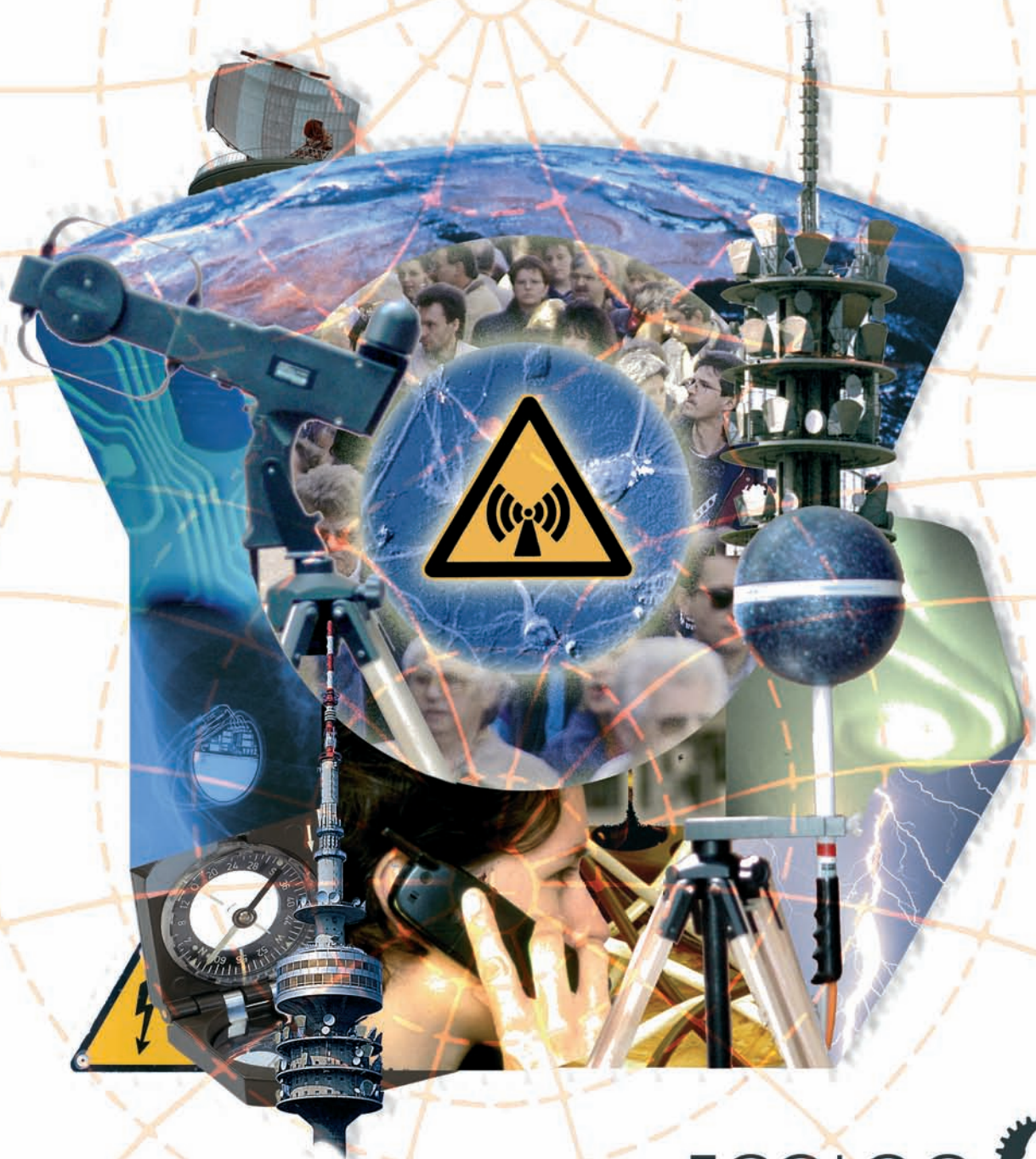


# EMF-Handbuch

Elektromagnetische Felder:  
Quellen, Risiken, Schutz



ECOLOG 

INSTITUT FÜR SOZIAL - ÖKOLOGISCHE  
FORSCHUNG UND BILDUNG gGmbH



# EMF-Handbuch

Elektromagnetische Felder:  
Quellen, Risiken, Schutz



# EMF-Handbuch

## Elektromagnetische Felder: Quellen, Risiken, Schutz

Text: Dr. H.-Peter Neitzke  
Dr. Julia Osterhoff  
Dr. Hartmut Voigt  
unterstützt durch:  
Julia Glahe  
Dr. Silke Kleinhückelkotten

Redaktion: Gesa Fiedrich

Gestaltung: Stephan Dezelske  
Dezelske Designstudio  
Elbinger Straße 5  
D-31319 Sehnde  
post@dezelske-design.de

Verlag: ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung gGmbH  
Nieschlagstr. 26  
D-30449 Hannover  
mailbox@ecolog-institut.de  
ISBN 3-9807954-2-X

© 2006 ECOLOG-Institut, alle Rechte vorbehalten





<b>0</b>	<b>EINLEITUNG</b>	
<b>1</b>	<b>EIGENSCHAFTEN ELEKTROMAGNETISCHER FELDER</b>	<b>1-1</b>
1.1	Niederfrequente elektrische und magnetische Felder	1-1
1.2	Hochfrequente elektromagnetische Felder	1-3
1.3	Elektromagnetisches Spektrum	1-4
1.4	Messung elektromagnetischer Felder	1-6
<b>2</b>	<b>RISIKEN DURCH ELEKTROMAGNETISCHE FELDER</b>	<b>2-1</b>
2.1	Wissenschaftliche Risikobewertung	2-1
2.2	Niederfrequente elektrische und magnetische Felder	2-2
2.3	Hochfrequente elektromagnetische Felder	2-9
<b>3</b>	<b>SCHUTZ VOR ELEKTROMAGNETISCHEN FELDERN</b>	<b>3-1</b>
3.1	Grenz- und Vorsorgewerte	3-1
3.2	Maßnahmen zur Begrenzung elektromagnetischer Immissionen	3-2
3.3	Persönlicher Schutz vor elektromagnetischen Feldern	3-5
<b>4</b>	<b>QUELLEN ELEKTROMAGNETISCHER FELDER</b>	<b>4-1</b>
4.1	Übersicht	4-1
4.2	Natürliche Quellen	4-6
4.3	Stromversorgungsanlagen	4-8
4.4	Elektrische Installationen und Elektrogeräte in Wohnungen	4-14
4.5	Bahnanlagen und Züge	4-20
4.6	Sicherungsanlagen	4-22
4.7	Radio- und Fernsehsender	4-26
4.8	Mobilfunk	4-29
4.9	Schnurlose Telefone	4-41
4.10	WLAN und Bluetooth	4-43
4.11	Radar	4-50
4.12	Andere Funkdienste	4-52
4.13	Anlagen und Maschinen an Arbeitsplätzen	4-56
	<b>ANHÄNGE</b>	
<b>G</b>	<b>GLOSSAR</b>	
<b>K</b>	<b>KONTAKTE UND INFORMATIONEN</b>	



gischen Rhythmen zu stören und b) weil eine verminderte Ausschüttung des Hormons Melatonin beim Menschen die Entstehung unter anderem von Brustkrebs begünstigen kann.

