssen aus verfassungsrechtlicher Sicht auch aufgefangen werden, die Gefährdung von Leben und Gesundheit eine Rechtsgutbeeinträchtigung darstellt²¹.

Von den in wichtigen Bundesgesetzen (z.B. BImSchG, UVPG) zum Schutzzumfang zählenden Schutzgütern (wie Menschen, Tiere, Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter) ist lediglich der Mensch als schutzwürdig erkannt. Da die weiteren Schutzgüter zu den notwendigen Lebensgrundlagen des Menschen zählen, sind auch sie mit einem Schutzrecht belegt. Beobachtete oder zu erwartende Wirkungen müssen also mit einer Standardsetzung auch für diese Schutzgüter einhergehen.

¹⁹ so im Ergebnis: Feldhaus, BImSchR, Komm., 2. Aufl. (Loseblatt), Stand: Januar 1997, § 3 Anm. 6 m.w.Nachw.. Da bei Gesundheitsschäden die Erheblichkeitsschwelle des § 3 Abs. 1 BImSchG immer überschritten ist, vgl. BVerwGE 88, 210, 216, liegt eine Gesundheitsgefährdung nach h.M. dann vor, wenn funktionelle oder morphologische Veränderungen des menschlichen Organismus auftreten, die die natürliche Variationsbreite signifikant überschreiten, vgl. Jarass, BImSchG, Komm. 3. Aufl. München 1995, § 3 Rn 37 m.w.Nachw.; Feldhaus, a.a.O. § 3 Anm. 7 m.w.Nachw., wobei auch besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen vom Schutz mitumfaßt sind.

²⁰ M. Kloepfer, Umweltrecht, München: 1989.

²¹ BVerfGE 51, 324/346 f; 66, 39/58

Genehmigungsbedürftigkeit

Als Quellen von Umweltwirkungen durch EMF kommen zahlreiche Anlagen in Betracht, wie z.B. Trafostationen, Hochspannungsleitungen, Fernmelde-Sendemasten oder auch Geräte der Unterhaltungselektronik, Küchengeräte (Mikrowelle) etc.

Die Genehmigungsbedürftigkeit dieser Anlagen beurteilt sich daher nach den jeweiligen Regelungsmaterien, siehe z.B.

- ▶ Planfeststellungserfordernis für Bahnstromleitungen gem. § 36 BBahnG
- ▶ Planfeststellung nach § 7 TelegraphenwegeG für Fernmeldelinien
- ▶ einer Baugenehmigung bedarf es z.B. nicht für eine Antennenanlage bis zu 10,00 m Höhe, § 65 Abs. 1 Nr. 18 BauONW

Unabhängig hiervon gilt jedoch, daß die Planfeststellung, Zustimmung etc. nicht erteilt werden darf, wenn das Vorhaben nicht mit Vorschriften übereinstimmt, die dem Schutz Betroffener („Dritter“) dienen, z.B. § 5 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG. Gemäß dieser Vorschrift sind Anlagen so zu errichten und zu betreiben, daß schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können.

Dies gilt auch für die nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen, allerdings mit einem geringeren Anspruch an Vorsorge: sie sind so zu errichten und zu betreiben, daß die nach dem Stand der Technik unvermeidbaren schädlichen Umwelteinwirkungen lediglich auf ein Mindestmaß beschränkt werden müssen.

Als schädliche Umwelteinwirkungen werden Immissionen angesehen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen, § 3 Abs. 1 BImSchG.

Rechtsschutz

Nachdem zunächst in einer Reihe von Entscheidungen sowohl im Ergebnis²² als auch in der Begründung²³ höchst unterschiedliche Ansatzpunkte von den Verwaltungsgerichten bemüht worden sind, scheint sich die bisherige Tendenz des übrigen technischen Sicherheitsrechts, nämlich die oben angesprochene Verharmlosung und Negierung mit der Rechtlosstellung der Betroffenen, durchzusetzen²⁴.

So ging das VG Gelsenkirchen in seinem Beschluß vom 18.02.1993 davon aus, daß die zu beurteilende D 1-Mobilfunktechnik zwar nicht aufgrund abgesicherter wissenschaftlicher Erkenntnisse für Gesundheitsschäden verantwortlich gemacht werden könne, die staatliche Schutzpflicht aber grundsätzlich jede noch so ferne theoretische Möglichkeit eines Schadens auszuschließen habe. Der Gesetzgeber habe deshalb eine umfassende Risikoermittlung und -bewertung vorzunehmen und über die Einführung dieser Technik und die damit verbundenen Risiken für die Gesamtbevölkerung selbst zu entscheiden²⁵.

Dieser zutreffende Ansatz ist durch die zeitlich nachfolgende Rechtsprechung, insbesondere des BVerwG²⁶, nicht aufgegriffen worden. Vielmehr stellen die Verwaltungsgerichte auf die Grenzwertempfehlungen der oben genannten Gremien (z.B. ICNIRP) ab, bei deren Einhaltung nach den Erfahrungen der Humanmedizin der Eintritt gesundheitsschädlicher Nachteile vernachlässigbar gering sein soll²⁷.

Werden geschützte Rechtspositionen der Bürger derart negiert, bedarf es der verstärkten Geltendmachung eben dieser Rechte. Dies soll auch in dem nachfolgenden Programm des BUND zum Ausdruck kommen.

