

# Elektrosensibilität

## Was ist eine Elektrosensibilisierung?

- Eine Elektrosensibilisierung (ES) ist die reale bewußte Wahrnehmung von bestimmten Frequenzen aus technisch erzeugten elektromagnetischen (Spannungs-)Feldern, für die der Mensch "normalerweise" kein (Empfangs-)Organ hat.
- Die ES ist eine neue Zivilisationskrankheit, die nach bisherigen Beobachtungen und Erkenntnissen auf der Grundlage von Schwermetallbelastungen, insbesondere von Quecksilber aus dem Amalgam auftritt.
- Die ES ist offenbar ein Indikator für den Schweregrad einer Quecksilberintoxikation (Micromercurialismus). Sie ist somit ein Symptom einer Amalgamvergiftung.
- In Schweden ist die Elektrosensibilisierung wissenschaftlich als "Magnetfeldallergie" anerkannt.

Mit den stofflich ausgelösten Allergieformen hat die ES gemeinsam:

- die Reaktion vom 'Soforttyp' (z.B. Umfallen unter offenen Stromleitungen, bei Computern u.a.)
- die Reaktion vom Spättyp (z. B. stärker oder längerdauernde elektromagnetische Einwirkungen = Kumulationseffekt äußern sich erst nach 1-2 Tagen mit den üblichen ausgelösten Befindlichkeitsstörungen).
- Wie wirkt eine Elektrosensibilisierung?

Der davon Betroffene nimmt schutzlos in seinem Körper die auf ihn einwirkenden spezifischen elektromagnetischen Schwingungen auf, die sich als brennende sehr schmerzhaft, oft Übelkeit erregende Manifestationen von verschiedener Dauer und Stärke äußern. Der Körper ist danach tief erschöpft.

In der Nacht, wo bekanntlich die Magnetfelder (wegen der Sonnenabgewandtheit der Erde) deutlich stärker wirkt, wird der Schlaf der Betroffenen z. B. durch anspringende Pumpen oder aufschaltende Elektrogeräte dauernd abrupt gestört, was zu weiterer Schwächung führt. Die Elektro-Empfindung läßt sich mit keiner anderen vergleichen.

- Schwerpunkte mit besonders erniedrigter Reizschwelle sind die für eine Quecksilbervergiftung charakteristischen Körperstellen wie Kopf (Gehirn/"Tinnitus!"), Rückenmark, Nieren, Nervenbahnen in Armen und Beinen; das Herz wird in den Rhythmus der Pumpen gezwungen.
- Die elektromagnetischen Felder sind durch (fast) nichts abzuschirmen und durchdringen jede Wand und insbesondere Stahlbeton (Stahl magnetisiert, daher sind auch Federkernmatratzen für ES belastend).
- Die Elektrosensibilisierten nehmen die Feldimpulse selbst auf unvorstellbar weite Entfernungen auf (bei schlimmen Fällen). Es ist auch nachgewiesen, daß sie z. B. sehr schwache Felder aufnehmen - die Elektrosensibilität hängt also wesentlich von den auslösenden Frequenzen ab und erst sekundär von der Stromstärke.
- Jeder Elektrosensibilisierte reagiert auf individuell andere Frequenzen und Auslöser.

Es wurde beobachtet, daß sich die Frequenzen im Laufe der Zeit ändern.

- Elektrosensibilisierte können keinerlei Metall am Körper vertragen (Ohringe, Armbanduhren, Ketten, Ringe), sie sollten auch möglichst Metall in der Wohnung meiden.
- Ist die ES gefährlich?: Ja. Dauernde Strahlenreizung über Schwermetallsalze im Organismus kann zu Krebsgefährdung führen. Außerdem zu Hirnschädigungen und Herzschäden.

- Die Elektroempfindungen werden von den Betroffenen als "Folterqualen" beschrieben und führen zu Verzweiflungsanfällen, da ja heutzutage praktisch kaum ein Ausweichen möglich ist - z. B. Einkauf in Supermärkten (Kühltruhen, Klimaanlage, Leuchtstoffröhren, elektrische Kassen (niemand läßt einen Elektrosensibilisierten vor, weil das Leiden nicht verstanden wird) - ebenso: Aufenthalt in Ämtern und Banken mit ihren vielen Computern; in Wohngebäuden: hochelektrifizierte Haushalte, Fahrstühle, Antennen; Reisen in den hochelektrifizierten Zügen (ICE) ist vielen nicht möglich oder wenn notwendig, wird dies mit schweren Nachwirkungen erkaufte. Märkte: offenliegende Kabel mit starken Magnetfeldern. Telefonieren: besonders starke Magnetfelder am Kopf. Urlaub ist aus diesen Gründen praktisch nicht möglich. Schutz bietet lediglich ein weites Abseits von den üblichen Feldern.

- Ist die ES nachweisbar?: Ja.

Sie ist sowohl in England (von Dr. Cyril ➔ Smith, Professor an der Salford University) wie auch in Deutschland (von Dipl.-Ing. Willem ➔ Busscher, Geobiologischer Forschungskreis/Eberbach) durch wissenschaftliche Methoden (Blind- und Doppelblindversuch) an verschiedenen Betroffenen meßtechnisch bewiesen worden.

- Besteht Literatur über die Elektrosensibilität?: - Ja.

"The Electro-magnetic Man" von Cyril Smith/England (er bestätigt darin eine Reihe von Selbstmordfällen, die die ES nicht mehr ausgehalten haben)

"Der Funke des Lebens" (Original: "Cross Currents"/USA) von Prof. Robert O. Becker/USA (ab Seite 314, Kap. 11. Die neuen Seuchen: Das EM Hypersensibilitätssyndrom: Überempfindlichkeit gegen elektromagnetische Felder)

"Elektro Schock" von Michael Shallis/England, z. B. S. 67 "Allergisch gegen Elektrizität" (von Seite 57-59 wird der Fall von Ursula Schmidt-Clausbruch/Germany geschildert).

(Anmerkung.: Da in England wie auch in den USA das Thema Amalgam absolut tabu ist, erwähnt keiner der Autoren die auslösende Substanz für ES).

(Im Gegensatz dazu: Schweden, wo das Amalgam lt. Regierungsentscheidung ab 1. Januar 1997 verboten wird.)

- Es gibt die ES-Fälle in Deutschland, Schweden, England, Österreich, Holland, USA
- Es ist bisher niemand bekannt, der ohne Gebißsanierung von der ES geheilt worden wäre. Selbstmordfälle sind bekannt.

Die Zahl der Fälle - soweit bekannt! - ist bisher nicht groß, sie nimmt jedoch zu.

Prof. David (Gutachter der Elektrokonzerne) beziffert die Zahl bisher (lt. Literatur) auf ca. 8% der Bevölkerung Deutschlands. Es ist zu befürchten, daß etliche solcher Fälle - da nicht erkannt - in Psychiatrien 'gedämpft' werden.

- Das Phänomen der Elektrosensibilität sollte durch interdisziplinäre Forschung geklärt werden.
- Für die Betroffenen sollten bestimmte Areale für elektromagnetisch weitestgehend geschützte Wohnhäuser (baubiolog. Holzhäuser, Pilotprojekt, Musterhäuser) zur Verfügung gestellt werden, evtl. auf nicht als Bauland ausgewiesenen Flächen. (Bauland = Kabel!)

Dies als Leidensmilderung und therapeutische Maßnahme, da chronische schwere Quecksilbervergiftungen bis heute nicht heilbar sind.

- Das ES-Leiden sollte offiziell anerkannt werden und die Betroffenen einen ES-Paß erhalten, damit sie eine Schutzbehandlung erfahren.

## Vorkommen

### Elektrosmog ■

Neben der Schädigung von Mensch und Umwelt aus Chemieanlagen, durch gentechnische Experimente, durch Abgase aus Verkehr, Energieerzeugung und Müllverbrennung und durch Radioaktivität sind in der letzten Zeit vor allem mögliche Gefahren durch elektromagnetische Felder bzw. Strahlen ins Blickfeld der Öffentlichkeit gerückt. Überall, wo neue Sendeanlagen oder Hochspannungstrassen errichtet werden sollen, bilden sich Bürgerinitiativen, die vor den Gefahren des Elektrosmogs warnen.

Mensch und Natur sind an Magnetfelder gewöhnt. Seit es die Erde gibt existiert auch ein statisches Magnetfeld, das sich zwar im Laufe der Erdgeschichte wohl einige Male umgepolzt hat, aber grundsätzlich auf relativ konstantem Niveau geblieben ist. Relativ geringe Schwankungen im Erdmagnetfeld treten auf bei besonderen geologischen Gegebenheiten wie im Bereich von Wasseradern und Erzgängen. Auch elektrische Entladungen - und damit entsprechende elektromagnetische Felder - aller Art sind in der Natur üblich; ob man Bernstein reibt oder eine Katze gegen den Strich streicht, ob "Elmsfeuer" oder Blitze - Elektrizität ist ein natürliches Phänomen. Auch zellbiologische Prozesse oder die Reizleitung durch die Nerven sind ebenso als (chemo-)elektrische Vorgänge zu verstehen wie die Steuerung des Herzschlages. Es gilt als sicher, daß eine wesentliche Grundbedingung der Evolution (von der "Ursuppe" bis zu den Orientierungsorganen von Zugvögeln) das Vorhandensein von Elektrizität ist.

Kaum ein halbes Jahrhundert alt ist das Auftreten von elektromagnetischen Wechselfeldern in großem Umfang durch

- Sendeanlagen
- Radaranlagen
- elektrische Geräte aller Art
- Stromleitungen
- Oberleitungsnetze des Öffentlichen Verkehrs

Die ständige Belastung durch elektromagnetische Wechselfelder liegt außerhalb der evolutionären Erfahrung von Mensch und Natur. Somit konnten und mußten für diese Phänomene keine Wahrnehmungsorgane ausgebildet werden. Erst in den Bereichen extrem hochfrequenter Wellen (Wärmestrahlung/Infrarot und Lichtwellen) können wir Strahlung über die Haut und die Augen wahrnehmen.

Es steht außer Zweifel, daß elektromagnetische Felder biologisch wirksam sind. Starke Hochfrequenzfelder (Mikrowellen) führen zu thermischen Effekten; diese Erhitzungswirkung wird auch in Mikrowellenherden genutzt. Es ist sehr einfach möglich, mit einer starken Radaranlage, wie sie im militärischen und Flugsicherungsbereich benützt werden, Menschen, Tiere und Pflanzen zu töten. Aus diesem Grunde werden um derartige Sendeanlagen Sicherheitszonen eingerichtet. Bedeutend für den Menschen, der nicht im unmittelbaren Nahbereich von Hochfrequenzanlagen arbeitet, ist aber vor allem die Belastung durch niederfrequente elektromagnetische Felder in den Bereichen von 16  $\frac{2}{3}$  Hertz (Bahnstrom) und 50 Hertz (übliche Energieversorgung). Eine Ausnahme bilden hier wahrscheinlich die neuen digitalisierten Mobilfunknetze (D2 und Nachfolger), die zwar mit sehr hohen Frequenzen arbeiten, aber niederfrequent gepulste Wellen aussenden. Problematisch sind hier vor allem die Mobilfunkgeräte und weniger die Sendetürme.

Weit unterhalb der Schwelle thermischer Wirkungen wurde eine Reihe anderer biologischer Effekte durch relativ schwache elektromagnetische Wechselfelder beobachtet. Herzkammerflimmern, Nervenstimulation, Magnetophosphene (Augenflimmern) und Funktionsstörungen von Herzschrittmachern wurden registriert. Einige Studien legen darüber hinaus den Verdacht nahe, daß durch elektromagnetische Felder Leukämie bei Kindern und einige andere Krebsarten ebenso wie Mißbildungen, Stoffwechselstörungen, Störungen von Nervenimpulsen und eine Reihe weiterer unliebsamer Wirkungen ausgelöst werden können. Nicht auszuschließen sind Synergismuseffekte z. B. im Zusammenwirken von chemischen Umweltgiften oder viralen Infektionen mit E/M-

Feldern.

Häufig wird in der Literatur das Auftreten von Kopfschmerzen, Nervosität, Schlaflosigkeit, Erschöpfungszuständen, Allergien und nachlassender Libido mit der Wirkung elektromagnetischer Felder in Verbindung gebracht. Bedauerlicherweise widersprechen sich die wenigen ernstzunehmenden Studien aus diesem Bereich und bieten sowohl Hinweise auf die geschilderten Wirkungen als auch auf das Nichtvorhandensein eben dieser.

Einige Theorien postulieren eine ursächliche Wirkung von den allgegenwärtigen E/M-Feldern auf das Waldsterben. Diese Annahmen konnten allerdings bisher nicht substantiiert werden.

Wer nicht in der unmittelbaren Nähe elektrischer Hochspannungsleitungen lebt, ist fast ausschließlich hausgemachten E/M-Feldern ausgesetzt. Alle elektrischen Leitungen, gleichgültig ob Verbraucher in Betrieb sind oder nicht, bauen ein elektrisches Feld auf. Magnetfelder entstehen erst, wenn Strom fließt, also ein "Verbraucher" eingeschaltet ist. Von größerer Bedeutung sind sicherlich die Magnetfelder, da sie im Gegensatz zu den elektrischen Feldern nicht durch Wände abgeschirmt werden.

Ein beträchtlicher Teil unserer modernen Haushaltsgeräte baut Magnetfelder in bedenklicher Größenordnung auf. Spitzenreiter sind hier Elektroherd, Föhn, Fernseher, Heizdecke, elektrische Fußbodenheizung, Nachtspeicherheizung und Beleuchtungsanlage. Selbst im Nahbereich kleiner unauffälliger Geräte wie Radiowecker und Zeitschaltuhren konnten hohe Feldstärken ermittelt werden. "Spitzenreiter" unter den Elektrogeräten allerdings sind elektrische Trockenhauben, bei denen Magnetfelder von 2500 Mikrottesla gemessen wurden. Zum Vergleich: Höchstwerte im Bereich von 110 kV-Hochspannungsleitungen liegen bei 20 Mikrottesla. Hier sind andererseits die elektrischen Felder - bedingt durch die 500fach höhere Spannung - weitaus stärker als bei 220 V-Geräten.

Die derzeit gültigen Grenzwerte in Deutschland sind - gesehen unter dem Aspekt der vorsorglichen Gefahrenabwehr - in allen Bereichen deutlich zu hoch. Einige Studien lassen ein Ansteigen kindlicher Leukämiefälle in Dauerepositionsbereichen niederfrequenter Magnetfelder mit Feldstärken über 0,3 Mikrottesla vermuten. Hier liegt der gültige Grenzwert bei 5000 Mikrottesla! Unter Baubiologen werden deshalb Grenzwerte von 0,1 bis 1 Mikrottesla gefordert.

Gegenwärtig dürfte kaum eine Wohnung in Deutschland elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sein, die gültige Richtwerte überschreiten. Wenn man die wohl sinnvollen Grenzwerte von maximal 1 Mikrottesla magnetischer Feldstärke bzw. analog 10-50 V/m elektrischer Feldstärke beachten würde, gäbe es wohl kaum eine Wohnung, in der nicht Grenzwertüberschreitungen vorkämen.

Der Wunsch nach völliger Vermeidung von E/M-Feldern ist unrealistisch in einer Industrie- und Mediengesellschaft, die auf elektrischer Energie und elektronischer Kommunikation basiert.

Eine weitestgehende Verringerung möglicher Gefahren allerdings ist machbar:

- Neue Grenzwerte, die unter dem Aspekt des Lebensschutzes erstellt werden, sind unabdingbar.
- Starke Sendeanlagen ebenso wie Flugsicherungs- und Militärradaranlagen sollten nicht näher als 2-3 km an Wohngebiete gebaut werden.
- Hochspannungsleitungen dürfen keinesfalls - wie bisher üblich - unmittelbar neben Wohngebieten und Arbeitsplätzen liegen.
- Elektrogeräte und -installationen müssen einem Prüfverfahren unterzogen werden, das nur Geräte mit geringstmöglicher Feldemission zulässt.

Die meisten Belastungen durch E/M-Felder lassen sich in der eigenen Wohnung normalerweise mit einfachen, preiswerten Mitteln vermeiden. Da neben der Feldstärke auch die Dauer der Exposition eine wesentliche Rolle spielt, sollten vorrangig Ruhe- und Schlafbereich feldminimiert werden. Die Vermeidung elektrischer Felder kann in der Regel durch sogenannte Netzfreeschalter, die den Strom abschalten, wenn kein Verbraucher angeschlossen ist, erreicht werden.

Magnetfelder, die bekanntlich nur bei Stromverbrauch entstehen, können durch einen Ortswechsel oder den

Verzicht eines Elektrogerätes vermieden oder minimiert werden. Häufig genügt es schon, den Radiowecker vom Kopfende des Bettes in eine weite entfernte Zimmerecke zu stellen.

Auf einige Geräte sollte aber verzichtet werden: Heizdecken und auch Heizanlagen für Wasserbetten sollten ebenso wie Nachtstromspeicherheizungen keinen Platz in Schlaf- und Wohnzimmern haben.

Problematisch ist, daß in Metallbettgestellen, Sprungfedermatratzen und anderen metallischen Gegenständen durch Magnetfelder Ströme induziert werden, die wiederum elektrische Felder erzeugen. So können z. B. unter speziellen mit Metallgewebe versehenen "Abschirmdecken", die von unseriösen Geschäftemachern als Schutz vor Feldern angepriesen werden, recht starke elektrische Felder entstehen.

Da Magnetfelder nicht durch Hauswände abgeschirmt werden, kann durch benachbarte Elektroanlagen in der Wohnung eine beträchtliche Belastung entstehen. Hier hilft häufig nur ein Wechsel in der Raumnutzung.

Seit einiger Zeit werden elektronische Geräte auf ihre elektromagnetische Verträglichkeit überprüft. Anlaß zu solchen Tests war die Erfahrung, daß elektronische Geräte durch E/M-Felder in ihrer Funktion gestört werden. Neben spektakulären Fällen wie dem Absturz eines "Tornado" nach dem Überfliegen eines Radiosenders (1984) gab es eine große Anzahl von Vorkommnissen, die die Elektronikindustrie auf den Plan riefen. So versagten Computer im Magnetfeldbereich der DB-Fahrleitungen, versagten Antiblockiersysteme, setzten Herzschrittmacher aus, öffneten und schlossen sich ferngesteuerte Garagentore durch E/M-Felder. Neuere Geräte werden "gehärtet" und somit weitgehend unempfindlich gemacht. Trotzdem kommt es durchaus noch vor, daß durch den Gebrauch eines Mobilfunkgerätes die elektronisch gesteuerte Waschmaschine absonderliche Programmabläufe vollzieht.

Leider sind noch keine gehärteten Menschen auf dem Markt, und so wird es wohl auch in Zukunft zu irregulären Programmabläufen in menschlichen Nerven- und Gehirnzellen kommen.

Quelle: Umweltnachrichten 50/93

## **Elektrosmog beginnt beim Radiowecker ■**

Man riecht sie nicht, man schmeckt sie nicht, und doch sind wir alle von ihnen umgeben: Elektrische und magnetische Felder entstehen überall da, wo Strom fließt. Sie gehen von Hochspannungsleitungen, Überleitungen der Bahn, Lampen, Waschmaschinen und anderen elektrischen Haushaltsgeräten bis hin zum Radiowecker aus. So alt das Phänomen ist, so neu ist die Angst vor möglichen Gefahren des Elektrosmogs". Dabei sehen immer mehr Wissenschaftler ein größeres Gesundheitsrisiko in dem magnetischen Anteil der elektromagnetischen Strahlung, wie er im Stromnetz und bei Elektrogeräten auftritt.

"Gegen elektrische Felder können wir uns schützen, den magnetischen sind wir bisher rund um die Uhr ausgesetzt", schilderte Prof. König, Elektrophysiker an der TU München, unlängst die Situation auf einem Symposium der Schweisfurth-Stiftung und der Forschungsstelle für Politische Ökologie der Universität München. "Welche Wirkung magnetische Strahlung auf den Menschen hat", so König, "ist nicht restlos aufgeklärt, aber daß biologische Systeme auf magnetische Felder reagieren, ist nachgewiesen."

Ein elektrisches Feld baut sich beispielsweise bereits beim Einstecken eines Föhns in die Steckdose auf. Das magnetische entsteht erst beim Anschalten des Gerätes. Während das elektrische Feld jedoch sehr leicht abgeschirmt werden kann, dringt magnetische Strahlung mühelos durch Hauswände und Metalle und damit auch durch Pflanzen, Tiere und Menschen.

Neueste wissenschaftliche Erkenntnisse verstärken den Verdacht, daß magnetische Felder die Gesundheit gefährden. In der letzten schwedisch-finnischen Studie wurden die Krankheitsdaten von 500000 Menschen untersucht, die maximal 300 Meter von Hochspannungsfreileitungen entfernt wohnten. Das Ergebnis: Das Risiko, an Leukämie zu erkranken, lag bei Kindern im Gegensatz zum Bevölkerungsdurchschnitt doppelt so hoch.

Immer mehr Wissenschaftler beurteilen die Auswirkungen magnetischer Felder kritisch. So stellte der Hannoveraner Tierarzt Dr. Wolfgang Löscher bei Versuchen mit Ratten ein erhöhtes Tumorwachstum (und Störungen der Melatoninsynthese, Anm. d. Wissenschaftl. Beirates Prof. Dr. ➔ Frenzel-Beyme) fest.

Der Biologe Dr. Ulrich Warnke von der Universität Saarbrücken weist auf den Einfluß bereits sehr schwacher magnetischer Felder hin, wie sie ein Radiowecker in unmittelbarer Nähe erzeugt: "Dies kann zu einer Unterdrückung des für den Schlaf-Wach-Rhythmus zuständigen Hormons Melatonin führen. Die Folge davon können Schlafstörungen, Depressionen und eine Schwächung des Immunsystems sein."

Der niedersächsische Strahlenschutzexperte Dr. Hauke Brüggemeyer kritisiert insbesondere die fehlende finanzielle Unterstützung für die Erforschung der Wirkung magnetischer Felder auf biologische Systeme in Deutschland: "In den USA sind dafür 60 Millionen Dollar freigegeben, und bei uns sieht das Bundesforschungsministerium keinen Forschungsbedarf." Und dies, obwohl immer mehr Menschen unter elektromagnetischen Strahlen leiden.

So ist der Zulauf von "Elektrosensiblen" in den Arztpraxen stark angestiegen. Der ganzheitlich-biokybernetisch arbeitende Allgemeinmediziner Dr. Karl-Heinz Braun von Gladiss betreut eine Reihe dieser Patienten in seiner Praxis in der Lüneburger Heide. "Während der gezielte Einsatz von elektrischen beziehungsweise magnetischen Strahlen zu Therapiezwecken verwendet werden kann, besteht durch eine ständige Bestrahlung die Gefahr, daß die natürlichen elektromagnetischen Impulse, die in unserem Körper entscheidend zur Steuerung wichtiger Aufgaben beitragen, gestört werden und ihre Funktion nicht mehr erfüllen".

Auch wenn wir elektrische und magnetische Felder weder riechen noch schmecken können, sind wir den Wirkungen dieser Felder ständig ausgesetzt. Angesichts des Desinteresses des Staates scheint Selbsthilfe angebracht. Während diese in der BRD noch in den Kinderschuhen steckt, hat der 1987 gegründete Verein der Elektro- und Bildschirmgeschädigten in Schweden bereits 1800 Mitglieder.

Tab. 1: Gefährdung durch Elektrosensibilität

Quelle	Störungen	Schutz
Heizdecke	Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Herzfunktionsstörungen, Angst, Depressionen, Risiko für Schwangere und Ungeborene	Nur zum Bettanwärmen benutzen, dann Stecker ziehen
Leuchtstofflampe	Kopfschmerzen, erhöhtes Gehirntumor-Risiko, Sehstörungen, ständige Müdigkeit, Gereiztheit, Impotenz	Mindestabstand von 1,5 Meter einhalten
Mikrowellenherd	Risiko für Schwangere und Ungeborene, Gehirnfunktionsstörungen, Krebsrisiko, Schwächung des Immunsystems, Sehstörungen	Mindestens 2 Meter Abstand einhalten
Radiowecker	Schlafstörungen, Herzrhythmusstörungen, Gehirntumor-Risiko, morgendliche Kopfschmerzen	Abstand von mindestens 1,5 Meter einhalten
Hochspannungs-, Mittelspannungs-, Niederspannungsleitungen	Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Überreizung des Nervensystems, Angst, Krebsrisiko, Herzrhythmusstörungen, Kribbeln in den Gliedmaßen, Depressionen, Risiko für Schwangere und Ungeborene	Kann nur aufgrund einer Messung der magnetischen Flußdichte ermöglicht werden
Fernsehgerät	Überreizung des Nervensystems, Sehbeschwerden, Kopfschmerzen	Abstand von mindestens 2 Metern einhalten
Funk-Telefon, Walkie-Talkie	Gehirnfunktionsstörungen, grauer Star, Sehstörungen, Kopfschmerzen, Verhaltens- und Stoffwechselstörungen	Nur für kurze Gespräche benutzen
Computer, elektrische Schreibmaschine	Kopfschmerzen, nervöse Magenbeschwerden, Risiko für Schwangere und Ungeborene, Konzentrationsschwierigkeiten, Depressionen, Allergien, Hormonstörungen, Sehbeschwerden	Größtmöglichen Abstand einhalten, stündlich kurze Pause machen

Beheizbares Wasserbett	Schlafstörungen, morgendliche Kopfschmerzen, Herzfunktionsstörungen, Überreizung des Nervensystems, ständige Müdigkeit, Angst, Depressionen	Wasserbett nur am Tag aufheizen lassen, nachts Stecker ziehen
Küchenmaschinen, Bügelmaschine	Nervosität, Rückenschmerzen, Herzfunktionsstörungen, Schwindelgefühl, Angst, Depressionen	Nur geerdete Geräte benutzen, Pausen machen
Halogen-Lampen	Höheres Risiko, an Leukämie bzw. Gehirntumor zu erkranken, Schwächung des Immunsystems, Sehstörungen	Abstand von mindestens 1,5 Metern einhalten
Elektrisch verstellbares Bett	Schlafstörungen, morgendliche Kopfschmerzen, Herzfunktionsstörungen, rheumatische Beschwerden, Kribbeln in den Gliedmaßen, Angst, Depressionen, ständige Müdigkeit	Netzfreeschalter im Sicherungskasten einbauen lassen, schaltet Stromkreis nur bei Bedarf ein
Mit Nachtstrom betriebene Boiler und Heizungen	Schlafstörungen, Nervosität, Kopfschmerzen, Herzrhythmusstörungen, Angst, Depressionen	Abstand von mindestens 1,5 Meter einhalten
Stromleitungen und Sicherheitskasten im Schlafbereich	Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Kribbeln in den Gliedmaßen, Herzfunktionsstörungen, ständige Müdigkeit, Verhaltens- und Stoffwechselstörungen, Konzentrationsschwierigkeiten	Kann nur aufgrund einer Messung der magnetischen Flußdichte ermöglicht werden
Babyphon	Krebsrisiko, Schlafstörungen, Schwächung des Immunsystems, Sehstörungen, Lebensgefahr!	Abstand von mindestens 2 Metern zum Baby einhalten
Schreibtisch- bzw. Nachttisch-Lampe	Kopfschmerzen, Nervosität, Konzentrationsschwierigkeiten	Nur geerdete Lampen verwenden

Quelle: Rose, W.D., Verein. El.Sensible, München

## Ursachen niederfrequenter Felder im Haushalt ■

Bei den im Haushalt üblichen Betriebsspannungen entstehen elektrische Felder mit Feldstärken von etwa 10 Volt pro Meter (V/m). Diese sind *auch dann vorhanden, wenn keine Geräte eingeschaltet sind, d. h. wenn kein Strom fließt*. An der Oberfläche einzelner Geräte (z. B. Elektroherde oder Heizdecken) können Feldstärken von 500 V/m erreicht werden. Hochspannungsfreileitungen mit Betriebsspannungen zwischen 110 und 380 Kilovolt (kV) erzeugen in der Nähe des Erdbodens elektrische Felder mit Feldstärken von 1 bis 6 kV/m.