Es liegen zahlreiche wissenschaftliche Hinweise darauf vor, dass niederfrequente Magnetfelder zu Veränderungen am Erbmateriale (Chromosomen-Abberationen, DNA-Strangbrüche), zur vermehrten Produktion von Zell-Stress-Proteinen und zu Beeinträchtigungen bestimmter Zellfunktionen (Gen-Transkription, Zell-Proliferation, -Differenzierung und -Kommunikation) führen können. Es gibt zudem konsistente Hinweise auf erhöhte Aktivitäten des Enzyms Ornithin-decarboxylase (ODC). Alle diese Effekte haben Bedeutung für die Kanzerogenese. Allerdings kann aus der Beobachtung eines Schadens auf der zellulären Ebene nicht direkt auf eine Erhöhung des Krebsrisikos geschlossen werden, da bei solchen Störungen immer körpereigene Reparaturmechanismen wirksam werden. Sehr starke oder chronische Störungen könnten aber zu einer Überforderung dieser Schutzfunktionen führen.

## Fazit

Bisher konnte noch kein vollständiges Modell für die Wirkung schwacher, umweltrelevanter Magnetfelder im Niederfrequenzbereich auf den Organismus von der zellulären Ebene bis zu einer bestimmten Erkrankung formuliert werden. Die Befunde aus einer großen Zahl experimenteller Untersuchungen stützen jedoch die Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen, nach denen niederfrequente Magnetfelder wahrscheinlich keine auslösende aber eine fördernde Wirkung bei der Entwicklung von Krebserkrankungen haben. Da aufgrund zum einen genetischer Dispositionen und zum anderen einer Vielzahl entsprechend wirksamer Umweltfaktoren im menschlichen Organismus permanent entartete Zellen vorhanden sind, ist aber auch eine die Krebsentwicklung 'nur' fördernde Wirkung bedenklich, zumal wenn sie auf eine allgegenwärtige Noxe zurückzuführen ist, wie sie niederfrequente Magnetfelder in unserer technisierten Umwelt heute darstellen.

Neben dem Krebsrisiko verdienen vor allem die Hinweise auf einen möglichen Einfluss niederfrequenter Magnetfelder auf die Entstehung von neurodegenerativen und psychischen Erkrankungen Beachtung und verstärkte wissenschaftliche Aufmerksamkeit.

Die Allgemeinbevölkerung ist in ihrem Wohnumfeld nicht selten Magnetfeldern ausgesetzt, bei denen aufgrund der vorliegenden wissenschaftlichen Befunde von einem erhöhten Gesundheitsrisiko auszugehen ist. An vielen Industriearbeitsplätzen werden die kritischen Werte deutlich überschritten. Die Vielzahl der wissenschaftlichen Hinweise auf Wirkungen weit unterhalb der derzeit gültigen Grenzwerte lassen daher eine deutliche Absenkung der Grenzwerte und weitere Anstrengungen zur Verminderung der Expositionen der Bevölkerung geraten erscheinen (s. Kapitel 3, 4).

## 2.3 Hochfrequente elektromagnetische Felder

### Akute Gesundheitsgefahren durch starke Felder

Die Bestrahlung von biologischem Gewebe mit hochfrequenten Feldern (Radio- bis Infrarotbereich) führt unter anderem zur Erwärmung. Die Stärke der Erwärmung hängt einerseits von Frequenz und Intensität der Strahlung, andererseits von der Art des Gewebes, seiner Lage im Körper und der Durchblutung ab. Besonders empfindlich sind Organe mit einem hohen Wassergehalt und einer schlechten Durchblutung, denn an der Umwandlung der Strahlungs- in Wärmeenergie sind vor allem Wassermoleküle beteiligt und eine schlechte Durchblutung steht einer schnellen Abführung der erzeugten Wärme entgegen. Es kann daher in intensiven Hochfrequenzfeldern zu einer Überhitzung und Schädigung solcher Organe kommen. Besonders empfindlich ist das Auge. Die Einwirkung hochfrequenter Felder hoher Intensität kann zu einer Trübung der stark wasserhaltigen und schlecht durchbluteten Augenlinse führen (Grauer Star). In anderen Organen ist die Entstehung von 'Hitzeinseln' (hot spots) möglich, die lokale Schädigungen des Gewebes verursachen können. Solche lokalen Überhitzungen können z.B. im Kopfbereich bei der Benutzung leistungsstarker Sprechfunkgeräte auftreten.

Gepulste Hochfrequenzstrahlung hoher Intensität, wie sie z.B. von Radaranlagen abgegeben wird, kann im Kopfbereich zu lokalen Aufheizungen und thermoelastischen Wellen führen, die unter Umständen als 'Ticken' wahrgenommen werden können (so genanntes Mikrowellen- oder Radar-'Hören').

Die thermischen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder und die aus ihnen resultierenden akuten gesundheitlichen Schädigungen sind wissenschaftlich sehr gut untersucht und eindeutig belegt. Lange Zeit wurde und noch heute wird vielfach unterstellt (auch von wissenschaftlicher Seite), dass sich die Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf biologische Systeme allein auf thermische Effekte beschränken und dass Felder, deren Intensität zu niedrig ist, um im menschlichen Körper messbare Temperaturerhöhungen von mehr als 0,1°C zu bewirken, ungefährlich sind. Es wird sogar behauptet, dass hochfrequente Felder mit Intensitäten unterhalb der Schwellen für thermische Effekte biologisch nicht wirksam sein können. Diese Auffassung ist in Anbetracht der vorliegenden wissenschaftlichen Befunde als überholt anzusehen (s.u).

Die Grenzwerte zum Schutz der Allgemeinbevölkerung vor hochfrequenten elektromagnetischen Feldern sind sowohl in Deutschland als auch in den meisten westeuropäischen Ländern und Nordamerika so ausgelegt, dass akute Schäden durch Überhitzung des gesamten Körpers ausgeschlossen sind. Lokal stärkere Erwärmungen sind jedoch möglich. Auch im Hochfrequenzbereich ist zu beachten, dass die Grenzwerte nur auf numerischen Simulationen mit sehr begrenzter räumlicher Auflösung beruhen, die die Gewebeeigenschaften nur grob abbilden, bzw. dass die Ergebnisse von Messungen an so genannten 'Phantomen', das heißt Nachbildungen des menschlichen Körpers durch synthetische Materialien, zugrunde gelegt wurden.

### Mögliche Gesundheitsrisiken durch schwächere Felder

Die Frage nach gesundheitlichen Auswirkungen hochfrequenter Felder subthermischer Intensität wird zurzeit vor allem im Zusammenhang mit der stark zunehmenden Verbreitung des Mobilfunks gestellt. Beim Mobilfunk sind zwei Expositionssituationen zu unterscheiden: einerseits die relativ hohen Expositionen der Mobilfunkteilnehmer durch das Handy im Kopfbereich und andererseits die Belastungen der Allgemeinbevölkerung durch die Mobilfunkbasisstationen. Benutzer von Handys sind zwar beim Telefonieren selbst einer wesentlich höheren elektromagnetischen Leistungsdichte ausgesetzt als Personen, die sich außerhalb des durch die gesetzlichen Grenzwerte vorgegebenen Sicherheitsabstandes von Mobilfunkbasisstationen

aufhalten, jedoch sind von den Abstrahlungen der Basisstationen wesentlich größere Flächen und damit zumindest in Ballungsgebieten wesentlich mehr Menschen betroffen. Hinzu kommt, dass die Basisstationen zu Dauerexpositionen führen, da sie täglich 24 Stunden lang Strahlung emittieren.