²² VG Gelsenkirchen, a.a.O.

²³ vgl. z.B. OVG Lüneburg, Beschluß vom 02.12.1992 – 1 M 3997/92 –, UPR 1993, 155 f.; OVG NW, Beschluß vom 02.12.1992 – 7 B 2917/92 –, UPR 1993, 156 f.

²⁴ so die neuere Rechtsprechung des BVerwG, Beschluß vom 02.08.1994 – 7 VR 3/94 –, NVwZ 1994, 1000 f.; Beschluß vom 09.02.1996 – 11 VR 46/95 –, NVwZ 1996, 1023 ff.

²⁵ VG Gelsenkirchen, a.a.O.

²⁶ für viele: BVerwG, Beschluß vom 09.02.1996 – 11 VR 46/95 –, NVwZ 1996, 1023 ff.

²⁷ BVerwG, NVwZ 1996, 1023, 1024.

12. Das BUND-Programm zur Begrenzung des Elektromogs

12.1 Grundsätzliche Erwägungen

Die vielfältigen und z.T. nur schwer einschätzbaren Effekte beim Elektromog verlangen in besonderem Maße nach Anwendung des immissionschutzrechtlichen oder auch allgemeinen Vorsorgeprinzips. Damit ist sowohl die emissionsseitige Vorsorge (Begrenzung nach dem Stand der Technik – der allerdings noch zu definieren wäre) als auch die immissionsseitige Ausprägung (auch im Hinblick auf einforderebaren Drittschutz oder in Bezug auf Minimierungsstrategien) angesprochen. Allerdings macht es die Bedeutsamkeit der schon nachprüfaren Effekte notwendig, auch das offensichtlich bislang nicht ausreichend umgesetzte Schutzprinzip stärker zu beachten.

Verschiedentlich werden zur Konkretisierung von Forderungen begrenzende Werte genannt, insbesondere für den niederfrequenten Bereich. In Hamburg strebt man beispielsweise für die Siedlungsplanung die Einhaltung eines Seitenabstandes von Hochspannungsleitungen an. Als Maße werden vorgeschlagen (BOIKAT/ MANIKOWSKI 1996):

- ▀ die Störschwelle für Herzschrittmacher (10 - 15 μ T)
- ▀ die epidemiologisch begründbare Expositionsklasse (0,3 μ T)
- ▀ das Zehnfache des Hintergrundwertes in Wohnungen (ohne Elektrogeräte etwa 0,2 - 0,5 μ T)

Solche Forderungen suggerieren, es gäbe eine Wirkungsschwelle, unterhalb derer ein möglicherweise ausreichender Schutz gewährleistet sei. Wie eine schwedische Studie eindrucksvoll belegt²⁸, sind aber selbst bei Einhaltung der am Minimierungsprinzip orientierten Normen (MPR-Norm) offensichtlich erhebliche Schadwirkungen bei Betroffenen nicht auszuschließen. Auch aufgrund der nicht linear verlaufenden Dosis-Wirkungs-Beziehungen wird derzeit vom BUND die klare Forderung nach einem Grenz- oder Zielwert nicht erhoben. Gleichwohl ist unser rechtlich-gesellschaftliches System immer wieder auf einfache Wertsetzungen und Standards hin fixiert, um nachprüfbar Entscheidungen über das Für und Wider treffen zu können. Daher soll hilfsweise ein anderer Weg beschritten werden: Fokussiert man die offenen Probleme bei der Frage nach einem Verträglichkeitsmaß auf einen Punkt, so ist es eben der völlig andere (nicht-thermische) Wirkungsbereich, der bisher bei einer Normierung und Standardsetzung ausgeblendet bleibt.

Will man in diesem Wirkungsbereich einen gewissen Schutz und auch Vorsorge erreichen, so müssen die zulässigen Immissionswerte der 26. BImSchV größenordnungsmäßig um den Faktor 10.000 (!) gesenkt werden (bei der elektrischen Feldstärke, magnetischen Flußdichte bzw. Leistungsflußdichte) für den Daueraufenthalt in Ruhebereichen.

Mit dieser Forderung wird gleichzeitig deutlich, daß auf der einen Seite die Vorsorgebemühungen einen völlig anderen und wesentlich höheren Stellenwert einnehmen müssen. Auf der anderen Seite wird damit deutlich, welche enormen – auch technischen – Anstrengungen unternommen werden müssen, damit das heute bereits vorhandene Belastungsniveau auf diese Größenordnung verringert bzw. begrenzt wird. Vor diesem Hintergrund der verschiedenartigen Wirkungen elektromagnetischer Felder und deren mögliche Gefahren, werden daher die nachfolgenden zentralen Forderungen an Politik und Wirtschaft erhoben.

12.2 Forderungen im Einzelnen

(1) Moratorium:

Der gegenwärtig stattfindende flächendeckende Großversuch mit nichtionisierenden Strahlen muß unverzüglich beendet werden durch Einrichtung eines Moratoriums sowohl für weitere Sendeanlagen, als auch für Wohnbauten (und andere empfindlichen Nutzungen) unter Hochspannungsleitungen solange, bis erhärtete Erkenntnisse vorliegen. Neue Technologien dürfen erst dann genutzt werden, wenn potentielle Anlagenbetreiber die Unschädlichkeit möglicher Wirkungen plausibel nachgewiesen haben. Hierbei sind auch entfernte Risiken in die Untersuchungen einzustellen (ein Restrisiko kann nicht akzeptiert werden, wenn irreversible Schäden zu erwarten sind).