Bei in der Erde verlegten Kabeln ist das elektrische Feld so weit abgeschirmt, daß es an der Erdoberfläche nicht mehr wirksam wird. Hauswände können die Feldstärken elektrischer Felder um mehr als 90% reduzieren.

*Magnetische Felder treten dann auf, wenn elektrischer Strom fließt*. Im Gegensatz zu elektrischen Feldern *lassen sich diese in der Praxis nicht abschirmen*. Direkt an der Oberfläche von elektrischen Haushaltsgeräten können magnetische Flußdichten von 1000 Mikrottesla ( $\mu\text{T}$ ) auftreten. Diese vermindern sich in einem Abstand von beispielsweise 30 cm auf Werte unter 30  $\mu\text{T}$ . Zum Vergleich: Das natürliche, statische Magnetfeld der Erde beträgt etwa 50  $\mu\text{T}$ .

Unter Freileitungen treten in Bodennähe bei höchstmöglichem Betriebsstrom magnetische Flußdichten bis etwa 30  $\mu\text{T}$  auf. Auch bei in der Erde verlegten Kabeln liegen die magnetischen Feldstärken in diesem Bereich. In unmittelbarer Nähe von Kabelverteilerschränken wird ein Spitzenwert von etwa 600  $\mu\text{T}$  erreicht. Dieser Wert beträgt im Abstand von ein bis zwei Metern weniger als 25  $\mu\text{T}$ . Durch den Betrieb der Elektromotoren von Lokomotiven, S- und Straßenbahnzügen können an der Bahnsteigkante oder im Zug Magnetfelder bis zu etwa 50  $\mu\text{T}$  auftreten.

Schreckensmeldung für alle, die ein Autotelefon unter dem Weihnachtsbaum fanden: Die Grenzwerte der TÜV-Experten für elektromagnetische Strahlungen werden teilweise bis ums Zehnfache überschritten.

Strahlenschutz-Experte Dr. Gerhard Schmidt: "Durch Fernsehen, Computer, Telefone, Fernbedienungen oder

Mikrowelle wird unsere tägliche Strahlenbelastung immer mehr. Aus diesem Grund haben wir in Deutschland als einzigem europäischen Land Grenzwerte für alle Bereiche der elektrischen und magnetischen Strahlung aufgestellt." Seine Modellvorstellung für den uns umgebenden Elektromog: "Das ist wie eine Wellenfront, die in unseren Körper eindringt." Sein Kollege, Arbeitsmediziner Dr. Robert Truckenbrodt, ergänzt: "Hände und Füße sind relativ unempfindlich. Am meisten betroffen sind schlecht durchblutete Körperteile wie Augenlinse und Hoden. Hier kann es zu Linsentrübungen oder Fruchtbarkeitsstörungen kommen."

Und so wirkt das elektromagnetische Feld: Zwei Drittel seiner Energie werden in Wärme umgewandelt.

Quelle: Münchner Wochenblatt Nr. 52, 29.12.1993

## Störfelder am Beispiel des Schlafplatzes ■

In der Schlafphase sind auch kleine, unterschwellige Reize von Bedeutung, weil sie unserem vegetativen System komplexe Anpassungsreaktionen abverlangen und dadurch zu einem sogenannten *Stressfaktor* werden können.

Gestörte Schlafplätze bedeuten Dauerstress

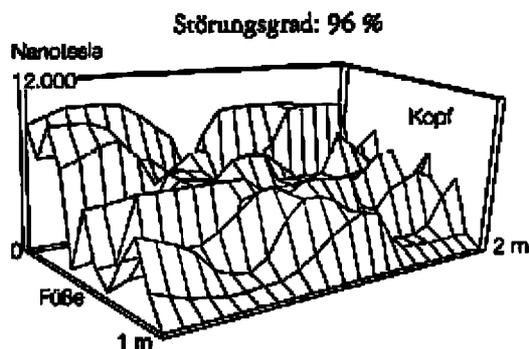


Abb. 1: Graphische Darstellung eines gestörten Schlafplatzes

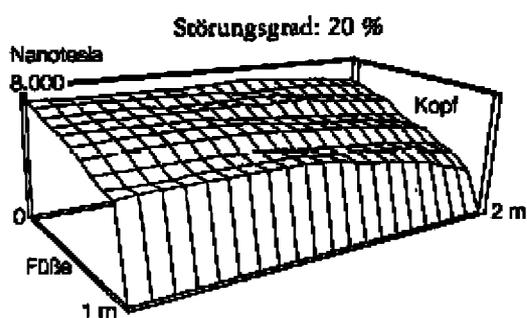


Abb. 2: Graphische Darstellung des Schlafplatzes nach Beseitigung der Störung.

Fragebogen zum Thema "Elektrosensibilität" der Universität Hamburg

**Fragen zur persönlichen Situation:**

- **Alter:** \_\_\_\_ Jahre
- **Geschlecht** weiblich \_\_\_\_  
männlich \_\_\_\_
- **Welche abgeschlossene Schulausbildung haben Sie?**
- **Welchen Beruf haben Sie erlernt?**
- **Wie würden Sie Ihre Persönlichkeit selbst einschätzen?**  
Ich habe viel Selbstvertrauen \_\_\_\_  
Ich bin eher unsicher \_\_\_\_  
Sonstiges \_\_\_\_  
Ich bin eher selbstbewußt \_\_\_\_  
Ich bin sehr unsicher \_\_\_\_

**Fragen zum Verlauf der Elektrosensibilität:**

- **In welchem Jahr begannen Ihre Beschwerden und wie alt waren Sie?**  
19 \_\_\_\_ Jahre
- **Wie äußerten sich Ihre Beschwerden?**
- **War Ihnen zum damaligen Zeitpunkt der Begriff Elektrosensibilität geläufig?**  
Ja \_\_\_\_ Nein \_\_\_\_
- **Wann hörten Sie zum ersten Mal von Elektrosensibilität?**  
19 \_\_\_\_
- **Wann brachten Sie Ihre Beschwerden erstmals in einen Zusammenhang mit Elektrosensibilität?**  
19 \_\_\_\_
- **Welche Geräte oder Installationen beeinträchtigen Ihre Befindlichkeit am meisten?**  
Wenn Hochspannungsleitung: Spannung \_\_\_\_ kV; Abstand \_\_\_\_ m
- **Durch wen erfuhren Sie von der Ursache Ihrer Beschwerden?**
- **Wie reagierten Sie auf die Nachricht elektrosensibel zu sein?**
- **Konsultierten Sie (daraufhin) einen Arzt/mehrere Ärzte?**  
Ja \_\_\_\_ Nein \_\_\_\_
- **Wie war die Reaktion der Ärzte auf Ihre Befindlichkeitsstörungen?**  
Verständnisvoll \_\_\_\_  
Unverfroren \_\_\_\_  
Unvoreingenommen \_\_\_\_  
Sonstiges \_\_\_\_  
Gleichgültig \_\_\_\_  
Interessiert \_\_\_\_  
Ungläubig \_\_\_\_
- **Welche Maßnahmen ergriffen Sie in ihrem Haushalt / an Ihrem Arbeitsplatz?**
- **Wie leben Sie zur Zeit mit Ihrer Elektrosensibilität?**

**Fragen zu anderen Belastungen:****Schwermetalle:**

- **Tragen Sie Amalgam-Zahnfüllungen?** ja \_\_\_\_ nein \_\_\_\_
- **Tragen Sie Goldkronen/Goldbrücken?** ja \_\_\_\_ nein \_\_\_\_
- **Ist Ihnen eine andere Schwermetallbelastung bekannt?** ja \_\_\_\_ nein \_\_\_\_  
Wenn ja, welche?
- **Haben Sie eine chemische Belastung?**  
ja \_\_\_\_ nein \_\_\_\_ Wenn ja, welche (z. B. Formaldehyd, Holzschutzmittel, PCB)?
- **Leiden Sie an Allergien?**  
ja \_\_\_\_ nein \_\_\_\_  
Wenn ja, welche (z. B. Blütenpollen, Hausstaubmilben, Medikamente, Kosmetika, Textilien)?
- **Welche (anderen) Krankheiten haben Sie gehabt oder haben Sie?**
- **Ergänzende Bemerkungen (z. B. eigene Beobachtungen/Erfahrungen):**

### **Prophylaxe:**

Verlassen Sie die Küche, wenn Sie die Mikrowelle anschalten. Die Arbeitsunterbrechung von 3 oder 4 Minuten ist allemal besser als das mögliche Strahlenrisiko.

Achten Sie darauf, daß der Computer einen Strahlenschutzschirm hat.

Lassen Sie Kinder nicht zu nah vor dem TV sitzen. Vernünftig (auch für Erwachsene): ein Abstand von wenigstens 1,50 Metern.

Kaufen Sie sich fürs Funktelefon im Auto eine Freisprechanlage, um den direkten Strahlenkontakt am Kopf zu minimieren.

Meiden Sie beim Spaziergang oder bei der Radtour Hochspannungsleitungen.

- Durch optimierte Phasenbelegung elektrischer Leitungen lassen sich die Immissionen reduzieren.
- Mit zunehmendem Abstand von einer Leitung oder einem Transformator nehmen die Feldstärken stark ab. Die Vorsorge gebietet aus diesem Grund, daß neue Leitungen grundsätzlich von Gebäuden oder Grundstücken ferngehalten werden, in denen oder auf denen sich Personen längere Zeit aufhalten können. Ein ausreichend sicherer Mindestabstand läßt sich beim derzeitigen Stand der Kenntnisse allerdings noch nicht angeben.
- Erdströme in Wasser- und anderen Leitungen sollten vermieden werden.
- Hausinstallationen sollten so ausgeführt werden, daß Hin- und Rückweg denselben Weg nehmen.
- Durch geeignete Installation von Versorgungsleitungen innerhalb eines Gebäudes.
- Die Hersteller elektronischer Geräte sollten ihre Produkte so konzipieren, daß sie niedrige Emissionen aufweisen.

Quelle: MMW 136, 1994

### **Selbsthilfegruppe für Elektro- und Strahlensensibilität**

Elsbeth Schroeder, 1. Vorsitzende

Oberbrunner Straße 1, 81475 München

Telefon 089/7556050

Treffpunkt ist das Selbsthilfezentrum der Stadt München,

Bayerstraße 77 a (Rückgebäude), 80335 München

Nur für zahlende Mitglieder (60,- pro Jahr)!

## Wirkungscharakter

### Elektrosmog - Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern auf den Menschen ■

#### Einleitung

Mit dem weit verbreiteten und immer noch zunehmenden Einsatz von elektrischen Anlagen hat sich die elektromagnetische Umwelt des Menschen wesentlich verändert. Verglichen mit den natürlicherweise seit jeher vorhandenen Feldern hat die Stärke der vom Menschen erzeugten Felder in der Umwelt, im Wohnbereich und an Arbeitsplätzen innerhalb kurzer Zeit erheblich zugenommen. In der Öffentlichkeit verbreitet sich die Meinung, daß diese Felder für den Organismus schädlich sein könnten. Daß diese Strahlung im allgemeinen unseren Sinnen nicht direkt zugänglich ist, sondern gemessen werden muß, fördert die Verunsicherung der Bevölkerung.

Seit einiger Zeit wird in vielen Staaten intensiv wissenschaftlich untersucht, ob und unter welchen Umständen eine Gefährdung durch diese Strahlungen vorliegt. Daß starke elektromagnetische Felder den Organismus nicht nur beeinflussen, sondern ihn sogar schädigen können und häufig lebensgefährlich sind, ist unumstritten. Die Zuordnung von Dosis und Wirkung sowie die zugehörigen Wirkungsmechanismen sind bei größeren Feldstärken überprüft und fast alle auch elektrophysiologisch verstanden worden. Für die in der Umwelt und im Wohnbereich fast ausschließlich vorkommenden niedrigen Feldstärken gibt es aber sehr viele Widersprüchlichkeiten bei den durchgeführten Untersuchungen und Unschärfen bei den daraus getroffenen Aussagen. Dies äußerte sich auch in der Bandbreite von Vorschlägen für Grenzwerte zum Schutz der Bevölkerung.

#### Elektrische und magnetische Felder

Der physikalische Begriff der elektromagnetischen Felder bzw. Wellen umfaßt nicht nur die nieder- und hochfrequenten Felder zwischen den Frequenzen von 0 Hz bis 300 GHz, sondern auch das Licht und die Röntgen- bzw. Gammastrahlung. Diese Stellungnahme beschäftigt sich nur mit Feldern im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz. Die *Frequenz* (in Hz) einer Welle gibt an, wie viele Schwingungen pro Sekunde stattfinden. Der Frequenzbereich 0 Hz - 30 kHz umfaßt die statischen und niederfrequenten Felder (ELF), dazu gehören auch die sog. *Netzfrequenzen* 16(2/3), 50 und 60 Hz. Der Bereich 30 kHz - 300 GHz wird oft als *Hochfrequenz* (HF) bezeichnet, es ist das Gebiet der *Radio* (RF)- und *Mikrowellen* (MF). Die Abgrenzung der Bereiche ist nicht immer einheitlich (siehe Tab. 1). Die Wellenlänge ist diejenige Distanz, welche die Welle während einer Schwingungsdauer zurücklegt. Neben den sinusförmigen Wellen können auch andere Modulationen der Amplitude bis hin zu Sprungfunktionen auftreten.

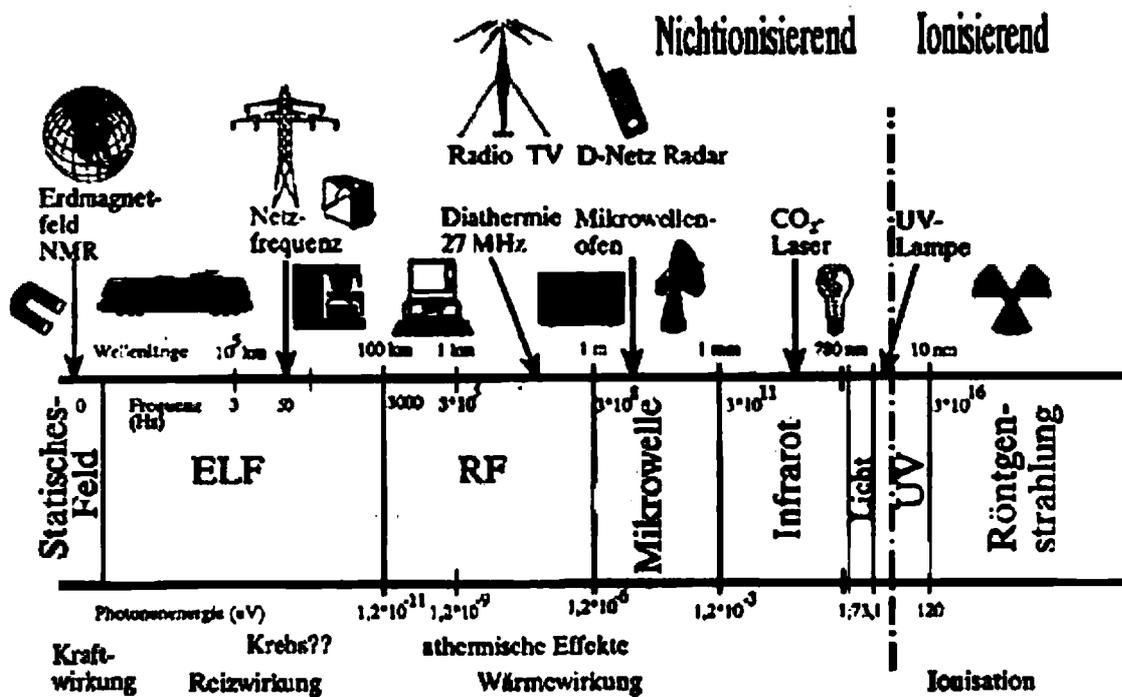


Abb. 3: Elektromagnetisches Spektrum

Tab. 2: Frequenzbereiche

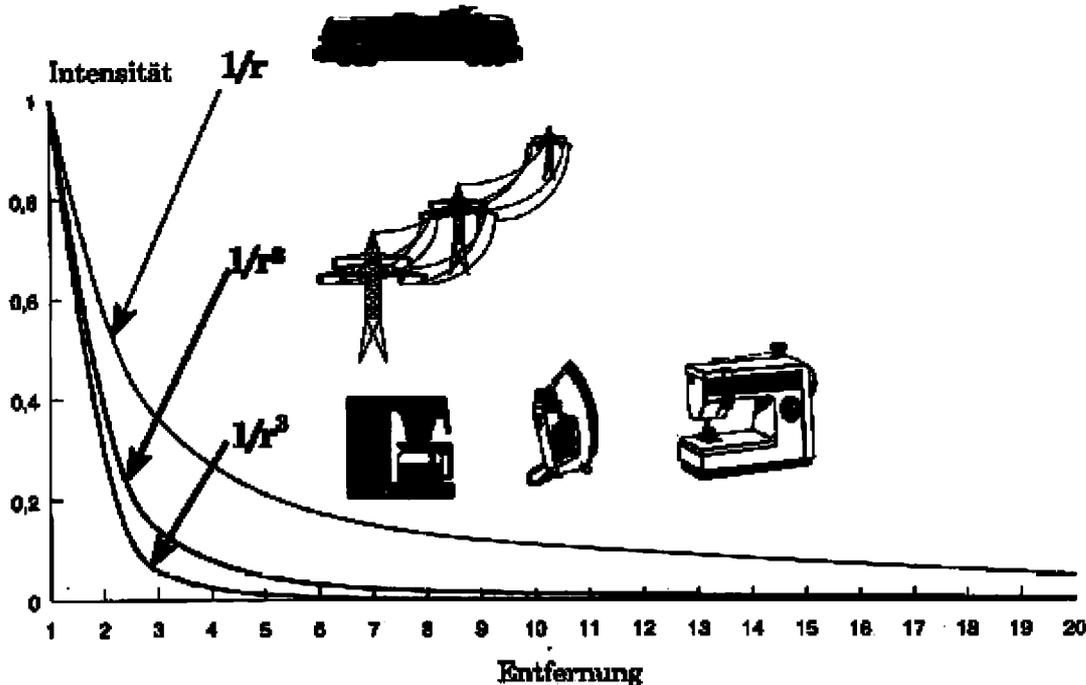
Frequenzbereich		Wellenlängenbereich		internationale Bezeichnung
von	bis	von	bis	
0 Hz	30 Hz			Sub ELF
30 Hz	300 Hz	über 100 km		ELF (Extremely Low Frequency)
300 Hz	3 kHz			VF (Voice Frequency)
3 kHz	30 kHz	100 km	10 km	VLF (Very Low Frequency)
30 kHz	300 kHz	10 km	1 km	LF (Low Frequency)
300 kHz	3 MHz	1000 m	100 m	MF (Medium Frequency)
3 MHz	30 MHz	100 m	10 m	HF (High Frequency)
30 MHz	300 MHz	10 m	1 m	VHF (Very High Frequency)
300 MHz	3 GHz	1 m	0,1 m	UHF (Ultra High Frequency)
3 GHz	30 GHz	10 cm	1 cm	SHF (Super High Frequency)
30 GHz	300 GHz	10 mm	1 mm	EHF (Extremely High Frequency)

Als RF (Radiofrequency) wird vielfach der Bereich von 30 kHz bis 300 GHz bezeichnet.

Als MW (Microwave) wird vielfach der Bereich von 0,3 bis 300 GHz bezeichnet.

Elektromagnetische Felder breiten sich immer von einer Quelle ausgehend in den Raum aus, wobei die Intensität der Strahlung an jedem Punkt des Feldes durch eine *elektrische* (E) in [V/m] und eine *magnetische Feldstärke* (H) in [A/m] oder [T] beschrieben werden kann. In der Hochfrequenz wird oft auch die Leistungsflußdichte S in [W/m<sup>2</sup>] verwendet, wobei dies der Betrag des zeitgemittelten Pointingvektors ist. Die Feldstärken nehmen mindestens proportional zum Abstand von der Quelle, oft aber mit dem Quadrat des Abstandes oder noch schneller, ab (siehe Abb. 4). Bei der Ausbreitung der Felder im Raum gibt es häufig eine Vorzugsrichtung. Je nach Entfernung von der Quelle (in Einheiten der Wellenlänge) unterscheidet man zwischen *Nah-* und *Fernfeld*. Das Nahfeld zeichnet sich durch eine komplexe Feldverteilung aus. Im Fernfeld wird die Energie als

elektromagnetische Welle transportiert. Die Feldgrößen E, H und S lassen sich im Fernfeld unter Verwendung des Feldwellenwiderstandes des freien Raumes  $Z_0=377 \text{ Ohm}$  und den Gleichungen  $E=Z_0 \cdot H$  und  $S=E \cdot H$  ineinander umrechnen. Für die Überprüfung der Sicherheit in diesen Feldern kann man sich im allgemeinen auf die Bestimmung der sog. *Ersatzfeldstärke* beschränken, wobei die ungünstigste *Polarisation* angenommen wird und somit nur noch mit Beträgen und nicht mehr mit Vektoren gerechnet werden muß. Die elektromagnetischen Felder werden von biologischen Systemen unterschiedlich absorbiert (in Abhängigkeit von der frequenzabhängigen Leitfähigkeit). Absorbierende Körper, wie der Mensch, können dem Feld Energie entnehmen. Wieviel Energie absorbiert wird, ist u. a. abhängig von der Frequenz. Durch die Absorption des Feldes verändert sich das Feld in der Umgebung eines Körpers. Dies ist nur sehr schwer faßbar, deshalb werden alle Angaben über Feldgrößen auf das ungestörte Feld (z. B. ohne Mensch) bezogen. Alle empfohlenen Grenzwerte beziehen sich auf solche Ersatzfeldstärken im ungestörten Feld.



- 1/r** Feld eines geraden langen stromdurchflossenen Leiters (z.B. Bahnstromleitung)
- 1/r²** Feld durch Überlagerung zweier Leiter mit hin- und rückfließendem Strom
- 1/r³** Feld einer Zylinderspule (z.B. Elektromotor)

Abb. 4: Abnahme von Feldstärken mit der Entfernung

### Biologische Wirkungen

Biologische Wirkungen sind vielfältig und abhängig von der Frequenz und der jeweiligen Feldstärke. Bei der Wirkung auf den Menschen kann man zwei Bereiche unterscheiden: Den Bereich der niederfrequenten Felder 0 - 30 (100) kHz wo die Reizwirkungen auf Sinnes-, Nerven- und Muskelzellen dominieren und den Bereich der Hochfrequenz (100 kHz - 300 GHz) in dem die thermischen Wirkungen vorherrschen. Neben den Reiz- und thermischen Wirkungen gibt es eine Anzahl von nichtthermischen oder athermischen Wirkungen. Folgende Beeinflussung ohne wahrnehmbare thermische Wirkung sind u. a. in der Literatur beschrieben: Effekte auf die Biorhythmen, die Hormonproduktion der Zirbeldrüse, die Schwingungen von Zellmembranen, Änderungen von EEG und EKG, die Anregung zellulären Wachstums und die Verstärkung von Auslösesignalen für biochemische Prozesse. Die Effekte lassen sich nicht nach dem obigen Muster einordnen, ihre biologische Relevanz wird zur Zeit intensiv untersucht. Das Feld kann direkt (unmittelbare Wirkungen) oder durch in leitfähigen Gebilden induzierte Ströme oder Spannungen (mittelbare Wirkungen) auf den Körper einwirken.

Die Wirkung des Feldes kann sofort (akute Wirkung) oder erst nach längerer Zeit (Spätwirkungen) nachweisbar sein.

Tab. 3: Quellen von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern

Als Quellen von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern in der Umwelt und in den Wohnbereichen kommen eine ganze Reihe von Verursachern in Frage:

<b>Hochspannungsleitungen</b>	<b>Amateurfunk</b>
<b>Transformatoren</b>	– CB-Funk
<b>Haushaltselektrik</b>	– Walkie-Talkies
– allgem. Elektroinstallation	<b>Mobilfunkkommunikation</b>
– Mikrowellenherde	– Autorelefon, Handies, Porties
– Nachtspeicheröfen	(C-, D-, E-Netz)
– Warmwasserspeicher	– Schnurlose Telefone
– Heizdecken	– Betriebsfunk
– Heimwerkermaschinen	<b>Radaranlagen</b>
– Küchenmaschinen	– in Flugzeugen
– Fernseher usw.	– an Flughäfen
<b>Computer</b>	– in Schiffen
<b>Warensicherungs- und Diebstahlsicherungsanlagen</b>	– zur Flugsicherung
– in Kaufhäusern	– Verkehrsradar
– in Flughäfen	<b>Medizinische Anwendungen</b>
<b>Kundfunkdienste</b>	– Kernspintomographen,
– Lang- und Mittelwelle	– Hochfrequenzwärmetherapie usw.
– Kurzwelle	<b>Industrielle Anwendungen</b>
– UKW	– Induktives Erwärmen, Schweißen und Härten
– VHF-TV	– Dielektrisches Schweißen, Trocknen, Vulkanisieren
– UHF-TV	– Aluminiumherstellung und Chlorelektrolyse usw.
<b>leistungsstarke Sender</b>	<b>Forschungsanwendungen</b>
– in der Nachbarschaft	
– auf Funktürmen	

## Akute Wirkungen bei niederfrequenten Feldern

Mittelbare Feldwirkungen beruhen auf *Berührungsspannungen*, die sich durch Annäherung oder Berührung von elektrisch leitfähigen Teilen ergeben. Auch die Störung und Beeinflussung von Körperhilfen (z. B. Herzschrittmacher) kann als mittelbare Feldwirkung angesehen werden.

Die *Wahrnehmungsschwelle* für die Funkenentladungen, die z. B. durch den Entladungsstrom an Kraftfahrzeugen unter Hochspannungsleitungen erzeugt werden, hängt von der Empfindlichkeit der betreffenden Körperstelle ab. So können im elektrischen Feld einer *Hochspannungsleitung* unter ungünstigen Umständen schon Feldstärken von ca. 0,5 kV/m wahrgenommen werden. Für diese Effekte sind Frauen und Kinder besonders empfindlich. Auch wenn die im Alltag allgemein hervorgerufenen Effekte durch indirekte Wirkungen (ohne Herzschrittmacher) nicht als gesundheitsschädlich angesehen werden, so können sie doch als Belästigung oder Schmerz empfunden werden.

*Unmittelbare Feldeinwirkungen* ergeben sich durch direkte Einwirkung der Felder, dies sind zum einen die mit der Frequenz wechselnden elektrischen Ladungen an der Körperoberfläche und zum anderen die in dem elektrisch leitenden menschlichen Körper erzeugten Ströme.

Bei hinreichend hohen Feldstärken führen Oberflächenentladungen zu wahrnehmbaren Oberflächeneffekten wie Bewegung von Körperhaaren oder Bildung von Funken zwischen Haut und Kleidung. Die Schwellenwerte der Wahrnehmung sind von Person zu Person verschieden. So können ca. 1-3% der Bevölkerung bei 50 Hz schon 1 kV/m wahrnehmen, wobei auch hier Kinder besonders empfindlich sind. Magnetische Felder können zu visuellen

Flimmererscheinungen führen, die als Belästigung und Beeinträchtigung des Wohlbefindens empfunden werden.