Der Aufbau der Mobilfunknetze hat in vielen Ländern zu öffentlichen Kontroversen über diese Technik bzw. darüber geführt, welche Maßnahmen notwendig sind, um die Bevölkerung vor negativen Auswirkungen der Mobilfunkstrahlung zu schützen. Von zahlreichen Regierungen wurden wissenschaftliche Kommissionen eingesetzt oder es bildeten sich wissenschaftliche Gremien unabhängig von einem Regierungsauftrag, um den wissenschaftlichen Erkenntnisstand im Hinblick auf mögliche Risiken durch die Strahlung von Mobiltelefonen und Mobilfunkbasisstationen zu bewerten.

Alle wissenschaftlichen Gremien sind sich einig, dass Risiken durch thermische Effekte wissenschaftlich eindeutig belegt sind. Die hierfür notwendigen relativ hohen Intensitäten werden in der Umgebung von Mobilfunkbasisstationen außerhalb des Sicherheitsbereichs nicht erreicht. Die Expositionen bei der Benutzung von Mobiltelefonen hängen von vielen Faktoren ab. Hier sind thermische Effekte, das heißt messbare Erwärmungen des bestrahlten Gewebes (Gehirn, Ohr und seine Nervenstränge, Haut) möglich.

Hinsichtlich der Bewertung der Risiken durch Hochfrequenzstrahlung mit geringeren Intensitäten, die zu keinem messbaren thermischen Effekt führen, variieren die Einschätzungen der verschiedenen Kommissionen bei einigen biologischen Effekten erheblich, wie die Übersicht in Tabelle 2.2 zeigt. Einigkeit besteht zwar insofern, dass keine Kommission die vorliegenden wissenschaftlichen Befunde als einen Beweis für nicht-thermische biologische Effekte wertet, aber die Stärke der wissenschaftlichen Hinweise, dass auch Felder mit subthermischen Intensitäten gesundheitsschädliche Wirkungen haben können, wird oft unterschiedlich bewertet. Auffallend an der Übersicht in Tabelle 2.2 ist,

- a) dass die Bewertungsbasis bei einigen wissenschaftlichen Kommissionen sehr dünn ist, weil nur wenige Effekte berücksichtigt wurden, wie die vielen Felder mit dem Eintrag 'o' zeigen, und



- b) dass es viele Zellen mit einem '±'-Eintrag gibt, der darauf hinweist, dass die jeweilige Kommission zu keiner klaren Aussage hinsichtlich der Aussagekraft der vorliegenden Untersuchungsergebnisse und möglicher Risiken durch den jeweiligen Effekt gekommen ist.

Abbildung 2.2 gibt einen Überblick über die wissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse zu gesundheitlichen Auswirkungen und biologischen Effekten durch hochfrequente elektromagnetische Felder auf der Basis einer Auswertung der bis Mitte 2005 vorliegenden wissenschaftlichen Arbeiten durch das ECOLOG-Institut. Bei der Klassifizierung der Evidenzen wurde die gleiche Systematik wie bei den niederfrequenten Feldern angewandt (s. Tabelle 2.1). Aus der

Abbildung wird deutlich, dass gesundheitsrelevante biologische Wirkungen auch bei Leistungsdichten beobachtet wurden, bei denen keine oder nur schwache thermische Wirkungen zu erwarten sind. Die Beispiele in den Kästen 2.6 bis 2.8 sollen wiederum einen Einblick in die Fragestellungen und Schwierigkeiten wissenschaftlicher Untersuchungen geben.

Da bisher nur wenige epidemiologische Studien zum Zusammenhang zwischen Mobilfunkexpositionen und Krebserkrankungen durchgeführt wurden, ist eine definitive Aussage zu möglichen Krebsrisiken im Zusammenhang mit Expositionen durch Mobilfunkbasisstationen nicht möglich. Die bisher ausgewerteten Ergebnisse der von der Internationalen Agentur für Krebsforschung koordinierten interna-

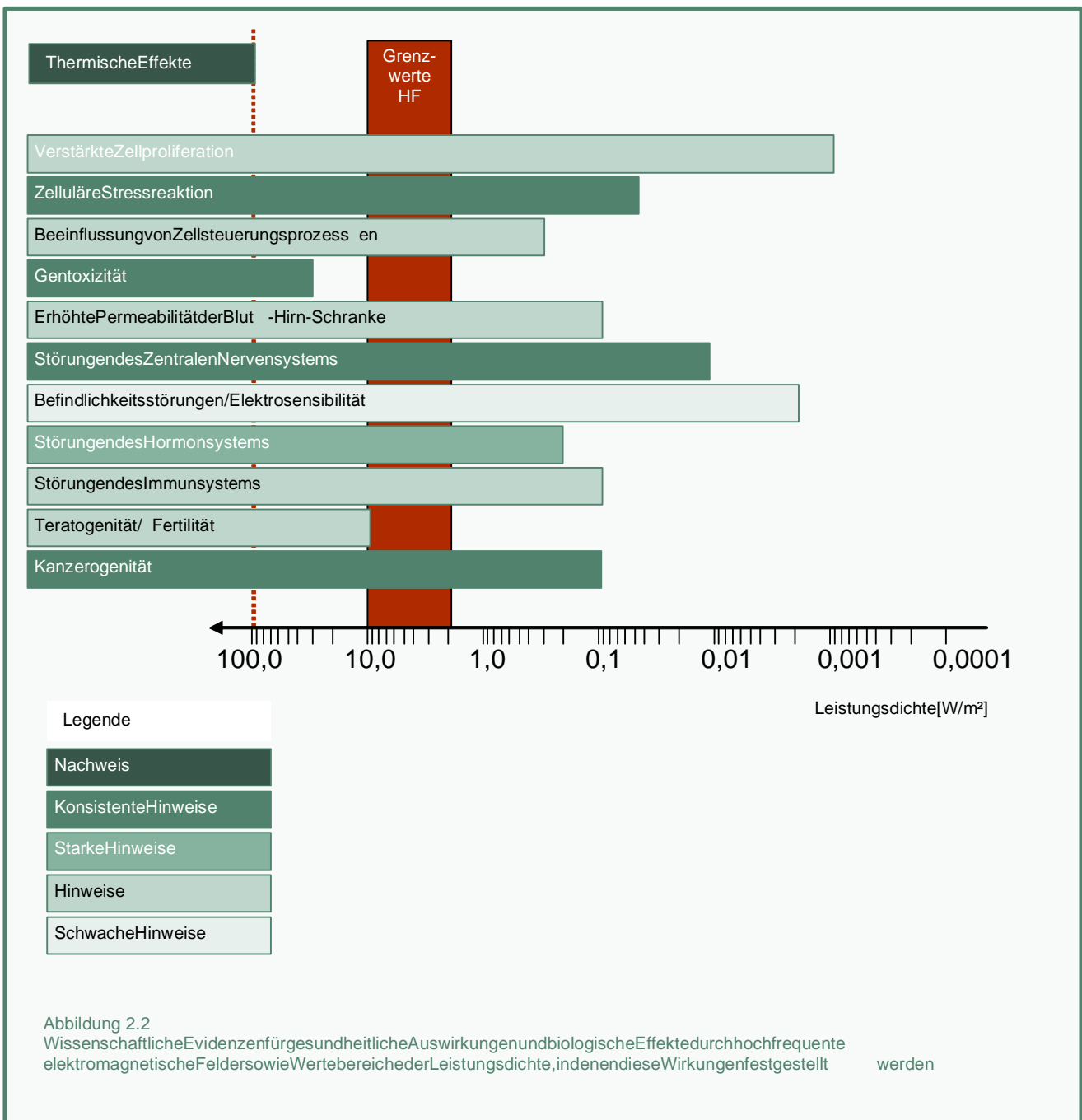
Tabelle 2.2  
Bewertung der wissenschaftlichen Evidenzen biologischer Effekte hochfrequenter elektromagnetischer Felder durch internationale wissenschaftliche Kommissionen