(2) Aufstellung von Immissionswerten zum Schutz und zur Vorsorge vor nicht-thermischen Wirkungen:

Ohne eine wirksame Immissionsbegrenzung kann die Anhäufung von einzelnen Quellen mit der Folge unerwünschter Einwirkungen kaum verhindert werden. Die eingangs erwogenen Gründe verbieten allerdings einen solchen Vorschlag. Der genannte Faktor 10.000 unterhalb derzeitiger Grenzwerte gibt einerseits den Maßstab für notwendige Strategien und Maßnahmen an (so müßte sich danach der Abstand zu Sendeanlagen etwa um den Faktor 30 vergrößern). Andererseits ist es notwendig, solche Immissionswerte jeweils dem fortschrei-

²⁸ Schwedischer Verband für Industrieangestellte (SIF): Elektrizitätsüberempfindlichkeit unter SIF-Mitgliedern, Mitgliederuntersuchung 1993, Schlußbericht, Postadresse: 105 32 Stockholm

tenden Stand der Erkenntnis anzupassen, sie dürfen daher nur eine begrenzte Zeit gelten. Darüber hinaus wird es notwendig, auch das gemeinsame Einwirken sowohl hoch- als auch niederfrequenter Feldstärken zu berücksichtigen. Übergangsweise sollte daher davon ausgegangen werden, daß die jeweiligen, prozentualen Anteile der jeweils erreichten Nieder- und Hochfrequenz-Grenzwerte insgesamt die 100%-Grenze nicht überschreiten. Maßstab für in Betracht kommende Grenzwerte haben vorrangig die besonders schutzbedürftigen Grundrechtsträger zu sein, so z.B. Kleinkinder, alte und kranke Menschen oder Vorgeschiedigte. Die Vorsorge gebietende Regelung des § 5 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG ist grundsätzlich mit einer drittschützenden Wirkung auszustatten. Unterscheiden sich Schutzpflicht, § 5 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG und Vorsorgegebot, § 5 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG darin, daß die erstere dem Schutz vor konkreten bzw. belegbar schädlichen Umwelteinwirkungen dient, während die letztere potentiell schädlichen Umwelteinwirkungen vorbeugen soll²⁹, so sind hiervon auch die Nachbarn immissionschutzrechtlich relevanter Anlagen betroffen (das Ziel der Vorsorge ist – entgegen vielfacher Ansicht – primär auf die Interessen der Nachbarn bezogen, lediglich das Mittel ist technikorientiert). Im übrigen würde bei fehlendem Drittschutz des Vorsorgegebotes die Gewährleistung des Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG unterlaufen.

(3) Berücksichtigung des gesamten Wirkungskomplexes:

Bei der Begrenzung und Vermeidung von Einwirkungen (auch unter Betrachtung von Langfristaspekten) für die Allgemeinbevölkerung (einschl. empfindlicher Gruppen) muß der gesamte, oben genannte Wirkungskomplex berücksichtigt werden. Dabei wird zur Abschätzung der Wirkungen auf Menschen ein neues Wirkungsmodells (s. Kap. 7.2) erforderlich werden. Da die Stromschwellenwerte für die Wahrnehmung für Männer, Frauen und Kinder unterschiedlich sind (sie liegen für Frauen und Kinder wesentlich niedriger), müssen solche Unterschiede auch für andere elektromagnetische Belastungen berücksichtigt werden. Nach den derzeit gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen gibt es weitere Kenngrößen elektromagnetischer Felder (z.B. gleichzeitiges Auftreten von gepulsten Gleich- und Wechselfeldern), die biologisch wirksam sein können. Sie müssen hier ebenfalls berücksichtigt werden. Es ist bekannt, daß die Empfindlichkeit des Menschen im Verhältnis zu ungepulster Strahlung bei gepulster elektromagnetischer Strahlung um Größenordnungen steigt. Auch regelmäßig auftretende hochfrequente Störimpulse müssen berücksichtigt und begrenzt werden.

(4) Berücksichtigung aller Schutzgüter:

Eine Wertableitung zum Schutz vor Gefahren und zur Vorsorge bei elektromagnetischen Feldern muß gemäß dem Ziel in § 1 BImSchG auch für Tiere und Pflanzen sowie Ökosysteme (z.B. Wälder) vorgenommen werden.

(5) Einrichtung von Schutzbereichen:

Um empfindlichen Personengruppen (Risikogruppen) einen gewissen Schutz gewähren zu können, müssen Schutzbereiche mit möglichst niedriger Feldstärke eingerichtet werden (Aufnahme elektromagnetischer Felder in § 49 BImSchG). Änderung des Baugesetzbuches, damit generell Korridore unter Hochspannungsleitungen und Kabeltrassen eingerichtet werden, in denen sowohl der Bau von Wohnungen, als auch anderen empfindlichen Nutzungen oder längerandauernde Tätigkeiten unzulässig ist.