Tab. 4: Beispiele für die Exposition durch niederfrequente Felder

<b>Expositionsbedingungen</b>	<b>elektrische Feldstärke V/m</b>	<b>Magnetfeldstärke µT</b>
<b>400 kV Hochspannungsfreileitung 50Hz</b>		
unter den Leitungen	<b>10 000</b>	<b>40</b>
25 Meter von Trassenmitte	<b>1 000</b>	<b>8</b>
222 Meter von Trassenmitte		<b>0,1</b>
<b>110 kV Hochspannungsfreileitung 50 Hz</b>		
6 Leiter 1 kA/Phase		
unter den Leitungen	<b>500</b>	<b>4,2</b>
25 Meter von Trassenmitte	<b>100</b>	<b>1,75</b>
45 Meter von Trassenmitte	<b>50</b>	<b>0,8</b>
135 Meter von Trassenmitte		<b>0,1</b>
<b>Freiluftschaltanlage 50 Hz</b>	<b>10 000 – 20 000</b>	<b>50</b>
<b>Niederspannungskompaktstation 50 Hz</b>		
<b>Anßenwand</b>		<b>bis 40</b>
<b>2 m Abstand</b>		<b>bis 2</b>
<b>Mittelwert 50 Hz in deutschen Haushalten</b>		<b>0,015 – 0,252</b>
<b>Haushaltsgeräte 50 Hz 30 cm Entfernung</b>	<b>10 – 250</b>	<b>0,01 – 1</b>
<b>3 cm</b>		<b>0,3 – 2000</b>
<b>Fernseher 15 kHz, 30 cm Entfernung</b>	<b>1 – 10</b>	<b>bis 0,2</b>
<b>Niederspannungskabel 50 Hz 3 mal 50 A</b>		
<b>Unsymmetrische Belastung 5 A</b>		
<b>auf dem Leiter</b>		<b>0,8</b>
<b>3 m Abstand</b>		<b>0,3</b>
<b>Induktionsschmelzofen 50 Hz</b>		
<b>0,5 – 1 m Abstand</b>		<b>100 – 10 000</b>
<b>Induktives Erwärmen 0,15 – 10 kHz</b>		
<b>0,1 – 1 m Abstand</b>		<b>15 – 1250</b>
<b>Glühen von Schweißnähten 10 kHz</b>		
<b>0,3 m Abstand</b>		<b>2200</b>
<b>0,7 m Abstand</b>		<b>62</b>

Die im Körper durch die elektrischen oder magnetischen Felder induzierten Ströme können, in Abhängigkeit von ihrer *Stromdichte* [ $\text{mA/m}^2$ ], biologische Wirkungen hervorrufen.

Nach maßgebenden internationalen und nationalen Gremien wie der *Weltgesundheitsorganisation* (WHO), denen sich die *Internationale Strahlenschutzassoziation* (IRPA), die deutsche *Strahlenschutzkommission* (SSK) und das *Bundesamt für Strahlenschutz* (BfS) in der Aussage angeschlossen haben, sind für Stromdichten im Körper von weniger als  $1 \text{ mA/m}^2$ , erzeugt durch äußere Felder, keine wissenschaftlich abgesicherten biologischen Wirkungen bekannt. Die natürlich fließenden Ströme im Gehirn sind etwa von gleicher Größenordnung. Solche Stromdichten können bei *Netzfrequenz* im Organismus durch elektrische Felder von mehr als  $2 \text{ kV/m}$  oder durch magnetische Wechselfelder von über  $50 \text{ A/m}$  erzeugt werden.

Eine größere Zahl von internationalen Wissenschaftlern vertritt die Auffassung, daß unter ausgewählten Bedingungen nichtthermische Wirkungen von elektromagnetischen Feldern auf lebende Zellverbände ausgehen. Eine wesentliche Rolle spielen dabei frequenzspezifische schwache Wirkungen auf das zentrale Nervensystem, aber auch Veränderungen bei anderen Zellsystemen (z. B. Bindegewebe, Immunsystem, Drüsen (Zirbeldrüse)).

Viele in der Literatur vorgestellte Modelle und Befunde dieser athermischen Wirkungen folgen so nicht dem Konzept der Stromdichte. Nach diesen Modellen und Befunden würden schon bei teilweise viel geringeren Feldstärkewerten biologische Wirkungen eintreten oder zu erwarten sein.

Tab. 5: Typische Werte der Exposition durch hochfrequente elektromagnetische Felder in Wohngebieten

Quelle	Frequenz	Abstand	Typische Werte für die Exposition	Grenzwerte (Allgemeinheit)	Bemerkungen
Mikrowellen-Kochgeräte	2,45 GHz	0,3 m 0,5 m 1 m	< 10 W/m <sup>2</sup> < 5 W/m <sup>2</sup> < 1 W/m <sup>2</sup>	IRPA: 10 W/m <sup>2</sup>	Wozu Case angenommen, d. h. 50 W/m <sup>2</sup> in 5 cm Abstand ist erreicht
Verkehrsradar	9 – 35 GHz	3 m 10 m	< 250 mW/m <sup>2</sup> < 10 mW/m <sup>2</sup>	IRPA: 10 W/m <sup>2</sup>	Leistung: 0,5–100 mW
Diebstahlsicherungssysteme CB-Funk Walkie-Talkies	0,9 – 10 GHz 27 MHz	5 cm 12 cm	< 2 mW/m <sup>2</sup> bis 1000 V/m bis 0,2 A/m bis 200 V/m bis 0,1 A/m	IRPA: 5–10 W/m <sup>2</sup> IRPA: 27,5 V/m 0,073 A/m	Im Nutzstrahl Leistung: wenige Watt
Starke Rundfunk- und Fernsehsender UKW VHF-TV	87,5 – 108 MHz 47 – 68 MHz 174 – 230 MHz	≈ 1,5 km	< 50 mW/m <sup>2</sup> < 20 mW/m <sup>2</sup>	IRPA: 2 – 4 W/m <sup>2</sup> 2 W/m <sup>2</sup>	Leistung: bis 100 kW 100 – 300 kW
UHF-TV	470 – 890 MHz	≈ 1,5 km	< 5 mW/m <sup>2</sup>	IRPA: 2 – 4 W/m <sup>2</sup>	Leistung: bis 5 MW
Kurzwelle	3,95 – 26,1 MHz (diskrete Bänder)	220 m 50 m 121	27,5 V/m ≙ 2 W/m <sup>2</sup> V/m ≙ 40 W/m <sup>2</sup>	IRPA: 27,5–36 V/m ≙ 2–3,5 W/m <sup>2</sup>	Leistung: 750 kW
Lang- und Mittelwelle	130 – 285 kHz 415 – 1606,5 kHz	300 m 50 m	90 V/m 450 V/m	IRPA: 73,5 V/m	Leistung: 1,8 MW
HF-Belastung in Ballungsgebieten	Rundfunk- und Fernsehsender		> 200 mW/m <sup>2</sup> > 10 mW/m <sup>2</sup> > 0,05 mW/m <sup>2</sup> > 0,02 mW/m <sup>2</sup>	IRPA: 2 – 4 W/m <sup>2</sup>	US-Bevölkerung (1989): 0,02% 1% 50% 90%
Flugüberwachungs- und Militärradars	1 – 10 GHz	0,1–1 km > 1 km	0,1 – 10 W/m <sup>2</sup> < 0,5 W/m <sup>2</sup>	IRPA: 5 – 10 W/m <sup>2</sup>	Leistung: 0,2 – 20 kW
Richtfunk	10 – 20 GHz	500 m	0,4 mW/cm <sup>2</sup> 2 µW/cm <sup>2</sup>	IRPA: 10 W/m <sup>2</sup>	0,5 Watt Sender Hauptstrahl 20 m unter Hauptstrahl

Bei Stromdichten oberhalb von 1 mA/m<sup>2</sup> sind bei *Zellkulturen* und bei *Tierexperimenten* vorübergehend zellbiologische Effekte aufgetreten (einige athermische Effekte). Für den Gesamtorganismus ist die Bedeutung dieser Effekte fast immer noch unklar. Unterhalb von 1 mA/m<sup>2</sup> sind keine wissenschaftlich abgesicherten biologischen Wirkungen bekannt.

Die von vielen Menschen auf die Wirkung von Feldern zurückgeführten Befindlichkeitsstörungen konnten noch nicht wissenschaftlich abgesichert mit den Feldern korreliert werden. Auch Versuche mit *Freiwilligen* führten zu keinen statistisch gesicherten Aussagen.

*Akute Gefahren* für die Gesundheit durch Störungen von Nerven-, Muskel- und Herzfunktion treten erst bei Körperstromdichten von mehr als 100 mA/m<sup>2</sup> auf.

## Wirkung bei Hochfrequenz (100 kHz - 300 GHz)

Auch in diesem Frequenzbereich kann es zu *mittelbaren Feldwirkungen* kommen. So kann es bei Berühren von leitfähigen Gebilden zu Verbrennungen (sog. Hochfrequenzverbrennungen) kommen oder zündfähige Gasgemische können zur Explosion gebracht werden. Auch eine Beeinflussung von Herzschrittmachern ist möglich.

Tab. 6: Exposition am Arbeitsplatz bei industrieller Anwendung von Hochfrequenz

Verfahren	Frequenz	Leistung	Abstand	Exposition	Grenzwerte	Bemerkungen
Induktive Erwärmung	300 kHz–1 MHz	2–100 kW	0,5 – 1m	magn. Feldst.: 0,2–12 A/m	IRPA: 5,3 A/m – 1,6 A/m (beruflich)	max.: 250 A/m;
Induktives Löten	100 kHz– 10 MHz	–	Ort der Bedienperson	magn. Feldst.: 0,5 – 8,2 A/m	IRPA: 16 A/m– 0,16 kA/m (beruflich)	1000 V/m
Induktives Härten	300 kHz– 600 kHz	–	"	elekt. Feldst.: 800 V/m	IRPA: 614 V/m	abgeschirmt
Dielektrisches	27,12	–	Ort der Bedienperson	Leistungsflußdichte: 7 – 20 W/m <sup>2</sup>		
Mastikschweißen	"	0,1 – 10 kW	"	2 – 300 W/m <sup>2</sup>	IRPA: 10 W/m <sup>2</sup> (beruflich)	
"	"	4 – 6 kW	"	bis 1200 W/m <sup>2</sup>		
Dielektrisches Preßmassen – Vorwärmung	"	2 kW	0,5 m	80 W/m <sup>2</sup>		
– Verleimung	1,5 kW	1,5 kW	0,5 m	100 W/m <sup>2</sup>		
– Trocknung	"	–	Ort der Bedienperson	0,1 – 0,2 W/m <sup>2</sup>		
Dielektrische Flächenerwärmung	2,45 GHz	1,5 kW	1 m	1100 W/m <sup>2</sup>	IRPA: 50 W/m <sup>2</sup> (berufl.) 915 MHz:	
Dielektrisches Vulkanisieren	915 MHz 2,45 GHz		Ort der Bedienperson	0,7 – 5 W/m <sup>2</sup>	IRPA: 20 W/m <sup>2</sup> (beruflich)	
Nachrichten-LW- und MW-übertragung				bis 1000 V/m 2700 W/m <sup>2</sup>		Unmittelbar an Antenne bzw. Generator
Sender				bis 5 A/m	IRPA: 61 V/m	
Sendegeneratoren				10000 W/m <sup>2</sup> bis 2000 W/m <sup>2</sup>	0,16 A/m 10 W/m <sup>2</sup>	

Bei den *unmittelbaren Feldwirkungen* im Frequenzbereich ab ca. 30 bis 100 kHz, scheint die im Körper durch die elektromagnetischen Felder ausgelöste *Temperaturerhöhung* maßgebend für die Bewertung zu sein (*thermische Effekte*). Auf molekularer und zellulärer Ebene ist die pro Zeiteinheit absorbierte Energie von den dielektrischen Materialeigenschaften und von den elektromagnetischen Feldstärken im Material abhängig. Die Energieübertragung erfolgt durch verschiedene Mechanismen, hauptsächlich jedoch durch Polarisation gebundener Ladungen, Orientierungsschwingungen permanenter Dipole (z. B. Wasser), Schwingungs- und Rotationsbewegungen innerhalb von Molekülen oder Verschiebung freier Ladungsträger. Bei diesen Vorgängen kann infolge von Reibungsverlusten in der Umgebung Wärme entstehen. Weiter können Ladungsverschiebungen in der Umgebung und innerhalb einer biologischen Zelle dazu führen, daß Membranspannungen entstehen (daraus sich ergebende Reizwirkungen sind nur bis ca. 100 kHz bekannt). Diese Effekte sind sehr stark frequenzabhängig.

Tab. 7: Exposition durch hochfrequente elektromagnetische Felder bei medizinischen Anwendungen

Quelle	Frequenz	Abstand	Exposition	Grenzwerte (berufl. Exposition)	Bemerkungen
Kurzwellendia- thermie	27,12 MHz	0,2 m	bis 1000 V/m ≅ 2500 W/m <sup>2</sup>	IRPA: 61 V/m 0,16 A/m 10 W/m <sup>2</sup>	Behandlungsper- sonal
		0,5 m 1 m	bis 500 W/m <sup>2</sup> bis 140 V/m ≅ 50 W/m <sup>2</sup> bis 0,4 A/m ≅ 50 W/m <sup>2</sup>		
Mikrowellener- wärmung	433 MHz	0,5 m 1 m	25 W/m <sup>2</sup> 10 W/m <sup>2</sup>	IRPA: 11 W/m <sup>2</sup>	Behandlungsper- sonal
	2450 MHz	0,3 – 3 m	50–200 W/m <sup>2</sup> ≅ 6–100 W/m <sup>2</sup>	IRPA: 50 W/m <sup>2</sup>	
	433 MHz 2450 MHz		20–140 W/m <sup>2</sup>	(entfällt)	Hyperthermiebe- handlung von Patienten, unbe- handelte Körper- stellen
Magnetische Resonanz	6–100 MHz	im Gerät	bis 1 W/kg	(entfällt)	Patient, gemittelt über den ganzen Körper

Im unteren Frequenzbereich (*Subresonanzbereich*, unterhalb von 30 - 100 MHz) nimmt die absorbierte Energie etwa mit dem Quadrat der Frequenz zu. Die Eindringtiefe dieser Strahlung im menschlichen Körper ist groß. Die Verteilung der absorbierten Leistung ist im Körper sehr inhomogen. Im mittleren Bereich (10 - 2000 MHz), dem sogenannten *Resonanzbereich*, sind absorbierende Strukturen (z. B. ganzer Mensch oder Körperteile) und Wellenlänge von ähnlicher Größenordnung. Daraus folgt, daß die Resonanzfrequenzen für Kinder höher liegen als bei Erwachsenen. Im oberen Frequenzbereich (2 - 300 GHz) ist die Wellenlänge klein im Vergleich zu beim Menschen relevanten Empfangsstrukturen. Die Eindringtiefe ist klein (*Skin-Effekt*). Durch Brechung kann es im Frequenzbereich von 200 - 2000 MHz zu räumlich eng begrenzten Erwärmungen im Körper kommen (*Hot Spots*). Durch diesen Effekt kann es auch das Phänomen des "Hörens" von amplitudenmodulierter Hochfrequenzstrahlung erklärt werden.

Da die Wechselwirkungen von Hochfrequenzenergie mit biologischen Objekten sehr komplex (z. B. Abhängigkeit von äußerer und innerer Geometrie) ist, wird bei den Betrachtungen für den Strahlenschutz das System beträchtlich vereinfacht, es werden im allgemeinen nur die Konfigurationen mit der maximalen Energieabsorption betrachtet. Die absorbierte Leistung wird räumlich über den ganzen Körper integriert und durch die Körpermasse dividiert. Diese Größe wird *durchschnittliche spezifische absorbierte Leistung (SAR)* [W/kg] genannt. Die Verwendung lokaler SAR wird nur dann notwendig, wenn über eine kleine Masse, z. B. die Augenlinse (Möglichkeit eines Katarakts), gemittelt werden muß.

Die Wirkung im Körper ist abhängig von der jeweiligen Durchblutung und Gewebeart, was zu sehr ungleichförmigen SAR-Werten und zu *Temperaturgradienten* im Körper führen kann. Völlig andere Effekte können sich durch metallische Implantate ergeben.

Der durchschnittliche Grundumsatz des Menschen beträgt ca. 1 W/kg, beim Gehen erhöht sich der Umsatz des Organismus auf 3 bis 5 W/kg. Bei der Hochfrequenzwärmetherapie werden SAR-Werte von 10 bis 50 W/kg verwendet, um das betreffende Gewebe aufzuwärmen und so einen therapeutischen Effekt zu erzielen. Für die meisten Frequenzen ist die Oberflächenwahrnehmung von Wärme und Hitzeschmerz ein unzuverlässiger Indikator, da die Energie hauptsächlich in den tieferen Schichten, das heißt unterhalb der Hautrezeptoren für

Wärme, absorbiert wird. Bei Bestrahlung von Tieren durch elektromagnetische Felder zeigte sich, daß bei einem mittleren SAR-Wert von 4 W/kg sich schon Temperaturerhöhungen in Teilen des Körpers zeigen, es aber zu keiner Erhöhung der Körperkerntemperatur kommt. Thermische Wirkungen sind von Ganzkörper-SAR-Werten von unter 1 W/kg nicht beobachtet worden. Bei Versuchen an Tieren und Zellkulturen zeigten sich aber oberhalb von 0,4 W/kg Wirkungen am blutbildenden System und am Immunsystem. Viele in der Literatur vorgestellten Modelle und Experimente von athermischen Wirkungen (z. B. Änderung des EEG bei gepulster Hochfrequenz) folgen nicht diesem Konzept der SAR-Werte und würden so auch zu viel geringeren Feldstärken für die Auslösung von Wirkungen führen. Es liegen sehr wenige konsistente Daten für Wirkungen am Menschen vor.

Für die *Risikobewertung* werden bis heute im allgemeinen nur akute (nichtstochastische) Wirkungen herangezogen, die erst oberhalb einer bestimmten Mindestschwelle auftreten. Nach IRPA und BfS kann als Grenzwert für beruflich exponierte Personen ein Sicherheitsgrenzwert für den Ganzkörper-SAR-Wert von 0,4 W/kg verwendet werden. Für die allgemeine Bevölkerung kann danach als Vorsorgegrenzwert eine über den ganzen Körper gemittelte spezifische Absorptionsrate (SAR) von 0,08 W/kg benutzt werden.

Daraus ergeben sich dann *Expositionsgrenzwerte*, die eine charakteristische Frequenzabhängigkeit zeigen und mit der Dauer der Exposition variieren (siehe Tab. 10). Unterhalb von 1 MHz muß neben der SAR auch die elektrische Stromdichte bei der Festlegung von Grenzwerten mitberücksichtigt werden.

Tab. 8: Mindestabstände der Antenne von Mobilfunkgeräten zum Körper für die Bevölkerung (nach SSK)

<b>Frequenz</b>	<b>Spitzenleistung</b>	<b>Mindestabstand</b>
<b>450 MHz analog</b>	<b>bis 0,5 W</b>	<b>kein Mindestabstand</b>
	<b>bis 1 W</b>	<b>ca. 4 cm</b>
	<b>bis 5 W</b>	<b>ca. 20 cm</b>
	<b>bis 20 W</b>	<b>ca. 40 cm</b>
<b>900 MHz analog</b>	<b>bis 0,5 W</b>	<b>kein Mindestabstand</b>
	<b>bis 1 W</b>	<b>ca. 5 cm</b>
	<b>bis 5 W</b>	<b>ca. 25 cm</b>
	<b>bis 20 W</b>	<b>ca. 50 cm</b>
<b>900 MHz digital</b>	<b>bis 2 W</b>	<b>kein Mindestabstand</b>
	<b>bis 4 W</b>	<b>ca. 3 cm</b>
	<b>bis 8 W</b>	<b>ca. 5 cm</b>
	<b>bis 20 W</b>	<b>ca. 8 cm</b>
<b>1800 MHz digital (DCS 1800)</b>	<b>bis 1 W</b>	<b>kein Mindestabstand</b>
	<b>bis 2 W</b>	<b>ca. 3 cm</b>
	<b>bis 8 W</b>	<b>ca. 7 cm</b>
	<b>bis 20 W</b>	<b>ca. 12 cm</b>

Bemerkungen:

Bedingung ist die Einhaltung der Teilkörper SAR-Werte von 2 W/kg (Mittelwert über 10 g Gewebe und 6-Minuten-Intervalle).

Bei digitalen zellularen Systemen (GSM, DCS 1800 etc.) ist die pulsförmige Abstrahlung berücksichtigt worden. Für die berufliche Exposition sind um den Faktor 2 kleinere Abstände zulässig.

*Körpernahe Sender* (z.B. Mobiltelefon) können zu lokalen Überschreitungen von Teilkörper-SAR führen. Die Strahlenschutzkommission (1991) fordert, daß auch für diese Geräte die SAR-Werte (Teilkörper) eingehalten werden. Wenn dies nicht gewährleistet ist, empfiehlt die SSK bei der Benutzung dieser Geräte einen von der Frequenz und Sendeleistung abhängigen Mindestabstand von der Sendeantenne einzuhalten (Tab. 8).

Bei *modulierten Hochfrequenzfeldern* werden biologische Wirkungen auch unterhalb von Schwellen gefunden, bei denen ein Effekt durch Hochfrequenzerwärmung bekannt ist. Diese Mechanismen sind zur Zeit noch nicht vollständig verstanden und sind derzeit Thema der Forschung.

## Spätwirkungen

Sowohl für Niederfrequenzfelder wie auch für Hochfrequenzstrahlung werden Spätwirkungen dieser Felder postuliert.

In der wissenschaftlichen Literatur findet sich eine Vielzahl von Studien und Untersuchungen, die sich mit den möglichen *Spätwirkungen* wie z. B. *Krebs* durch elektromagnetische Felder, auch bei Leistungen unterhalb der Grenzwerte für akute Effekte, beschäftigen. Obwohl bisher allgemein anerkannte Dosiswirkungsbeziehungen und Induktionsmechanismen für die *Karzinogenese* durch elektrische oder magnetische Felder nicht bekannt sind, wurde von verschiedenen Autoren eine promovierende Wirkung bei der Krebsentstehung diskutiert. Auch das Auftreten von *Kopfschmerzen*, *Übererregung*, *Erschöpfungszuständen*, *Allergien* und *nachlassender Libido* wird mit einer Einwirkung von elektrischen oder magnetischen Feldern im Alltag in Verbindung gebracht. Desweiteren wird eine Verstärkung von *Waldschäden* durch Hochfrequenzsender vermutet.

Es gibt eine Vielzahl von meist *retrospektiven epidemiologischen Studien* aus Nordamerika und Skandinavien, die einen Zusammenhang zwischen einer langandauernden Exposition durch Magnetfelder (50 bzw. 60 Hz), wie sie im Alltag vorkommen (unter 1  $\mu$ T), und dem Auftreten von Krebs, z. B. *Leukämie*, herstellen. Dem stehen jedoch auch viele Negativbefunde gegenüber. Bei den Tumoren, deren Wachstum durch elektromagnetische Felder beeinflusst werden kann, werden neben der Leukämie (besonders bei Kindern) auch Tumore im Gehirn, Lymphsystem und in der Brust sowie Störungen des Melatonin-Stoffwechsels angegeben. Wegen der großen statistischen Streubreite konnte aus keiner dieser Untersuchungen ein eindeutiger Zusammenhang abgeleitet werden. In den meisten Studien bestehen Unsicherheiten bei der Abgrenzung von Begleitfaktoren sowie bei der Auswahl der Kontrollkollektive.

Werden die Ergebnisse aus mehreren dieser Studien über den Einfluß von 50 bzw. 60 Hz-Feldern in der Nähe von Hochspannungsleitungen oder Transformatoren auf die Inzidenz von Leukämie bei Kindern verglichen, so ergibt sich, daß im Mittel fast immer eine verstärkende Wirkung der Felder auf den Krebs auftritt, also den Krebs fördert. Aber das 95%-Konfidenzintervall (Vertrauensbereich) enthält fast immer noch den Faktor 1 (das heißt, die Aussage, daß kein Zusammenhang besteht ist sehr wahrscheinlich) und nach den Regeln der Statistik ist eine Aussage erst dann tragfähig, wenn die 1 nicht mehr im Konfidenzintervall liegt.

In Australien ist 1990 eine Meta-Studie durchgeführt worden, in der versucht wurde, alle bis dahin bekannten Studien (11 über kindliche Tumore und 35 über berufliche Exposition) zu verbinden. Das Ergebnis war, daß eine Exposition durch energietechnische Magnetfelder von mehr als 0,3  $\mu$ T bei Kindern mit einer Verdopplung der Inzidenzrate von Tumoren in Verbindung gebracht werden kann. (Bei der Kinderleukämie liegt die Inzidenzrate in der westlichen Welt zur Zeit bei etwa 4 auf 1000 000 pro Jahr).

Der Zusammenhang ist nach der Meta-Studie nicht eindeutig (relatives Risiko 2,1 mit einem 95%-Vertrauensbereich von 1,2 - 3,6). Bei den Untersuchungen an Erwachsenen war keine Auswertung nach dem Konzept der Meta-Studie möglich, da die Daten oft nicht den vorkommenden Feldstärken zuzuordnen waren und auch die Abgrenzung zu Begleitfaktoren oft unzureichend war.

Eine ähnliche Zusammenfassung von verschiedenen Studien ist auch von anderen Gruppen durchgeführt worden (NRPB und einige Gruppen in den USA), die teilweise zu etwas abweichenden Beurteilungen führten. So wurden in der NRPB-Studie (1992) sieben Studien zum Krebsrisiko bei Kindern am Wohnort bewertet. Danach ergeben sich schwache Hinweise auf einen Zusammenhang von Feldern und Gehirntumoren, aber nur sehr schwache Hinweise auf einen Zusammenhang bei Leukämie. Bei Erwachsenen ergab sich kein Zusammenhang bei Feldstärken, wie sie an Wohnorten vorkommen. Dafür ergaben sich schwache Hinweise auf eine Erhöhung der Hirntumorrate und auch geringe für eine Inzidenz bei Leukämie für Beschäftigte, die Tätigkeiten in Bereichen mit höheren Feldstärken durchführen. Die Studien, die einen Zusammenhang zwischen Exposition von Vätern und Krebserkrankungen der Kinder nachweisen wollten, ergeben nach NRPB zur Zeit keine verwertbare Aussage. Das gleiche gilt für die Studien zur Wirkung von elektrischen Heizdecken.

Die Auswertungen von Bates (1991) kommt zu dem Ergebnis, daß die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenhanges für Tumore des Gehirns und des Zentralnervensystems bei Kindern und beruflich Beschäftigten (in Bereichen mit höheren Feldstärken) am größten ist. Die Wahrscheinlichkeit für einen Zusammenhang bei Leukämie wird als geringer bewertet. Es gibt einige Hinweise auf einen Zusammenhang bei

malignen Melanomen und beruflich Beschäftigten (bei höheren Feldstärken). Es konnte kein Zusammenhang zwischen Krebserkrankungen bei Erwachsenen und der Exposition durch 50 bzw. 60 Hz-Felder an Wohnorten gefunden werden.

In Schweden ist durch das Karolinska Institut 1992 eine großangelegte Studie (case control) veröffentlicht worden, in der alle in Schweden in der Nähe (300 m) von allen Hochspannungsfreileitungen (220 und 400 kV) wohnenden Personen (436503) auf ihre Krebsinzidenz in den Jahren 1960 - 1985 untersucht worden sind. Es wurden sowohl umfangreiche Messungen der Magnetfeldstärke als auch Berechnungen der historischen Feldstärken durchgeführt. Durch eine sehr sorgfältige Wahl der Kontrollgruppe wurde versucht, alle bekannten Begleitfaktoren auszuschließen. In Arbeit wurden 142 (39 Leukämie, 33 Gehirntumore) Krebsfälle bei Kindern und 548 Fälle bei Erwachsenen gefunden. Für Feldstärken größer 0,2  $\mu\text{T}$  ergab sich bei Kindern eine Verdoppelung des Leukämierisikos (95% Konfidenzintervall 1,0 - 6,3, Fallzahl absolut 5), bei Feldstärken größer 0,3  $\mu\text{T}$  ein Wert von 3,7 (95% Konfidenzintervall 1,4 - 9,3). Bei Gehirntumoren bei Kindern sowie bei Erwachsenen ergaben sich keine sehr signifikanten Erhöhungen.