Land - Institution Jahr	GB - IEGMP2000	NL - HC N2001	GB - AGNIR2001	EU - CSTEE2001	F - DGS2001	CAN - RSC2001	D - SSK2001	USA - USGAO2001	F - ART2002	NL - HCN2002	S - SSI2002	F - AFSE2003	GB - AGNIR2003	CH - BUWAL2003	S - SSI2003	NL - HCN2004	INT - ICNIRP2004	GB - NRPB2004	GB - NRPB2004	S - SSI2004
Thermische Wirkung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Krebs, Epidemiologie	-	-	o	-	±	±	-	±	±	-	±	±	±	+	±	±	±	±	+	±
Krebs, Experiment	±	o	o	±	±	±	+	±	±	o	o	±	±	o	±	±	o	o	o	-
Befindlichkeitsstörungen	o	o	o	±	±	o	±	o	o	o	o	±	±	++	o	-	±	±	+	±
Neurodegenerative Erkrankungen	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Zentrales Nervensystem	++	+	o	+	++	+	++	+	+	++	o	++	+	++	o	o	o	+	+	±
Herz-Kreislauf-Erkrankungen	-	o	o	±	±	o	+	o	o	o	o	±	±	±	o	o	o	o	o	o
Blut-Hirn-Schranke	-	o	o	±	±	±	+	o	o	o	o	+	+	o	+	±	o	±	o	o
Fortpflanzung	-	o	o	o	±	o	o	o	-	o	o	-	±	±	o	o	±	-	o	o
Immunsystem	-	o	o	±	-	o	+	o	-	o	o	±	o	±	o	o	o	o	o	o
Hormonsystem	o	o	o	-	+	±	-	o	o	o	o	o	o	±	o	o	o	o	o	o
Genotoxizität	±	-	o	-	±	±	±	±	o	o	o	±	±	±	±	o	o	o	o	o
Zell-Steuerung	±	±	±	±	+	+	+	o	o	o	o	±	±	o	o	o	o	o	o	o
Stressproteine	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	±	+	o	+	o	o	o	o	o

- Wirkung nachgewiesen
- ++ Wirkung wahrscheinlich/sehr starke Hinweise auf eine Wirkung
- + Wirkung möglich/Hinweise auf eine Wirkung
- ± Wirkung nicht zu beurteilen/wissenschaftliche Befunde widersprüchlich / nicht überzeugend
- Wirkung unwahrscheinlich/keine Hinweise auf eine Wirkung
- o Wirkung beider Bewertungen nicht berücksichtigt

tionalen epidemiologischen Interphone-Studie zum Gehirntumorrisiko bei der Nutzung von Mobiltelefonen und die Ergebnisse einiger anderer Forschungsgruppen deuten auf ein erhöhtes Risiko für bestimmte Hirntumoren bei Personen, die mehr als zehn Jahre ein Mobiltelefon benutzt haben. Die aktuellen Befunde bestätigen die Ergebnisse von Untersuchungen, die bereits früher in Schweden durchgeführt wurden und einen Zusammenhang zwischen der Seite des Kopfes, an der das Mobiltelefon überwiegend be-

nutzt wird, und der Seite, auf der ein Gehirntumor diagnostiziert wurde, ergaben. Gesamtbewertungen wissenschaftlicher Gremien, die die neueren Ergebnisse berücksichtigen, liegen bisher nicht vor und fehlen daher auch in Tabelle 2.2. Personen mit Expositionszeiten von mehr als zehn Jahren gibt es in nennenswerter Zahl nur in den nordskandinavischen Ländern, wo der Mobilfunk schon vergleichsweise früh von einem größeren Teil der Bevölkerung genutzt wurde. Bei epidemiologischen Untersuchun-





In einigen epidemiologischen Untersuchungen wurde für Personen, die über mehr als zehn Jahre häufig ein Mobiltelefon genutzt hatten, ein erhöhtes Hirntumorrisiko festgestellt.

gen, die in anderen Ländern heute durchgeführt werden, ist davon auszugehen, dass sie ein mögliches Krebsrisiko nicht in seiner ganzen Höhe erfassen. Da die modernen digitalen 'Jedermann'-Mobilfunksysteme erst seit weniger als zehn Jahren in Gebrauch sind, die mittleren Latenzzeiten bei Krebserkrankungen jedoch deutlich länger sind, dürften sich in den Untersuchungen tendenziell eher zu niedrige Risikofaktoren ergeben.

Aus den aufgeführten Gründen wird es auch noch einige Jahre dauern, bis aussagekräftigere Ergebnisse vorliegen. Zur Risikoabschätzung kann man jedoch zusätzlich auch Studien heranziehen, bei denen die Häufigkeit von Erkrankungen in Bevölkerungsgruppen untersucht wurde, die hochfrequenter Strahlung aus anderen Quellen ausgesetzt waren. Besondere Bedeutung im Hinblick auf die Übertragbarkeit auf den Mobilfunk kommt dabei Quellen zu, die niederfrequent modulierte, insbesondere gepulste Strahlung abgeben, wie sie auch beim digitalen Mobilfunk verwendet wird. Dies gilt vor allem für Radaranlagen und -geräte. Zum Krebsrisiko durch berufliche Radarexposition liegen einige Studien vor, die ebenfalls auf ein erhöhtes Tumorrisiko stärker exponierter Personen hindeuten. Allerdings ist die Aussagekraft dieser Studien schwer zu beurteilen, da die Expositionen oft nur grob geschätzt werden konnten und die Betroffenen an ihren Arbeitsplätzen vielfach auch anderen kanzerogenen Noxen ausgesetzt waren. Aus ähnlichen Gründen sind auch die Ergebnisse von Untersuchungen zum Krebsrisiko der Anwohner von Rund-

funk- und Fernsehsendern schwierig zu interpretieren. Solche Untersuchungen wurden unter anderem in Australien, Großbritannien, Italien und den USA durchgeführt. In einzelnen Untersuchungen ergab sich eine deutliche Zunahme des Krebsrisikos mit abnehmendem Abstand des Wohnorts von den Sendeanlagen, während in anderen Untersuchungen keine Korrelation von Expositionshöhe