(6) Verschlechterungsverbot für Emissionen und Immissionen:

Vielfältige umweltgeschichtliche Erfahrungen belegen, daß wesentlich stärkere, über bestehende natürliche Einwirkungen hinausgehende Beeinflussungen, kaum rückholbare Schäden/Gefahren bedeuten. Die natürliche elektromagnetische Strahlung muß daher als ein erster Beurteilungsmaßstab angelegt werden. Die bereits vorhandene hohe „zivilisatorische Grundbelastung“ verlangt nach einem strikten Verschlechterungsverbot. Aus pragmatischen Gründen könnte unterschieden werden zwischen Planungen/ Neuexposition und bestehender Belastungssituation. Bei ersterem wären aus grundsätzlichen Überlegungen 0,25 Mikrottesla (Empfehlung einer Kommission des US-Kongresses) deutlich zu unterschreiten (z.B. zur Bestimmung von Korridoren, die unter Freileitungstrassen von empfindlichen Nutzungen freigehalten werden).

(7) Generelles Minimierungs- und Optimierungsgebot:

Ein grundsätzliches Minimierungsgebot für alle Geräte und Anlagen, die EMF verursachen, ist unumgänglich. Über konkrete Minimierungsstrategien vorhandener Felder und zukünftige Zulassungsbeschränkungen für Geräte und Anlagen mit elektronischen Feldern, wird im Rahmen einer ausreichenden Vorsorgestrategie, die 26. BImSchV novelliert werden müssen. Nicht die maximale Versorgung, sondern die optimale Versorgung bei festzulegenden Vorsorgestandards muß zukünftiges Ziel sein. Durch Bündelung/Kanalisation und Konzentrierung elektrischer Anlagen, lassen sich einerseits Belastungen begrenzen, andererseits lassen sich durch eine dezentrale und intelligente Energieerzeugung und -ver

²⁹ vgl. Jarass, BImSchG, Komm., 3. Aufl. München 1995, § 5 Rn. 41 m.w.Nachw.

teilung (Kraft-Wärmekopplung etc.) Leitungen, Leitungslängen sowie Umspanneinrichtungen vermindern und begrenzen.

(8) Aufstellung von Emissions- und Immissionskatastern:

Zur Handhabung definierter Risiken/Belastungen ist die Aufstellung eines Emissions- und Immissionskatasters Voraussetzung, um das Ausmaß der allgemeinen Belastung der Bevölkerung feststellen zu können und um einen Überblick über die oft nicht erkennbaren Quellen zu bekommen.

(9) Informations- und Kennzeichnungspflichten:

Zum ausreichenden Individualschutz wird eine klare Kennzeichnungspflicht für Emittenten notwendig. Die Menschen in Aufenthaltsbereichen mit elektromagnetischen Feldern müssen über Dauer, Stärke, Art und Anzeichen der elektromagnetischen Belastung informiert werden.

(10) Planfeststellungs- und Genehmigungsvoraussetzungen:

Anlagen und Einrichtungen mit der Eigenschaft zur Abstrahlung elektromagnetischer Felder bedürfen einer Planfeststellung/Genehmigung, die unter Einbeziehung der Öffentlichkeit erfolgt (z.B. Aufnahme in die 4. BImSchV, Spalte 1). Den Behörden ist ein Versauerungsermessens einzuräumen. Die Prüfung der Auswirkungen auf die Umweltschutzgüter erfolgt durch die Aufnahme in die Anlage zu § 3 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung.

(11) Befristung von Genehmigungen:

Es können nur noch befristete Genehmigungen erteilt werden (die z.B. an den steuerlichen Abschreibungszeiträumen orientiert werden können). Dem korrespondiert die periodische Sicherheitsüberprüfung und Kontrolle des Standes der Technik, verbunden mit Nachrüstpflichten etc.

(12) Umkehr der Beweislast:

Bei der Abbildung von Wirkungen neuer Technologien und deren rechtlichen Beurteilung sind Hinweise auf Gefährdungen (Vermutungsaspekt) analog Umweltschutzgesetz anzuwenden („Umkehr der Beweislast“). Ein Prüfverfahren wie im Chemikalienrecht ist einzuführen. Es sind nicht lediglich „nachgewiesene“ Wirkungen zum Beurteilungsmaßstab zu erheben. Bisher übliche Sicherheiten und materielle Schutzanforderungen des Immissionsschutzrechts dürfen dabei nicht verlassen werden (Gleichheitsgrundsatz).

(13) Neue Wege der Risikokommunikation:

Die Definition und entsprechende Konkretisierung „schädlicher Umwelteinwirkungen“ einerseits und die ausreichende Definition notwendiger Vorsorge andererseits zum Schutz der Menschen und der Umwelt vor

elektromagnetischen Feldern ist aufgrund des teilweise unsicheren Kenntnis- bzw. Wissensstandes schwierig. Neue Wege der Risikokommunikation bzw. des Risikomanagements in unserer Gesellschaft werden daher erforderlich. Hinzu kommt, daß jede Entscheidung, Standardsetzung oder Normierung zum Umweltschutz und zur Umweltvorsorge Ergebnis einer politischen Abwägung ist, die dem Gesetz von Mehrheiten folgt und die gesellschaftlich relevanten Gruppierungen nicht oder nur unzureichend einbezieht. Eine solche Abwägung setzt sich aber aus den Elementen „sachliche Aussage“ und „subjektive Werthaltung“ untrennbar zusammen und wird je nach gesellschaftlicher Gruppe unterschiedlich gewichtet (Betreiber von Sendefunkanlagen werden die tolerierbaren Feldstärken anders beurteilen als die Anwohner in der Nachbarschaft einer entsprechenden Anlage). Die zu einer Entscheidung über die Zulässigkeit von Belastungen führenden Abwägungsstrukturen sind allerdings sowohl für Betroffene als auch für Betreiber nicht näher nachvollziehbar.