Es gibt noch eine Reihe weiterer neuer Arbeiten. Aber wenn alle Arbeiten zusammen betrachtet werden, ergibt sich dadurch noch kein konsistenteres Bild. Daher kann man bis heute nur sicher sagen: "Die Möglichkeit, daß das Leben in der Nähe von Hochspannungsfreileitungen für die Krebspromotion bei Kindern mit in Betracht gezogen werden muß, ist nicht von der Hand zu weisen." Über die Größenordnung des Effektes kann noch keine verlässliche Aussage getroffen werden. Zu der Bewertung der neuen epidemiologischen Studien gibt es eine Reihe von Stellungnahmen (siehe Literatur: Michaelis; ➔ Silny; - Bernhard, ➔ Grosche und ➔ Matthes).

Über Spätwirkungen von Hochfrequenzstrahlung gibt es einige Arbeiten (besonders an Radargeräten), diese geben aber noch kein konsistentes Bild.

Maßgebende internationale und nationale Gremien wie die *Weltgesundheitsorganisation* (WHO), die *Internationale Strahlenschutzassoziation* (IRPA), das englische nationale Strahlenschutzamt *NRPB*, die deutsche *Strahlenschutzkommission* (SSK) und das *Bundesamt für Strahlenschutz* (BfS) sehen einen solchen Zusammenhang nicht als erwiesen an und berücksichtigen damit dieses auch nicht bei der Festlegung ihrer Grenzwerte. In einigen Ländern (z. B. Italien, Schweden und einigen Staaten der USA) gibt es weitergehende Grenzwertempfehlungen, die aus Vorsorgegesichtspunkten besonders für Hochspannungsfreileitungen weit geringere Grenzwerte (z. B. über die Festlegung von Abständen der Bebauung zu Freileitungen) festgesetzt haben (siehe Tab. 6). In Schweden werden auch vermehrt Anstrengungen unternommen, die Abstrahlung von Elektronikgeräten im Rahmen des technisch vernünftig Machbaren ("kluge Vermeidungsstrategie") zu reduzieren (z. B. durch die Norm zur Abstrahlung von Computer-Monitoren). Viele *Baubiologen* sehen die bis jetzt vorliegenden Erkenntnisse in ihrer Bedeutung als so schwerwiegend an, daß sie Schutz- und Minderungsmaßnahmen bis hin zum Umzug empfehlen.

Bei der Festlegung von Grenzwerten wird im allgemeinen von der Prämisse ausgegangen "höhere Dosis = mehr Wirkung". Dann kann man mit dem Konzept von Sicherheitszuschlägen Grenzwerte festlegen, wie auch in vielen anderen Bereichen vorgegangen wird. Bei der erhöhten Krebsinzidenz sowie den teratogenen Veränderungen durch Einwirkungen von Feldern mit Netzfrequenzen könnte sich dieses Konzept als nicht ausreichend erweisen. Eine Ursache dafür könnte sein, daß es sowohl bei der Feldstärke wie auch der Frequenz Bereiche geben kann, die aufgrund von Resonanzeffekten nicht dieser einfachen linearen Dosis-Wirkungsbeziehung entsprechen. Es empfiehlt sich deshalb, auch unterhalb der Grenzwerte Vorsorgemaßnahmen, insbesondere nach dem Stand der Technik, zur Minimierung der Belastung durchzuführen.

Zur endgültigen Abklärung der Frage nach Spätwirkungen durch elektrische oder magnetische Felder erscheint jedoch, auch im Hinblick auf *Kombinationswirkungen*, weitere Forschungsarbeit notwendig. Das Gebiet ist sehr komplex und vielschichtig. So können durch gleichzeitige Bestrahlung mit verschiedenen Frequenzen des elektromagnetischen Spektrums synergetische Wirkungen hervorgerufen werden (z. B. bei den Fensterfrequenzen). Aber auch andere Umwelteinwirkungen (chemische Substanzen, ionisierende Strahlung usw.) könnten daran beteiligt sein.

Über *Befindlichkeitsstörungen* durch elektromagnetische Felder liegen leider nur sehr wenige gesicherte Arbeiten vor. In den letzten Jahren wird in diesem Themenbereich verstärkt gearbeitet, aber viele Ergebnisse sind noch nicht abgesichert. Auch hier gibt es viele Negativ-, einige Positivbefunde sowie auch massive Klagen von Betroffenen, u. a. aus Selbsthilfvereinen der Elektro- und Strahlensensiblen.

Bei der Untersuchung der möglichen Mitwirkung von Hochfrequenzfeldern am Waldsterben hat sich der Verdacht nach Angaben der SSK als nicht begründet erwiesen. Die auftretenden Feldstärken sind in der Regel deutlich unter  $1 \text{ mW/m}^2$ . Thermische Effekte sind bei diesen Feldstärken auszuschließen. Aus der Analyse der nichtthermischen Wirkungen lassen sich keine Hinweise auf Schädigungen für die Pflanzen und die Umwelt ableiten. Auch großangelegte Untersuchungen in der Schweiz, wo die Einwirkbereiche von verschiedenen großen Sendern untersucht worden sind, haben keine Hinweise auf einen Beitrag der elektromagnetischen Felder zum Waldsterben ergeben.

### ***Beeinflussung von Implantaten (Herzschrittmachern)***

In der Bundesrepublik gibt es allein über 175000 *Patienten*, die auf einen implantierten elektronischen Herzschrittmacher zur Überwachung ihrer Herzfunktion angewiesen sind. Werden in den Schrittmacher selbst oder den Kreis, den die Elektrode zwischen dem Herzinneren und dem im oberen Brustkorbbereich implantierten Gerät bildet, durch elektromagnetische Felder Signale eingekoppelt, kann dies zu einer Beeinflussung der Funktion des Schrittmachers führen. Eine ganze Reihe von Geräten wie z. B. elektrische Bohrmaschinen, Diebstahlsicherungsanlagen, Diathermiegeräte usw. können Herzschrittmacher stören. Die Bandbreite der möglichen Beeinflussungen reicht von einer unbedeutenden einmaligen Intervallverlängerung bis hin zu "Stolperrhythmen", wenn zum Eigenrhythmus noch der des Herzschrittmachers kommt. Die Beschreibung von lebensgefährlichen Beeinflussungen ist sehr selten, da die Zuordnung zum elektromagnetischen Feld oft sehr schwierig ist und das Feld oft nur eine von mehreren ungünstigen Einwirkungen darstellt. Ein weiteres Problem ist, daß die Empfindlichkeiten der einzelnen Herzschrittmachertypen sehr unterschiedlich sind und dazu auch noch frequenzabhängig sein können. Nach IRPA kann für 50 Hz-Felder erst eine Feldstärke von kleiner als  $20 \mu\text{T}$  als sicher angesehen werden. In der Literatur sind noch Beeinflussungen bei  $13 \mu\text{T}$  beschrieben. Bei elektronischen Geräten im Haushalt sind keine Beeinflussungen bekannt geworden, wenn der Abstand Gerät Herzschaden größer als 30 cm ist.

Obwohl es eine EG-Richtlinie für aktive Implantate gibt, ist die Behandlung dieses Problems in der Normung und damit die Konkretisierung der Richtlinie zur Zeit noch sehr unbefriedigend, da sich die Gerätehersteller noch dagegen wehren, *Mindestanforderungen zur Störfestigkeit* der Geräte festzuschreiben. Aber selbst wenn es solche Mindestanforderungen geben wird und sie umgesetzt sind, werden noch bis zu 15 Jahre Geräte der älteren Bauarten implantiert sein. Das führt zu einem dazu, daß die Träger der Schrittmacher und die behandelnden Ärzte auf dieses Problem hingewiesen werden müssen und zum anderen, daß die Geräte und Installationen, von denen eine Beeinflussung von Herzschrittmachern ausgehen kann, mit *Warnhinweisen* und *Abgrenzungen* versehen werden müssen.

Neben den Herzschrittmachern gibt es zur Zeit noch eine ständig wachsende Anzahl von elektronischen Implantaten (z. B. Insulinpumpen, Hörgeräte), über deren Beeinflußbarkeit durch elektromagnetische Felder noch nicht viel bekannt ist.

### ***Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)***

Für den Bereich der Störung und Beeinflussung von elektronischen Geräten untereinander ist 1992 das Gesetz (EMGV) im Bundestag verabschiedet worden, das aufgrund eines EG-Beschlusses (89/336/EWG) umgesetzt werden mußte. Durch dieses Gesetz werden sowohl eine Emissionsbegrenzung wie auch eine Störfestigkeit von Produkten gefordert. So soll z. B. damit sichergestellt werden, daß ein Mobiltelefon nicht die Steuerung eines Flugzeugs beeinflussen kann.

### ***Nationale und internationale Richtlinien und Grenzwerte***

Bei der Festlegung der im folgenden beschriebenen Grenzwerte wurde zum ersten überprüft, welche der von der Forschung gefundenen Effekte überprüfbar und damit sicher nachvollziehbar sind. Zum zweiten wurde untersucht, welcher dieser Effekte zu einer biologisch relevanten Wirkung führen kann. Dann wurde geprüft, ob mit diesen Wirkungen ein Schaden oder eine wesentliche Belästigung verbunden sein kann. Alle Effekte und Wirkungen, die dabei nicht sicher überprüfbar oder nachvollziehbar erschienen, wie z.B. die Möglichkeit, daß

Netzfrequenzfelder Krebs fördern können, wurden nicht weiter berücksichtigt.

Da die Überlegungen, die einer Grenzwertempfehlung zugrunde liegen, für die Hoch- und die Niederfrequenz verschieden sind und bei der HF Schutz vor Wärmewirkungen und bei der NF Schutz vor Reizwirkungen erreicht werden soll, gibt es für beide Bereiche auch unterschiedliche Empfehlungen und Grenzwerte.

Tab. 9: Nationale und internationale Grenzwerte für 0 Hz - 30 kHz

Land	Frequenz f (Hz)	Expositionsgrenzwerte			Bemerkungen
		V/m	A/m	mT	
IRPA (1990)	50-60	10 000	400	0,5	Arbeitszeit bis 24 Stunden pro Tag
Beruflich Beschäftigte Bevölkerung	50-60	5000	80	0,1	
USA (ANSI 1991)					
Kontrollierte Bereiche	3000 - 30 000	614	163		
Unkontrollierte Bereiche	3000 - 30 000	614	163		
Deutschland (DIN VDE 0848) 1992	0 - 0,1		60 000		Arbeitszeit
Expositions- bereich 1	0,1 - 30 000		21 593/f <sup>0,4325</sup>		24 Stunden pro Tag
	0 - 10	40 000			
	10 - 30 000	102 850/f <sup>0,4331</sup>			
	0 - 16		1000		
	16 - 1000		16000/f		
Expositions- bereich 2	0 - 35	10 000			
	35 - 1167	35 000/f			
	1167 - 30 000	300			
Österreich (1991)	0	28 000	7000	8,75	
Beruflich Exponierte	0 - 4		5000	6,25	
	4 - 250		20000/f	25,0/f	
	250 - 10 000		80	0,10	zeitlich unbegrenzt Aufenthalt
	10 000 - 30 000		0,00366f <sup>1,34</sup>	0,00457f <sup>1,34</sup>	
	0 - 25	20 000			
	25 - 815	500 000/f			
815 - 30 000	614			f in kHz	
Allgemeinbevöl- kerung	0	14 000	1400	1,75	
	0 - 4		1000	1,25	
	4 - 250		4000/f	5/f	
	250 - 10 000		16	0,02	
	10 000 - 30 000		0,00013f <sup>2,09</sup>	0,00016f <sup>2,09</sup>	
	0 - 25	10 000			
	25 - 910	250 000/f			
910 - 30 000	275				

### Grenzwerte 0 Hz - 30 kHz magnetisches Feld

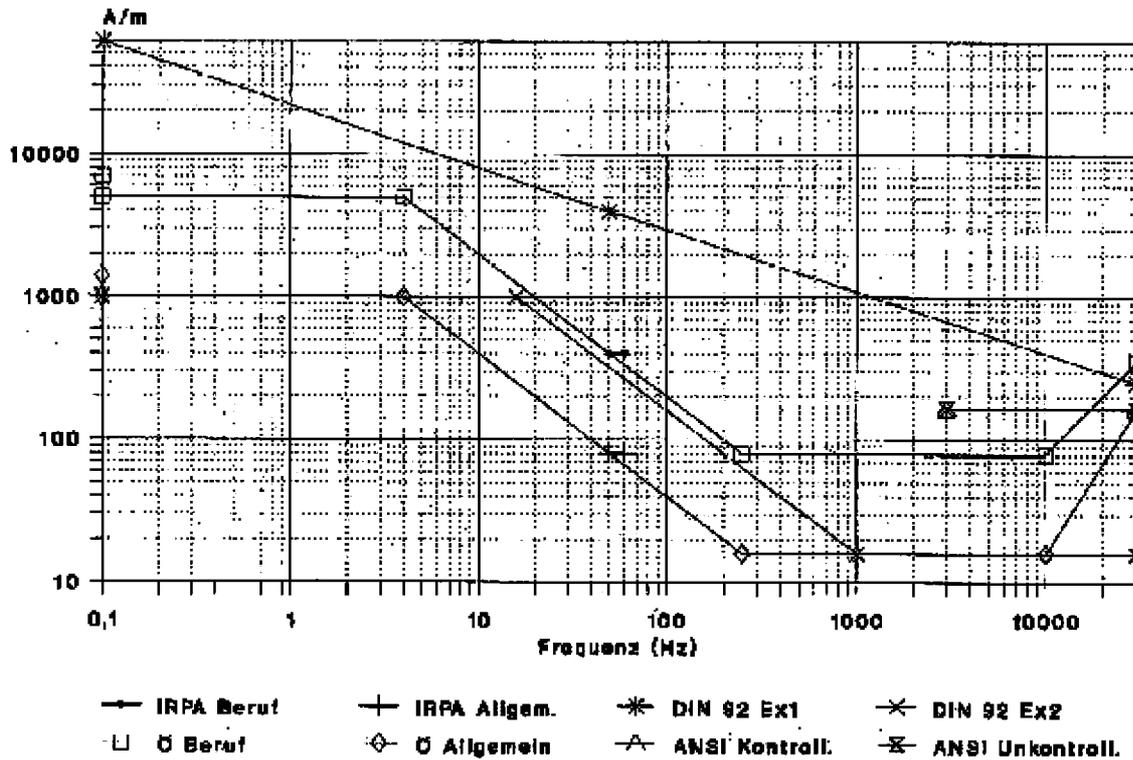


Abb. 5: Grenzwerte für die magnetische Ersatzfeldstärke in dem Frequenzbereich 0 Hz - 30 kHz

Keines der nachfolgend besprochenen Schutzkonzepte kommt mit einem einzigen Grenzwert für die jeweilige Frequenz aus, wie es nach den Tabellen 18 und 19 den Anschein hat. Das Konzept ist meistens sehr viel komplexer und die Beispiele in den Tabellen sollen nur einen Hinweis auf die Größenordnung der Grenzwerte geben. Neben den Grenzwerten für die direkte Feldeinwirkung (V/m, A/m und W/m<sup>2</sup>) bei beruflich Beschäftigten und der Bevölkerung gibt es im allgemeinen noch Grenzwerte für indirekte Feldeinwirkungen, Herzschrittmacher, Sender kleiner Leistung, Teilkörperexposition, Kurzzeitexposition, gepulste Strahlung usw.

Die für diesen Bereich vorliegenden internationalen Expositionsgrenzwerte weisen eine *erhebliche Bandbreite* auf. Nach dem Konzept, das den jeweiligen Grenzwerten zugrunde liegt, lassen sich aber zwei Gruppen unterscheiden.

*Die erste Gruppe* sind die im Westen geltenden Grenzwerte, wobei dort heute wohl die Werte der IRPA von 1988/90 die von fast allen anerkannte Grundlage bilden. Diese Grenzwerte basieren auf dem gesicherten Wissen über *akute* Strahlenschäden, wobei aber aufgrund von teilweise erheblichen "Sicherheitszuschlägen", von den maßgebenden Gremien (IRPA, SSK) die Meinung vertreten wird, daß nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand bei Einhaltung der betreffenden Grenzwerte ein ausreichender Schutz der gesamten Bevölkerung gewährleistet ist. Grundlage dieser Grenzwerte sind biologisch relevante Größen wie elektrische Stromdichten und spezifische Absorptionsraten, für die sogenannte Basisgrenzwerte festgelegt werden. Aus den Basisgrenzwerten, die sich einer meßtechnischen Überprüfung fast vollständig entziehen, werden aufgrund von Körpermodellen abgeleitete Grenzwerte in den zu messenden Ersatzfeldstärken (V/m, A/m, T und W/m<sup>2</sup>) festgelegt.

*Die zweite Gruppe* sind Grenzwerte aus den ehemaligen Ostblockländern, die im allgemeinen um mehr als eine Größenordnung unter den westlichen Grenzwerten liegen und somit also im Sinne des Immissionsschutzes schärfer sind. Mit diesen Werten ist nach Angabe sowjetischer Wissenschaftler auch ein Schutz vor

nichtthermischen Effekten sichergestellt. Die diesen Grenzwerten zugrunde liegenden Versuche und Experimente, hauptsächlich Versuche zu Verhaltensänderungen bei Tieren, konnten von Dritten nicht reproduziert oder nachvollzogen werden. Ob diese Grenzwerte zur Zeit noch bestehen, konnte noch nicht ermittelt werden.

### Grenzwerte 0 Hz - 30 kHz elektrisches Feld

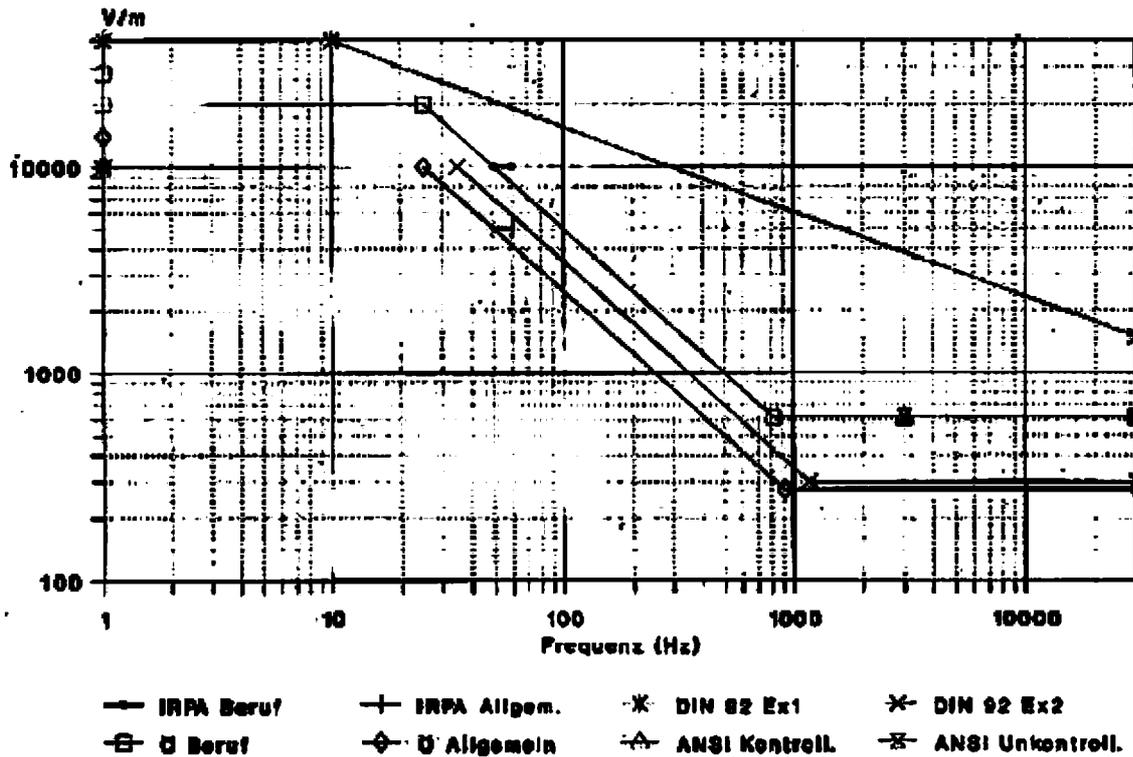


Abb. 6: Grenzwerte für die elektrischen Ersatzfeldstärke in dem Frequenzbereich 0 Hz - 30 kHz

Tab. 10: Nationale und internationale Grenzwerte für die Hochfrequenz

Land	Frequenz f (MHz)	Expositionsgrenzwerte		W/m <sup>2</sup>	Bemerkungen
		V/m	A/m		
International	0,1 – 1	614	1,6/f	–	Dauerexposition während der Arbeitszeit
IRPA/INIRC 1988	1 – 10 10 – 400	614/f 61	1,6/f 0,16	– 1	
Beruflich	400 – 2000	3f <sup>0,2</sup>	0,008f <sup>1/2</sup>	f/40	
Beschäftigte	2000 – 300 000	137	0,36	50	
Bevölkerung	0,1 – 1	87	0,23/f <sup>0,2</sup>	–	Dauerexposition
	1 – 10	87/f <sup>0,2</sup>	0,23/f <sup>0,2</sup>	–	
	10 – 400	27,5	0,073	2	
	400 – 2000	1,375/f <sup>0,2</sup>	0,004 f <sup>0,2</sup>	f/200	
	2000 – 300 000	61	0,16	10	
Australien (1985)	0,3 – 9,5 9,5 – 30	194 1841/f	0,51 4,9/f	100 9000/f	
Beruflich	30 – 300 000	61	0,16	10	
Beschäftigte	0,3 – 3	614	1,6	1000	
Kategorie A	3 – 30	1841/f	4,9/f	9000/f	
Kategorie B	30 – 300 000	61	0,16	10	
Bevölkerung	0,3 – 9,5	86,8	0,23	20	
	9,5 – 30	825/f	2,19/f	180/f	
	30 – 300 000	27,5	0,073	2	

Land	Frequenz f (MHz)	Expositionsgrenzwerte			Bemerkungen	
		V/m	A/m	W/m <sup>2</sup>		
USA (ANSI 1982)	0,3 – 3	632	1,6	1000		
	3 – 30	1897/f	4,74/f	300/f		
	Beruflich	30 – 300	63,2	0,16	10	
	Beschäftigte	300 – 1500	3,65f <sup>1/2</sup>	0,009 f <sup>1/2</sup>	f/30	
	und Bevölkerung	1500 – 100 000	141	0,35	50	
USA (ANSI 1991)	0,003 – 0,1	614	163			
	0,1 – 3,0	614	16,3/f			
	Kontrollierte Bereiche	3 – 30	1842/f	16,3/f		
		30 – 100	61,4	16,3/f		
		100 – 300	61,4	0,163	10	
		300 – 3000	–	–	f/30	
		3000 – 15 000	–	–	100	
		15 000 – 300 000	–	–	100	
	Unkontrollierte Bereiche	0,003 – 0,1	614	163	–	
		0,1 – 1,34	614	16,3/f	–	
		1,34 – 3,0	823,8/f	16,3/f	–	
		3,0 – 30	823,8/f	16,3/f	–	
		30 – 100	27,5	156,3/f <sup>1,000</sup>	–	
100 – 300		27,5	0,0729	2		
300 – 3000		–	–	f/150		
3000 – 15 000		–	–	f/150		
15 000 – 300 000		–	–	100		
Deutschland (DIN VDE 0848) 1984	0,01 – 0,03	2000	500	–	Dauerexposition	
	0,03 – 2	1500	7,5/f	–		
	Beruflich	2 – 30	3000/f	7,5/f	–	
	Beschäftigte	30 – 3000	100	0,25	25	
	und Bevölkerung	3000 – 12 000	1,83f <sup>1/2</sup>	0,0064f <sup>1/2</sup>	0,008f	
	12 000 – 300 000	200	0,5	100		
Deutschland (DIN VDE 0848) 1991	0,03 – 0,1	1500	2,158/f <sup>1,353</sup>	–	Einwirkzeit > 6 Min.	
	0,1 – 0,41	1500	4,89/f	–		
	Expositions- bereich 1	0,41 – 10	614/f	4,89/f	–	
		10 – 30	61,4	4,89/f	–	
		30 – 400	61,4	0,16	10	
		400 – 2000	3,07f <sup>1/2</sup>	0,00814f <sup>1/2</sup>	f/40	
		2000 – 300 000	137	0,36	30	
	Expositions- bereich 2	0,03 – 0,14	300	16	–	Einwirkzeit > 6 Min.
		0,14 – 0,92	300	2,19/f	–	
		0,92 – 10	275/f	2,19/f	–	
		10 – 30	27,5	2,19/f	–	
		30 – 400	27,5	0,07	2	
		400 – 2000	1,37f <sup>1/2</sup>	0,00364f <sup>1/2</sup>	f/200	
2000 – 300 000		61,4	0,16	10		

Land	Frequenz f (MHz)	Expositionsgrenzwerte			Bemerkungen
		V/m	A/m	W/m <sup>2</sup>	
UDSSR (1984) Bevölkerung	0,03 – 0,3	25	–	–	
	0,3 – 3	15	–	–	
	3 – 30	10	–	–	
	30 – 300	3	–	–	
	300 – 300 000	–	–	0,1	
Beruflich Beschäftigte (1976, 1983)	0,06 – 3	50	5**	–	
	3 – 30	20	–	–	
	30 – 50	10	0,3	–	
	50 – 300	5	0,15	–	
	300 – 300 000	–	–	2/t*	

\* t = Expositionszeit in Stunden

\*\* bis zu 1,5 MHz

### Grenzwerte 30 kHz - 300 GHz magnetisches Feld

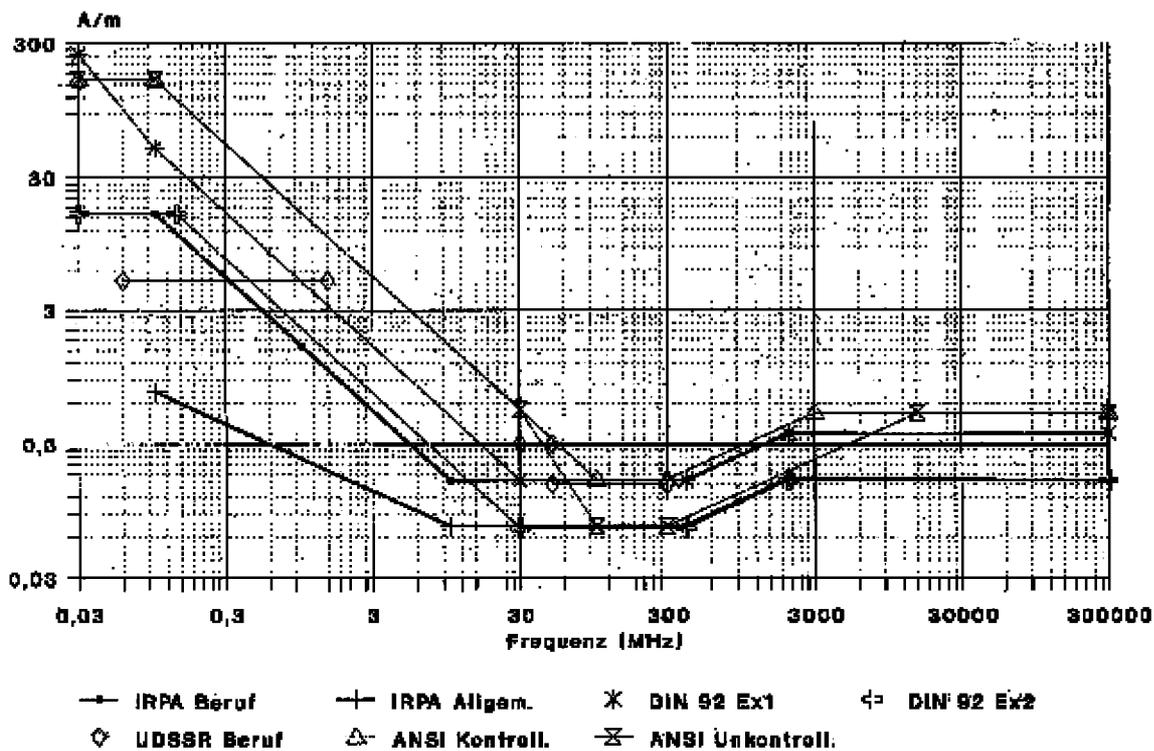


Abb. 7: Grenzwerte für die magnetische Ersatzfeldstärke in dem Frequenzbereich 30 kHz - 300 GHz

Der Schutz von Personen bei Einwirkung elektromagnetischer Felder ist *in der Bundesrepublik* noch nicht durch konkrete rechtliche Vorschriften geregelt.