## Kasten 2.6

### Beispiele wissenschaftlicher Arbeiten

#### Hochfrequente elektromagnetische Felder von Mobiltelefonen und Gehirntumoren

Ein schwedisches Forschungsteam hat neue Ergebnisse einer epidemiologischen Fall-Kontroll-Studie veröffentlicht, die die Ergebnisse früherer Studien in diesem Land zu einem erhöhten Hirntumorrisiko bei Personen mit langjähriger Nutzung von Mobiltelefonen stützen. In der Studie wurde das Risiko für Erkrankungen an gutartigen Tumoren des Gehirns bei Nutzern sowohl von analogen als auch von digitalen Mobiltelefonen und schnurlosen Telefonen bestimmt. In die Untersuchung wurden 413 Fälle und 692 Kontrollen einbezogen. Für Meningeome (gutartige Tumoren des Gehirns und des Rückenmarks, die von den Deckzellen der Spinnwebhaut ausgehen) ergab sich für die Nutzer von analogen Mobiltelefonen ein Odds Ratio-Wert (als Maß für das Erkrankungsrisiko) von  $OR = 1,7$  mit einem 95 %-Konfidenzintervall (CI) von 0,97 bis 3,0. Da das Konfidenzintervall die 1 enthält, ist das Ergebnis statistisch nicht signifikant. Für Personen mit einer Latenzzeit von mehr als zehn Jahren wurde ein höherer, statistisch signifikanter Wert von  $OR = 2,1$  (CI: 1,1 bis 4,3) ermittelt. Auch für die Nutzer von digitalen Mobiltelefonen und schnurlosen Telefonen wurde eine gewisse Höhe des Erkrankungsrisikos festgestellt. Deutlich höhere Risikofaktoren ergaben sich für das Auftreten von Akustikusneurinomen:  $OR = 4,2$  (CI: 1,8 bis 10),  $OR = 8,4$  (CI: 1,6 bis 45) für Personen mit Latenzzeiten von mehr als 15 Jahren. Der für langzeitexponierte Personen ermittelte Wert ist sehr hoch, die Größe des Konfidenzintervalls signalisiert aber, dass sich die Studie in diesem Fall nur auf wenige Fälle stützen kann, nichtsdestotrotz ist die Risikoerhöhung statistisch signifikant. Während für Akustikusneurinome im Zusammenhang mit der Nutzung digitaler Mobiltelefone ebenfalls ein statistisch signifikant erhöhtes Risiko ermittelt wurde ( $OR = 2,0$ , CI: 1,05 bis 3,8), war die Erhöhung des Risikos bei Nutzung von schnurlosen Telefonen statistisch nicht signifikant.

Hardell L., Carlberg M. & Hansson Mild K. 2005: Case-control study on cellular and cordless telephones and the risk for acoustic neuroma and meningioma in patients diagnosed 2000-2003. *Neuroepidemiol.* 25 (3): 120-128

(abgeschätzt aus dem Abstand) und Tumorrisiko festgestellt werden konnte. Der Schwachpunkt dieser Studien sind wiederum Defizite bei der Ermittlung der tatsächlichen Expositionen.

Die bisher vorliegenden Ergebnisse von wissenschaftlichen Studien zum Krebsrisiko im Zusammenhang mit Hochfrequenz-Expositionen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Aus epidemiologischen Untersuchungen an verschiedenen Hochfrequenz-Sendeanlagen liegen Hinweise auf erhöhte

#### Kasten 2.7

##### Beispiele wissenschaftlicher Arbeiten

#### **Nutzung von Mobiltelefonen und kognitive Leistung**

In der Doppelt-Blind-Studie einer französischen Forschungsgruppe wurden die Effekte der täglicher Nutzung eines GSM 900-Handys auf kognitive Funktionen untersucht. Hierzu wurden 55 Personen in zwei Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe mit eingeschaltetem Handy und eine mit ausgeschaltetem Handy. Die Personen waren bezüglich Alter, Geschlecht und Intelligenzquotient in beiden Gruppen gleich verteilt. Das Experiment dauerte 45 Tage und wurde in drei Phasen, die Basis-, Expositions- und Erholungsphase unterteilt. Die Phasen dauerten 2, 27 und 13 Tage. Während der Erholungsphase waren alle Testpersonen schein-exponiert. Während der Expositionsphase war das Handy an fünf Tagen pro Woche zwei Stunden pro Tag eingeschaltet. Es wurden 22 verschiedene neuropsychologische Tests durchgeführt, die in die Kategorien Informationsverarbeitung, Aufmerksamkeit, Gedächtnisleistung und ausführende Funktionen fallen. Die Tests wurden jeweils 13 Stunden nach der Exposition am 2., 15., 29. und 43. Tag durchgeführt. Der Testzeitpunkt war so gewählt, dass zwischen der letzten Exposition und den Tests eine Schlafphase lag. Die Ergebnisse zeigen, dass die tägliche Nutzung des Handys nach einer 13-stündigen Erholungsphase keinen Effekt auf die kognitive Leistung hat. Die Autoren heben hervor, dass ihre Ergebnisse im Widerspruch zu denen ähnlicher Studien stehen. Sie gehen davon aus, dass die im vorliegenden Versuch zwischen der Exposition und der Testphase liegende Erholungszeit für diesen Unterschied verantwortlich ist. Sie weisen darauf hin, dass die Untersuchung keine Aussage über die kognitiven Effekte länger dauernder Expositionen oder Nutzungszeiten zulasse.

Besset A., Espa F., Daubilliers Y., Billiard M. & de Seze R. 2005: No effect on cognitive function from daily mobile phone use. *Bioelectromagnetics* 26 (2): 102-108

Raten sowohl für alle Krebserkrankungen zusammen genommen als auch für einzelne Krebsarten (Leukämie, Gehirntumoren) bei Anwohnern bzw. Beschäftigten der Anlagen vor. Auch auf die Entwicklung anderer Tumoren haben hochfrequente elektromagnetische Felder möglicherweise einen fördernden Einfluss, zumindest gibt es hierzu Hinweise aus epidemiologischen Untersuchungen. Diese sind wegen der geringen Zahl solcher Untersuchungen bisher aber überwiegend als 'schwach' einzustufen. Jedoch gibt es auch erste Hinweise aus Tierexperimenten, die auf eine kanzerogene Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder deuten. Die sehr unterschiedlichen Expositionsmerkmale und methodischen Ansätze in den epidemiologischen Untersuchungen erlauben es nicht, die Ergebnisse in einer Meta-Analyse zusammenzufassen. Zugleich ist die Tatsache, dass in der Mehrzahl der aufgeführten Untersuchungen trotz unterschiedlicher Studiendesigns Hinweise auf erhöhte Risiken für einige Krebsformen gefunden wurden, aber als ein ernst zu nehmender Hinweis auf eine kanzerogene Wirkung hochfrequenter Felder mit Intensitäten im subthermischen Bereich zu werten. Deutlicher als für Sendeanlagen sind die wissenschaftlichen Hinweise, dass die häufige Nutzung von Mobiltelefonen über viele Jahre bei bestimmten Tumorformen des Kopfes zu einem erhöhten Risiko führt.

In den meisten wissenschaftlichen Studien zu unmittelbar gesundheitsschädigenden Wirkungen von Hochfrequenz-Strahlung wurden Krebserkrankungen untersucht. Es liegen aber auch zahlreiche Untersuchungen zu anderen gesundheitlichen Endpunkten und zu biologischen Effekten vor, die bei der Entwicklung von Gesundheitsstörungen eine Rolle spielen könnten:

Es ist lange bekannt, dass Hochfrequenz-Strahlung mit thermisch wirksamen Intensitäten zu Störungen der Embryonalentwicklung und zu männlicher Infertilität führen kann. Die Ergebnisse von epidemiologischen Untersuchungen an beruflich exponierten Frauen und Männern sowie von experimentellen Untersuchungen an Tieren ergaben Hinweise, dass auch hochfrequente Felder mit subthermischen Intensitäten möglicherweise eine teratogene Wirkung haben und sich negativ auf die Fertilität auswirken könnten.

In Untersuchungen an freiwilligen Probanden wurde eine erhöhte Ausschüttung bestimmter Stresshormone unter der Einwirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder



Experimente an Zellkulturen helfen, zu verstehen, welche Wirkungen elektromagnetische Felder auf zelluläre Prozesse haben.

festgestellt. Ähnliche Ergebnisse liegen auch aus Experimenten an Versuchstieren vor. Aus letzteren Untersuchungen ergaben sich auch Hinweise auf Beeinträchtigungen des Immunsystems.