Da zudem das tolerierbare Umweltrisiko als politisch kaum konsensfähig erscheint und nicht über Mehrheitsbeschlüsse plausibel gemacht werden kann, tritt der BUND dafür ein, daß ein „Rat zur Evaluierung von Umweltrisiken“ eingerichtet wird. Dieser setzt sich paritätisch zusammen aus Vertretern aller wesentlichen gesellschaftlichen Gruppen, einschließlich der Umweltverbände. Er strukturiert und definiert Kriterien für das mehrdimensionale Entscheidungsproblem, wie bei Umweltrisiken notwendige Entscheidungen ablaufen sollen, begleitet die Vergabe von entsprechenden Forschungen etc.

(14) Einrichtung eines Forschungsrats:

Zur Gewährleistung von Forschungstransparenz bei der Aufstellung eines dringend notwendigen spezifischen und systematischen Forschungs- und Untersuchungsprogramms über die Wirkungsmechanismen sowie Auswirkungen von EMF auf Lebewesen einschließlich epidemiologischer Untersuchungen ist die Einrichtung eines unabhängigen und interdisziplinär zusammengesetzten wissenschaftlichen Forschungsrats Voraussetzung.

13. Literatur

13.1 Zitierte Literatur

AHLBOM, A.; ALBERT, E. N.; FRASER-SMITH, A. C.; GRODZINSKY, A. J.; MARRON, M. T.; MARTIN, A. O.; PERSINGER, M. A.; SHELANSKI, M. L. und WOLPOW, E. R.: Biological effects of power lines fields. New York State Power Lines Project. Scientific Advisory Final Report (1987)

BASSET, C. A. L.: Fundamental and practical aspects of the therapeutic uses of pulsed magnetic fields. *Crit. Rev. Biomed. Engin.* 17 (1989) 451-529

BAWIN, S. M. und ADEY, W. R.: Sensitivity of calcium binding in cerebral tissue to weak environmental electric fields oscillating at low frequency. *PNAS (USA)* 73 (1976) 1999-2003

BAWIN, S. M., ADEY, W. R. und SABBOT, I. M.: Ionic factors in release of $^{45}\text{Ca}^{++}$ from chicken cerebral tissue by electromagnetic fields. *PNAS (USA)* 75 (1978) 6314-6318

BLANK, M. and SOO, L.: Ion activation of the Na,K-ATPase in alternating currents. *Bioelectrochem. Bioenerg.* 24 (1990) 51-61

BOIKAT, U.; V. MANIKOWSKI, S.: Vorbeugung beim Wohnungsbau gegen elektromagnetische Felder von Hochspannungsleitungen – Grundlagen der Risikobewertung, in: *Gesundheitswesen* 58 (1996), 147-153, 150

FEWTRELL, C.: Ca^{++} -oscillations in non-excitable cells. *Ann. Rev. Physiol.* 55 (1993), 427-454

GOLDBETER, A. (Ed.): Cell to cell signalling: aus: *From Experiments to Theoretical Models*, London: Academic Press (1989)

HO, M. W.; POPP, F. A.; WARNKE, U. (Eds.): *Bioelectromagnetism and Biocommunication*, Singapore; London: 1994

KAISER F. und EICHWALD, C.: Biologische Systeme und nichtlineare Dynamik: periodische Prozesse unter dem Einfluß schwacher externer Felder. *Kleinheubacher Berichte* 35 (1992) 301-308

KATALYSE E.V. (Hrsg.): *Elektrosmog, – Gesundheitsrisiken, Grenzwerte, Verbraucherschutz*, Heidelberg: C. F. Müller 1994

LIBOFF, A. R.; MCLEOD, B. R. und SMITH, ST. D.: aus: *Extremely low frequency electromagnetic fields: The question of cancer*. Columbus, Ohio: Batelle Press (1990) 251 ff.

PERRY, F.S., M. REICHMANIS, A. MARIANO and R. O. BECKER: Environmental powerfrequency magnetic fields and suicide, *Health Physics* 41: 267-277; 1981

PRESMANN, A. S.: *Electromagnetic Fields an Life*. New York; London: Plenum Press, 1970

RITTWEGER, J.; LAMBERTZ, M.; KLUGE, W.; KRAMER, K. und LANGHORST, P.: Influence of modulated high-frequency electromagnetic fields on the functional organization and dynamics of the common brainstem system. *Bioelectrochem. Bioenergetics* 37 (1995) 31-37

STUCHLY, M. A.; MCLEAN, J. R. N.; BURNETT, R.; GODDARD, M.; LECUYER, D. W. und MITCHEL, R. E. J.: Modification of tumor promotion in the mouse skin by exposure to an alternating magnetic field. *Cancer Letters* 53 (1992) 585-606

TENFORDE, T. S.: *Biological Interactions and Human Health Effects of Extremely Low Frequency Magnetic Fields* 1994

VON KLITZING, L.: Low-frequency pulsed electromagnetic fields influence EEG of man. *Physica Medica* 11 (1995) 77-80

VON KLITZING, L.: Static magnetic fields increase the power density of EEG of man. *Brain Res.* 483 (1989) 201-203

WEVER, R.: Biologische Wechselwirkungen. in: *Biologische Wirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder* (ed. G. Newi). Kontakt & Studium, Band 106, Grafenau: expert (1983) 29 ff

13.2 Literaturhinweise

BECKER, R. O.: Der Funke des Lebens, Piper Verlag, TB-Rreihe

BRAUN-VON GLADISS, K.-H.: Das biologische System Mensch, Amelingshausen: (Selbstverlag) 1995, Tel. (04132) 8110

KATALYSE E.V. (Hrsg.): Elektromog, – Gesundheitsrisiken, Grenzwerte, Verbraucherschutz, Heidelberg: C. F. Müller 1994

KLITZING, L. VON: Gibt es für das biologische System eine elektromagnetische Verträglichkeit? Lübeck: (Selbstverlag) 1996, Medizinische Universität, Fax (0451) 5004193

KÖNIG, FOLKERTS: Elektrischer Strom als Umweltfaktor, München: Pflaum Verlag

LÄNDERAUSSCHUB FÜR IMMISSIONSSCHUTZ (Hrsg.): Mögliche gesundheitliche Auswirkungen von elektrischen und magnetischen Feldern im Alltag. Berlin: Erich Schmidt 1996

LEITGEB, N.: Strahlen, Wellen, Felder, dtv Wissen und Praxis 1990 (klassische Betrachtung)

MAYER-TASCH, P. C.; MALUNAT, B. M.: Strom des Lebens, Strom des Todes. Elektro- und Magnetosmog im Kreuzfeuer, Frankfurt a.M.: Fischer 1995

NEITZKE, H. P. et al.: Risiko Elektromog? Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf Gesundheit und Umwelt, Birkhäuser, Basel 1994

STRAHLENSCHUTZKOMMISSION: Schutz vor elektromagnetischer Strahlung beim Mobilfunk, Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 22, Gustav Fischer Verlag (klassische Betrachtung)

VARGA, A.: Elektromog, Nußloch/Heidelberg: (Selbstverlag) 1995, Kurt-Schuhmacher-Straße 11

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE-TECHNOLOGIEZENTRUM PHYSIKALISCHE TECHNOLOGIEN (Hrsg.): Biologische Wechselwirkungen elektromagnetischer Felder, Literaturstudie Technikfolgenabschätzung, i. Auftr. Des Bundesministeriums für Forschung und Technologie 1994

WARNKE, U.: Der Mensch und die 3. Kraft, Popular Academic Verlags-Gesellschaft 1994

WISSENSCHAFTSLADEN HANNOVER (Hrsg.): Elektromog im Kopf. Gesundheitliche Gefahren und deren Wahrnehmung in der Risikogesellschaft. Frankfurt: Verlag für Interkulturelle Kommunikation 1995

Periodika

Newsletter, Forschungsgemeinschaft Funk e.V., Rathausgasse 11a, 53111 Bonn, Fax 0228 7262211 (klassische Betrachtung)

Elektromogreport im Strahlentelex, Thomas Dersee, Rauxeler Weg 6, D-313507 Berlin Tel. + Fax (030) 4352840

EMF-Monitor, ECOLOG-Institut für sozialökologische Forschung und Bildung GmbH, Nieschlagstraße 26, D-30449 Hannover, Fax (0511) 452023

Microwave News (amerikanische Zeitschrift)

14. Anhang

14.1 Abkürzungen

BImSchG:	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15.5.1990 (BGBl. I S. 880), zuletzt geändert durch Gesetz vom 19. Juli 1995 (BGBl. I S. 930)	ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung
BImSchV:	Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz	MPR-Norm:	Schwedische Produkt-Norm für Computer-Monitore
DIN	Deutsches Institut für Normung	NCRP	National Council on Radiation Protection and Measurements (USA)
DKE	Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE	VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
EMF	Elektromagnetische Felder	VDI	Verein Deutscher Ingenieure
GSM, DCS, DECT:	<p>Dies sind die Abkürzungen von Standards bei der Funkübertragung. Bei GSM besteht dieser Standard z.B aus Bestimmungen von über 7000 Seiten, in denen genau die Verschlüsselungen und Übertragungen der Daten festgelegt sind. Die Dateninformationen (z.B. Sprache, Fax) werden komprimiert und nicht dauernd, sondern in kurzen Zeitabständen übertragen, so daß zwischen jeder Übertragung beim Handy noch Lücken vorhanden sind. In dieser Lücke können dann weitere Übertragungen stattfinden. Bei GSM können so gleichzeitig von einer Feststation 8 Gespräche auf einem Kanal geführt werden, bei DECT sind es sogar 24 Gespräche. Wird die Wiederholung des Zeitabstandes zur Kennzeichnung benutzt, ergibt sich bei GSM und DCS die niederfrequente Taktung von 217 Hertz und bei DECT von 100 Hertz.</p> <p>GSM-Systeme arbeiten bei einer Frequenz von ca. 900 MHz (Netzbetreiber Telekom D1, Mannesmann D2)</p> <p>DCS-Systeme arbeiten bei einer Frequenz von ca. 1800 MHz (Netzbetreiber EPLUS E1, Netzbetreiber VIAG E2)</p> <p>DECT-Systeme arbeiten bei einer Frequenz von ca. 1800 Mhz (bisher RWE-Telliance)</p>		

14.2 Schutzmöglichkeiten (technisch, sachlich)

Eine einfache Hilfsmaßnahme für die Betroffenen ist - da sofort wirksam - das Vermeiden/Reduzieren der elektromagnetischen Last. Notwendig ist hierfür (neben einer Aufklärung der Bevölkerung mit dem Ziel eines „vernünftigen“ Umgangs mit der Elektrotechnik, d.h. Belastungen zu vermeiden oder wenigstens zu reduzieren), daß die Hersteller lernen, Elektrogeräte strahlungsarm zu konstruieren und auf den Geräten die Emissionswerte angegeben werden.

Probleme in Schlafräumen:

1) durch elektrische Gleichfelder

Ursache: Elektrisch schlechtleitende Materialien (Teppiche, Gardinen, Bettbezüge und Kleidung mit hohem Kunststoffanteil) und trockene Luft werden bei einer Trennung stark aufgeladen (auch bei der Fernsehbildröhre).

Auswirkung: Der Kleinionenanteil in der Luft wird verändert. Staubteilchen bleiben in der Luft schweben und können sich mit „Infektions“-Keimen leichter verbinden. Die Luftqualität wird sehr stark herabgesetzt.

Prüfung: Spezielle Meßgeräte sind notwendig. Wenn Bettdecken abgezogen werden (auch Oberbekleidung, „elektrischer Schlag“ bei Türklinken), knistert es (im Dunkeln sind die Funken sichtbar).

Verminderung: Lüften oder Erhöhung der Luftfeuchtigkeit und Einsatz von Naturmaterialien.

2) durch magnetische Gleichfelder

Ursache: Federkerne von Matratzen und Lautsprecherboxen stören das magnetische Gleichfeld der Erde (auch noch hinter der Wand angrenzender Zimmer); ähnlich wirken unter ungünstigen Umständen auch Motoren zur Bettverstellung oder schwere massive Eisenträger bei Stahlskelettbauten.

Auswirkung: Winzige Magnetelemente im menschlichen Körper können beeinflußt werden.

Prüfung: Im ungestörten Feld auf dem Schlafplatz muß die Kompaßnadel überall die gleiche Richtung anzeigen.

Verminderung: Entfernung von Federkern-Matratzen; Mindestabstand von Lautsprecherboxen: zwei Meter

3) Elektrische Wechselfelder

Ursache: Jede an das Stromnetz angeschlossene Leitung (etwa Lampenkabel, die unter dem Bett verlaufen) erzeugt ein elektrisches Wechselfeld, selbst wenn kein Gerät angeschlossen ist. Besonders bedenklich sind elektrische Heizdecken, weil wegen des äußerst geringen Abstandes zum Körper sehr hohe EMF auf den Menschen einwirken.

Auswirkung: Falls das Wechselfeld den menschlichen Körper erreicht, fließt im Körper ein Strom, der die körpereigenen Ströme überlagert und sie verändert.

Prüfung: Die Messung erfolgt mit speziellen Feldmeßsonden. Um eine mögliche Belastung schnell zu ermitteln, ist die sogenannte „kapazitive Ankopplung“ geeignet.

Verminderung: Auch hier hilft meist ein Abstand von möglichst zwei Metern der spannungsführenden Leitungen vom Schlafplatz. Bei Leichtbauwänden und Holzkonstruktionen sollten entweder abgeschirmte Kabel verwendet oder ein Feldfreischalter installiert werden. Hierbei wird nach dem Ausschalten eines Gerätes (Lampe) die Netzspannung bis auf eine kaum nachweisbare Steuerspannung vermindert. Keine Verlängerungsleitungen am oder unter dem Bett liegen lassen!

4) Magnetische Wechselfelder

Ursache: Stromleitungen mit angeschlossenen Geräten (Lampe, Radiowecker, nur dunkel geschalteter Dimmer) erzeugen diese Felder, wenn ein Strom fließt (auch bei Halogenlampen und Transformatoren an der Decke des Raumes unter dem Schlafzimmer, Spulen von Leuchtstoffröhren, Transformatoren, vor allem in Radioweckern, Basisgeräten von schnurlosen Telefonen). Radio-Kassettenrecorder werden, um die Herstellungskosten gering zu halten, nur auf der Niederspannungsseite abgeschaltet und mit Billigst-Trafos versehen. Obwohl das Gerät abgeschaltet ist, fließt im Trafo noch Strom und verursacht hier ein Feld, das bis zu 1000fach stärker ist als eine Hochspannungsleitung in 200 Meter Entfernung.

Auswirkung: Magnetfelder durchdringen alle Materialien, auch den menschlichen Körper. Sie beeinflussen körpereigene Ströme und das Immunsystems, indem sie Wirbelströme erzeugen.

Prüfung: Spezielle Feldmeßgeräte (Kosten ab 500 DM).

Verminderung: Mindestens zwei Meter Abstand im Haushalt von den Leitungen, Leiterabstand (Hin- und Rückleitung) möglichst klein halten oder Leiter verdrehen.

Das Ausmaß der magnetischen Feldstärken bei Hochspannungsfreileitungen zeigt Abbildung 1.