Zur Zeit werden für die Beurteilung der Einwirkung auf die Arbeitnehmer und auch für die Bevölkerung die DIN-VDE-Normen (DIN-VDE 0848) verwendet, die in den entsprechenden Fachkommissionen des DIN beraten

werden. Da die an Arbeitsplätzen oder im Alltag auftretenden elektromagnetischen Felder aufgrund der bisher vorliegenden Erkenntnisse nicht eindeutig mit Spätwirkungen (Krebs) in Verbindung gebracht werden können, bezieht sich die Normung bei den vorgeschlagenen Grenzwerten ausschließlich auf *akute Wirkungen*.

### Grenzwerte 30 kHz - 300 GHz elektrisches Feld

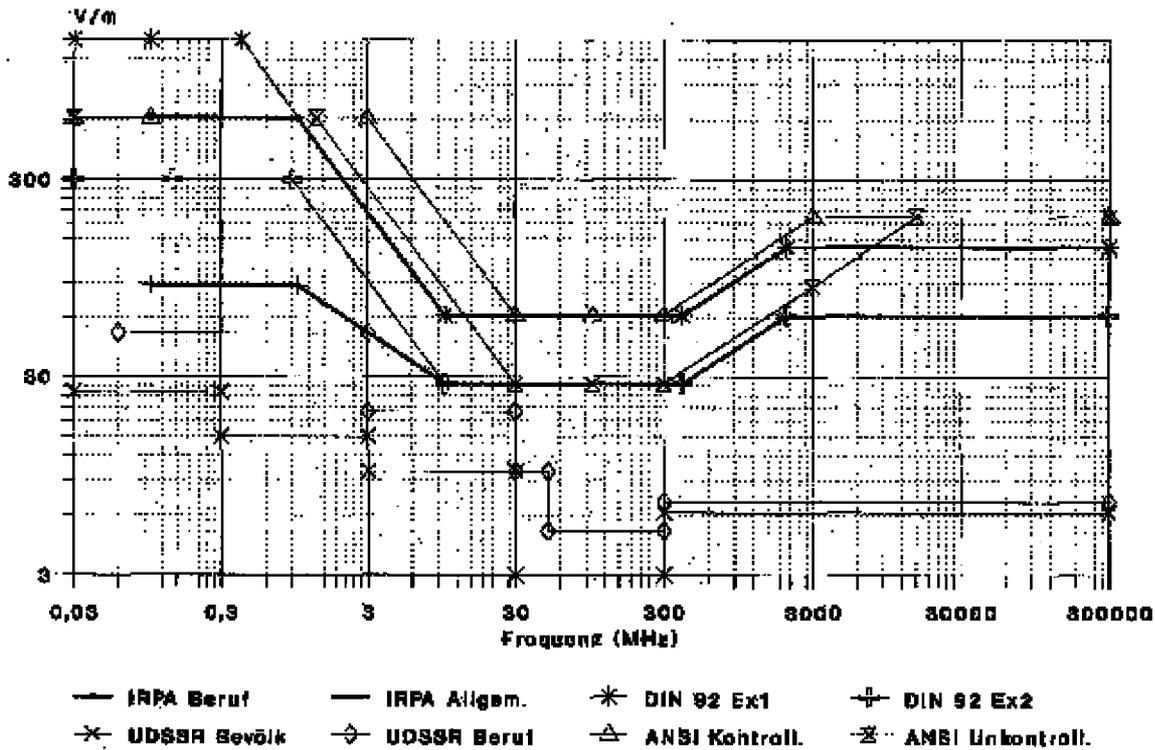


Abb. 8: Grenzwerte für die elektrische Ersatzfeldstärke in dem Frequenzbereich 30 kHz - 300 GHz

Die deutschen Grenzwerte für die Hochfrequenz (DIN-VDE 0848 Teil 2 von 1984) liegen oft erheblich über der neuen Grenzwertempfehlungen der IRPA. Diese Norm wird nicht mehr angewendet. Angewendet wird zur Zeit ein abgestimmter Gelbdruck mit Stand Oktober 1991 (z. B. als Grundlage von Erlassen der Bundespost und der Bundeswehr). Die Grenzwerte wurden allgemein erheblich gesenkt und damit den Werten der IRPA angepaßt. Es ist beabsichtigt, diese Norm 1993 in eine gültige Norm zu überführen.

Für die Niederfrequenz (0-30 kHz) liegt eine Norm (DIN-VDE 0848 Teil 4 von Oktober 1989) für beruflich Beschäftigte (z. B. 50 Hz 20 kV/m und 5000 µT) vor. In der Vornorm (DIN-VDE 0848 Teil 4 A2 von Dezember 1992) konnte über die abgeleiteten Grenzwerte für die Bevölkerung (Expositionsbereich 2) kein Konsens gefunden werden, der mehrheitlich getragen wurde. So ergab sich z. B. bei den abgeleiteten Grenzwerten für das elektrische 50 Hz-Feld eine Bandbreite der Vorschläge von 2,5 kV/m bis 10 kV/m.

Durch die Strahlenschutzkommission (SSK) beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wird die Einhaltung der IRPA-Grenzwerte empfohlen (z. B. bei 50 Hz 5 kV/m und 100 µT). Bei den Grenzwerten nach IRPA besteht die Möglichkeit, daß elektrische Felder auch unterhalb der Grenzwerte als Belästigung und Beeinträchtigung des Wohlbefindens empfunden werden können. Hierfür sind aber bis heute auch für langfristige Einwirkungen keine Gesundheitsschäden bekannt. Auch stellen diese Grenzwerte keinen sicheren Schutz für die Träger von Herzschrittmachern dar.

Bei allen bis jetzt vorgestellten Grenzwerten ist zu berücksichtigen, daß sie auf die Wirkung nur eines Umwelteinflusses zugeschnitten sind. Das mögliche Zusammenwirken mit anderen Einflüssen bleibt dabei unberücksichtigt (*Synergismuseffekte*). Solche Synergismuseffekte könnte es zwischen verschiedenen

Frequenzen des elektromagnetischen Spektrums oder auch zu anderen Umwelteinwirkung wie z. B. Pharmaka, Chemie, Wetter geben. Gerade darauf berufen sich aber einige Forschungsgruppen, die die Wirkung von elektromagnetischen Feldern auf Organismen untersuchen.

### Grenzwerte 30 MHz - 300 GHz Leistungsflußdichte

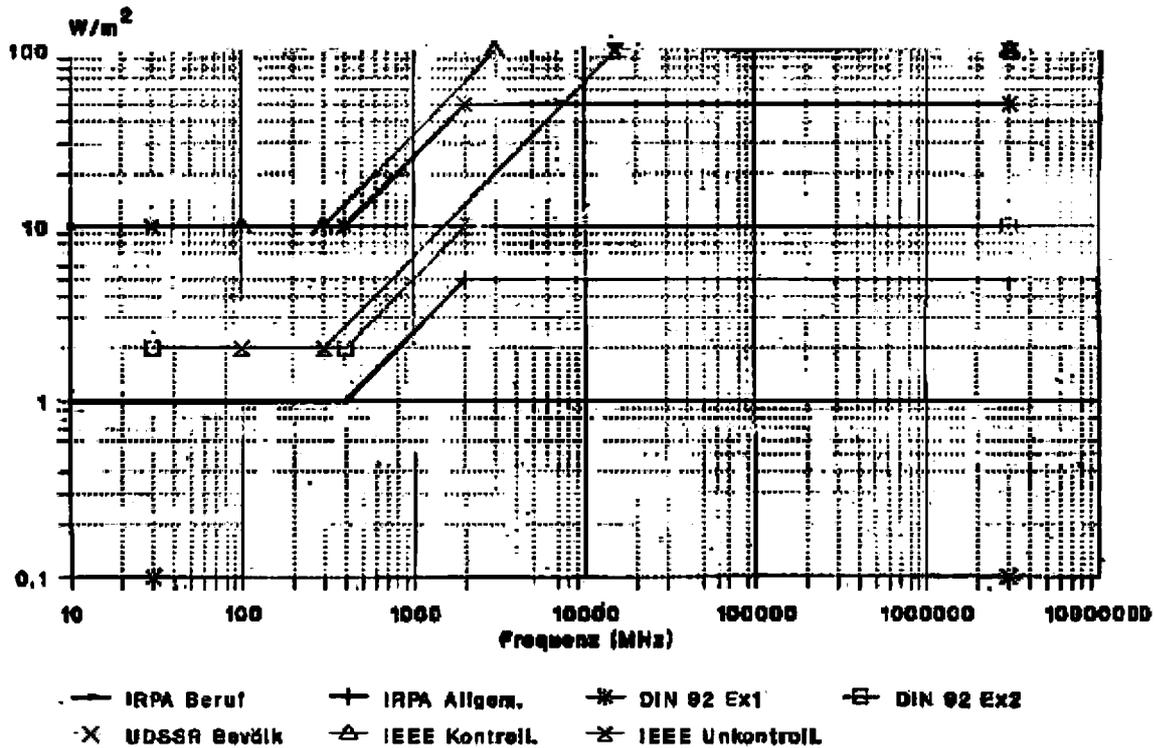


Abb. 9: Grenzwerte für die Leistungsflußdichte in dem Frequenzbereich 30 kHz - 300 GHz

Neben den allgemeinen Grenzwerten und Grenzwertempfehlungen, die oben besprochen worden sind, gibt es noch für spezielle Fragestellungen eine Reihe von Grenzwerten und Empfehlungen, von denen einige in Tabelle 11 (für Hochspannungsfreileitungen) zusammengestellt sind.

### Zu wissenschaftlichen Untersuchungen

Um auf diesem Gebiet effektive Forschung betreiben zu können und der Komplexität der Probleme gerecht zu werden, muß der Ansatz wohl fast immer interdisziplinär sein. So sollten je nach Fragestellung Biologen, Mediziner, Physiker, Biochemiker, Statistiker, Elektrotechniker usw. beteiligt werden. Wird dies nicht berücksichtigt, so sind die Ergebnisse oft nicht sinnvoll verwendbar. Die Grundlagenforschung auf diesem Gebiet sollte aus einer wohlausbalancierten Mischung von Studien auf dem zellulären Niveau, Versuchen mit Tieren und epidemiologischen Studien bestehen. Es hat keinen Sinn, wie heute häufig noch üblich, nur nach Effekten zu suchen, sondern es müssen auch systematischere Ansätze wie die Überprüfung von Hypothesen verfolgt werden. Die Ziele der Untersuchungen sollten dabei nicht zu sehr eingeschränkt werden, da noch nicht genau bekannt ist, wo die Ursachen liegen. So sollte nicht nur nach möglichen Krebswirkungen gesucht werden, sondern auch nach anderen Effekten, wie z. B. Befindlichkeitsstörungen (z. B. Doppelblindstudien). Bei der Begrenztheit der Mittel ist es zwingend notwendig, alle Forschungsvorhaben in der Welt zu koordinieren. Neben der Grundlagenforschung sollte auch die anwendungsbezogene Forschung gefördert werden, wie z. B. die Entwicklung von Techniken und Designs, die die Exposition von Menschen vermindern oder vermeiden.

Bei den derzeitigen Forschungsvorhaben kann man die beiden Frequenzbereiche Hochfrequenz und

Niederfrequenz unterscheiden. In der Hochfrequenz wird zur Zeit die Wirkung körpernaher Sender kleiner Leistung sowie die Frage von Fenster-Effekten und die Wirkung von niederfrequentmodulierter Hochfrequenz intensiv untersucht.

Tab. 11: Grenzwerte und Grenzwertempfehlungen für Hochspannungsleitungen, die mit Netzfrequenz (50/60 Hz) betrieben werden.

Land	Hochspannungssystem	Art der Beschränkung	Abstand m	elektrisches Feld kV/m	Magnetfeld $\mu$ T
USA/Montana	alle Systeme	Am Rande der Trasse (RoW) 5)		1	
USA/Minnesota	alle Systeme	Maximum auf der Trasse (RoW)		8	
USA/New Jersey	alle Systeme	Am Rand der Trasse (RoW)		3	
USA/New York	alle Systeme	Am Rand der Trasse (RoW)		1,6	15 1)
USA/North Dakota	alle Systeme	Maximum auf der Trasse (RoW)		9	
USA/Oregon	alle Systeme	Maximum auf der Trasse (RoW)		9	
USA/Florida	500 kV	Maximum auf der Trasse (RoW)		10	
USA/Florida	500 kV	Am Rand der Trasse (RoW)		2	20 3)
USA/Florida	230 kV und kleiner	Maximum auf der Trasse (RoW)		8	
USA/Florida	230 kV und kleiner	Am Rand der Trasse (RoW)		2	15
Schweden (NEA 2)	alle Systeme	Schulen, Kindertagesstätten usw.	20-80		0,2 – 0,3
Italien 4)	132 kV	Wohnbebauung u.a.	10	5	100
Italien 4)	220 kV	Wohnbebauung u.a.	18	5	100
Italien 4)	380 kV	Wohnbebauung u.a.	28	5	100
BRD/Hamburg	380 kV	Wohnbebauung	12		5

Bemerkungen:

RoW = rights of way

1) bis 230 kV Systemen in 18 m Abstand von dem Rand des äußeren Leiters

2) NEA nationale Energieverwaltung Empfehlung bis Ende 1992

3) 25  $\mu$ T bei Doppel-Systemen

4) nur in bewohnten Gebieten

Das wichtigste Problem in der Niederfrequenz ist die Aufstellung und Überprüfung von abgesicherten Modellen für relevante biologische Wirkungsmechanismen bei nichtthermischen Wirkungen. So versuchen Wissenschaftler, die möglichen Wirkungsmechanismen, wie z. B. *Reaktionsfenster* (Effekte bei bestimmten Feldstärken, Frequenzen oder Wellenformen) oder *Wechselwirkung mit anderen Einflüssen* auch im Hinblick auf eine Auslösung oder Unterstützung von Spätschäden weiter abzuklären. Die Bewertung der schon experimentell bekannten *Kurzzeiteffekte* (z. B. Änderung der Ionenverteilung "Kaliumstoffwechsel", Membranfunktion, Zellproliferation) auf die Relevanz für den Gesamtorganismus sind in diesem Zusammenhang ebenfalls in Arbeit. Weltweit laufen zur Zeit auf den Gebiet der Wirkung von 50 bzw. 60 Hz-Feldern eine Vielzahl von Studien und Versuchen, um die epidemiologischen Untersuchungen aussagefähiger zu machen. Auf diesem Gebiet gibt es in der Bundesrepublik allgemein sehr wenige Forschungsvorhaben (siehe Tab. 12).

Tab. 12: Auswahl von epidemiologischen Arbeiten über den Zusammenhang elektromagnetischer Felder und

*Krebs, die zur Zeit noch im Entstehen sind*

Institut	Mitarbeiter	Auftraggeber	Bereich	Krebsart	Zahl der Fälle/ Kontrollen	Veröffentli- chungs-Termin
University of Southern California	S. PRESTON-MARTIN	State of California	Wohnungen	Gehirntumor bei Kinder	300/300	1993
University of Toronto	A. MILLER	Ontario Hydro	Wohnungen	Leukämie bei Kindern	200/400	1993
University of Helsinki	M. KUSKENVUO	Imatran Voima Oy	Wohnungen	Krebs, Krebs bei Kindern	nicht bekannt	1993
National Cancer Institut (USA)	M. LINPT, Z. HRUBEC	National Cancer Institut	Wohnungen	Leukämie bei Kindern	1000/1000	1994
Cancer Control Agency of British Columbia	R. GALLAGHER	Electric Power Institute u. a.	Wohnungen	Leukämie bei Kindern	395/395	1994
International Agency for Research on Cancer (Frankreich)	P. BOYLE	International Agency for Research on Cancer	Wohnungen	Alle Leukämien	1500/1500	1994
Verbundforschung TU Braunschweig	J. MICHAELIS	BMU, MS-Niedersachsen u. a.	Wohnungen in Niedersachsen	Leukämie bei Kindern und andere Krebse	150/150/300	1995
Verbundforschung TU Braunschweig	J. MICHAELIS	BMI u. a.	Wohnungen in Berlin	Leukämie bei Kindern und andere Krebse	100/100/200	1995

Durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) wurden 1990 einige Vorhaben zur Klärung spezieller Fragestellungen ausgeschrieben (siehe Tab. 13). An den deutschen Hochschulen (z. B. Prof. Liss: Freie Universität Berlin; Prof. Löscher: Tierärztliche Hochschule Hannover; Prof. Silny: Technische Hochschule Aachen; Prof. Feinendegen: KFK Jülich; Prof. v. Klitzing: Universität Lübeck) gibt es eine Reihe von verschiedenen Forschungsprojekten. Im Rahmen des Forschungsverbundes: "Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme" (Prof. Brinkmann, Prof. Schäfer) wird versucht, Teile dieser Forschung zu koordinieren. Die Unternehmen der Telekommunikation haben eine Forschungsstelle zur Bewertung der weltweiten Ergebnisse eingerichtet. In Nordamerika und Skandinavien werden seit längerem erhebliche Mittel für die Forschung auf diesem Gebiet (z. B. in den USA von der Regierung 65 Millionen Dollar auf fünf Jahre) ausgegeben und es gibt eine Vielzahl von Projekten (Auszug siehe Tab. 13). Auch in der Bundesrepublik gibt es zur Zeit einige neue größere Projekte. So hat 1992 die Telekom u. a. einen Forschungsauftrag im Bereich des Mobilfunks vergeben (siehe Tab. 13). Es gibt aber in Deutschland bisher kein unabhängiges Gremium, das den Ablauf und die Ergebnisse derartiger Forschungen koordiniert und kontrolliert.

Tab. 13: Auswahl von Arbeiten zur Wirkung von elektromagnetischen Feldern (athermische Effekte), die zur Zeit noch im Entstehen sind

Institut	Bearbeiter	Auftraggeber	Titel	Abschlußdatum
Freie Universität Berlin	K. D. KRAMER	BfS	Untersuchungen zu den Wirkungsmechanismen von Hochfrequenzstrahlung	1995
Universität Tübingen	J. P. RODEMANN	BfS	Untersuchungen der Wirkungsweise niederfrequenter Magnetfelder auf zellulärer Ebene	1995
Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich	N. KUSTEN	DF Telecom, Mannesmann PTT Schweiz	Entwicklung eines Testverfahrens zur standardisierten Überprüf-ung von Mobilfunkgeräten	1993

## Zusammenfassung

Die Auswertung der vorliegenden Literatur und viele Gespräche mit Wissenschaftlern und Betroffenen haben gezeigt, daß *zur Zeit nicht ausgeschlossen werden kann*, daß elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder auch schon bei Feldstärken, wie sie im Alltag vorkommen können, *eine bestimmte Belästigung oder ein Gesundheitsrisiko darstellen*. Dabei wird immer wieder besonders auf die Wirkung auf Kinder und Heranwachsende abgehoben. Es gibt *viele Indizen*, die bei verantwortlichem staatlichen Handeln eine weitere *sorgfältige Beobachtung* dieses Gebietes geboten erscheinen lassen.

Auch auf dieses Problem sollte daher der erste Grundsatz der Verfassung der Freiheit "In einer Welt der Ungewißheit kommt alles darauf an, die Kosten des Irrtums so gering wie möglich zu halten" von Dahrendorf Anwendung finden.

### Anhang

Zur Umrechnung häufig verwendeter Größen sind folgende Angaben oft hilfreich:

1 T (Tesla) = 10 000 G (Gauss);

1 G = 100 µT

1 T  $\Delta$  0,796  $\cdot 10^6$  A/m; 1 A/m  $\Delta$  1,27 µT

1 mW/cm<sup>2</sup> = 10 W/m<sup>2</sup>

1 mW/cm<sup>2</sup> = 0 dBm

1 µV/m = 0 dBµV/m

1 W/m<sup>2</sup> = 19,42 V/m = 0,052 A/m

(unter Fernfeldbedingungen)

Größenordnungen:

Frequenz:

$$1 \text{ kHz} = 10^3 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ MHz} = 10^3 \text{ kHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ GHz} = 10^3 \text{ MHz} = 10^6 \text{ kHz} = 10^9 \text{ Hz}$$

elektrisches Feld:

$$1 \text{ kV/m} = 10^3 \text{ V/m}$$

magnetisches Feld:

$$1 \text{ nT} = 10^{-3} \mu\text{T} = 10^{-6} \text{ mT} = 10^{-9} \text{ T}$$

$$1 \mu\text{T} = 10^{-3} \text{ mT} = 10^{-6} \text{ T}$$

$$1 \text{ mT} = 10^{-3} \text{ T}$$

## Ist das Problem der Elektrohypersensitivität zu objektivieren? ■

Aufsehen erregt haben die Ergebnisse eines Arztes aus Dallas in Texas. Professor Dr. William Rea vom Environmental Health Center hat bereits 1991 in einer Studie Ergebnisse erhalten, die er für den Beweis hält, daß es eine Überempfindlichkeit auf elektromagnetische Felder gibt. Rea hat 25 solcher Patienten untersucht. Alle reagierten in Provokationsversuchen auf bestimmte Felder, keiner reagierte auf Placeboversuche. Freiwillige reagierten nicht. Als Hauptargument führt Rea an, daß 16 der Patienten wiederholt auf diese definierten Frequenzen reagierten.

Um Objektivierung geht es auch dem britischen Professor Cyril Smith, emeritierter Wissenschaftler von der Abteilung für Elektro-Energietechnik der Universität von Salford. Nach Bad Emstal hatte er einige Geräte mitgebracht, die ausschauen, als stammten sie aus einem Museum für Funktechnik, Geräte, mit denen sich elektromagnetische Frequenzen von 1 Hertz bis zu den höchsten Frequenzen erzeugen lassen. Abgestrahlt werden die Felder über einfache Spulen. Smith ist davon überzeugt, daß jeder Elektrosensible sein spezielles Reaktionsmuster hat. Es gebe zentralnervöse Reaktionen, aber auch kardiale, und es könne sein, daß eine Reaktion durch die eine Frequenz hervorgerufen werde, eine andere durch eine zweite. Smith hat nach seinen Angaben auch festgestellt, bei welchen Frequenzen gehäuft Reaktion auftreten: Zwei Hertz sind für ihn so etwas wie die Grundfrequenz der Regulation im Nervensystem und die 50 Hertz spiegeln eine erworbene Empfindlichkeit auf die Netzfrequenz wider. In Emstal hat er bei einer Patientin im EKG leichte Herzrhythmusstörungen bei 16 Hertz gefunden. Sein Kommentar:  $16\frac{2}{3}$  Hertz, das ist die Netzfrequenz der Deutschen Bundesbahn.

Von den Elektroempfindlichen sind achtzig Prozent mit Schadstoffen belastet. Runow: "Der Elektrostreß kann das Faß zum Überlaufen bringen." Das Ziel ist es, durch Provokationstest die Beschwerden zu objektivieren. Denn bisher kommen Patienten oft mit der Diagnose: Chronifizierende depressive Entwicklung mit Somatisierungstendenz im Sinne eines Ganzkörperschmerzsyndroms bei psychischer Fixierung auf eine toxische Genese.

## Elektrosensitivität (Elektrostreß) ■

Biologische Wirkung von Feldern, die von der Energietechnik erzeugt werden:

Vor etwa zehn Jahren erhielt man Berichte über die Möglichkeit von gesundheitsschädlichen Wirkungen, die unter gewissen Bedingungen von elektrischen und magnetischen Feldern hervorgerufen werden.

Im Jahre 1979 brachten Arbeiten von N. Wertheimer und E. Leeper die Diskussion in Gang. Andere Veröffentlichungen über dieses Thema folgten: F.S. Perry, M. Reichmanis, A.A. Marino und R.O. Becker (1981) wie auch von L. Thomenius (1986). Diese Arbeit enthält ein ausführliches Literaturverzeichnis. Wir geben nur drei sehr spezielle Publikationen an. Zunächst ein Buch von Andrew A. Marino (1988) mit einem Überblick über

den Stand der Kenntnisse auf diesem Gebiet aus medizinischer Sicht. Die Veröffentlichung von B.H. Kleinstein, welche die Möglichkeit zur Information über in Gang befindliche Forschungsarbeiten und über neue Publikationen gibt in Form von Zusammenfassungen. Schließlich die Veröffentlichung der Biomagnetic Society, 'Bio Electro Magnetics', welche auf ausführliche Weise informiert.

Es erregten vornehmlich die Forschungen des Staates New York parallel mit dem Projekt der Ausdehnung des Hochspannungsnetzes Interesse. Gesundheitsrisiken für die Bevölkerung werden in besonderer Weise diskutiert, z. B. in dem Bericht von A. Ahlbom et al. (1978). Die Diskussion über die Ergebnisse der verschiedenen epidemiologischen Forschungen hat zentrale Bedeutung. Unter anderem werden die Forschungen diskutiert, die bis heute auf den Gebieten der Zellbiologie, der Elektrostimulation des Knochenwachstums, der Neurobiologie, der biologischen Rhythmen, der Nervenregeneration und des Zellwachstums durchgeführt wurden, und zwar immer unter dem Blickwinkel der Wirkung elektrischer und magnetischer Felder. Als Schlußfolgerung ergab sich, daß es der Mühe wert sei, die Forschungen fortzusetzen, da die Möglichkeit einer Einwirkung auf die Gesundheit von Personen bestand. Die durchgeführten Studien des Projekts hatten gezeigt, daß elektrische und magnetische Felder der Frequenz von 60 Hz gewisse biologische Systeme beeinflussen können. Es wurden auch Effekte festgestellt, welche insbesondere die Magnetfelder betreffen, wenn auch die Mechanismen noch unbekannt sind. Gewisse Effekte wurden in Laborexperimenten mit Magnetfeldern von 100  $\mu$ T oder mehr festgestellt. Bei geringerer Feldstärke zeigten sich Effekte in einzelnen Fällen. Die epidemiologischen Studien hatten gezeigt, daß bei einem Tausendstel der Stromstärke bei Laborversuchen ein Effekt auftrat, der eine Bedeutung für die Gesundheit haben kann. Die für den Bericht Verantwortlichen sehen sich nicht in der Lage, Empfehlungen auszusprechen, die sich aus den epidemiologischen Forschungen ergeben, da die Beziehung zwischen Magnetfeldern und Krebs nicht eindeutig beweisbar ist. Als Hauptquelle für Magnetfelder werden die unmittelbare Nachbarschaft von Hochspannungsleitungen zu Häusern und auch die elektrischen Ströme angeführt, welche von der Stromversorgung auch in Häusern verursacht werden.

Der Gesundheitsminister des Staates New York hat auf verschiedene Anfragen geantwortet, die im Bericht von A. Ahlbom et al. (1978) angeführt werden. Z. B. auf die Frage, ob elektrische und magnetische Felder Krebs hervorrufen könnten, wurde geantwortet, daß im Rahmen des Projektes zwei epidemiologische Studien in dieser Richtung finanziert worden seien. Die an Erwachsenen durchgeführte Studie habe keine Beziehung zwischen Krebsfällen und schwachen Magnetfeldern ergeben, während die Studie, die in Denver an Kindern durchgeführt wurde, eine statistisch gesicherte Beziehung zwischen Krebsfällen und Nachbarschaft von elektrischen Versorgungsanlagen bewies. In diesen Fällen war das Krebsrisiko verdoppelt.

Thomenius (1986) hat eine Untersuchung über alle Tumortypen durchgeführt, welche in Beziehung zur Nachbarschaft von Wohnungen fraglicher Personen stehen (Radius 150 m) von Hochspannungsleitungen (220 kV), Transformatoren, Stationen und Leitungen der U-Bahn und der elektrischen Bahnen. Hochspannungsleitungen (200 kV) in Nachbarschaft von krebserkrankten Personen waren doppelt so häufig in bezug auf Kontrollgruppen ( $p < 0,05$ ). Das normale, in allen Wohnungen gemessene Magnetfeld betrug im Mittelwert 69 nT. In der Nachbarschaft von Hochspannungsleitungen (200 kV) betrug der Mittelwert 220 nT. In Häusern, in denen die Magnetfelder  $> 300$  nT gemessen wurden, war die Krebsrate doppelt so hoch wie im Vergleich zur Kontrollgruppe ( $p < 0,05$ ).

Eine andere epidemiologische Studie wurde von Speers et al. (1988) in Texas durchgeführt hinsichtlich von Todesfällen, die durch Gehirntumoren verursacht waren. In der Gruppe, die aus Elektrikern, Elektronikern u. a. bestand, die durch ihre Arbeit starker elektromagnetischer Strahlung ausgesetzt waren, fand man eine Beziehung (OR) zwischen Todesfällen und Kontrollgruppe OR = 3,95, d. h. beträchtlich erhöht. Bei der Analyse der Daten der Elektroniker traf man auf eine Zunahme des Krebs- oder Tumorrisikos mit zunehmender Strahlung. Als Konsequenz wurde geschlossen, daß eine merkliche Beziehung zwischen dieser Personengruppe besteht, die starken Feldern ausgesetzt ist und dem Eintreten von Gehirntumoren.

E.L. Carstensen (1987) äußerte sich kritisch hinsichtlich der biologischen Wirkungen, die mit den durch Hochspannungsleitungen hervorgerufenen Feldern verbunden sind. Als Konsequenz schlußfolgert er, daß Laborforschungen keinen Beweis einer direkten Beziehung mit dem Auftreten von Krebs ergeben. Da man nicht über eine nützliche Arbeitshypothese für die Erforschung von Krebs verfügt, der durch Magnetfelder hervorgerufen werde, sei es schwierig, Studien in Laboratorien durchzuführen.

Es ist nötig, auch die Erklärung der New York Public Service Commission zu erwähnen (v. → Ahlbom et al.,

1978), in der zitiert wird, daß nichts irgendeinen Effekt vermuten läßt, der durch elektrische oder magnetische Felder verursacht wäre, die von Hochspannungsleitungen hervorgerufen werden, was die Gesundheit und die Sicherheit des Menschen beeinträchtigen könne. Nichts desto weniger noch ein Wort auf dem Sektor 'Fragen und Antworten', das in diesem Projekt enthalten ist, nämlich die Frage 6: 'Ist es möglich, daß elektrische und magnetische Felder Krebs verursachen?' wurde in folgender Weise geantwortet:

'Das Projekt über Hochspannungsleitungen hat zwei verdienstvolle epidemiologische Studien finanziert, eine über Krebs bei Erwachsenen, die andere über Krebs bei Kleinkindern. Die an Erwachsenen in Seattle durchgeführte Studie bewies keinerlei Beziehung zwischen Krebsfällen und schwachen Magnetfeldern, die von elektrischen Versorgungsanlagen in der Nachbarschaft herkommen. Die Studie an Kleinkindern in Denver bewies einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Krebsfällen und der Nachbarschaft von örtlichen elektrischen Versorgungseinrichtungen.'

Vom Gewöhnlichen unterscheidet sich das Buch von A. A. Marino (1988), 'Modern Bioelectricity'. Es stellt vom medizinischen Gesichtspunkt aus alle Fakten zusammen, die mit der Wirkung irgendeines Typs elektromagnetischer Strahlung auf das Leben zusammenhängen und diskutiert sie offen. Unter Mitwirkung von 46 Mitautoren wurde ein außergewöhnliches Werk geschaffen, welches die Thematik der biologischen Wirkung nichtionisierender und elektromagnetischer Felder abdeckt.

Im letzten Beitrag (Nr. 27) nimmt der Autor Stellung zu dem Problem der elektromagnetischen Energie, die aus der Umwelt auf die Gesundheit im allgemeinen herrührt. Es wird der Einfluß von gewöhnlich verwendeten technischen Anlagen beleuchtet, vor allem von der elektrischen Stromversorgung 50/60 Hz.

Zusammenfassend wird aufgrund der durch Tierversuche erlangten Resultate festgestellt:

1. Die Einwirkung von elektromagnetischen Feldern kann bei allen Systemen des Körpers Veränderungen hervorrufen, einschließlich der Nerven-, Hormon-, Herzmuskel-, Blut-, Immun- und Fortpflanzungssysteme.
2. Die Wirkungen, die sich in einem System zeigen, sind weitgehend vom Typ des Feldes unabhängig.
3. Die Reaktion des Organismus auf ein elektromagnetisches Feld definiert sich durch eine Kombination von Faktoren, einschließlich der physischen Kasuistik, der erblichen Prädisposition zusammen mit Umweltfaktoren.
4. An Tieren hervorgerufene Effekte kennzeichnen sich mit Anpassung oder Kompensation, weil die Felder den Organismus zwingen, mit einem Umweltfaktor fertig zu werden, an den er sich anpassen muß. In der Regel trifft man auf keine linearen Beziehungen zwischen Dosis und Wirkung.

Die Existenz von Studien, die keine Wirkungen herausgefunden haben, beweist aber nicht, daß diese nicht vorhanden sind. Schließlich ein wichtiges Argument, das oft besonders in den USA verwendet wird: 'Welches auch immer das Risiko ist, das von elektromagnetischen Feldern der Umwelt hervorgerufen wird, so müssen wir es annehmen, weil jede Alternative zu kostspielig wäre und die Gesellschaft und die nationale Sicherheit in Unordnung bringen würde. Die Diskussion ist somit ohne Ergebnis.'

Der gegenwärtige Stand der Kenntnis, allgemeine Beobachtungen:

Die große Zahl von speziellen Veröffentlichungen über das Argument der biologischen Bedeutung elektromagnetischer Felder auf dem Sektor der Energietechnik verdeutlicht eine äußerst komplexe Situation hinsichtlich des gegenwärtigen Standes der Kenntnis:

- von der technischen Seite eine Vielfalt von wichtigen Einzelheiten zu einem riesigen Spektrum aus medizinischer Sicht;
- Laborversuche auf der einen Seite, epidemiologische Studien und statistische Erhebungen auf der anderen Seite mit den damit zusammenhängenden Problemen;
- die Gesetze der Statistik, einschließlich der Bewertung und Interpretation der Ergebnisse.

Zu alledem kommen die ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkte der Thematik hinzu: es berühren sich private, wirtschaftliche, öffentliche und auch Staatsinteressen und der ganze Komplex kann nicht zur objektiven

Behandlung des Themas führen.

I. Nair et al. (1989) haben für das US-Parlament ein "Background Paper" geschaffen mit einem Überblick über Argumente und besonders über die Angaben der ausgeführten Arbeiten.

Die allgemeinen Informationen von Nair und Morgan sind in der Abhandlung von Fitzgerald (1990) in gedrängter Form enthalten, die an die große Öffentlichkeit gerichtet ist. Die Antwort auf die Frage, ob elektromagnetische Felder ein Risiko für die Gesundheit darstellen oder nicht, ist klar: bis zur Stunde weiß es niemand. Aber die Möglichkeit ihrer Gefährlichkeit wird heute anerkannt, und das Problem erfordert demnach eine ernsthafte Erwägung. Der Verdacht konzentriert sich auf Krebs und besonders auf Leukämie und Gehirntumoren, Deformationen von Neugeborenen und in geringerem Maße auch auf Störungen des Hormon- und Nervensystems, einschließlich chronischer Depressionen.

Der Zusammenhang mit Krebs leitet sich grundlegend aus verschiedenen epidemiologischen Studien ab, deren Ergebnisse im Diagramm zusammengefaßt sind. Die angeführten Ziffern sind als Trendhinweise zu deuten, nicht als genaue Daten über den Zusammenhang Felder - Krebs. Dies, weil jede der Arbeiten verschiedene Angaben liefert. Keine der Studien kann als eine Wiederholung einer anderen angesehen werden.

Sechs Studien sind vom Typ 'Fall-Kontrolle', ein System, in welchem die Magnetfelder in Wohnungen von Kleinkindern mit Krebs solchen gegenübergestellt werden von Wohnungen von Kleinkindern der Kontrollgruppe, wo die gemessenen Felder schwächer sind. Insgesamt lassen die Ergebnisse der verschiedenen Studien einen leichten Zusammenhang, der jedoch deutlich positiv ist, mit Krebs erkennen, speziell mit Krebs im Gehirn in Fällen von starker Strahlung, die mit beruflicher Tätigkeit verbunden ist. Elf Studien zeigen einen Zusammenhang zwischen Gehirntumoren und Strahlung elektromagnetischer Felder niedriger Frequenz auf, wobei das berechnete relative Risiko zwischen 1,5 und 8 beträgt.

In einem seiner Beiträge berührt K. Fitzgerald (1990) wichtige zusammenhängende Probleme. Er erwähnt den Verdacht, daß zuständige Institutionen und die Regierung der Vereinigten Staaten versuchen, die notwendige Forschung auf diesem Gebiet zu unterdrücken oder zu verzögern. Nun war Florida der erste Staat, wo für die Maximalintensität des elektrischen Feldes auch ein Grenzwert für das Magnetfeld festgesetzt wurde: 15  $\mu\text{T}$  für Leitungen bis 230 kV für in Betrieb befindliche Leitungen und 20  $\mu\text{T}$  für neue Leitungen, die bis 500 kV geplant sind. Im Januar 1990 hat die International Radiation Protection Association (IRPA) neue Standardwerte eingeführt, welche auch von Seiten der deutschen Behörden angenommen werden müßten: elektrisches Feld 5 kV/m, magnetische Induktion 0,1 mT (entsprechend einer Intensität des Magnetfeldes von ca. 100 A/m) als zulässige Maximalwerte für die Bevölkerung. Diese neuen Grenzwerte betragen immer noch fünfmal diejenigen, die normal in der Umgebung von Hochspannungsleitungen meßbar sind. Als Entgegnung: eine Studie von Savitz (→ Ahlbom et al., 1978) führt an, daß Magnetfelder von 0,25  $\mu\text{T}$  eine Beziehung zur Zunahme von Krebsfällen haben.

Faßt man die Wirkungen des elektrischen Stroms zusammen, so müssen wir zur Stunde eine unvollständige Vorstellung annehmen. Auf der einen Seite werden seine verschiedenen Wirkungen angegeben, was sich beispielsweise aus Laborexperimenten ergibt, deren Ergebnisse schwerlich in Zweifel gezogen werden können, die einen Einfluß der Felder ergeben. Die gefundenen Werte liegen aber um etwa 100mal höher als die Werte, die gewöhnlich in häuslichen Einrichtungen vorhanden sind. Viele Studien über den Einfluß von elektrischen und/oder magnetischen Feldern der Frequenz von 50/60 Hz haben keine Wirkung auf Personen oder biologische Systeme festgestellt. Schädliche Einflüsse auf die Gesundheit würden nach der Meinung von Experten nur relevant mittels epidemiologischer Studien (→ Fitzgerald, 1990), d. h. mittels Informationen, die auf freier statistischer Ebene erhalten werden. Aber niemand hat noch eine einheitliche Vorstellung. Außerdem können relevante Effekte nicht mittels Laborversuchen nachgewiesen werden, welche Feldstärkewerte  $> 1$  A/m verwenden, entsprechend ca. 1  $\mu\text{T}$ . In den Tierversuchen zeigen sich andere Schwierigkeiten: nicht in allen Fällen sind die beobachteten Zusammenhänge vergleichbar mit denen, welche beim Menschen beobachtet werden und nicht alle notwendigen Experimente sind mit Tieren durchgeführt worden.

Die gegengwärtigen Kenntnisse über die Wirkungen des elektrischen Stroms zeigen sich somit in nicht einheitlicher Form. Die oben beschriebenen Studien werden von Seiten der Wissenschaftler zur Diskussion gestellt.

Prof. Dr. Ing. Herbert König vom Lehrstuhl für technische Elektrophysik der Technischen Universität München

berichtete am 15. Dezember 1990 auf einem Kongreß in Italien (Mailand) zusammenfassend u. a. folgendes:

Aus epidemiologischen Studien ergab sich, daß Effekte elektromagnetischer Strahlung bei berufsmäßiger Exposition hinsichtlich Gehirntumoren 122% betragen (statt 100% bei Zufall), bei Leukämie 190% bei berufsmäßig betroffenen Personen (statt 100%, falls keine Wirkung von Magnetfeldern vorhanden wäre). Elektriker zeigten 300%, gleich dreimal häufiger Leukämie im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Aussetzung gegenüber Magnetfeldern.

Im August 1990 wurde in einer renommierten US-Zeitschrift über alle Typen von Krebs über das Risikoverhältnis berichtet, und zwar wäre das Risikoverhältnis 1 (Kontrollgruppe/Gruppe in der Nähe von energietechnischen Anlagen), falls kein Effekt da wäre. Aber entscheidend ist, daß bei der letzten Internationalen Tagung über elektromagnetische Felder berichtet wurde, daß alle Ergebnisse rechts von 1 liegen (Leukämie, Lymphomtumore, Gehirntumoren etc.).

Der Leiter der Deutschen Gesellschaft für Energieversorgung, Prof. Schäfer, habe auf einem Internationalen Kongreß in Wien vor ca. 400 Mitarbeitern von Energieversorgungsunternehmen dem Sinn nach gesagt: "Man muß aufgrund dieser Ergebnisse mit einem kleinen Krebsrisiko rechnen aufgrund von energietechnischen Anlagen. Dies sei das erste Mal, daß von dieser Seite zugestanden worden sei, daß ein Krebsrisiko besteht, eben weil alle Ergebnisse bei 1 oder größer liegen (als Begründung). Wenn nicht, müßten die Ergebnisse kleiner liegen. Wir müssen mit dem Risiko leben, daß der elektrische Strom nicht so sauber ist, wie wir angenommen haben."

### ***Konsequenzen - Praktische Hinweise:***

Es sind Extremsituationen herauszustellen, z. B. wenn Hochspannungsleitungen über Häuser führen. Deren Bewohner sind demnächst an verschiedenen Krebsarten gefährdet. Daher ist Erdverkabelung vorzusehen, da von der Verkabelung weniger Gefahr ausgeht als von Hochspannungsleitungen (mit drei Phasen). Die drei Phasen kompensieren sich beim Kabel besser als bei der Hochspannungsleitung, wo die drei Phasen mit unterschiedlichen Abständen vorliegen, z. B. eine Phase hat zum Haus 20 m Abstand, die andere Phase zum Haus 30 m Abstand. So kommen unterschiedliche Intensitäten am Haus an und können sich nicht mehr kompensieren.

Kritisch sind die Dachwohnungen bei Stromversorgung über Dachständer (380 Volt), wobei die Kabel z. B. 0,5 bis 1 m über dem Dach entlangführen und dann ins Haus gelangen. Dachwohnungen sind extrem stark in solchen Fällen von Magnetfeldern betroffen, die durch das Dach hindurch gehen, als ob ein solches nicht vorhanden wäre.

Ein Haus neben einer Trafostation hat die ganze Intensität der Magnetfelder der nachfolgenden Häuser zu tragen. Eine Abschaltung des Stromes in diesem Haus nützt nicht. Diese Gefahr hat man beim Neubau für Räume mit langen Aufenthaltszeiten zu beachten. Dabei ist die Dosis entscheidend. Schlaf-, Kinderzimmer etc. sollte man möglichst freilassen von elektrischen Leitungen (z. B. vertikale Steig- oder Falleitungen), welche Stromzufuhr von oben oder unten bedingen. Solche Steig- oder Falleitungen sollten sich möglichst nicht neben Schlaf- und Kinderzimmern befinden. Dasselbe gilt für alle elektrischen Geräte (Elektroheizung, z. B. Nachtspeicheröfen oder Warmwasserspeicher, die nachts aufgeladen werden) oder Stromzähler, die auch ein starkes elektromagnetisches Feld abstrahlen.

Verdrillte Kabel strahlen weniger Magnetfelder ab als Bandleitungen. Diese sollten daher nur in größerem Abstand zu Aufenthaltsräumen verlegt werden. Hin- und Rückstrom sollte im selben Kabel wegen der möglichen Kompensation erfolgen.

Der Sicherheitsabstand von Hochspannungsleitungen sollte so viele Meter betragen, daß 1 µT erreicht wird, da für diesen Wert noch Krebs nachgewiesen wurde.

## **Gesundheitsstörungen durch elektromagnetische Felder im Alltag <sup>1</sup>**

### ***Einführung:***

Die Entwicklung des Menschen und auch anderer Lebensformen erfolgte in einem komplexen Milieu elektromagnetischer Felder, deren Spektrum Frequenzen von 0 Hz (atmosphärische elektromagnetische Felder, geomagnetische Felder) bis zum Hochenergiebereich natürlicher Hintergrundstrahlung (kosmische und ionisierende Strahlung natürlichen Ursprungs) umfaßt. Während die Wirkungen von Gamma-, Röntgen- oder ultravioletten Strahlen einigermaßen gut verstanden sind, ist die evolutionäre Rolle anderer Bereiche des elektromagnetischen Spektrums weniger gut oder gar nicht verstanden. Dazu gehört beispielsweise das Verhalten von Zugvögeln, welches durch terrestrische magnetische Felder beeinflusst werden kann.

In den letzten Jahrzehnten hat der Mensch seine elektromagnetische Umwelt drastisch verändert, so daß in einigen Frequenzbereichen Expositionen auftreten, die um viele Größenordnungen höher sind als die natürlich vorhandenen. Der moderne Haushalt hat zahlreiche Elektrogeräte, in deren unmittelbarer Nähe elektrische und magnetische Felder auftreten können, oder Mikrowellenkochgeräte, die eine geringe, aber meßbare Hochfrequenzstrahlung beim Betrieb emittieren. Die europaweite Einführung eines drahtlosen Mobilfunknetzes und eines flächendeckenden Systems von Richtfunkstrecken hat begonnen. Folge dieser Entwicklung und weiterer Anwendungen ist eine ständige Zunahme der Immission elektromagnetischer Felder auch für die Bevölkerung. In den Medien sind Begriffe wie "Elektrosmog" und "Mikrowellensmog" aufgetaucht, und es sind Besorgnisse über mögliche gesundheitliche Risiken als Folge der Einwirkung dieser Felder laut geworden. Als "Elektrosmog" werden verallgemeinernd die vielfältig in unserer technischen Umwelt vorhandenen elektrischen und magnetischen Felder unterschiedlicher Frequenz und unterschiedlicher Stärke bezeichnet. In ihren Wirkungen sind sie jedoch nach Frequenzbereichen und Feldstärkebereichen getrennt zu betrachten und somit nicht mit dem durch chemische Substanzen verursachten Smog vergleichbar.

In den Medien tauchen darüber hinaus Begriffe wie Elektrostreß oder Elektrosensibilität auf. Angesprochen ist hierbei die Wirkung von elektrischen und magnetischen Feldern mit einer Frequenz von 50 Hz, die im Wohnbereich oder auch im Freien auftreten. Diese gehen von der Elektroinstallation, von elektrischen Haushaltsgeräten oder von Hochspannungsfreileitungen aus.

Dieser Aufsatz beschränkt sich auf eine kurze Beschreibung der biologischen Wirkungen der elektrischen und magnetischen Felder mit einer Frequenz von 50 Hz, wie sie in unserem Alltag vorkommen. Desweiteren werden die gegenwärtig diskutierten Grenzwerte und bestehende offene Fragen angesprochen.

Bezüglich der biologischen Wirkungen anderer Frequenzen des elektromagnetischen Spektrums sei der Leser auf die Literatur verwiesen.

### ***Elektrische und magnetische Felder im Alltag:***

Elektrische Felder entstehen in Innenräumen durch die Elektroinstallation. Bei den üblichen Betriebsspannungen (220 oder 380 Volt) entstehen elektrische Felder mit Feldstärken von etwa 10-30 Volt pro Meter (V/m). Diese sind auch dann vorhanden, wenn keine Geräte oder Lampen eingeschaltet sind, d. h., wenn kein Strom fließt. In der Nähe oder an der Oberfläche einzelner Geräte (z. B. Fernseher, Bügeleisen, Staubsauger, Elektroherde oder Heizdecken) können Feldstärken von 500 V/m und mehr erreicht werden. Hochspannungsfreileitungen mit Betriebsspannungen zwischen 110 und 380 Kilovolt (kV) erzeugen in der Nähe des Erdbodens elektrische Felder mit Feldstärken von 1.000-10.000 V/m. Bei Kabeln, die in der Erde verlegt sind, ist das elektrische Feld so weit abgeschirmt, daß es an der Erdoberfläche nicht mehr wirksam wird. Auch die Abschirmung von Hauswänden bewirkt, daß das elektrische Feld im Freien auf weniger als 10% seines Wertes in Innenräumen reduziert wird.

Darüber hinaus können in Innenräumen statische elektrische Felder auftreten, die von einzelnen Geräten (z. B. Fernsehgerät) oder von Personen ausgehen, die sich beim Gehen über isolierte Teppiche und sonstige Bodenbeläge aufladen. Die dabei entstehenden elektrostatischen Felder hängen von vielen Faktoren ab, wie z. B. vom Mobiliar der Innenräume, der Anzahl der sich bewegenden Personen, der isolierenden Eigenschaften der Schuhe, oder der Luftfeuchtigkeit des Innenraumes.

Magnetische Felder treten dann auf, wenn elektrischer Strom fließt. Im Gegensatz zu elektrischen Feldern lassen sich Magnetfelder in der Praxis nur schwer oder gar nicht abschirmen. Direkt an der Oberfläche von elektrischen Geräten im Haushalt können magnetische Feldstärken von bis zu 800 Ampere pro Meter (A/m) auftreten. Diese vermindern sich in einem Abstand von 20 bis 30 cm auf Werte von weniger als 30 A/m.

Unter Hochspannungsfreileitungen treten in Bodennähe bei höchstmöglichem Betriebsstrom magnetische Feldstärken von bis zu etwa 25 A/m auf. Auch bei in der Erde verlegten Kabeln liegt die magnetische Feldstärke in diesem Bereich. In unmittelbarer Nähe von Kabelverteilerschränken können maximale Werte von 600 A/m erreicht werden. Die magnetische Feldstärke nimmt mit zunehmendem Abstand stark ab und beträgt im Abstand von 1 bis 2 Metern weniger als 25 A/m.

**Wirkungen elektrischer und magnetischer Felder auf den Menschen:**

Direkte Wirkungen

Ist der Mensch einem elektrischen Feld ausgesetzt, so erfolgt eine mit der Frequenz des Feldes wechselnde Ladungsumverteilung im Körper. Die Folgen sind mit der Frequenz wechselnde elektrische Ladungen an der Körperoberfläche sowie elektrische Ströme innerhalb des Körpers.

Die Oberflächenladungen führen zu wahrnehmbaren Oberflächeneffekten wie die Bewegung von Körperhaaren oder Bildung kleiner Funken zwischen Haut und Kleidung (Mikroentladungen) bei hinreichend hohen Feldstärken. Die Schwellenwerte der Wahrnehmung können von Person zu Person verschieden sein. Eine Feldstärke von 1 kV/m wird von etwa 1,5-3% der Versuchspersonen als Folge von Haarvibrationen wahrgenommen, 10 kV/m von 20-55%.

Während Oberflächeneffekte nur von elektrischen Feldern erzeugt werden können, werden elektrische Ströme innerhalb des Körpers sowohl von elektrischen als auch von magnetischen Feldern erzeugt. Diese elektrischen Körperströme, angegeben in Milliampere pro Quadratmeter (mA/m<sup>2</sup>) können in Abhängigkeit von ihrer Stromdichte biologische Wirkungen hervorrufen.

Unterhalb von 1 mA/m<sup>2</sup> sind keine wissenschaftlich abgesicherten biologischen Wirkungen bekannt. Solche Stromdichten können durch elektrische Felder von etwa 2-10 kV/m und durch magnetische Felder von etwa 50-400 A/m im Organismus erzeugt werden (vergleiche Tab. 14). Die Stromdichte von 1 mA/m<sup>2</sup> entspricht im allgemeinen der natürlicherweise vorhandenen Stromdichte in den wichtigsten Organen und Geweben des Körpers; die im Herzen oder im Gehirn fließenden Ströme liegen in der Größenordnung 1-10 mA/m<sup>2</sup>. An der Oberfläche elektrisch aktiver Nerven oder Muskelzellen können kurzzeitig Stromdichten von über 1.000 mA/m<sup>2</sup> auftreten.

Tab.: 14 Feldstärken, die für elektrische und magnetische 50 Hz-Felder eine Stromdichte von etwa 1 mA/m<sup>2</sup> erzeugen.

Elektrisches Feld		Magnetisches Feld	
<b>Kopf:</b>	7–20 kV/m	<b>Kopf und Herzbereich:</b>	320–420 A/m
<b>Thorax, Herzbereich:</b>	7–14 kV/m	<b>Thorax:</b>	120 A/m
<b>Hals:</b>	2–4 kV/m	<b>Rumpf:</b>	80–160 A/m
<b>Fußgelenke:</b>	0,2–0,5 kV/m	<b>Worst Case Fall (große Schleife)</b>	30–60 A/m
<b>Abgeleitete Grenzwerte für Einwirkungsbereich 2:</b>			
<b>5 kV/m bis 24 h/d</b>		<b>80 A/m (100 µT) bis 24 h/d</b>	
<b>10 kV/m bis 2 h/d</b>		<b>800 A/m (1 mT) bis 2 h/d</b>	

Bei Laborversuchen an Zellkulturen mit Stromdichten oberhalb von 1 mA/m<sup>2</sup> sind vorübergehende biologische Effekte beobachtet worden. Einige gesicherte Beobachtungen und Hypothesen über Wechselwirkungen zwischen Magnetfeldern und Zellmembranen können nicht ignoriert werden. Die berichteten Befunden umfassen

- Immunologische Veränderungen, Transkriptionsstörungen und abweichende Zellproliferation bei Einwirkung niederfrequenter Magnetfelder,
- Änderungen von Zellmembranpermeabilitäten, die nur bei bestimmten Frequenzen und bestimmten Feldstärken (Fenster-effekte) auftreten.

Die hier berichteten Befunde müssen jedoch überprüft und verstanden werden. Ihre Bedeutung für den Gesamtorganismus ist nicht geklärt. Es sei hier auf die Ausschreibung von Forschungsvorhaben auf dem Gebiet der nichtionisierenden Strahlen hingewiesen, die das Bundesamt für Strahlenschutz auf Veranlassung des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit veröffentlicht hat.

Bei Laborversuchen an Freiwilligen mit Expositionszeiten zwischen 3 Stunden und einer Woche bei elektrischen Feldstärken bis 20 kV/m konnten keine Veränderungen signifikanter Art festgestellt werden. Untersucht wurden Reaktionszeit auf akustische und optische Reize, psychologische Faktoren, EEG, EKG, Blutdruck, Pulsfrequenz, Körpertemperatur, Blutstatus, biochemische Parameter des Blutes und Harns, Enzyme und Stoffwechselfaktoren.

Erst bei Körperstromdichten von mehr als 100 mA/m<sup>2</sup> können akute Gefahren für die Gesundheit auftreten. Elektrische oder magnetische Felder, die im Körper derart hohe Stromdichten erzeugen, treten im Alltag nicht auf.