Die Ergebnisse der Laborexperimente an Menschen und Tieren zu den Wirkungen von Hochfrequenzstrahlung auf das Zentrale Nervensystem werden von der Mehrzahl der wissenschaftlichen Kommissionen als vergleichsweise aussagekräftig bewertet (s. Tabelle 2.2). In Experimenten am Menschen und an verschiedenen Tieren wurden Auswirkungen niederfrequent modulierter Hochfrequenzfelder auf das Nervensystem nachgewiesen. Diese reichen von Einflüssen auf die Wirksamkeit bestimmter Neurotransmitter über Veränderungen der Gehirnpotentiale (EEG), vor allem in der Schlafphase, bis zu Beeinflussungen kognitiver Funktionen und des Verhaltens bei Mensch und Tier. Die vorliegenden Ergebnisse sind als konsistente Hinweise auf Einflüsse hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf das Zentrale Nervensystem zu werten. Einzelne Kommissionen halten auch eine erhöhte Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke für Schadstoffe als Folge von Hochfrequenzexpositionen für möglich (s. Tabelle 2.2).

Ob die beobachteten Beeinflussungen des Zentralen Nervensystems ursächlich für die Befindlichkeitsstörungen verantwortlich sind, unter denen empfindliche Personen nach eigenen Angaben leiden, wenn sie geringen Intensitäten hochfrequenter Strahlung ausgesetzt sind, oder ob

Kopfschmerzen, Schlaflosigkeit, Hautbrennen und weitere (eher unspezifische) Symptome auf andere physiologische Wirkungen zurückzuführen sind, kann anhand der wenigen und zum Teil widersprüchlichen wissenschaftlichen Befunde derzeit nicht beantwortet werden. Aber es scheint so zu sein, dass die betroffenen, elektrosensiblen Personen auch sehr empfindlich gegenüber anderen Umwelteinflüssen sind.

In Untersuchungen an Zellkulturen und Experimenten mit Versuchstieren wurden Veränderungen am Erbgut, wie Einzel- und Doppelstrangbrüche sowie Schäden an den

## Kasten 2.8

Beispiele wissenschaftlicher Arbeiten

### Gentoxische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder

Zur Untersuchung der gentoxischen Wirkung von 2450 MHz Feldern mit Leistungsdichten von 50 bis 100 W/m<sup>2</sup> wurden erwachsene männliche Wistar Ratten 2, 8, 15 oder 30 Tage lang täglich zwei Stunden exponiert und direkt nach der letzten Exposition getötet. Indikator für die gentoxische Wirkung war das Vorhandensein von Mikronuklei in polychromatischen Erythrozyten (PCEs) im peripheren Blut. Polychromatische Erythrozyten sind unreife rote Blutzellen, die durch saure und basische Farbstoffe angefärbt werden können. Thermische Effekte wurden durch Messung der Körpertemperatur während der Bestrahlung ausgeschlossen. Im zeitlichen Verlauf ergaben sich Unterschiede zwischen den Kontrollen und den exponierten Tieren. So zeigte sich zu Beginn des Experiments bei den exponierten Tieren eine starke Zunahme an unreifen Erythrozyten im peripheren Blut. Dies ist ein Hinweis auf eine Beeinträchtigung der Proliferation und Reifung der kernhaltigen erythropoetischen Zellen (Vorläuferzellen der roten Blutzellen) durch die Exposition und bedeutet, dass die Bestrahlung die Erythropoese im Knochenmark hemmt. Im weiteren Verlauf des Experiments verringerte sich dieser Unterschied zwischen den exponierten und scheinexponierten Tieren. Die Häufigkeit von Mikronuklei pro 1.000 PCEs im peripheren Blut war bei den exponierten Tieren nach acht Tagen signifikant erhöht, glich sich danach aber wieder den Werten der scheinexponierten Tiere an. Beide Beobachtungen sprechen dafür, dass in den exponierten Ratten sowohl bei der Erythropoese als auch bei der gentoxischen Wirkung ein Anpassungsmechanismus aufgetreten ist, der die Expositionseffekte ausgleicht.

Trosic I., Busljeta I., Kasuba V. & Rozzgaj R. 2002: Micronucleus induction after whole-body microwave irradiation of rats. *Mutat. Res.* 521 (1-2): 73-79

Chromosomen, festgestellt. Hierbei kann es sich um direkte molekulare Wirkungen handeln, das heißt, die hochfrequente Strahlung führt zu Mehrfachanregungen der Moleküle und anschließendem Bruch von schwachen molekularen Bindungen. Dies erscheint nach neuesten Untersuchungen zu Anregungsvorgängen in Makromolekülen denkbar. Es kann aber auch sein, dass die Schäden am Erbgut durch andere Noxen entstanden sind, und dass die hochfrequente Strahlung 'nur' zu einer Hemmung der natürlichen zelleigenen Reparaturmechanismen führt. In Tabelle 2.2 fehlen Stellungnahmen, die die Ergebnisse der neuesten Untersuchungen einbeziehen.

In *in vitro*-Experimenten wurden Einflüsse niederfrequent gepulster Hochfrequenz-Felder auf die Zellkommunikation und die Steuerung zellulärer Prozesse beobachtet, wie sie auch bei niederfrequenten Magnetfeldern auftreten, und es wurden Auswirkungen auf Gen-Expression, -Transkription und -Translation festgestellt. Auch gibt es Hinweise auf eine fördernde Wirkung auf die Zell-Proliferation und Beeinträchtigungen der Zell-Differenzierung. Die Aktivität des Enzyms ODC wird einigen Experimenten zufolge nicht nur durch bekannte chemische Tumorpromotoren gesteigert. Es wurde in mehreren Experimenten gezeigt, dass diese Wirkung auch durch niederfrequent amplitudenmodulierte Hochfrequenzfelder hervorgerufen werden kann.

## Fazit

Im Vergleich zum Niederfrequenzbereich ist die Zahl der epidemiologischen Untersuchungen im Hochfrequenzbereich klein. Da sehr unterschiedliche Expositionssituationen mit verschiedenen Trägerfrequenzen und Modulationsarten untersucht wurden, ist eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener Studien selten gegeben. Dennoch sind die Ergebnisse insgesamt als ernst zu nehmende Hinweise auf ein erhöhtes Krebsrisiko (insbesondere Leukämie und Gehirntumoren) als Folge elektromagnetischer Hochfrequenz-Expositionen zu werten. Eine verlässliche Aussage über das Gesundheitsrisiko der Nutzer von Mobiltelefonen lässt sich derzeit noch nicht machen, allerdings deuten erste Untersuchungen auf einen Zusammenhang zwischen dem häufigen Gebrauch von Handys über viele Jahre und der Ausbildung von bestimmten Gehirntumoren. Auf der experimentellen Seite gibt es etliche Untersuchungen, bei denen Effekte auf der zellulären Ebene oder patho-physiologische Wirkungen nachgewiesen wurden, die

unter anderem im Hinblick auf die Entstehung von Krebs bedeutsam sein könnten. Viele dieser Effekte wurden bereits für Intensitäten nachgewiesen, die deutlich unter der Schwelle für thermische Effekte und den derzeit geltenden Grenzwerten lagen.