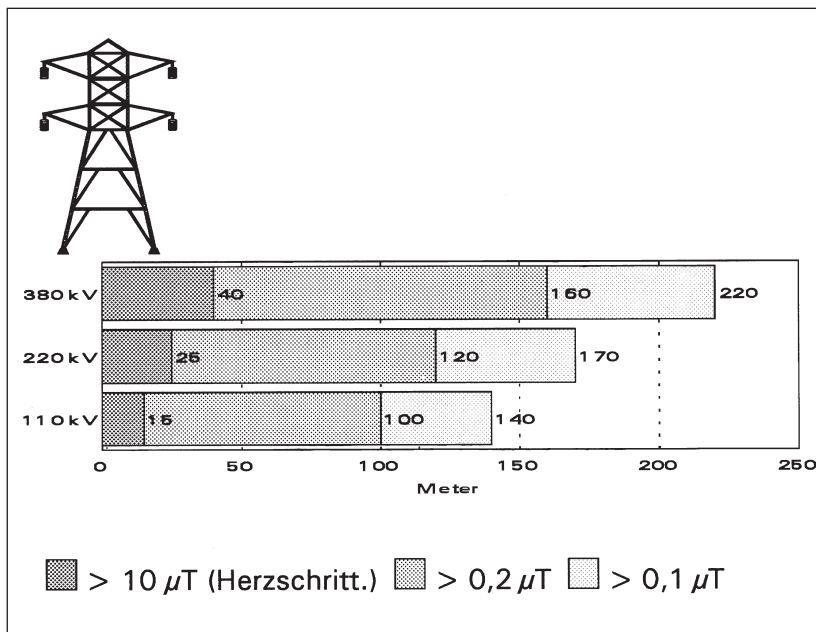


Abbildung 1: Magnetfelder von Hochspannungsfreileitungen. Magnetische Feldstärken verschiedener Spannungsebenen (Abstände von der Trassenmitte, 1 m über dem Erdboden), Annahme des ungünstigsten Falls (thermische Grenzlast, minimaler Bodenabstand der Drähte); nach: EMF Monitor 1, Sept. 1995

5) Elektromagnetische Wellen

Ursache: Gewollte Abstrahlung durch Funkeinrichtungen oder unbeabsichtigte Abstrahlung durch Mikrowellenherd, Computer, schnurlose Telefone usw.

Auswirkung: Beeinflussung von körpereigenen Regelsystemen durch zusätzliche elektrische Signale. Das Immunsystem wird zusätzlich belastet. Der Mensch kann eher krank werden, die Krankheit dauert länger oder wirkt stärker.

Prüfung: Es können Störungen beim Empfang von Radio/Fernsehsendungen auftreten. Sonst sind spezielle Meßgeräte erforderlich.

Verminderung: Abstand von den Sende-Anlagen und Mikrowelle-Geräten usw. Auch bei „schnurlosen Telefonen“, das Funkgerät nachts immer in die Basisstation legen, weil sonst die Basisstation ständig sendet (produktabhängig). Abschirmung von Räumen ist nur mit großem Aufwand möglich (nur durch Fachkräfte).

14.3 Adressen

Bundesverband gegen Elektromog
Klosterstr. 9
65391 Lorch

Dachverband gegen Elektromog Schleswig-Holstein
Am Roggenkamp 12
24299 Surendorf

Ecolog-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung
Nieschlagstr. 26
30449 Hannover
Tel. (05 11) 45 70 71

Fachkrankenhaus Nordfriesland
Dr. med. Eberhard Schwarz
25821 Bredstedt
Tel. (046 71) 90 40

Institut für Umweltkrankheiten
Im Kurpark 1
34308 Bad Emstal
Tel. (056 24) 80 61

Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle,
Berufsgenossenschaft der Feinmechanik
und Elektrotechnik
Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 Köln

Katalyse-Institut für angewandte Umweltforschung
Arbeitsbereich Elektromog
Mauritiuswall 24-26
50676 Köln
Tel. (02 21) 23 59 63

Medizinische Universität zu Lübeck
Klinisch-Experimentelle Forschungseinrichtung
Dr. Lebrecht von Klitzing
23538 Lübeck
Tel. (04 51) 500 28 60

nova-Institut
für politische und ökologische Innovation GmbH
Michael Karus
Thielstr. 35
50354 Hürth
Tel. (022 33) 7 26 25

Selbsthilfverein für Elektrosensible e.V. im
Gesundheitshaus der Stadt München, Zimmer U3
Dachauer Str. 90
80335 München
Tel. (089) 52 07-201

Impressum

Herausgeber:

*Bund für Umwelt
und Naturschutz
Deutschland e.V.
(BUND),
Deutsche Sektion von
Friends of the Earth
International (FoEI),
Der BUND in Bayern:
Bund Naturschutz
Im Rheingarten 7,
53225 Bonn*

*BUND-Arbeitskreis
Immissionsschutz*

V.i.S.d.P.:

*Dorit Lehrack,
Andreas Fußer*

Autorenteam:

*Peter Heise,
Ralph J. Jurisch,
Lebrecht von Klitzing,
Wilfried Kühling,
Antje Labes,
Bernd Rainer Müller,
Gerd Niemann*

Gestaltung & Satz:

*Natur&Umwelt
Verlags-GmbH,
Karina Waedt*

Bestellnummer:

45066

1. Auflage Mai 1997