#### Indirekte Wirkungen

Befinden sich große leitfähige Gegenstände wie z. B. Auto, Lkw, Kran in einem starken elektrischen Feld, so können bei Annäherung Funkenentladungen zwischen Person und den Gegenständen entstehen oder es kann bei Berührung ein elektrischer Strom über den Körper zur Erde abfließen. Man bezeichnet diese Vorgänge meist als "Elektrisierung". Die Auswirkungen solcher Elektrisierungen können von der Wahrnehmung bis zur Schädigung des Organismus (z. B. Herzkammerflimmern) reichen. Die Schwere der Auswirkung hängt von Faktoren ab wie dem Ableitwiderstand zur Erde, der Stärke und Dauer des Kontaktstromes, der Körpermasse sowie von Größe und Anordnung des Gegenstandes und der elektrischen Feldstärke. Zur Vermeidung gefährlicher Körperströme sind Grenzwerte in DIN-VDE-Vorschriften festgelegt.

Elektrisierungen können auch ohne ein direktes Einwirken von elektrischen Feldern durch statische Aufladungen verursacht werden. So kann z. B. die statische Ladung an Kraftfahrzeugen bei Fahrt oder an Personen beim Begehen von isolierenden Bodenbelägen entstehen. Wird bei Berührung diese Ladung abgeleitet, so kommt es ebenfalls zu einem Funkenüberschlag, der wahrgenommen und unter Umständen als schmerzhaft empfunden werden kann.

Die Wahrnehmungsschwelle für Funkenentladungen hängt von der Empfindlichkeit der betroffenen Körperstelle und damit vom Geschlecht und Alter der Person ab. Die Stärke der Empfindung ist umso größer, je größer das leitfähige Objekt und die herrschende Feldstärke ist. In starken elektrischen Feldern, z. B. unter einer Hochspannungsfreileitung, können unter ungünstigen Umständen Elektrisierungen bereits bei Feldstärken von ca. 500 V/m wahrgenommen werden. Bei einer Feldstärke von 5 kV/m werden Elektrisierungen von ca. 1% der Versuchspersonen als belästigend empfunden. Indirekte Feldwirkungen dieser Art werden im Normentwurf DIN VDE Teil 4 A 1 durch zusätzliche Festlegung geregelt, die darin bestehen, daß bestimmte Berührungsspannungen oder Körperströme nicht überschritten werden dürfen. Es ist aber bisher nicht geklärt, wie solche in DIN-Normen angegebenen Festlegungen beispielsweise für Wohngebiete überprüft werden sollen. Der bisherige Weg besteht darin, daß bei auftretenden Beschwerden z. B. in Wohngebieten im Bereich von Hochspannungsfreileitungen von den Betreibern nach Prüfung Maßnahmen zur Abhilfe der Beschwerden vorgenommen werden.

Eine weitere Gruppe von indirekten Wirkungen resultiert aus möglichen Einflüssen von elektrischen und magnetischen Feldern auf elektrische oder elektronische Geräte bzw. Implantate. Typisches Beispiel ist die Beeinflussung von implantierten Herzschrittmachern durch starke Felder. Einige moderne, empfindlich programmierte unipolare Herzschrittmacher können unter ungünstigen Bedingungen bereits bei Feldstärken von 20 A/m bzw. 2,5 kV/m beeinflusst werden. Es fehlt jedoch eine systematische Bestandsaufnahme, welche felderzeugenden Geräte und Anlagen unter Umständen Personen mit Herzschrittmachern gefährden können. An die Schrittmacherhersteller muß appelliert werden, ihre Produkte störfester zu machen. Die Hersteller von potentiellen Störquellen sollten in Zukunft daran denken, daß ihre Produkte Herzschrittmacher beeinflussen und damit unter Umständen Herzschrittmacherträger gefährden können.

#### Chronische Einwirkung niedriger Feldstärken

Es sind Studien durchgeführt worden, deren Ergebnisse zu der Vermutung Anlaß geben, daß eine

langandauernde Exposition mit schwachen Magnetfeldern die Krebsentstehung fördert. Diese Studien wurden im Hinblick auf ihre Aussagekraft durch das Bundesamt für Strahlenschutz bewertet. Hierbei ergab sich, daß ein gesicherter Zusammenhang zwischen einer Exposition durch magnetische Felder, wie sie im Alltag vorkommen, und einem vermehrten Auftreten von Krebs nicht eindeutig besteht. Diese Studien geben derzeit keinen Anlaß, Grenzwerte danach auszurichten. Die Hauptkritikpunkte betreffen die statistische Auswertung, die Ermittlung der bei der Exposition vorkommenden Feldstärken sowie das Fehlen eines Wirkungsmechanismus, der für die behaupteten Effekte verantwortlich sein könnte.

Auch die Weltgesundheitsorganisation und die Internationale Strahlenschutzassoziation IRPA sehen einen Zusammenhang als nicht erwiesen an. In einigen Ländern werden jedoch medizinstatistische Untersuchungen über einen möglichen Zusammenhang zwischen Feldeinwirkung und erhöhtem Auftreten von Krebs unter besser kontrollierten Bedingungen weitergeführt. Ergebnisse sind nicht vor Ende dieses Jahres zu erwarten. Auf die Notwendigkeit, einige noch offene fachspezifische Fragen in der Grundlagenforschung aufzuklären, wurde oben hingewiesen.

### **Grenzwerte und zusammenfassende Bewertung der Exposition durch elektrische und magnetische Felder im Alltag**

Die Entwicklung von Vorschriften zum Schutz von Personen bei Einwirkung elektromagnetischer Felder ist in der Bundesrepublik dadurch erschwert, daß es keine speziellen gesetzlichen Vorschriften auf diesem Gebiet gibt. Der Schutz von Personen ist allerdings zum Teil indirekt durch eine Reihe von Bestimmungen gesichert, z. B. durch das Gerätesicherheitsgesetz, die Medizingeräteverordnung, die Arbeitsstättenverordnung usw. Diese Bestimmungen verlangen, daß technische Geräte in bezug auf Sicherheit den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Dies sind DIN-Normen, VDE-Bestimmungen, Unfallverhütungsvorschriften usw.

*Tab. 15: Beispiele für Grenzwerte bei direkter Einwirkung elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder verschiedener Frequenzen (Elektrische Feldstärke E, Magnetische Feldstärke H, Leistungsflußdichte S). Die neuen Normentwürfe berücksichtigen zusätzlich zu den angegebenen Grenzwerten die gleichzeitige Einwirkung aus verschiedenen Quellen, sie enthalten zusätzlich Festlegungen für gepulste Strahlung, für körpernahe Sender, für Implantatträger (Herzschrittmacher) und für indirekte Einwirkungen (Begrenzung von Körperströmen und Berührungsspannungen).*

Frequenz	DIN VDE 0848, Teil 2, 1984			DIN VDE 0848, T 2, bzw. T 4 A 1 (Entwurf 1990)					
	Arbeitsplätze und Wohngebiete			für kontrollierte Bereiche			Wohngebiete		
	E (V/m)	H (A/m)	S (W/m <sup>2</sup> )	E (V/m)	H (A/m)	S (W/m <sup>2</sup> )	E (V/m)	H (A/m)	S (W/m <sup>2</sup> )
0 Hz	–	–	–	40 000	60 000 (75 mT)	–	10 000	1000 (1,2 mT)	–
50 Hz	–	–	–	20 000	4000 (5 mT)	–	5000	80 (100 µT)	–
10 kHz	1500	350	–	2 250	375	–	300	16	–
1 MHz	1500	8	–	614	4,9	–	275	2,2	–
30 MHz	100	0,25	–	61,4	0,16	–	27,5	0,07	–
400 MHz	100	0,25	25	61,4	0,16	10	27,5	0,07	2
2,45 GHz	100	0,25	25	137	0,36	50	61,4	0,16	10
>10 GHz	200	0,5	100	137	0,36	50	61,4	0,16	10

Grenzwerte zum Schutz von Personen vor den Gefahren elektrischer und magnetischer Felder wurden und werden in DIN-VDE-Normen festgelegt, die in Fachkommissionen beraten werden. In den letzten Jahren hat das Bundesgesundheitsamt bzw. das jetzt zuständige Bundesamt für Strahlenschutz wiederholt gefordert, zusätzlich zum Gefährdungsgrenzwert einen zweiten, niedrigeren Grenzwert für die Bevölkerung einzuführen. Dieser zweite Grenzwert sollte die besondere Schutzbedürftigkeit empfindlicher Personengruppen sowie die Möglichkeit ständiger Einwirkungen elektromagnetischer Felder berücksichtigen und Belästigungen als Folge einer Feldeinwirkung vermeiden. Inzwischen wurde die Einführung eines zweiten Grenzwertes beschlossen, gültig für

Wohngebiete, einzelne Wohngrundstücke und Einrichtungen für Sport, Freizeit und Erholung (in der Norm Einwirkungsbereich 2 genannt). Die neuen Grenzwerte sind besser begründet als früher. Das Konzept besteht zunächst darin, daß Basisgrenzwerte festgelegt wurden. Dies sind Größen, die direkt mit der biologischen Wirkung verknüpfbar sind, wie z. B. die spezifische Absorption von Hochfrequenzstrahlung, die man mit biologischen Wirkungen von Hochfrequenzstrahlung korrelieren kann, die elektrische Stromdichte im Körper oder den Körperstrom, dem man eine Reizwirkung zuordnen kann. Aus den Basisgrenzwerten wurden abgeleitete Grenzwerte hergeleitet, z. B. Angaben der elektrischen oder magnetischen Feldstärke, die mit einem Dosimeter vor Ort gemessen werden können. Die nachfolgende Tabelle zeigt beispielhaft für einige Frequenzen Grenzwerte für direkte Einwirkung. Die jetzt erarbeiteten Grenzwerte zum Schutz von Personen vor gesundheitlichen Risiken elektromagnetischer Felder sind ein wichtiger Schritt im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes, da die Gesichtspunkte der Gesundheitsvorsorge besser als bisher berücksichtigt sind.

### **Zusammenfassende Bewertung**

Die wissenschaftliche Beurteilung vorliegender Studien hat gezeigt, daß der in der Öffentlichkeit diskutierte Zusammenhang zwischen einer Exposition durch elektrische und magnetische Felder und dem Auftreten von Kopfschmerzen, Allergien, Herzschäden oder Krebs nicht eindeutig nachgewiesen ist. Gleichzeitig ist erkannt worden, daß weitere Studien durchgeführt werden müssen, um die Wechselwirkung elektrischer und magnetischer Felder mit biologischem Gewebe besser zu verstehen. Es kann festgestellt werden, daß im Alltag bei Einhaltung der jetzt festgelegten Grenzwerte (5 kV/m, 80 A/m für 50 Hz) durch elektrische und magnetische Felder langfristige Wirkungen, die eine Gesundheitsbeeinträchtigung darstellen, nicht zu erwarten sind. Unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge sollte jedoch eine Reduzierung unnötiger Exposition auch unterhalb der Grenzwerte angestrebt werden.

Gelegentlich auftretende Elektrisierungen können häufig durch einfache technische Maßnahmen eliminiert werden. Eine generelle Empfehlung, z. B. der Einbau von automatischen Netzfreischaltern für Wohn- und Schlafräume ist aus strahlenhygienischer Sicht nicht erforderlich.

### **Hypersensitivity to electricity ■**

A study of 32 persons with alleged "hypersensitivity to electricity", sponsored by the Fund, and carried out at the Department of Neuromedicine at the National Institute of Occupational Health, shows that 60 per cent of them have had trouble during the last two years.

Two-thirds of the group experienced symptoms related to the nervous system such as giddiness, tingling and prickling sensations in the extremities, tiredness, headaches, shortness of breath, feeling in low spirits etc. Women experienced more skin trouble than men. More than half of the group also expressed eye and vision symptoms. The majority of those examined were of the opinion that the problems were caused by VDTs, but even other factors could have an effect, e.g. fluorescent tubes, sunlight, electrical appliances and cables, and ventilation equipment.

The prognosis for the patients varied depending on the nature of the trouble - it was easier to be rid of skin trouble than the symptoms from the nervous system. Change to low-radiation display screens brought about no improvement. Neither did taking away unnecessary electrical appliances. *Four people had amalgam fillings in their teeth taken out, which brought about some improvement*

## Symptome

Bei Belastungen durch physikalische Störfelder können folgende Symptome auftreten:

### 1. Neurologischer Symptomenkomplex

- Kopfschmerzen
- Schwindelgefühle
- Gangstörungen
- Lähmungserscheinungen
- Kribbelmißempfindungen ("wie auf Watte gehen")
- nadelstichartige Schmerzen
- Ohrgeräusche (Tinnitus)
- Druckgefühle in den Ohren

### 2. Psychiatrischer Symptomenkomplex

- Schlafstörungen
- Innere Unruhe
- Reizbarkeit
- Aggressivität
- depressive Verstimmungen

### 3. Internistisch / immunologischer Symptomenkomplex

- Herzsensationen
- Muskel- und Gelenkschmerzen
- Schmerzen im Bereich der Zähne
- Augenbrennen

Tab.: 16 Zusammenfassende Statistik von 1500 Untersuchungen an veränderter Bodenabstrahlung (➔ Bachler, 1982)

Krankheiten	Anzahl der Krankheiten	Symptome
Augenleiden	29	geschwollene Augen am Morgen, Entzündungen, Augenzwickern, Flimmern vor den Augen, Netzhaut-Ablösung, Erblindung etc.
Hals-, Nasen-, Ohrenleiden	123	Mandelentzündungen, Abszesse, Heiserkeit, Würgegefühle, Kehlkopfkrebs, Nasenentzündungen, gefährliches Nasenbluten, Ohrensausen, Drüenschwellungen, Wucherungen etc.
Zahn-, Mund-, Kieferkrankheiten	41	Entzündungen, Zahn- und Kiefereiterungen, Kieferkrampf, Zysten, Neuralgien, Zungenkrebs
Hautkrankheiten	14	Gesichts-, Gürtelrose, Ekzeme, Schuppenflechte, Hautkrebs
Knochenkrankheiten	8	Knochen-TBC, Eiterungen, Krebs, Genick-, Schulter-, Rückenschmerzen etc.
Kreuzschmerzen	113	Bandscheiben- und Wirbelschmerzen
Bronchial- u. Lungenleiden	76	TBC, Embolie, Lungenentzündungen etc.
Innere Krankheiten	über 500	
Schilddrüsen- erkrankungen	18	u. a. Über- u. Unterfunktion
Asthma	29	Schwäche, Herzklopfen im Bett, Krampf,
Herz- u. Kreislaufkrankh.	171	Beklemmung, Entzündung, Kollaps, Infarkt
Blutkrankheiten	52	Blutdruck zu hoch o. niedrig, Anämien, Leukämien, Blutkrebs
Brusterkrankungen	20	auch Krebs, Drüenschwellungen etc.
Magenerkrankungen	84	Appetitlosigkeit, Übelkeit, Erbrechen, Entzündungen, Geschwür, Krebs
Darmkrankheiten	67	Entzündung, Geschwür, Verstopfung, Verschuß, Krebs
Bauchspeicheldrüsenkrankheiten	22	Entzündung, Krebs, Zuckerkrankheit
Gallenkrankheiten	58	Entzündung, Erbrechen, Steinbildung, Koliken
Leberkrankheiten	45	Gelbsucht, Leberschwellung, Leberschaden Krebs
Störungen von Temperatur-, Drüsenfunktionen	24 8 5 8	Ständiges Frieren im Bett Schweißausbrüche im Bett Kinder-Entwicklungshemmung Plötzliche Gewichtsabnahme
Urologie		
Nierenerkrankungen	67	Entzündung, Blutung, Eiterung, Steine, Kolik
Blasenleiden	36	Krebs
Prostataleiden	11	Bettnässen, Entzündung, Steine, Krebs
"Bauchleiden" allgemein	53	u. a. Krebs, Schmerzen, Ziehen etc.
Frauenkrankheiten		
Unterleibskrankheiten	63	Eierstockerkrankungen, Krebs, schwere Gebärmuttererkrankungen, (Regelkrämpfe, starke Blutungen, Polypen, Zysten, Myome, Krebs) Fehlgeburten, Frühgeburt, Totgeburt
Rheumatische Krank- heiten	180	Unbeweglichkeit, teilweise oder totale Lähmung
Sonstiges		Unkonzentriertheit, Gereiztheit, Vergeßlichkeit, Stottern, ständige Übelkeit, Mondsucht, Migräne, Depressionen, Epilepsie, Weinkampf, Selbstmord etc.

## Kasuistik

### 1. Fall

U.S.C., w.

### **Symptome:**

Elektrosensibilität

Untersuchung: Wenn Wirkung gespürt wird, kann die Versuchsperson eine Taste am Gerät drücken, es leuchtet dann ein Lämpchen auf (Anmerkung: die Versuchsperson benutzt **nicht** die Möglichkeit zum Senden, um Störung auf 27 MHz zu vermeiden).

Die Versuche werden als Blind- oder Doppelblindversuche durchgeführt.

Nach ungefähr zwei Stunden wurden die Versuche wegen Überreiztheit der Versuchsperson abgebrochen. Die Versuchsperson signalisierte kontinuierlich, obwohl kein Strom lief, Reizungen, die sie als schmerzhaftes Stechen in der Nierengegend erfuhr.

Versuche 50 Hz:

Als erster Versuch wurde überprüft, ob eine Empfindlichkeit für 50 Hz feststellbar war. Der Strom wurde langsam von 0 bis 2 Amp. hochgedreht, ohne daß die Versuchsperson eine Wirkung spürte. 1,5 Stunden später wurde der 50 Hz-Versuch wiederholt; bis zu 5 A keine Reaktion!

Die Versuchsperson spürt keine Wirkung von 50 Hz magnetischen Feldern bis zu 5000 nT (Strom durch den Draht 5 A).

150 Hz:

In den Blindversuchen wurde der Strom durch die Leitung von Null an hochgedreht, bis die Versuchsperson eine Reizung spürte. Die Geschwindigkeit des Hochdrehens wurde bei jedem Versuch geändert, darüber hinaus wurde unterschiedlich lange gewartet, bis das "Hochdrehen" anfang.

Ergebnis:

Bei den folgenden Strömen durch die Leitung wurde eine Reizung gespürt bei 80 mA, 200 mA, 198 mA, 210 mA. Erstaunlich ist die Reproduzierbarkeit der drei letzten Versuche. Zu bemerken ist, daß diese Versuche in der Anfangsphase gelaufen sind.

Zur Kontrolle wurde nach Ablauf dieser Versuche noch ein weiterer Test durchgeführt. Die Versuchsperson bekam die Information, daß der Versuchsleiter in den nächsten drei Minuten einige Versuche machen würde. Wenn sie etwas spüre, Taste drücken.

Nach drei Minuten wurde, da keine Reaktion erfolgte, nochmals gefragt, ob sie etwas gespürt habe. Antwort: Lämpchen 2 x blinken.

Nein.

Die Realität war, daß während des Versuches der Strom immer =0 war. Also war die Aussage richtig.

Etwas später Wiederholung. Ergebnis: Reizung bei 178 mA und 195 mA Strom.

Die Reizschwelle liegt also bei ungefähr 200 mA. Als Kontrolle wurde ein Doppelblindversuch durchgeführt. Der Strom war auf 250 mA eingestellt. Mit einem "Zufallsgenerator" wurde entweder der Strom ein- oder

ausgeschaltet (Strom ein: ja / Strom aus: 0).

<b>Realität</b>	<b>ja</b>	<b>0</b>	<b>ja</b>	<b>0</b>	<b>ja</b>
<b>Versuchsp.</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>0</b>	<b>ja</b>

**4 x richtig      1 x falsch**

4 x richtig 1 x falsch

Wegen der Anstrengung der Versuchsperson wurden diese Doppelblindversuche nicht wiederholt. Das letzte Ergebnis ist jedoch ein zusätzlicher Hinweis für die Empfindlichkeit für magnetische Felder der Versuchsperson.

Bei einem Strom von ~200 mA durch die Leitung wird eine Reizung wahrgenommen. Dieser Strom verursacht ein Feld von 200 nT.

250 Hz:

keine Versuche

350 Hz:

Ansprechen auf folgende Ströme in mA: 43, 20, 27, 86. Als Durchschnitt mit Reaktion bei ~30 mA

450 Hz:

Keine Versuche.

550 Hz:

Ansprechen der Versuchsperson auf folgende Ströme in mA: 4,5, 37, 60, 50. Doppelblindversuch ein/aus mit 50 mA hatte 3 x falsch, 2 x richtig, also keine Aussage. Eine Wiederholung mit 80 mA Strom gab 4 x richtig, 1 x falsch. Also Grenzwert zwischen 60 und 80 mA. Diese Versuche wurden am Ende der Testzeit durchgeführt.

### **Zusammenfassung:**

Die Versuchsperson U.S.C. zeigte für die untersuchten Frequenzen von 150 Hz, 350 Hz und 550 Hz eine große Empfindlichkeit. Für sie waren Felder um einen Draht unter ihrem Kopf in der Längsrichtung angebracht (Abstand von der Mitte des Körpers ~20-25 cm), verursacht durch Ströme von 200 mA (200 nT) bei 150 Hz, von 30 mA (30 nT) bei 350 Hz und von ~50 mA (50 nT) bei 550 Hz wahrnehmbar. Für 50 Hz jedoch war eine Empfindlichkeit bis zu einem Strom von 5 A (5000 nT!) **nicht** feststellbar.

Die Blindversuche, ergänzt durch einige Doppelblindversuche, zeigen die Sensibilität der Frau U.S.C. für Frequenzen im Bereich von 150-550 Hz.

### **Versuchsperson:**

Die Versuchsperson ist der Meinung, daß ihre Elektrosensibilität durch eine frühere Amalgambelastung aufgrund quecksilberhaltiger Zahnplomben verursacht worden ist. Die Wirkung der Magnetfelder empfindet sie als schmerzhaftes Stechen in der Mitte des Rückens etwa in Höhe der Nebennieren/Nieren, besonders rechts.

Quelle: Busscher, W.: Empfindlichkeit eines Elektrosensitiven. Wetter-Boden-Mensch 1/93

### **2. Fall:**

B.W., m.

Erlittene Körperverletzung durch Strahlungen aus Farbfernsehgerät mit Kathodenstrahlröhre in Kurklinik 1989.

Farbfernsehapparat mit mittelgroßer Röhre/Bildschirm

Die in diesem Gerät entstehende Röntgenstrahlung ist ausreichend abgeschirmt lt. Zulassungs-Nr.

Beschl. Spannung max. 25,5 kV

### **Bericht des Patienten:**

In meinem Zimmer habe ich abends im Bett liegend den Fernsehapparat betrieben. Der Fernseher stand auf einem Tischchen, das etwa so hoch war wie die Oberkante der Liege. Der Fernseher war direkt auf mich gerichtet. Die Entfernung zwischen Kopf und Bildschirm betrug etwa 2,8 m. Zum Teil lag oder saß ich auf dem Bett. Ich hatte den Bildschirm mehrmals über 8 Stunden angeschaltet. Nach etwa 5 Stunden traten starke Augenreizungen mit trockenen Augen und schmerzenden Augäpfeln an mehreren Tagen wiederholt auf. Wenn ich während des eingeschalteten Fernsehens einschlief, wurde ich durch die Augenschmerzen wach. Es war, als hätte ich Sand in den Augen. Dieses Symptom kenne ich vom Elektroschweißen, wenn ich ohne Schweißschutzbrille gearbeitet habe. Wir sagten dann, wir haben uns "verblitzt". In der Berufsschule lernte ich, daß dies durch die UV-Strahlung des elektrischen Lichtbogens hervorgerufene Licht dieses spezielle Symptom verursachen kann und daß bei häufigerer Exposition dauerhafte Erkrankungen der Augen entstehen können.

Ich nehme an, daß die vom Bildschirm ausgestrahlte UV-Strahlung zu hoch war und bei mir diese Körperverletzung ausgelöst hat. Ich bin der Meinung, daß ein solches Gerät keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen auf den Menschen verursachen darf. Deshalb bin ich der Überzeugung, daß das Gerät unzulässig hohe Strahlungen aussendet.

Schon nach 2 Stunden vor diesem Fernseher fingten alle meine Zähne mit Amalgamfüllungen an, wehzutun, bis zur Unerträglichkeit. Am dritten Tag war das so unerträglich, daß sich mir beim Drücken mit dem Finger auf die Zähne links oben eine Plombe, die ich etwa seit 1980 habe, löste.

Ich bin der Meinung, daß durch Mikrowellen aus dem Apparat sich wie im Mikrowellenherd die Plombe und der Zahn verschieden stark erwärmten und Spannungen durch die verschiedene Wärmeausdehnung entstanden. Mitbeteiligt an der Erwärmung könnten auch aus dem Fernsehapparat kommende UV-Strahlung, Röntgenstrahlung und Infrarotlicht sein. Genaues müßte hier ermittelt werden.

Auf die Ursächlichkeit von Bildschirmstrahlung kam ich durch weiteres Nachdenken und mein spezielles Interesse zu Gesundheitsgefahren durch Bildschirmarbeitsplätze, bei denen von der Schädlichkeit der davon emittierten Röntgenstrahlung und Mikrowellenstrahlung berichtet wird. Genauer verweise ich dabei auf den Artikel "Bildschirmarbeit" in der Zeitschrift *Schöner Wohnen* 4/87 S. 6-9, Amtliche Mitteilungen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz 1986, Nr. 4, Oktober, S. 8-10, "Auswirkungen von Bildschirmarbeit auf den Schwangerschaftsverlauf", Dr. Andreas G. Fleischer, *Bundesgesundheitsblatt* 27 Nr. 7, Juli 1984, S. 215-216, "Leckstrahlung gewerblich genutzter Mikrowellengeräte", Richard Veit, American National Standard (ANSI): "Safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 300 kHz to 1000 GHz ANSI C 95.1-1982 und neuere, DIN 57 848 Teil 2... 83 und neuere: "Gefährdung durch elektromagnetische Felder. Schutz von Personen im Frequenzbereich von 10 kHz bis 3000 GHz, BG Verwaltung, "Sicherheitsregeln für Bildschirmarbeitsplätze im Bürobereich", ZH1/618, Ausgabe 10.1980 oder neuere, Auskunftsregister der BAU Dortmund, Bildschirmarbeit Strahlenbelastung B 11 383/9, Sonderschrift der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, 1988, "S 14", "Schutz vor UV-Strahlung", P. Schreiber, G. Ott, Zeitschrift *Form und Technik* 11/99 Fachbeilage für Formherstellung, Druck und Weiterverarbeitung 24.10.1988 in Zeitschrift *Druck und Papier* Nr. 22, 1988, "Müssen Bildschirmarbeitsplätze mangelhaft sein?", "Computer gegen Frauen", Barbara Böttger, S. 35, aus "Die Qualität der Arbeit verschlechtert sich dramatisch", WSI Informationsdienst *Arbeit* 3/85, Düsseldorf, DGB, Brief Dipl. Ing. Bernd Wagner, vom 09.06.89 "Schädigung der Augen durch UV-Licht", *Der Spiegel* 4/88 S. 79 + 82, Computer "Heftig umstritten", *Öko-Test* Juni 1989, S. 24-31, "Test: Bildschirme", *GONG* 11.03.-17.03.89, S. 129, "Bei Sonnenanbetern altern die Augen schneller", *taz*, 27.02.88, "Niedrigstrahlung unter der Lupe", Universität Bremen, Informationen zu Energie und Umwelt, Teil A Nr. 11, 1979, Ionisierende Strahlung im Bereich niedriger Dosis und die Erzeugung von Krebs, Karl Z. Morgan, und "Das Gesundheitsrisiko für beruflich strahlenexponierte Personen", Joseph Rotblatt, *WAZ* 1987 (dpa) "Experten: Arbeit am Bildschirm gefährlich" und

viele andere (Quellenzusammenstellung etwa 10 000 durch Bibliothekar der Universitätsbücherei Bochum).

Den Zusammenhang zwischen der Strahlung aus dem Bildschirm habe ich durch einen Versuch und dessen Ergebnis erbracht.

Ich drehte den Fernsehschirm ca. 30° von mir weg, so daß ich von der Seite auf den Bildschirm sah. Ab sofort hatte ich keine Zahnschmerzen mehr. Wenn ich längere Zeit, über 3 bis 8 Stunden den Bildschirm auf mich einwirken ließ, hatte ich ab da nicht mehr die sich dick anfühlenden Augen und auch kein Gefühl mehr, als hätte ich Sand in den Augen. Jedoch war immer noch ein Trockenheitsgefühl in den Augen dann vorhanden. Ich hatte die Balkontür geöffnet. Ich führe die Auswirkungen auf meine Gesundheit auf die energiereiche Strahlung des Fernsehapparates und seines Bildschirmes zurück. Obwohl ich mit meinem Kopf 2,8 m und mehr von dem Schirm entfernt war, wirkte er schädlich auf mich ein.

Ich erinnere mich jetzt, die Symptome der trockenen Augen und des Gefühls wie Sand in den Augen zu haben schon einmal mit einem anderen Gerät erlebt zu haben. Ich hatte damals den Fernsehapparat im Schlafzimmer am Fußende stehen. Der Tisch war nur etwas höher als die Liege. Es war ein Schwarzweiß-Gerät mit großem Bildschirm 50x41 cm bzw. 60 cm diagonal, Kaufdatum ca. 1976 (der Apparat ist noch bei mir). Auch wenn ich während des Fernsehens eingeschlafen war, wurde ich nachts wach und hatte geschwollene Augen, trockene Augenschleimhäute und manchmal, wenn es länger gedauert hatte, bis ich den Apparat ausmachte, hatte ich auch das Gefühl wie Sand in den Augen. Abstand 2,5 m.

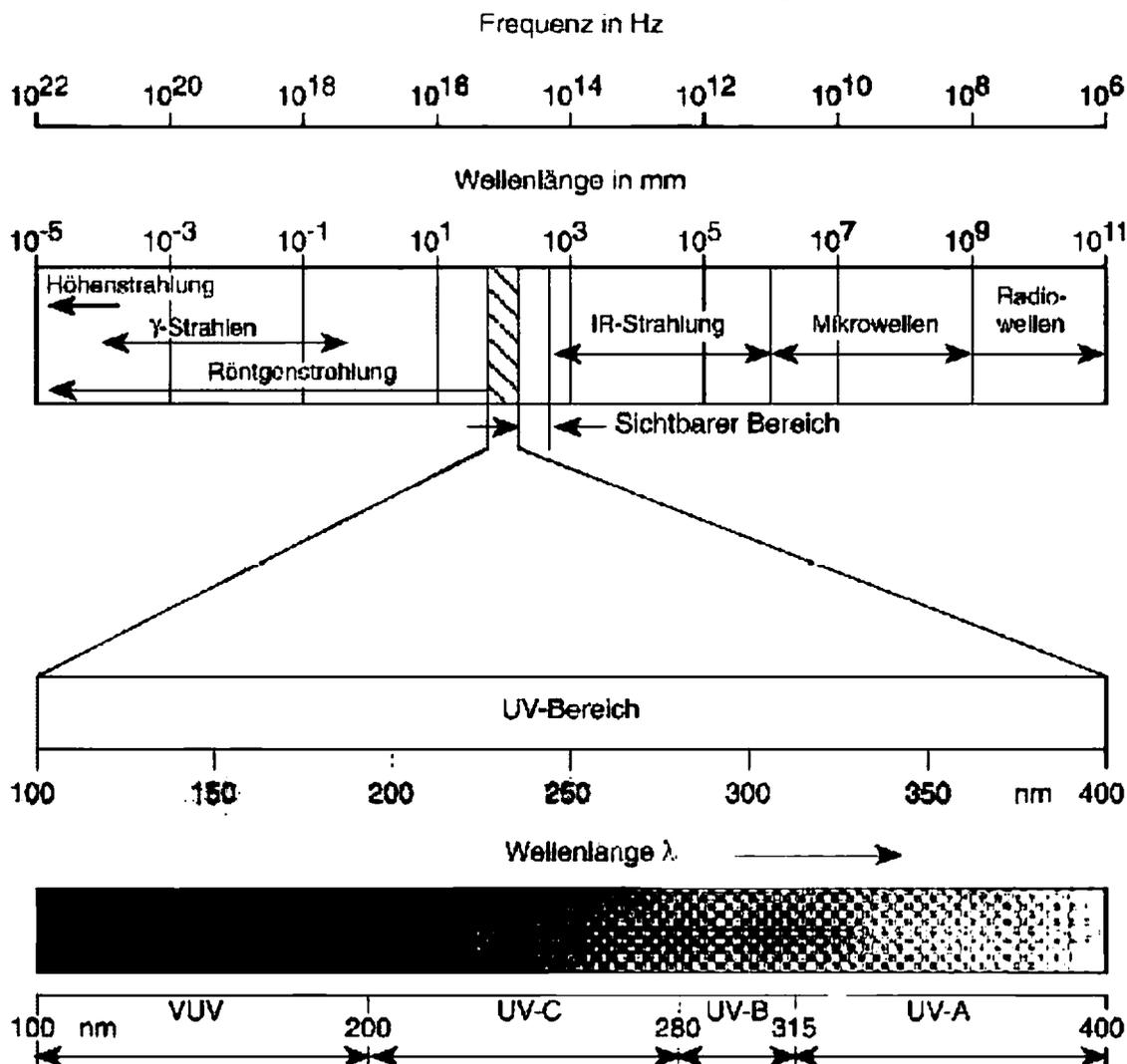


Abb. 10: Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

### 3. Fall:

Hausuntersuchung durch ein Institut für Baubiologie:

Aufgrund der am 5.3.1994 durchgeführten Hausuntersuchung ergibt sich nachstehende baubiologische Beurteilung (mit Verbesserungsvorschlägen):

Die **elektrischen Wechselfelder** sind erhöht. Gemessen wurde die kapazitive Ankoppelung (= "Körperstromaufnahme") im Schlafbereich (Liegefläche):

- a) Grundbelastung: 500 mV
- b) Idealwerte durch Ausschalten des entsprechenden Stromkreises (=Sicherung Nr. 30): 20 mV

Die **magnetischen Wechselfelder** sind mit Werten unter 20 nT (nano Tesla) sehr gering.

Ausnahmen:

"Drosseln" der Leuchtstofflampen (Küche):

- a) in 10 cm Entfernung: Extremwerte bis 20000 nT
- b) in 50 cm Entfernung: stark erhöhte Werte bis 500 nT
- c) in 1 m Entfernung: leicht erhöhte Werte bis 80 nT

Bei Halogenlampen ist zu beachten, daß der Trafo (Umwandlung von 230 V auf 12 V) mind. 1 m, bzw. noch besser 2 m von Ruheplätzen entfernt installiert wird.

Bitte achten Sie auch auf z. T. hohe elektrostatische Aufladungen durch Synthetikmaterialien. Dieser Hinweis ist in Ihrem Fall mehr informativ, da keine auffälligen Belastungen diesbezüglich meßbar waren.

Synthetikmaterialien tragen zu einer vermehrten Staubaufwirbelung bei und verändern die Ionisation der Luft. Bei Allergikern sind Teppiche (auch Naturteppiche) nicht zu empfehlen, da sie zudem auch bevorzugte Aufenthaltsorte von Hausstaubmilben sind. Wegen der Schadstoffproblematik sollten Teppiche auch nicht eulanisiert sein, keine Rückenbeschichtung aufweisen (evtl. stattdessen Juterücken) und nicht verklebt sein (od. natürlicher Kleber).

Das **Erdmagnetfeld** ist aufgrund der Federkernmatratze stark gestört (Nachweis erfolgte mit dem Kompaß/Abweichungen bis zu 90 Grad). Gemessen wurde auf der Liegefläche.

Empfehlenswert sind metallfreie Matratzen ohne Schaumstoff sowie Holz-Lattenroste.

### **Weitere Meßergebnisse in Kurzform:**

- 1) Hochfrequenzen ("Sender"-Einfluß):
  - im Haus: schwache Anomalien bis 10 mV
  - in Fensternähe (0,5 Meter Umkreis): erhöhte Werte bis 20 mV
  - im Freien: stark erhöhte Werte bis 120 mV
  - Balkon: gut geschützt (bis 10 mV)
- 2) Formaldehyd-Orientierungsmessungen:

## a) Schlafzimmer / Raumluf:

Untypische Verfärbung des Prüfröhrchens = Hinweis auf Formaldehyd und Lösemittel / Riechstoffe (evtl. Terpene) in relativ geringer Menge

## b) Wohnzimmer / Raumluf:

wie a)

## c) Schlafzimmer / Schrank (innen): deutliche Abgabe von Formaldehyd (Ursache: Spanplattenteile)

Empfehlung: Schrank in Nebenraum aufstellen oder zumindest Fachböden gegen Holz-Fachböden austauschen

Außerdem ist der Formaldehyd-Geruch im gesamten Treppenhaus (Ursache: Türen aus Spanplatten) auffällig; evtl. Gutachten von Türenhersteller anfordern!

## Zusammenfassung:

Genauere Analysen sind sinnvoll; Blut- und Urinalysen auf Formaldehyd (wandelt sich im Körper in Ameisensäure um) sind hilfreich.

## 1) Radioaktivität (Gamma-Strahlung) / im Vergleich zur durchschnittlichen Belastung im Freien (Luft):

-Keller-Fliesen:	geringe Belastung (15% Erhöhung)
-Bad (Bodenfliesen):	geringe Belastung (20% Erhöhung)
-Bad (Wandfliesen):	hohe Belastung (70% Erhöhung)
-Flur (Fliesen):	geringe Belastung (20% Erhöhung)
-Küchen (Bodenfliesen):	leicht erhöhte Werte (25% Erhöhung)
-Küche (Wandfliesen):	hohe Belastung (75% Erhöhung)

## 2) Biozide (PCP, Lindan etc.):

Eine Blutanalyse ist sinnvoll. Je nach Ergebnis kommen Untersuchungen von Materialien im Haus in Frage (Fensteranstrich, Ledersofa). Das Holz im Dachgeschoß ist vermutlich unbehandelt.

Die baubiologische Haussanierung ist kein Ersatz für ärztliche Behandlung, kann jedoch die Gesundheit unterstützen bzw. beschleunigen.

*Therapie elektrischer Wechselfelder:*

Sanierungsmaßnahmen (z. B. Einbau des Netzfreeschalters) sollten von einem sachkundigen Elektriker durchgeführt werden, welcher auch die "Körperstromaufnahme"-Werte mit Hilfe von Meßgeräten kontrollieren kann (empfehlenswerte Elektriker!) Auch ist zu beachten, daß trotz eingebauter Netzfreeschalter im freigeschalteten Stromversorgungsbereich bestimmte Geräte (Dauerverbraucher) ausgesteckt werden müssen (Radiogeräte, Videorecorder, Plattenspieler), um die Funktion einwandfrei zu gewährleisten. Ebenso muß im freigeschalteten Stromversorgungsbereich auf nicht ausschaltbare Dimmer verzichtet werden.

## Literatur ■

Die folgende Liste stellt eine Auswahl der zu dem Thema verfügbaren Literatur da. (Im Niedersächsischen Landesamt für Ökologie liegen zur Zeit 500 Veröffentlichungen über diese Fragestellung vor.)

### Übersichtsartikel

Strahlenschutzkommission (SSK): Nichtionisierende Strahlung: G. Fischer Verlag, Stuttgart; Klausurtagung der Strahlenschutzkommission 7.-9. Dezember 1988, Band 16 (1990)

International Radiation Protection Association (IRPA): Non-Ionizing Radiations: Australian Radiation Laboratory, Victoria Australien (1988)

International Radiation Protection Association (IRPA): Non-Ionizing Radiations: UBC Press, Vancouver Kanada (1992)

World Health Organisation (WHO): Non-Ionizing radiation protection: WHO, Copenhagen, Nr. 25 (1989)

Newi, G.: Biologische Wirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder, Expert Verlag, Grafenau (1983)

Leitgreb, N.: Strahlen, Wellen, Felder: dtv wissen und praxis, Stuttgart (1990)

### Grenzwertempfehlungen

International Non-Ionizing Radiation Committee (IRPA/INIRC): Guidelines of Limits of Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 100 kHz to 300 GHz: Health Physics; Vol. 54 No. 1 (1988)

International Non-Ionizing Radiation Committee (IRPA/INIRC): Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields: Health Physics; Vol. 58 No. 1 (1990)

DIN-VDE 0848 Teil 1 Entwurf: Sicherheit in elektro-magnetischen Felder; Meß- und Berechnungsverfahren: Beuth Verlag, Berlin (1993)

DIN-VDE 0848 Teil 2: Gefährdung durch elektromagnetische Felder; Schutz von Personen im Frequenzbereich 10 kHz bis 300 GHz: Beuth Verlag, Berlin (1984)

DIN-VDE 0848 Teil 2 Entwurf: Sicherheit in elektromagnetischen Feldern; Schutz von Personen im Frequenzbereich von 30 kHz bis 300 GHz: Beuth Verlag, Berlin (1991)

DIN-VDE 0848 Teil 4: Sicherheit bei elektromagnetischen Feldern; Grenzwerte für Feldstärken zum Schutz von Personen im Frequenzbereich von 0 bis 30 kHz: Beuth Verlag, Berlin (1989)

DIN-VDE 0848 Teil 4 A2 Vornorm: Sicherheit bei elektromagnetischen Feldern; Grenzwerte für Feldstärken zum Schutz von Personen im Frequenzbereich von 0 bis 30 kHz: Beuth Verlag, Berlin (1992)

Strahlenschutzkommission (SSK): Richtfunk und Radar rufen keine Waldschäden hervor: Bundesumweltminister, Bonn; 99. Sitzung SSK (1990)

Strahlenschutzkommission (SSK): Elektrische und magnetische Felder im Alltag. Bundesumweltministerium, Bonn; 103. Sitzung SSK (1991)

Strahlenschutzkommission (SSK): Schutz vor elektromagnetischer Strahlung beim Mobilfunk: Bundesumweltminister, Bonn; 107. Sitzung SSK (1991)

IEEE C95.1-1991: Standard for safety levels with Respect to Human exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz: IEEE Standards Board (1992)

Ö-Norm (Entwurf): Niederfrequente elektrische und magnetische Felder; Zulässige Expositionswerte: Österreichisches Elektrotechnisches Komitee, Wien (1992)

Deutscher Bundestag: Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG); Bundesgesetzblatt Teil 1 Seite 1864 (1992)

EG-Rat: EG-Richtlinie über aktive implantierbare medizinische Geräte: 90/385/EWG, ABI. Nr. L 189 S. 17 (1990)

EG-Rat: Vorschlag für eine Richtlinie des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch physikalische Einwirkungen (93/C77/02) Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft (1993)

Repubblica Italiana: Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale normale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente estermo: Gazzetta ufficiale della repubblica italiana N. 103 (1992)

Bundesminister für Post und Telekommunikation: Gewährleistung des Schutzes von Personen in elektromagnetischen Feldern, die von festen Funkstellen (Feststationen) ausgesendet werden (Frequenzbereich 9 kHz bis 300 GHz); Amtsblatt Nr. 12/92 (1992)

Bundesminister für Verteidigung: Bestimmung der Bundeswehr zum Schutz von Personen vor schädlichen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder (HF-Strahlung: VMBI Nr. 6 (1992)

## Artikel zu speziellen Fragestellungen

Adey, W.R.: Electromagnetic fields and the essence of living systems: In: Modern Radio Science 1990; Oxford University Press (1990)

Anderl, W., Krause, N., Vana, N.: Strahlung an Bildschirmgeräten: In: Loseblattsammlung Arbeitskreis nichtionisierende Strahlung des Fachverbandes für Strahlenschutz; Berufsgenossenschaft Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln (1992)

Anderson, L.E.: ELF: Exposure Levels, Bioeffects, and Epidemiology. Health Physics, Vol. 61 No. 1 (1991)

Bell, G.B., Marino, A.A., Chesson, A.L., Struve, F.A.: Human Sensitivity to Weak Magnetic Fields. The Lancet Vol. 338 (1991)

Bernhardt, J.H.: Biologische Wirkung statischer Magnetfelder. Deutsches Ärzteblatt Heft 51/52 (1991)

Bernhardt, J.H.: Wie pathogen sind die elektromagnetischen Felder unserer Energieversorgung? Medizinische Klinik 87 Nr. 3 (1992)

Bernhardt, J.H., Grosche, B., Matthes, R.: Einfluß von Magnetfeldern auf Krebsentstehung in der Nähe von Hochspannungsleitungen. Bundesgesundheitsblatt (1993)

Boikat, U.: Biologische Wirkungen elektromagnetischer niederfrequenter Strahlung. Bericht des Otto Hug Strahleninstitutes, Bonn Nr. 6 (1993)

Brinkmann, K., Schaefer, H.: Gesundheitsrisiken durch magnetische Gleichfelder. In: Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme; Hrsg. Brinkmann K.; VDE Verlag, Berlin (1991)

Brüggemeyer, H., Köpsel, H.-J.: Störbeeinflussung von Herzschrittmachern durch elektromagnetische Felder. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim (1992)

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Biologische Auswirkungen nichtionisierender elektromagnetischer Strahlung auf den Menschen und seine Umwelt (Frequenzbereich 100 kHz bis 300 GHz). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, Schweiz (1990)

Bundesamt für Strahlenschutz: Schutz von Personen vor gesundheitlichen Risiken von Radio- und Mikrowellen. Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter; Infoblatt 2/90 (1990)

Bundesamt für Strahlenschutz: Gesundheitsrisiken durch moderne Mobilfunkkommunikation? Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter; Infoblatt 3/1991 (1991)

Daller, H.: Electromagnetic Environment of Civil Aircrafts in the FRG. Messerschmitt-Bölkow-Blohm MBB-FE324-S-STY-0152 (1990)

D'Andrea, J.A.: Microwave Radiation: Behavioral Effects. Health Physics, Vol. 61, No. 1 (1991)

Dennis, J.A., Muirhead, C.R., Ennis, J.R.: Epidemiological studies of exposures to electromagnetic fields. 1. General health and birth outcome. J. Radiol. Prot. Vol. 11 No. 13-12 (1991)

Dennis, J.A., Muirhead, C.R., Ennis, J.R.: Epidemiological studies of exposures to electromagnetic fields. 2. Cancer. J. Radiol. Prot. Vol. 11 No. 1. 13-25 (1991)

Dimbylow, P.J.: The interaction of electromagnetic fields with people for frequencies 10-100 MHz - the role of the theoretical dosimetry. J. Radiol. Prot. Vol. 11 No. 143-48 (1991)

Eberle, P.: Einwirkung magnetischer Wechselfelder auf menschliche periphere Lymphozyten und tierisches Knochenmark. In: Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme; Hrsg. Brinkmann K.; VDE-Verlag, Berlin (1992)

Eggert, S., Goltz, S., Kramer, H.J., Fehr, H.: Verteilung elektrischer Feldstärken an 2- und 4systemigen 110-kV-Freileitungen. Elektropraktiker, Berlin 44 (1990)

Eichhorn, K.F.: Biologische Verträglichkeit von Strömen und Feldern; Elektrie 1 (1992)

Fachverband für Strahlenschutz: Nichtionisierende Strahlung. Fachverband für Strahlenschutz, Villigen; Tagungsband 7.-9. November 1988 in Gürzenich zu Köln (1988)

Feychting, M., Ahlbom, A.: Magnetic Fields and Cancer in People residing near Swedish high voltage Power Lines. Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet, Stockholm, Schweden (1992)

Fischetti, M.: The cellular phone scare: IEEE-Spectrum June (1993)

Fitzgerald, K.: Electromagnetic Fields: the Jury's still out. IEEE spectrum (1990)

Folderus, B., Persson, T., Stenlund, C., Linder, G., Johansson, C., Kiviranta, J., Parsman, H., Lindblom, M., Wennberg, A., Öst, A., Knave, B.: Occupational exposure to electromagnetic fields in relation to leukemia and brain tumors. A casecontrol study. National Institute of Occupational Health, Solna, Sweden (1992)

Florig, H.K.: Containing the Costs of the EMF Problem. Science Vol. 257 (1992)

Fritsch, M.: Ein Leben unter Spannung. Priv. Institut für baubiologische Anwendungen, Fellbach (1989)

Gandhi, OM P.: Biological and Medical Applications of electromagnetic Energy. Prentice Hall, London (1990)

Gordon, I., Motika, M., Nolan, T.: Epidemiological Studies of Cancer and Powerline Frequency Electromagnetic Fields. A Meta-Analysis. University of Melbourne, Melbourne; Report No. 242 (1990)

GSF-Zentrale Informationsstelle, Umweltberatung Bayern: "Elektrosmog", GSF, Oberschleißheim (1993)

IEEE-USA: IEEE-USA Release position statement on human exposure to RF fields from portable and mobile

telephones. IEEE-USA Washington DC, USA (1992)

Irnich, W., Batz, L.: Jahresbericht 1990 des Zentralregisters Herzschrittmacher. Herzschrittmacher 12, 4 (1992)

Jauchem, J.R., Merritt, J.H.: The epidemiology of exposure to electromagnetic fields: an overview of the recent literature. J. Clin. Epidemiol Vol. 44 No. 9 (1991)

Juutilainen, J., LÄÄRÄ, E., Pukkala, E.: Incidence of Leukemia and Brain Tumours in Finnish Workers Exposed to ELF Magnetic Fields. Int Arch Occup Environ Health, 62 (1990)

Kieback, D.: Störbeeinflussung von Herzschrittmachern. Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln (1986)

Kieback, D.: Die Wirkung elektromagnetischer Felder auf den Menschen. Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln; Info 2/89 (1989)

Klitzing, v. L.: Wirkung elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf den Menschen unter besonderer Berücksichtigung athermischer Effekte. Untersuchungsstelle für Umwelttoxikologie (UFU), Schleswig-Holstein (1992)

Krause, N.: Elektrische, magnetische, elektromagnetische Felder. Der Elektromeister; Hefte 9, 17 und 19 (1988)

Kubitschek, J.: Elektromagnetische Felder und Krebsinzidenz - Experten warnen. Ärzte Zeitung, 26.3 (1991)

Kunsch, B., Leitgeb, N.: Die Möglichkeit der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch elektromagnetische Felder mit energietechnischen Frequenzen. Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf, Seibersdorf (1990)

Lampadius, M.S.: Beeinflussung von implantierten Herzschrittmachern durch Mikrowellenherde; Inside 2 (1989)

Lauchlan, Mc K.: Are environmental magnetic fields dangerous? Physics World 1 (1992)

Leonard, A., Sagan, M.D.: Epidemiological and Laboratory Studies of Power Frequency Electric and Magnetic Fields. JAMA Vol. 268 No. 5 (1992)

Luben, R.A.: Effects of Lowenergy Electromagnetic Fields (Pulsed and DC) on Membrane Signal Transduction Processes in Biological Systems. Health Physics, Vol. 61 No. 1 (1991)

Michaelis, J.: Stellungnahme zur Arbeit von D.A. Savitz: "Case-Control Study of Childhood Cancer and Residential Exposure to Electric and Magnetic Fields". Johannes-Gutenberg-Universität, Mainz (1988)

Michaelis, J.: Stellungnahme zur Studie von M. Feychting und A. Ahlbom "Magnetic fields and Cancer in people residing near Swedish high voltage power lines". Johannes-Gutenberg-Universität Mainz (1993)

Michaelson, S.M.: Biological Effects of Radiofrequency Radiation: Concepts and Criteria. Health Physics, Vol. 61, No. 1 (1991)

National Radiological Protection Board (NRPB): Radiofrequency Electromagnetic Fields. NRPB-R67 United Kingdom (1981)

National Radiological Protection Board (NRPB): Biological Effects of Exposure to Non-ionising Electromagnetic Fields and Radiation 1. Static Electric and Magnetic Fields. NRPB-R238, NRPB Chilton, United Kingdom (1991)

National Radiological Protection Board (NRPB): Biological Effects of Exposure to Non-ionising Electromagnetic Fields and Radiation 2. Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields. NRPB-R239, NRPB Chilton, United Kingdom (1991)

National Radiological Protection Board (NRPB): Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer. Vol. \_ Nr. 1, NRPB Chilton, United Kingdom (1992)

- Odenwald, M.: Elektro-Streß durch Kabel und Geräte. Unsere Umwelt, Saarbrücken, Heft 2 (1991)
- Office of Technology Assessment (OTA); Nair I., Morgan M.G., Florig H.K.: Biological Effects of Power Frequency Electric and Magnetic Fields. Congress of the United States (1989)
- Olsen, J.H., Nielsen, A., Schulgen, G., Bautz, A., Larsen, V.B.: Wohnorte in der Nähe von Hochspannungsanlagen und Krebsrisiko bei Kindern. Kraefftens Bekaempelses Cancerregister, Kobenhaven, Dänemark (1992)
- Österreichisches Institut für Baubiologie: Elektromagnetische Felder; Einflüsse auf Mensch und Umweltfolgen für das gesunde Bauen und Wohnen (Kongreß Gmunden, 4.-6.10.1990). Österreichisches Institut für Baubiologie, Wien (1990)
- Petersen, R.C.: Radiofrequency/Microwave Protection Guides. Health Physics, Vol. 61 (1991)
- Poole, C., Trichopoulos, D.: Extremely low-frequency electric and magnetic fields and cancer. Cancer Causes and Control. Vol. 2 (1991)
- Rosenberg, W., Lampadius, M.S.: Beeinflussung implantierter Herzschrittmacher durch Diebstahlsicherungsanlagen. Inside 3 (1990)
- Ruppe, I., Eggert, S., Golz, S., BrÄUER, D.: Wirkung niederfrequenter Magnetfelder auf den Menschen. In Strahlenschutz für Mensch und Umwelt, Fachverband für Strahlenschutz: Verlag TÜV Rheinland, Köln (1991)
- Rose, W.-D.: Elektrosmog Elektrostreß. Kiepenheuer & Witsch, Köln (1990)
- Saunders, R.D., Sienkiewicz, Z.J., Kowalczyk, C.L.: Biological effects of electromagnetic fields and radiation. J. Radiol. Prot. Vol. 11 No. 127-42 (1991)
- Silny, J.: Biologische Wirkung elektromagnetischer Felder. Dt. Ärzteblatt; 87, 37 (1990)
- Silny, J.: Leukämie durch Hochspannungsleitungen? Keine Angst, diese Statistiken lügen! Medical Tribune Nr. 50 (199)
- Stamm, A.: Untersuchungen zur Magnetfeldexposition der Bevölkerung im Niederfrequenzfeld; In: Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme. VDE Verlag, Berlin (1993)
- Strahlenschutzkommission (SSK): Schutz vor elektromagnetischer Strahlung beim Mobilfunk. SSK Band 22; G. Fischer Verlag, Stuttgart (1992)
- United States Environmental Protection Agency (EPA): Evaluation of the Potential Carcinogenicity of Electromagnetic Fields. United States Environmental Protection Agency, Washington (1990)
- Wilson, B.W., Stevens, R.G., Anderson, L.E.: Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields: The Question of Cancer. Battell Press, Columbus, USA (1990)
- World Health Organisation (WHO): Environmental Health Criteria 16; Radiofrequency and Microwaves. World Health Organisation, Geneva, Schweiz (1981)
- World Health Organisation (WHO): Environmental Health Criteria 35; Extremely Low Frequency (ELF) Fields. World Health Organisation, Geneva, Schweiz (1984)
- World Health Organisation (WHO): Environmental Health Criteria 69; Magnetic Fields. World Health Organisation, Geneva, Schweiz (1987)
- World Health Organisation (WHO): Environmental Health Criteria 137; Electromagnetic fields (300 Hz to 300 GHz). World Health Organisation, Geneva, Schweiz (1993)