Angesichts der in einigen Bereichen vorliegenden wissenschaftlichen Befunde einerseits und der nach wie vor erheblichen Unsicherheiten bei der Bewertung der Gesundheitsrisiken durch nicht-thermische Hochfrequenz-Intensitäten andererseits sind vor dem Hintergrund der bereits hohen Hochfrequenz-Belastungen der Bevölkerung und der absehbaren technologischen Entwicklungen, die zu einer erheblichen Zunahme der Zahl von Hochfrequenz-Quellen führen wird, entschiedene Maßnahmen zum vorsorgenden Gesundheitsschutz durch Minimierung der Expositionen notwendig. (s. Kapitel 3, 4).

## Glossar









## Glossar

**Absorption:** hier: Aufnehmen von Strahlungsenergie

**Akustikusneurinom:** (auch Schwannom genannt) gutartiger Tumor, der sich an Hör- und Gleichgewichtsnerven bildet. Größere Akustikusneurinome können aufgrund des Drucks, den sie auf den Hirnstamm ausüben, lebensbedrohlich werden

**Alzheimer-Krankheit:** diffuse Rückbildung des Gehirns, die bis zum Gedächtnisverlust führen kann

**Amyotrophische Lateralsklerose:** degenerative Erkrankung des ersten und zweiten motorischen Neurons mit Muskelschwund und Spastik, die sich meist zwischen dem 40. und 65. Lebensjahr manifestiert

**Aneuploidie:** Veränderung der Chromosomenzahl

**Apoptose:** programmierter Zelltod

**Äquivalente isotrope Strahlungsleistung** (equivalent isotropic radiated power, EIRP): Maß für die gleichmäßig in den umgebenden Raum abgestrahlte Sendeleistung eines Funksenders. Die meisten Funksender strahlen nicht isotrop, sondern weisen eine Vorzugsrichtung auf (so genannte Sendekeule). Um verschiedene Sender vergleichen zu können, wird der äquivalente Wert angegeben, den ein Sender haben müsste, um in alle Richtungen die gleiche Leistung abzustrahlen wie in der Vorzugsrichtung.

**Arrhythmie:** unregelmäßige Herzschlagfolge

**Benzo(a)pyren:** krebserregender polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff

**Blut-Hirn-Schranke:** selektiv durchlässige Schranke zwischen Blut und Hirnsubstanz, die den Stoffaustausch mit dem Zentralnervensystem kontrolliert und so das Gehirn vor schädlichen Stoffen schützt

**Chromatid:** Chromosomenhälfte

**Chromatin:** Substanz des Zellkerns, bestehend aus DNA, RNA und Eiweißen

**Chromosomen:** im Zellkern befindliche Träger des Erbguts, die artspezifisch in Anzahl und Form variieren

**Chromosomen-Abberation:** strukturelle Abweichungen einzelner Chromosomen, Abweichung von der normalen Chromosomenzahl

**dB:** s. Dezibel

**DECT** (Digital Enhanced Cordless Telecommunications): Standard für schnurlose Telefone (s. Kapitel 4.9)

**Demenz:** Verfall der geistigen Leistungsfähigkeit

**Dezibel** (dB): logarithmisches Maß, das die Berechnung der Verstärkung bzw. Dämpfung komplexer Systeme vereinfacht. Um z.B. die Verstärkung eines Gesamtsystems, bestehend aus Sender, Kabeln, Steckverbindungen und Antenne zu berechnen, müssen die einzelnen dB-Werte lediglich addiert werden. Eine Veränderung um 3 dB entspricht immer einer Verdoppelung bzw. Halbierung, eine Veränderung um 10 dB entspricht einem Faktor 10 bzw. 1/10).

**dichotom:** in zwei gleiche Hälften geteilt

**DNA** (desoxyribonucleid acid): (auch DNS) Desoxyribonucleinsäure, Träger der Erbinformationen

**EEG:** s. Elektroenzephalographie

**EIRP:** s. Äquivalente isotrope Strahlungsleistung

**Elektroenzephalographie:** Methode zur Registrierung der elektrischen Aktivität des Gehirns

**Elektromagnetische Hypersensibilität:** s. Elektrosensibilität

**Elektrosensibilität** (Elektromagnetische Hypersensibilität): besondere Empfindlichkeit von Personen, die auf elektromagnetische Felder mit unterschiedlichsten Symptomen reagieren

**Emission:** hier: von einer Quelle ausgehende Strahlung

**endokrin:** die Drüsen betreffend, die ihr Sekret direkt in die Blutbahn abgeben

**Epidemiologie:** Teilgebiet der Medizin, in der mit statistischen Methoden das Auftreten von Krankheiten untersucht wird

**epigenetische Veränderungen:** erbliche Veränderungen der genetischen Information, die nicht auf Mutationen beruhen, sondern ihre Ursache z.B. in einer Veränderung der Chromatinstruktur haben

**Epithelzellen:** Zellen der obersten Schicht der Haut oder Schleimhaut

**ERP** (Effective Radiated Power): effektiv abgestrahlte Leistung in der Hauptstrahlrichtung einer Sendeantenne

**Erythropoese:** Entstehung der roten Blutkörperchen

**Erythrozyten:** rote Blutkörperchen

**Evidenz:** Deutlichkeit, einleuchtende Erkenntnis

**Fertilität:** Fruchtbarkeit

**Fibroblasten:** Bildungszelle des faserigen Bindegewebes

**Gen-Expression:** Biosynthese eines spezifischen Genproduktes, das eine spezielle RNA oder ein Eiweiß sein kann

**Gentoxizität, gentoxisch:** das Erbgut schädigend

**Gen-Transkription:** s. Transkription

**Gen-Translation:** s. Translation

**GHz:** Gigahertz, Einheit für die Frequenz (s. Kapitel 1) (1 GHz = 1.000.000.000 Hz)

**Gliom:** von der bindegewebigen Stützsubstanz des Zentralnervensystems ausgehendes Geschwulst im Gehirn oder Rückenmark oder des Auges

**Granulosazellen:** Zellen des Epithels sprungreifer Eizellenbläschen (Follikel)

**Haarfollikel** Haarbalg, der die Haarwurzel umgibt

**hämatologisch:** das Blut betreffend

**Hz:** Hertz, Einheit für die Frequenz (s. Kapitel 1)

**ICNIRP** (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection): Internationale Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung

**Immission:** hier: von einer oder mehreren Quellen an einem Ort (Immissionsort) verursachte Felder

**infertil:** unfruchtbar

**in situ:** in natürlicher Lage

**Interferenz:** Überlagerung elektromagnetischer Welle

(kann je nachdem, ob die Wellen in gleichen oder entgegengesetzten Schwingungszuständen aufeinander treffen zur Verstärkung oder Schwächung führen)

**in vitro:** im Reagenzglas (durchgeführt)

**in vivo:** am lebenden Organismus (durchgeführt)

**isotrop:** gleichmäßig in alle Richtungen

**kanzerogen:** krebserzeugend

**Kanzerogenese:** Krebsentstehung

**kHz:** Kilohertz, Einheit für die Frequenz (s. Kapitel 1) (1 kHz = 1.000 Hz)

**km:** Kilometer

**kognitiv:** das Erkennen, die Wahrnehmung betreffend

**konsistent:** widerspruchsfrei, sicher

**kumulativ:** (an ) häufend

**kV/m:** Kilovolt pro Meter, Einheit für die Elektrische Feldstärke (s. Kapitel 1) (1 kV/m /= 1.000 V/m)

**kW:** Kilowatt, Einheit für die elektrische Leistung (auch Sendeleistung) (1 kW = 1.000 W)

**Lymphom:** Lymphdrüsenvergrößerung, die sowohl gutartig als auch bösartig sein kann

**Lymphozyten:** weiße Blutkörperchen

**m:** Meter

**Malignität:** Bösartigkeit (einer Geschwulst)

**Median-Wert:** in einer nach ihrer Größe geordneten Reihe der Wert, der die Reihe halbiert, das heißt eine Hälfte der Werte liegt unter, die andere Hälfte über diesem Wert

**Melanin:** Farbstoff der Haut

**Melanozyten:** Zellen, in denen Melanin gebildet wird

**Melatonin:** Hormon der Zirbeldrüse mit vielfältiger Wirkung. Es spielt z.B. beim zirkadianen Rhythmus und beim Krebsgeschehen eine Rolle

**Meningeom:** gutartiger Tumor des Gehirns und des Rückenmarks



ckenmarks, der von den Deckzellen der Spinnewebhaut ausgeht

**Messenger RNA:** Boten Ribonukleinsäure, ist an der Übertragung der auf der DNA festgelegten Informationen in Eiweiße beteiligt

**Meta-Analyse:** statistische Methode, mit der die Ergebnisse mehrerer unterschiedlicher Studien zusammengefasst werden

**MHz:** Megahertz, Einheit für die Frequenz (s. Kapitel 1) (1 MHz = 1.000.000 Hz)

**Mikronukleus:** Mikrokern, Chromosomenfragment im Zellplasma, Marker für genotoxische Wirkungen

**Mikrotesla ( $\mu\text{T}$ ):** Einheit für die Magnetische Flussdichte (s. Kapitel 1) (1  $\mu\text{T}$  = 1/1.000.000 T)

**Monozyten:** größtes weißes Blutkörperchen im peripheren Blut

**Mortalität:** Verhältnis der Zahl der Todesfälle zur Gesamtzahl der statistisch berücksichtigten Personen

**ms:** Millisekunde (1 ms = 1/1.000 s)

**Myokardinfarkt:** Herzinfarkt

**MW:** Einheit für die elektrische Leistung (auch Sendeleistung) (1 MW = 1.000.000 W)

**$\mu\text{T}$ :** s. Mikrotesla

**neurodegenerativ:** Nerven- und Gehirnleistungen betreffender Verfall, z.B. bei Alzheimer-Krankheit und Amyotrophischer Lateralsklerose

**Neurodegenerative Erkrankungen:** Sammelbegriff für Krankheiten, deren gemeinsames Merkmal ein fortschreitender Verlust an Neuronen ist (Morbus Alzheimer, Parkinson, Huntington; Amyotrophische Lateralsklerose)

**Neuron:** Nervenzellen und deren Fortsätze

**Neurotransmitter:** Substanzen, die bei der Erregungsübertragung in den Neuronen freigesetzt werden. z.B. Acetylcholin und Adrenalin

**Noxe:** Krankheitsursache, Stoff oder Bedingung mit schädigender Wirkung

**ODC:** s. Ornithindecaboxylase

**Ornithindecaboxylase (ODC):** Enzym, das u.a. die Apoptose beeinflusst

**Parkinsonsche Krankheit:** neurodegenerative Erkrankung besonders im Alter, gekennzeichnet durch verminderte Bewegungsfähigkeit, unwillkürliche Bewegungsstörungen (Zittern), leise und monotone Sprache u.a.

**patho-physiologisch:** krankhafte Funktionsstörungen eines Organismus betreffend

**permeabel:** durchlässig

**polychromatische Erythrozyten:** unreife rote Blutzellen, die durch saure und basische Farbstoffe angefärbt werden können

**Proliferation:** Vermehrung, Wachstum, Wucherung

**REM-Schlaf:** Schlafphase mit schnellen Augenbewegungen (rapid eye movement), Traumphase

**repetitiv:** sich wiederholend

**Replikation:** a) Bildung einer Kopie des genetischen Materials durch Selbstverdoppelung, b) exakte Wiederholung eines Experiments

**SAR:** s. Spezifische Absorptionsrate

**SCE:** s. Schwesterchromatid-Austausch

**Schwannom:** s. Akustikusneurinom

**Schwesterchromatid-Austausch:** (SCE) Austausch zwischen den beiden Chromatiden eines Chromosoms

**Spastik:** erhöhter Spannungszustand der Muskeln

**Spezifische Absorptionsrate (SAR):** (Einheit: W/kg) Maß für die Energie, die pro Sekunde von 1 kg Körpergewebe aufgenommen wird

**SSK:** Strahlenschutzkommission

**Synapse:** Übergangsstelle zwischen Nerven- und Muskelzelle

**teratogen:** Missbildungen während der Embryonalentwicklung hervorrufend

**Tesla:** Einheit für die Magnetische Flussdichte (s. Kapitel 1)

**THz:** Terahertz, Einheit für die Frequenz (s. Kapitel 1) (1 THz = 1.000.000.000.000 Hz)

**T-Lymphozyten:** weiße Blutkörperchen, Träger der zellvermittelten Immunität

**toxisch:** giftig

**transformiert:** umgeformt, verändert z.B. durch Übertragung genetischer Informationen

**Transkription:** Überschreibung der Basensequenz eines Gens von der DNA auf die Messenger RNA

**Translation:** Übersetzung der Erbinformation von der Messenger RNA in Eiweiße

**Tumorpromotor:** Stoff, der selbst keinen Krebs auslöst, aber die Krebsentstehung beschleunigt

**ubiquitär:** überall, verbreitet vorkommend

**V/m:** Volt pro Meter, Einheit für die Elektrische Feldstärke (s. Kapitel 1)

**WLAN** (Wireless Local Area Network): Funknetzwerk (s. Kapitel 4.10)

**Zentromer:** Ansatzstelle der Spindelfaser, die bei der Zellteilung die Chromatiden zu den Tochterzellen zieht

**Zirbeldrüse:** an der Gehirnbasis gelegene Drüse, Bildungsort von Melatonin

**zirkadian:** den Tagesrhythmus betreffend

Kontakte und Informationen







## Kontakte und Informationen

### Arbeiten des ECOLOG-Instituts

Im Folgenden sind Arbeiten aufgeführt, die diesem Handbuch zugrunde liegen und in denen sich Hinweise auf die wissenschaftliche Originalliteratur finden.

**Aktuelle wissenschaftliche Arbeiten werden in dem vom ECOLOG-Institut herausgegebenen und alle zwei Monate erscheinenden Fachinformationsdienst *EMF-Monitor: Elektromagnetische Felder, Umwelt und Gesundheit* vorgestellt.**

- Neitzke H.-P. 2006: Mobiltelefone, schnurlose Telefone und Gehirntumoren. *EMF-Monitor* 12 (1): 1-6
- Neitzke H.-P. 2005: Mobiltelefone und Gehirntumoren. *EMF-Monitor* 11 (5): 1-4
- Neitzke H.-P. 2005: Zukunftstechnologie Terahertz-Wellen: Chancen und Risiken. *EMF-Monitor* 11 (3): 1-3
- Neitzke H.-P. 2005: Zwischenbilanz zum Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm. *EMF-Monitor* 11 (2): 1-3
- Neitzke H.-P. & Osterhoff J. 2005: Elektrosensibilität: Stand der Forschung. *EMF-Monitor* 11 (4): 1-8, 11 (5): 9-15
- Neitzke H.-P. & Osterhoff J. 2005: Mobilfunk & Gesundheit 2000-2005. *EMF-Monitor* 11 (1): 1-10, 11 (2): 5-6
- Neitzke H.-P., