



Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme

EMVU

Auszug

Inhalt

E. Problemstellung

1. Biologische Reaktionen
2. Physik und Biologie elektromagnetischer Felder und Wellen

W. Wirkungen

1. Hinweise auf Wirkungen
2. Wirkungen hochfrequenter Signale geringer Intensitäten
3. Wirkungen niederfrequenter Signale

R. Richtwerte/Grenzwerte

1. Angaben zur Grenzwerterstellung
2. Vergleich der Grenzwerte westlicher und östlicher Länder und Institutionen

Zusammenfassung

Die Emissionen elektrischer und magnetischer Felder und Wellen belasten die Umwelt (EMVU) in ähnlicher Weise wie andere Emissionen. Wirkungen, vermutete und wissenschaftlich nachgewiesene werden kontrovers diskutiert. Physikalische und biologische Aspekte der Wirkung von Feldern und Wellen werden dargestellt. Ergebnisse von Forschungen und Untersuchungen werden vorgestellt und diskutiert.

Die unterschiedlichen Vorstellungen zur Grenzwerterstellung werden gezeigt, die Bedeutung der Grenzwerte für die Rechtsprechung erläutert.

E. Problemstellung

1. Biologische Reaktionen

1.1 Situation

Jede Emission, elektromagnetische Felder ebenso wie Autoabgase oder Abgase der Heizung beispielsweise, stellt eine Beeinflussung des Menschen und seiner Umwelt dar. Während Einwirkung elektrischer und magnetischer Felder und elektromagnetischer Wellen auf technische Systeme in vielen Arbeitskreisen, Symposien und Richtlinien, seit 1992 sogar in einer EG-Richtlinie klar und umfassend behandelt sind, werden Einflüsse auf Mensch, Tier und Pflanze immer noch kontrovers diskutiert. Die Grenzwerte für die Bundesrepublik Deutschland, festgelegt in einer Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom Mai 1996 [1] sind hundertfach und mehr höher als in anderen Ländern, vorwiegend in denen des Ostens. Erst Ende 1995 wurden vom „National Council on Radiation Protection and Measurement“ (USA) Vorschläge bekannt, die Grenzwerte für niederfrequente Magnetfelder um mehr als das tausendfache (auf 200 nT) zu senken.

Die bestehenden Grenzwerte wurden in der Vergangenheit vorwiegend von Technikern festgelegt - Mediziner haben sich diesem Problemkreis selten gewidmet - und haben natürlich technische Gesichtspunkte stets in den Vordergrund geschoben und eine Reihe biologischer Reaktionen dabei unberücksichtigt gelassen. Aber:

Biologische Systeme reagieren naturgemäß anders als technische

wie die nachfolgenden Beispiele zeigen sollen.

Deshalb sind Strukturen technischer Vorschriften nicht ohne weiteres für biologische Systeme anwendbar. Während bei technischen Systemen oft die Intensität der Einkopplung ausreicht, um eine Reaktion festzustellen, sind bei biologischen Systemen zusätzlich

~ synergetische Effekte

- die Intensität [2,3], nicht nur mit ihrem unteren sondern auch mit ihrem oberen

Schwellenwert

- die Latenzzeit
- Kurzzeit- und Langzeitwirkungen [4]
- nieder- und hochfrequente Wirkungen gleicher Art

als Einflüsse zu beobachten, die im technischen Bereich unbekannt oder bedeutungslos sind.

Daneben sind noch besondere Einwirkungsmöglichkeiten denkbar, beispielsweise durch Signale die Triggerfunktion haben und Störungen bei Stoffwechselprozessen nur auslösen oder allgemein biologische Fehlsteuerungen hervorrufen. Das kann mit extrem geringen Leistungen geschehen, die Wirkungen sind oft erst nach Monaten feststellbar [5].

1.2 Synergetische Effekte

Besonders bemerkenswert erscheinen Kombinationen verschiedener Belastungen, sog. Synergetische Effekte, wo jede Einzelwirkung nur relativ gering wirksam ist, beide zusammen aber ein Vielfaches der Einzelwirkung zeigen, eine überadditive Wirkung. Beispiele dafür sind „Asbest + Rauchen“: Nimmt man für die Einwirkung einer bestimmten Asbestsorte einen Risikofaktor von 6 für ein erhöhtes Krebsrisiko und für Rauchen einen Faktor 11, so hat ein asbestbelasteter Raucher nicht ein erhöhtes Risiko von $6 + 11 = 17$ sondern von 60 (!), experimentell ermittelt, im Bild 1 grafisch dargestellt.

Synergetischer Effekt: $6 + 11 = 60$

Dabei muß die Wirkung nicht durch (exakt) gleichzeitige Wirkung entstehen: Versuchsergebnisse zeigen, daß Bäume, die erst begast wurden und nach einem halben Jahr mit einem Trockenstreß belastet wurden, erst dann Schäden zeigten. Es gibt Hinweise, daß in ähnlicher Weise eine Kombination der Belastung durch „elektromagnetische Wellen + Schwermetalle“ eine Reduzierung der Belastbarkeit um den Faktor 100 - 1000 bewirkt (Prof. Zimmermann, Würzburg). Über einen Synergismus, als „Golf-Krieg-Syndrom“ bei 30.000 amerikanischen Soldaten bekanntgeworden (Zittern, Muskelschwäche, Müdigkeit), berichtet die Südd. Zeitung am 15./16. Mai 1996, der offensichtlich durch eine Kombination unschädlicher Mittel (Insektenschutzmittel, Ungezieferschutz und Tabletten gegen Nervengas-Schädigungen) hervorgerufen wurde.

1.3 Intensität

Die kleinste Leistungsdichte, bei der in einem weiten Frequenzbereich gut reproduzierbar eine Reaktion festgestellt werden konnte, liegt bei 10^{-9} mW/cm². Wenn man unterstellt, daß jede Reaktion eine, wenn auch nur sehr geringe Streßwirkung hervorruft, kann schon diese minimale Strahlenbelastung zu einer verstärkten Beanspruchung des Organismus führen, obwohl allein dadurch sicher noch keine Schädigung zu verzeichnen sein wird [12].

Eine deutliche Beeinflussung des menschlichen Organismus ist aber nach den Erkenntnissen russischer, armenischer und ukrainischer Wissenschaftler gegeben, die auch mit Werten um 1 mW/cm² zur Therapie von Bluthochdruck, Asthma, Infarktpatienten u.a. nur etwa ein Tausendstel der Körperoberfläche bestrahlen, die nach DIN/VDE 0848 und nach der Verordnung über elektromagnetische Felder zulässig ist. Damit unterscheiden sich deutsche und russische Pegel nicht nur am Arbeitsplatz sondern auch zur Therapie um viele Zehnerpotenzen. Dabei sind die am Arbeitsplatz zulässigen Leistungsdichten mit der letzten Änderung der DIN/VDE 0848 im Bereich von 0,4 GHz bis 2 GHz also dem Betriebsbereich der D- und E-Mobilfunknetze sogar gegenüber der vorhergehenden Norm angehoben worden.

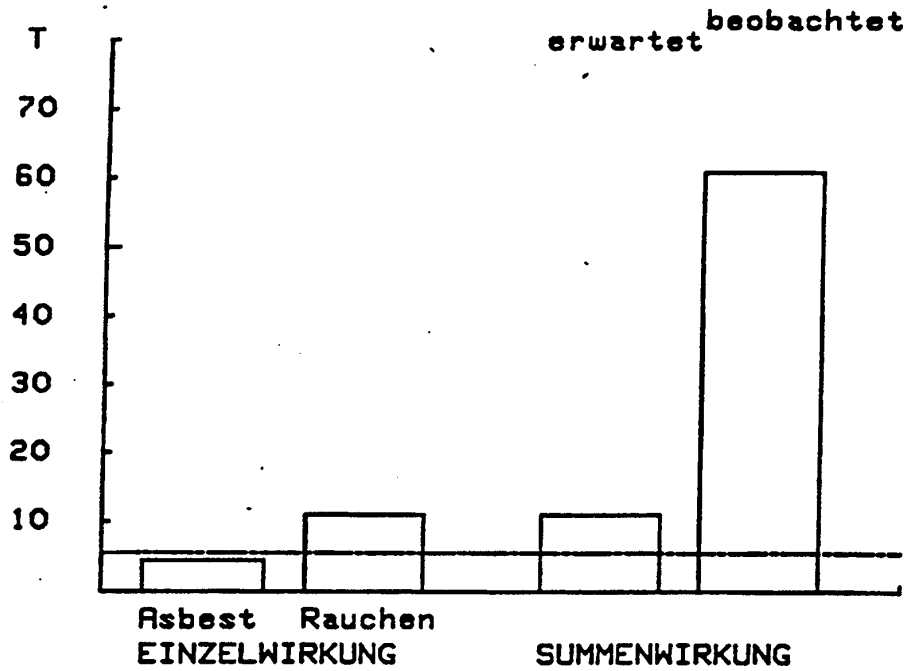


Bild 1: Synergetische Effekte

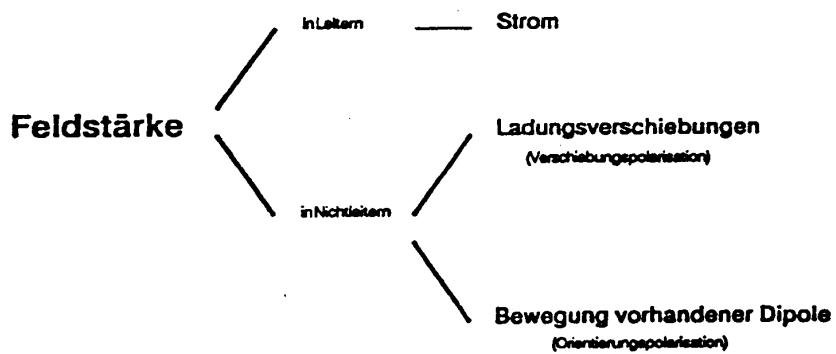


Bild 2: Leiter und Nichtleiter im elektrischen Feld

Gepulste Strahlung ist in unseren Vorschriften nur irrelevant berücksichtigt. Sie ist um das 1000-fache (Leistung) höher angegeben und zulässig, als der Mittelwert. Das entspricht ziemlich genau den Verhältnissen bei Radaranlagen und damit den Anlagen, die im praktischen Umfeld noch einigermaßen häufig auftauchen. Noch höhere Puls-/Pausen-Verhältnisse kommen in der Praxis kaum vor, so daß also selbst derart hohe Leistungsverdichtungen nur wie der Mittelwert behandelt werden. Dabei gibt es eine Reihe von Untersuchungen, die belegen, daß gepulste Signale im Mikrowellenbereich (D-Netz, E-Netz) ebenso wie geschaltete (aus/ein) auch im Bereich der Netzfrequenz nicht nur das EEG und EKG [7] sondern das Befinden allgemein zu beeinflussen scheinen und deutlich stärker wirksam sind, als nicht-geschaltete Signale.

In Rußland werden Hochleistungspulse kurzer Dauer (Nanosekundenbereich) zu Tumorbehandlung verwendet, die für Patienten Belastungen im μW -Bereich (Mittelwert!) erbringen (zur Therapie!), wo bei uns Leistungen von 1 mW, also mehr als das 100-fache für die Allgemeinheit (!) zugelassen sind (DEVJATKOW [2] usw.).

Biologische Fenster sind als Kombination von Intensitätsfenstern und Frequenzfenstern (ebenso Zeitfenstern) in der Biologie wohlbekannt.

Frequenzfenster sind auch im technischen Bereich allgemein bekannt (Resonanzvorgänge).

Amplitudenfenster, also Wirkungsbereiche mit einem unteren und einem oberen Schwellenwert sind als Amplitudenfenster nur im biologischen Bereich vielfältig vorhanden, werden aber oft übersehen.

Zeitfenster sind ebenso im biologischen Bereich bekannt, üblicherweise reagiert z.B. der Mensch an verschiedenen Tagen auf Einflüsse verschieden, wetterabhängig, lichtabhängig, Stimmungen unterworfen. Bei medizinischen Behandlungen spricht das System Mensch an verschiedenen Tagen auf Signale mit unterschiedliche Frequenzen an.

Man kann davon ausgehen, daß Biologische Fenster wenigstens dreidimensional sind. Ein Beispiel für Intensitätsfenster im Zusammenwirken mit Frequenzfenstern beschreibt Ludwig [15], wo bei der Weiterleitung von Informationen durch Proteinketten unter Resonanzbedingungen das Signal nur bis zu einer bestimmten Amplitude übertragen wird. Ist die Intensität zu hoch, werden die Verbindungen zwischen einzelnen Proteinketten unterbrochen und damit die Weiterleitung gestört.

Ein weiteres Beispiel ist die Erzeugung von Aktionspulsen in Synapsen bei der Weiterleitung von Informationen über die Nervenbahnen, wenn die Nervenschaltstellen in einem bestimmten Intensitätsbereich „vorgespannt“ werden.

1.4 Latenzzeit

Schwierigkeiten bereitet im biologischen Bereich bei der Zuordnung „Einfluß $\Rightarrow$ Wirkung“ häufig die Zeit zwischen Reiz und Reaktion, die Latenzzeit. Aus der Arbeitsmedizin ist der Fall bekannt, bei der im Falle einer Asbetkontamination die Mindestzeit nach der Berührung bis zum Ausbruch der Krebserkrankung (mit hundertprozentigem tödlichen Ausgang) 17 Jahre betragen hat. Es ist evident, daß bei solchen Latenzzeiten oft nur zufällig gesicherte Ergebnisse zu erhalten sind.

1.5 Kurzzeit-/Langzeitbelastungen

Aus Versuchen ist bekannt, daß Langzeitbestrahlungen gegenüber Kurzzeitbelastungen oft konträre Ergebnisse zeigen [4]. Während anfangs mehrheitlich positive Wirkungen auftreten, z.B. Wachstumsbeschleunigungen - eigene orientierende Versuche mit Pflanzen, Keimlingen und dergl. in unterschiedlichen Frequenzbereichen durchgeführt, haben das mehrfach gezeigt - kehren sich die Verhältnisse nach einigen Wochen um und es kommt zu Wachstumsverzögerungen und Schäden. Wissenschaftlich gesicherte Ergebnisse sind selten, da Langzeitversuche teuer sind und Forschungsgelder kaum zur Verfügung stehen. Besonders zu berücksichtigen sind dabei unterschiedliche Verhaltensweisen einzelner Versuchsobjekte, da unterschiedliche Pflanzenarten beispielsweise bei gleicher Belastung sehr unterschiedliches, ja konträres Wachstumsverhalten zeigen können.

2. Physik und Biologie elektromagnetischer Wellen

2.1 Orientierungspolarisation/Verschiebungspolarisation

Die Wirkung elektromagnetischer Felder und Wellen auf Leiter und Nichtleiter zeigt Bild 2. Diese Verhältnisse erklären vorwiegend Effekte durch starke Felder und Wellen, wobei vorzugsweise Kraftwirkungen und sog. thermische Effekte eine Rolle spielen, bei denen Erwärmungen auftreten, wie beispielsweise bei Wassermolekülen im Feld einer starken Mikrowellenquelle.

2.2 Eindringtiefe

Ein anderer Punkt ist die Eindringtiefe von Mikrowellen in biologisches Gewebe. Die sog. Eindringtiefe, das ist der Abstand von der Oberfläche, bei der die eingedrungene Energie auf 37 % abgefallen ist. Sie hängt sehr stark von der Frequenz ab, wie Bild 3 deutlich zeigt. Da für biologische Wirkungen nichtthermischer Art in vielen Fällen nur ein Bruchteil der Energie benötigt wird, der an der Stelle der Eindringtiefe vorhanden ist, beträgt die „biologische“, wirksame Eindringtiefe ein Vielfaches der „technischen“ Eindringtiefe, wie

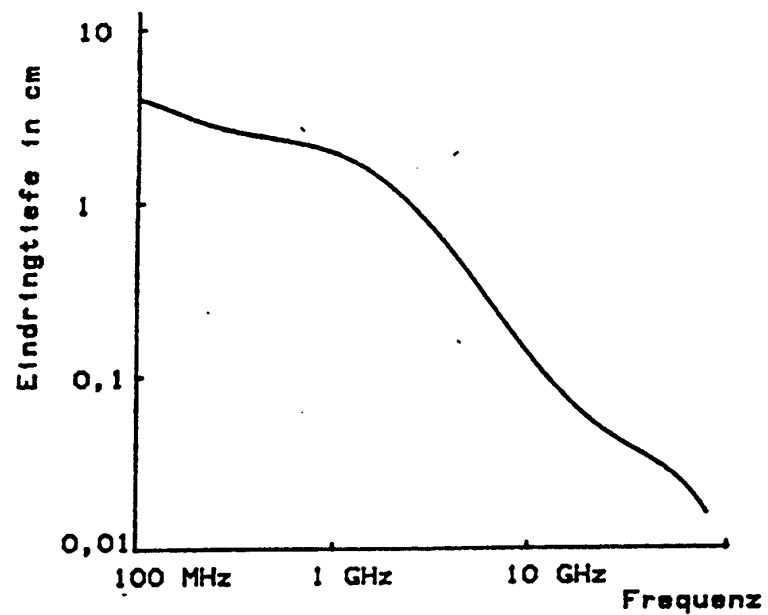


Bild 3: Eindringtiefe in biologisches Gewebe

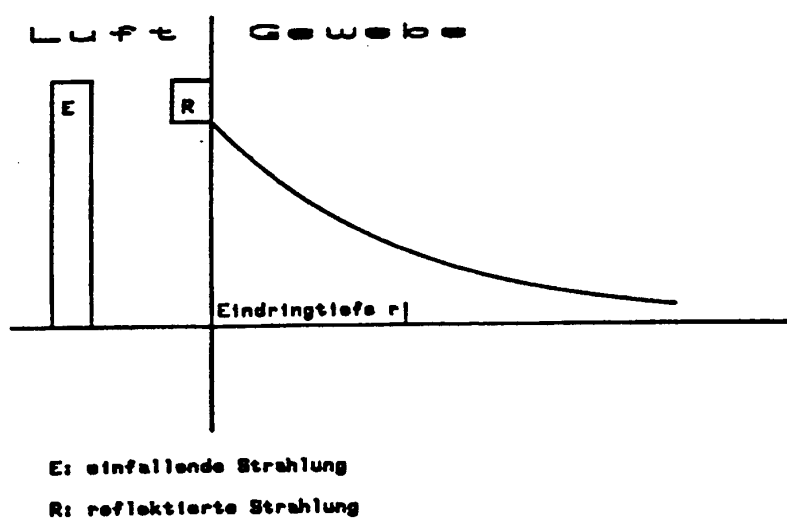


Bild 4: Zur Definition der Eindringtiefe

nachstehende Tabelle zeigt, dabei ist r die „technische“ Eindringtiefe

Eindringtiefen

37 %-Tiefe	5 %-Tiefe	1 %-Tiefe	Gewebeart
r	$3r$	$5r$	
6,4 cm	20 cm	32 cm	Fett
1,8 cm	5 cm	9 cm	Muskel
18 cm	54 cm	90 cm	Knochen
2,1 cm	6 cm	10 cm	Gehirn

Die angegebenen Werte gelten für eine Frequenz von 1 GHz.

2.3 „Hot Spots“

Neben der Absorption im Gewebe spielt die Reflexion bei geschichtetem Gewebe, z.B. Muskel-Fettschichten, eine wesentliche Rolle. Wie Bild 4 zeigt, können dabei besonders bei höheren Frequenzen durch Überlagerung hinlaufender und reflektierter Wellen sog „hot spots“ entstehen, das sind Stellen an denen durch die Interferenzen deutliche Leistungsüberhöhungen auftreten.

Begünstigt werden solche ungleichen Leistungsverteilungen durch Materialien mit sehr unterschiedlichen Dielektrizitätswerten (Knochen, Flüssigkeit) ebenso wie durch die Materialform, beispielsweise stark gekrümmte Flächen (Kopf).

So geben einfache Rechenmodelle für Leistungsberechnungen im Kopf, wo Messungen kaum durchführbar sind, häufig zu geringe Leistungswerte an, was zu falschen Sicherheitsabständen von Strahlungsquellen führt.

Wirkungen, die auf Erwärmungseffekten beruhen (thermische Wirkungen), sind gut erklärt und untersucht. Sie sollen deshalb im folgenden nicht weiter besprochen werden. Schäden durch thermische Wirkungen treten, soweit bisher bekannt, oberhalb einer Leistungsfluß-dichte von 10 mW/cm^2 ($= 100 \text{ W/m}^2$) auf und werden bei der Festlegung von Richtwerten in der westlichen Hemisphäre üblicherweise als Kriterium angesehen.

W. Wirkungen

1. Hinweise auf Wirkungen

1.1 Der Mensch als elektrische Signalquelle - „The Electromagnetic Man“

Im menschlichen Organismus laufen eine Vielzahl chemischer und physikalischer Vorgänge ab. Von den physikalischen sollen hier die elektrischen Signale näher betrachtet werden. Elektrische Signale werden zur Informationsübertragung, z. B. bei der Nervenleitung, ebenso wie zur Steuerung verwendet.

Eine Reihe von Organen können als Signalquellen betrachtet werden. Einige der wesentlichen zeigt die Übersicht auf der nächsten Seite zusammen mit den Intensitäten und Signalfrequenzen.

In der Arztpraxis wird beispielsweise bei der Aufnahme eines EKG's oder eines EEG's davon Gebrauch gemacht.

Berücksichtigt man diese Vorgänge ist es denkbar, daß die Vorgänge im menschlichen Körper durch äußere Signale gestört werden können.

Herz: Wechselspannungsquelle (schwingender Dipol), Herzfeld $50 \cdot 10^{-12} \text{ T}$ [10]

EKG/MKG (Elektro-/Magnetokardiogramm): Das Herzfeld erzeugt Potentialschwankungen im Körper und an der Körperoberfläche

EKG: 0,1 - 3 mV MKG: 0,1 - 10 pT $f_u - f_o$: 0,2 - 200 Hz

Auge: Bewegung EOG/MOG (Elektro-/Magneto-Okulogramm). Das menschliche Auge wirkt wie ein Dipol in gut leitender Flüssigkeit. EOG und MOG durch Bewegung des Augendipols (Änderung der Blickrichtung. Die Dipolachse entspricht etwa der optischen Achse.

EOG: 0,1 - 3 mV MOG: 0,1 - 10 pT f: 0 - 100 Hz

Lichtreiz ERG/MRG (Elektro-/Magneto-Retinogramm)

ERG: 0,02 - 0,3 mV MRG: 0,1 - 10 pT f: 0,1 - 100 Hz

Gehirn: EEG/MEG (Elektro-/Magneto-Enzephalogramm) Gehirnfeld: ca. 1 pT

EEG: 0,005 - 0,1 mV MEG: 1 pT f: 1 - 70 Hz

Muskeln: EMG/MMG (Elektro-/Magneto-Myogramm)

Tätigkeit der Körpermuskulatur ist wie beim Herzen mit elektrischer Aktivität verknüpft, gemessen an der Hautoberfläche.

EMG: 0,1 - 5 mV MMG: 10 pT f: 10 - 100 Hz

1.2 Nachweis von Wirkungen

Theoretische Untersuchungen

Berechnungen anhand von Modellen, Störungen von körpereigenen Schwingungen durch externe Signale (Fröhlich, Kaiser - Darmstadt) [13]

Epidemiologische Studien

(retrospektive)	Krebsrisiko durch Hochspannungstrassen
alle 1995	Gehirnkrebsrisiko bei Arbeitern in EVU's
	Erhöhte Leukämieraten bei HF-exponierten Soldaten [23]
	EMF und Krebserkrankungen bei Kindern (15 Studien) [17]

Aussagen: Korrelationen, keine Beweise, aber Hinweise [16]

Fehlermöglichkeiten: Annahmen, Ansätze, wie krank waren die Personen vor 20 Jahren?

Experimentelle Untersuchungen

oft an Tieren, beispielhaft (alle 1994/95 veröffentlicht)

Signifikante Zunahme von DNS-Brüchen [22]
Störungen im EKG und EEG durch gepulste Mikrowellen
Störungen von Herzschrittmachern
Schlafstörungen (Sender Schwarzenburg) [18] u.a. [21]

weitgehend akzeptierte athermische Effekte:

- Beeinflussung der Melatonin-synthese
- Beeinflussung von Nervenzellen
- Beeinflussung der Kalzium-Ionenkonzentration
- Beeinflussung der Effizienz der Blut-Hirnschranke
- Beeinflussung des Krebswachstums

Thermische/Athermische Wirkungen: Willkürliche, oft undeutliche Trennung (Mikrowellen-höreffekt), besser: Intensitätsreiche Strahlung (mit meistens thermischen Wirkungen) und Strahlung mit niedrigen Pegeln (mit informativen Wirkungen)

2. Wirkungen hochfrequenter Signale geringer Intensitäten

„Die vorhandenen klinischen und experimentellen Beobachtungen und Untersuchungen weisen nach, daß elektromagnetische Felder funktionelle und sogar morphologische Veränderungen in allen geprüften Organsystemen verursachen, wenn sie in entsprechenden **Frequenzen und**

Intensitäten sowie über bestimmte

Zeiträume einwirken [23]“, als die drei wichtigsten Einflußparameter.

Wichtig erscheint, daß bei diesen Beobachtungen außer den üblichen Parametern **Intensität und Frequenz**, die **Zeit** (Wochen bis mehrere Monate) berücksichtigt wurde.

Sowohl in neuen Veröffentlichungen aus der Schweiz [18] als auch in früheren

Veröffentlichungen aus den GUS-Ländern werden

Nervosität, Einschlaf- und Durchschlafstörungen, Müdigkeit, Reizbarkeit, nicht selten Kopf- und Gliederschmerzen als typisch genannt. Für KOWSCHILOW steht fest:

Die gefundenen Störungen sind erste Anzeichen der klassischen Pathologie.

Er stellt dazu im einzelnen fest: „Die vielen Befunde über die Reversibilität von Störungen und den phasischen Verlauf derselben durch Einwirkung elektromagnetischer Felder deuten darauf hin, daß die vermaschten Regelkreise des Organismus auf Anforderung durch Bestrahlung mit elektromagnetischen Feldern für die Aufrechterhaltung der Homöostase (dynamisches Fließgleichgewicht des Organismus) ihre normale Reaktionsbreite verlassen, um nach Ende der Belastung entweder in den alten Normbereich zurückzukehren (Adaption) oder einen neuen Bereich im Regulationsgefüge einnehmen (z.B. Kompensation). Erst die Desynchronose führt zu Krankheiten [23]“.

VIRCHOW (1869): „Die Krankheit beginnt in dem Augenblick, wo die regulatorische Einrichtung des Körpers nicht ausreicht, die Störungen zu beseitigen. Nicht das Leben unter abnormen Bedingungen, nicht die Störung als solche erzeugt Krankheit, sondern die Krankheit beginnt mit der Insuffizienz der regulatorischen Apparate“.

Für TJASCHOLOWA (1983) gibt es drei Stufen von Veränderungen:

- leichte Veränderungen: Aktivierung der physiologischen Reaktion bei **kurzzeitiger** Einwirkung mittlerer Intensität oder bei chronischer Einwirkung von **schwachen** Intensitäten
- mittlere Veränderungen: Anfangsphase der pathologischen Veränderungen
- schwere Veränderungen: als Krankheit eingestuft [23].

2.1 Zunahme von DNS-Brüchen nach HF-Bestrahlung [22]

Eine indische und eine US-amerikanische Forschergruppe haben eine signifikante Zunahme von

DNS-Brüchen in Gehirnzellen

von Versuchstieren nach Exposition gegenüber HF-Strahlung festgestellt.

Frequenz: 2,45 GHz gepulst mit 500 Hz

Leistungsdichte: 2 mW/cm² (SAR: 1,2 W/kg)

4 Std. nach der Exposition fand sich eine signifikante Zunahme von Einzelstrangbrüchen im Gehirn, unmittelbar nach der zweistündigen Exposition war noch keine Zunahme feststellbar.

Motorola will die Versuche wiederholen lassen.

Nach dem Grenzwertkonzept der WHO liegt der Teilkörperexposition-SAR-Grenzwert bei 2 W/kg.

Unterhalb dieser Werte besteht danach kein gesichertes Schadenspotential für Hochfrequenzstrahlung

Im einzelnen sollen beispielhaft Einwirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder und Wellen geringer Intensität auf

- das Nervensystem
- das Herz-/Kreislaufsystem
- das endokrine System und
- das Immunsystem

angegeben werden, wie sie, vorwiegend in [2], [23] zahlreich aber auch in [18] veröffentlicht wurden.

2.2 Wirkungen auf das Nervensystem

Das Nervensystem reagiert empfindlicher als andere Systeme.

Störungen werden aus vielen Bereichen bekannt, in denen Mobilfunkstationen in Betrieb gegangen sind, wobei sorgfältige Untersuchungen kaum vorhanden sind. Bemerkenswert ist aber die Reaktion von Kindern und Säuglingen, die einen Zusammenhang mit dem Sendebetrieb nicht bewußt erfahren.

Eine fundierte Untersuchung aber, entstanden in der Zusammenarbeit mehrerer renommierter Institute liegt aus neuerer Zeit für den Kurzwellensender Schwarzenburg vor [18]. Festgestellt wurden dabei eine deutliche Zunahme der Nervosität (entfernungsabhängig vom Sender), Einschlafstörungen, die deutlich altersabhängig waren (über 45-jährige waren stärker betroffen als Jüngere) und ebenfalls entfernungsabhängig waren (mit zunehmendem Abstand vom Sender nehmen die Beschwerden ab). Ähnlich, aber noch ausgeprägter wurden Durchschlafstörungen registriert, dazu allgemeine Schwäche, Glieder- und Gelenkschmerzen.

Gesundheitliche Auswirkungen des Kurzwellensenders Schwarzenburg

August 1995

Auftraggeber: Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern

Quelle: BEW-Schriftenreihe Studie Nr. 56, Vertrieb EDMZ: 805.756

Ausführend: Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Bern

Mitarbeit: Bernisches Institut für Arbeitsmedizin

Inst. für Viruskrankheiten und Immunprophylaxe, Mittelhäusern

Telecom Schweiz, Bern

Techn. Aufsicht: Inst. für Feldtheorie und Höchstfrequenztechnik, ETH Zürich

Laboratoire d'Electromagnétisme et d'Acoustique, Ecole

Polytechnique Fédérale de Lausanne

7 Autoren, davon 6 Mediziner

Beginn: 1991

Sender Schwarzenburg, Leistung 3 x 150 kW

Personen: Gebiet A - 70 Personen

Gebiet B - 70 Personen

Gebiet C - 47 Personen

55 Meßpunkte zur Messung der magnetischen Feldstärke mit 2621 Meßwerten,
dazu: Messungen in 44 Schlafräumen mit 1578 Meßwerten

Bemerkungen:

- Bei den stärker exponierten Gruppen sind die Störungen gravierender (Einschlafstörungen, Durchschlafstörungen, Gelenkschmerzen)
- Bei den älteren (über 45 Jahre) Testpersonen sind die Störungen gravierender, als bei jüngeren
- In der zweiten Nacht nach (nicht bekanntem!) Abschalten des Senders ist eine deutliche Besserung festzustellen

Gepulste Signale

Berücksichtigt man weiterhin, daß gepulste/diskontinuierliche, Bestrahlung und zwar sowohl im niederfrequenten ebenso wie im hochfrequenten Bereich, wie sie bei modernen Mobilfunksystemen des D- und E-Netzes aus wirtschaftlichen Gründen angewendet wird, biologisch wirksamer ist, als kontinuierliche, wie eine Reihe von Veröffentlichungen schon seit etwa 1960 bis heute belegt (CHOLODOW 1971, KOLOTYGINA 1984 Akademie der Wissenschaften der UdSSR, KULLNICK 1993), kann man dadurch eine deutlich gesteigerte biologische Wirksamkeit gegenüber der Bestrahlung durch den Kurzwellensender ableiten. Die Datenstruktur moderner Mobilfunksysteme [26] mit TDMA (Time Domain Multiple Access) entspricht einem diskontinuierlichen Betrieb. Die Wirkung der (mobilen) Handgeräte (Handy) auf das EEG wurde erstmals 1992 veröffentlicht [14], seitdem werden die Ergebnisse einerseits angezweifelt und andererseits in variiert Form wiederholt und weitergeführt mit der Aussage, daß noch Stunden nach der Exposition mit Leistungsdichtewerten im mW/cm^2 -Bereich die Einwirkung der Bestrahlung nachgewiesen werden kann. Sicher scheint, „daß die bisherigen Rechenmodelle die bisherigen SAR-Werte systematisch und deutlich unterschätzt haben [Kuster in 24: Selbst Mobiltelefone mit 1 W Leistung überschreiten die Grenzwerte der WHO und zwar alle der im Test verwendeten Typen].

Im unteren Mikrowellenbereich wurden durch GWOSTIKOWA (1963 und 1964) EEG-Veränderungen schon bei Bestrahlungen mit $20 \text{ mW}/\text{cm}^2$ (täglich 5 Minuten) gefunden [23]. Dort wird auch berichtet, daß

- alle untersuchten Frequenzen zu ähnlichen Veränderungen im Nervensystem führen
- Störungen der Aktivität des Gehirns auftreten
- EEG-Veränderungen (bis hin zu epileptoformen Veränderungen) beobachtet wurden
- schnelle Ermüdbarkeit, Schlafstörungen, Kopfschmerzen auftreten.

Diese Ergebnisse sind deckungsgleich mit einer Reihe von Beobachtungen in Deutschland und der Schweiz. Russische Veröffentlichungen erscheinen deshalb so bedeutsam, weil die heilende Wirkung elektromagnetischer Felder seit Jahrzehnten dort einen breiten Raum einnimmt (s. auch [2]) und dort sehr viel Erfahrung auf diesem Gebiet vorliegt.

Oft ist unbekannt, daß auch die Leckstrahlung des Mikrowellenherdes gepulst ist. Der Mikrowellenherd strahlt wegen fehlerhafter Siebung im Netzteil im 50-Hz-Rhythmus (oder 100 Hz) der Netzfrequenz-Halbwellen seine Mikrowellenenergie ab.

Da alle anderen Reaktionen des Organismus eng mit den Reaktionen des Nervensystems verknüpft sind, sollen sie nur noch exemplarisch erwähnt werden.

2.3 Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System

werden überwiegend für 50-Hz-Felder und für Mikrowellenbestrahlung höherer Intensität beschrieben, die hier nicht in Betracht kommen. SADSCHIKOWA hat 1971 gezeigt, daß durch Mikrowellenbestrahlung ungünstige Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System auftreten. Die Intensitäten betrugen zum einen einige mW/cm^2 und zum anderen ein Hundertstel davon, also einige 10 mW/cm^2 [23]. Zur Therapie von Bluthochdruckpatienten werden in Rußland Bestrahlungen im unteren Mikrowellenbereich durchgeführt.

2.4 Wirkungen auf das endokrine System

KOWSCHILOW nimmt an, daß berufsbedingte Belastungen mit elektromagnetischen Feldern fast immer zu Störungen des endokrinen Systems führen (Schilddrüse, Nebennierenrinden-System) und daß diese Störungen infolge Beeinflussung des Zentralen Nervensystems entstehen. SIDOROW berichtet 1982 über eine Stimulierung des endokrinen Systems nach Bestrahlung mit Dignalen im unteren Mikrowellenbereich und 1992 über die therapeutische Wirkung auf rheumatische Arthritis. Im gleichen Frequenzbereich fanden SCHUTENKO und SCHAIKO eine deutliche Erhöhung der Schilddrüsenaktivität durch Bestrahlung mit Leistungsdichten schon ab $1,5 \text{ mW/cm}^2$ [23]. Wo Reaktionen des Organismus nachgewiesen sind, sind natürlich ebenso wie erwünschte Effekte zur Therapie, bei ähnlichen Frequenzen und Intensitäten, auch andere unerwünschte Effekte denkbar.

2.5 Wirkungen auf das Immunsystem

Im Gegensatz zu den vorhergehenden Abschnitten gibt es zu den Wirkungen auf das Immunsystem eine Reihe qualifizierter Arbeiten aus den USA (Ross ADEY), die sich mit möglichen Wirkungsmechanismen für eine Krebsentstehung, Krebspromotion und -abwehr durch HF-Strahlung beschäftigen [27]. Eine Beeinträchtigung des Immunsystems fanden ADEY und BYUS bei niederfrequent modulierter Strahlung im unteren Mikrowellenbereich (1983), wie schon vor ihnen um 1960 tschechische Autoren. Auch diese Ergebnisse werden durch neueste Veröffentlichungen infrage gestellt.

Auch SMIGIELSKI (Polen) hat eine Vielzahl von Studien veröffentlicht, die sich mit der Wirkung von hochfrequenter Strahlung auf das Immunsystem beschäftigen. Auch er liefert Beispiele, daß sich Kurzzeit- und Langzeitexposition in ihrer Wirkung deutlich unterscheiden: Nach kurzer Exposition (einmalig oder über einige Tage) kommt es zur **Stimulation** des hormonellen Immunsystems, nach einer HF-Belastung über einige Monate kommt es zu einer (reversiblen) Unterdrückung des Immunsystems [14]. Ebenso verfahren BOGOLJU-

BOWA und UTKIN (1990), die die positive Wirkung kurzzeitiger hochfrequenter Bestrahlung auf das Immunsystem zur Therapie immungeschwächter Menschen (über 55 Jahre) ausnützen (1990), auch KRYLOW berichtet (1983), daß schwache Intensitäten im Mikrowellenbereich in den ersten drei Wochen eine stimulierende immunologische Wirkung haben, längere Bestrahlungen aber die Antikörpersynthese hemmen [23].

2.6 Mikrowellen-Resonanzerscheinungen

Mikrowellen-Resonanzerscheinungen gehören zu den Effekten, die sowohl theoretisch als auch experimentell untersucht wurden. Berechnungen, die anhand eines Pendelmodells von Fröhlich (s. auch [13]) untersucht wurden, veranschaulichen, wie ein Schwingungsmechanismus von einem regulären periodischen Zustand in einen chaotischen Zustand durch einen winzigen Energiebetrag (Trigger) übergeführt werden kann, wenn das zum richtigen Zeitpunkt geschieht. Die Hauptenergie stammt dabei vom System, das Trigger-Signal von außen steuert nur den Prozeß.

Praktische Versuche zur Frequenzabhängigkeit von Wachstumsvorgängen im Mikrowellenbereich wurden in vielen Ländern und Instituten durchgeführt, u.a. von Grundler und Keilmann [6], die lange Jahre als wissenschaftlich gesichert galten und erst in neuester Zeit infrage gestellt werden [19].

Ein Beispiel für Resonanzwirkungen in Proteinketten zur intensitätsabhängigen Informationsübermittlung beschreibt Ludwig [15].

In den Ländern des Ostens gehört die Mikrowellen-Resonanztherapie/Bioresonanztherapie seit Jahrzehnten zum Standard der Behandlungsmethoden in der Klinik und in der Praxis. Man verwendet dabei zum einen schmalbandige, selektiv wirkende Mikrowellengeneratoren und zum anderen breitbandige mit Rauschsignalen im Frequenzbereich von etwa 40 GHz bis 90 GHz und höher.

Die Leistungsdichtewerte liegen dabei zwischen etwa 1 und 10 mW/1 cm², als Ganzkörper-Leistungsdichte also bei etwa 0,1 - 1 µW/cm² (zum Vergleich mit den deutschen Grenzwerten).

3. Wirkungen niederfrequenter Signale

Die Wirkung niederfrequenter Signale scheint vorwiegend auf der magnetischen Komponente zu beruhen. Man geht heute davon aus, daß durch niederfrequente Magnetfelder die Melatoninausschüttung gehemmt wird. Da dem Melatonin eine krebswachstumsmindernde Wirkung zugeschrieben wird, kann dadurch das Krebswachstum ungebremst erfolgen.

Forschungsergebnisse aus Deutschland [28] und eine Reihe epidemiologischer Studien aus den USA und Schweden [29] lassen gesteigertes Krebswachstum ab einer Flußdichte von mehr als $0,2 \mu\text{T}$ als wahrscheinlich erscheinen.

In diesem Zusammenhang sind Forderungen der amerikanischen Umweltschutzbehörde EPA zu sehen (Environmental Protection Agency), die Grenzwerte stufenweise auf $0,2 \mu\text{T}$ zu senken. Grundlage ist der Vorabbericht einer Studie, die im Auftrag des NCRP erstellt und im Herbst 1995 veröffentlicht wurde (9 Jahre lang haben 11 führende Strahlenschutzexperten Daten gesammelt und ausgewertet, Sprecher der Gruppe: Ross Adey). Als mögliche Schäden werden angegeben: Brustkrebsentstehung (!), degenerative Gehirnerkrankungen (Parkinson, Alzheimer), koronare Leiden wegen Störungen der Melatoninproduktion, Leukämie bei Kindern, Entstehung (!) von Gehirntumoren. Der Vorbericht wurde später wieder zurückgezogen, das Erscheinen des Berichts infrage gestellt.

Ein Beispiel natürlicher Strahlung im Frequenzbereich zwischen 7 und 28 kHz ist die Wetterstrahlung (Sferics), die eine interessante Korrelation mit der Anfallhäufigkeit von Epileptikern zeigt.

Allgemein ist bekannt, daß Vorschädigungen des Organismus verschiedener Art (beispielsweise hohe Schwermetallbelastung) zu höherer Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern und Wellen führt (Elektrosensibilität).

Im Bereich von 4 Hz bis 18 Hz werden Magnetfelder zur beschleunigten Knochenheilung eingesetzt, bekannt als Magnetfeldtherapie (beispielsweise Krankenhaus Garmisch-Partenkirchen).

Künstliche Felder im niederfrequenten Bereich sind Bahnstromleitungen und Energieversorgungsleitungen sowie Felder von Haushaltgeräten und Stromzuleitungen. Einige Meßwerte sind auf der nächsten Seite zusammengestellt.

Wesentlich erscheint dabei der Hinweis, daß mit zunehmendem Abstand die Feldstärke bei Geräten sehr rasch abnimmt.

Entfernungsabhängige Magnetfeldwerte:

- Abnahme mit $1/r$ bei Einleitersystemen (z.B. viele Installationsleitungen im Haus)
- Abnahme mit $1/r^2$ bei Dreileitersystemen (z.B. Hochspannungsleitungen)
- Abnahme mit $1/r^3$ bei Maschinen (z.B. Fön, Mixer u.ä.)

Meßwerte

	Abstand	Magn. Flußdichte	Elektr. Feldstärke
Radiowecker	0	20 μ T	1800 V/m
	10 cm		300
	110 cm	0,015	4
Steckdose	0	-	1800
	100 cm	-	20
Rechnerbildschirm	0		1400
	60 cm		8
Rasierapparat	0	100	2000
Elektroherd	0	60	400
Synchronuhr am Herd	0	12	
	50 cm	1	
Leuchtstoffröhre	0		2000
	100 cm		28
Niedervoltleuchte	0	50	
	50 cm	0,1	
Lüfter	0	5	
Mixer	0	15	
Elektr. Wärmepumpe	0	<1	
Kl. Netzgerät/Lade- gerät	0	70	
	50 cm	2	

Mikrowellenherd-Leckstrahlung

	Abstand	Leistungsdichte
geringe Last	0	40 - 100 μ W/cm ²
	5 cm	30 - 80 μ W/cm ²
normale Last	0	20 - 60 μ W/cm ²
	5 cm	10 - 40 μ W/cm ²

R. Grenzwerte/Richtwerte

1. Voraussetzungen zur Grenzwelterstellung

Die Grenzwerte der einzelnen Institutionen, einige der bedeutendsten sind:

IRPA	International Radiation Protection Association
ANSI	American National Standard Institute
ICNIRP	Internat. Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
NCRP	National Council on Radiation Protection and Measurement
DIN/VDE	Deutsches Normengremium der DKE

sind Empfehlungen.

In Deutschland wurde am 22. Mai 1996 eine Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz erlassen, die im Oktober 1996 als Gesetz in Kraft treten soll.

Aufgrund großer Unterschiede in der Grenzwelterstellung im östlichen und im westlichen Bereich und nur ungenügend gesicherter Erkenntnisse, ergibt sich eine große Diskrepanz bei den einzelnen Werten.

In der westlichen Hemisphäre wird ausschließlich das Vermeiden thermischer Schäden durch elektromagnetische Einwirkungen zur Erstellung der Grenzwerte zugrunde gelegt, ausgehend davon, daß beim Grundumsatz des Menschen etwa 5 mW pro cm² Körperoberfläche abgestrahlt werden. Durch Thermoregulation muß er demnach leicht in der Lage sein, eine von außen auftreffende Strahlungsleistung in gleicher Größenordnung auszugleichen. Die Grenzwerte nach DIN/VDE 0848 liegen im oberen Frequenzbereich bei etwa 0,2 bis 5 mW/cm².

Im östlichen Bereich werden Verhaltensänderungen (festgestellt z.B. im Tierversuch) zugrunde gelegt. Man kommt dabei zu Werten, die um den Faktor 100 bis 1000 niedriger liegen.

Östliche Standards beruhen auf der Abwesenheit von Auswirkungen, die westlichen auf einer möglichen Gesundheitsgefährdung (Hearing im Deutschen Bundestag, Mai 1993)

Kommentar: Ausgeschlossen sollen durch westliche Standards werden:

- Schäden durch thermische Wirkungen
- nicht etwa thermische Wirkungen,
- auch nicht andere Schäden

Es ist eine Frage der Ausgangsposition, ob das Risiko, durch elektromagnetische Felder einen Schaden zu erleiden zu Null gemacht werden soll (Ansicht OST), während in anderen Fällen stets ein Restrisiko bleibt, z.B. Straßenverkehr (Ansicht WEST).

2. Vergleich der Grenzwerte westlicher und östlicher Länder und Institutionen

2.1 Verordnung zum Immissionsschutzgesetz (BMU)

Niederfrequenter Bereich

Frequenz	Elektrisches Feld	Magnetische Induktion
50 Hz	5 kV/m	100 μ T
16 2/3 Hz	10 kV/m	300 μ T

HF-Bereich *DIA/IDE 0548/OKT. 91*

Frequenz MHz	El. Feld V/m	Magn. Feld A/m	Leistungsdichte W/m ²
10 - 400	27,5	0,073	2
400 - 2000	$1,375 \cdot \sqrt{f}$	$0,0037 \cdot \sqrt{f}$	$0,005 \cdot f$
2'000 - 300'000	61	0,16	10

Bei Pulsen >30 MHz : Spitzenwert der Feldstärken mit 32 multipliziert
(Leistungsdichten also mit etwa 1000)

2.2 Grenzwerte der (ehemaligen) UdSSR

Eine Übersicht über die vom Ministerium für Gesundheitswesen der UdSSR 1985 veröffentlichten Schwellenwerte zeigt die Tabelle unten. Das Autorenkollektiv bestand aus 5 Medizinern/Biologen (davon 4 Angehörige der Akademie der Medizinischen Wissenschaften der UdSSR) und 5 Ingenieuren.

Band	Wellenlänge	Frequenz	Feldstärke/Leistungsdichte
LW	10 - 1 km	30 - 300 kHz	max. 25 V/m
MW	1 - 0,1 km	0,3 - 3 MHz	max. 15 V/m
KW	100 - 10 m	3 - 30 MHz	max. 10 V/m
UkW	10 - 1 m	30 - 300 MHz	max. 3 V/m
MiW	1 m - 1 mm	300 MHz - 30 GHz	max. 10 μ W/cm ²

Die Wirkung elektromagnetischer Felder und Wellen hängen wesentlich von der Expositionsdauer und der Intensität ab. Im Schwellenbereich von 10 μ W/cm² werden bei einer Einwirkungsdauer von 8 Std. täglich über 3 Monate hinweg signifikante Änderungen des Mineralstoffwechsels festgestellt, zeigen russische Veröffentlichungen.

Zitat von Prof. Günter Käs (Universität der Bundeswehr München) im Fernsehen 1997:

"Die Werte liegen zwar unter den Grenzwerten, aber unsere Grenzwerte orientieren sich ja nicht nach der Gesundheit"

- [1] BMU: Verordnung über elektromagnetische Felder vom 22. Mai 1996
- [2] Tagungsband "International Symposium Millimeter Waves of non-thermal Intensity in Medicine, Oct. 3-6 1991, Moscow
- [3] NCRP-REPORT Nr. 119: A Practical Guide to the Determination of Human Exposure to Radiofrequency Fields, 1993
- [4] Kokoschinegg, P.: Wirkungsmechanismen des Einflusses elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf den Menschen. Tagungsband des Jubiläumskongresses des Österreichischen Instituts für Baubiologie, 4.-6. Okt. 1990
- [5] Griebhammer/Lungershausen: Diplomarbeit "Beeinflussung biologischer Systeme durch elektromagnetische Wellen", Universität d.Bw München, FB BET.
- [6] Grundler und Keilmann: Experimental RF and Microwave Resonant Nonthermal Effects, in Grandolfo, e.a.: Biological Effects..., Plenum 1983.
- [7] Krause, N.: Tagungsband "Nichtionisierende Strahlung", 7.-9. Nov. 1988. Köln
- [8] Kraus, W.: Magnetfeldtherapie, Orthopäde, Springer-Verlag 1984
- [9] Haury, H.-J. u.a.: Elektromog GSF-Bericht 20/93, Band 1
- [10] Eichmeier, J.: Med. Elektronik, Springer-Verlag 1983
- [11] Varga, A.: Physikalische Umwelt und Gesundheit, Heidelberg 1989
- [12] Bise, W.: Lower Power Radio-Frequency and Microwave Effects on Human Encephalogram and Behaviour, Physiol. Chem. & Physics 10, 1978
- [13] Kaiser, F.(1988): Theory of nonlinear excitations in: Biological coherence and response to external stimuli. H. Fröhlich, Ed., Springer, Heidelberg
- [14] Klitzing, L. von: Electromagnetic Fields Pulsed with 217 Hz Alter EEG of Man at Very Low Energy Levels, Satellite Symposium on Neuroscience and Technology, 11th Ann. Int. Conf. of the IEEE in Med. and Biology Society, Lyon, France, November 1992.
- [15] Ludwig, W.: Die Bioresonanztherapie, Raum&Zeit 41/89
- [16] Forschungsgemeinschaft Funk: Epidemiologische Studie zu Krebserkrankungen. Newsletter 3. Sept. 1994
- [17] Meinert, R.: Epidemiologische Studien über elektromagnetische Felder und Krebserkrankungen bei Kindern, Elektromog-Report 1(5), 1995
- [18] BEW Publication Series Study Nr. 55: Study on Health Effects of the Shortwave Transmitter Station of Schwarzenburg, Berne, Switzerland, August 1995 (BEW: Bundesamt für Energiewirt.)
- [19] Kohli, J. et al.: Neue Resultate zum Einfluß schwacher hochfrequenter Felder (Mikrowellen) auf das Wachstum von Hefen, Inst. für Allgem. Mikrobiologie, Universität Bern, 1996
- [20] Bayer. Staatsministerium für Landesentw. und Umweltfragen: Exposition der Bürger in Bayern durch elektromagnetische Felder, August 1994
- [21] Beeinflussung des Schlafes durch HF-Strahlung. Elektromog-Report 2 (8), 1996
- [22] Zunahme von DNS-Brüchen nach Hochfrequenz-Bestrahlung. Elektromog-Rep. 1 (1), 1995
- [23] Bundesamt für Post und Telekommunikation: Literaturstudie (UdSSR/GUS, Zeitraum 1960-1992) (EMVU)

- [24] Kuster in: Forum Elektromog, Wirkung elektromagnetischer Felder auf Mensch und Umwelt, 25./26. April 1995, TÜV—Akademie Rheinland
- [25] Klitzing, L. von: Das Biologische System im elektromagnetischen Feld, Med. Universität zu Lübeck, 25./26. November 1988
- [26] Hofmann, A.: Strahlung von Kommunikationsgeräten, Diplomarbeit an der Universität der Bundeswehr München, FB ET/FH 1993
- [27] Katalyse e.V.: Elektromog — Gesundheitsrisiken, Grenzwerte, Verbraucherschutz, C.F. Müller Verlag GmbH, Heidelberg 1994
- [28] Mevissen/ Löscher: Tierexperimentelle Untersuchungen zeigen krebspromovierende Wirkungen niederfrequenter Magnetfelder, Elektromog Report 1(1). 1995
- [29] Ahlbohm et al: Biological Effects of Powerline Fields, New York State Power Lines Project. Final Report, July 1987
- [30] Erhöhte Leukämierate bei HF—exponierten Soldaten. Elektromog—Rep. 1 (5). 1995
- [31] Irnich et al.: Störbeeinflussung von Herzschrittmachern durch Mobilfunkgeräte. FGF—Edition Wissenschaft, Ausgabe Nr. 7, Mai 1996
- [32] Lin et al: Risk of Childhood Leukemia in Households Near High Power Lines. Proceedings of the First International Conference on Bioelectromagnetism, 9—13. June 1996, Tampere, Finland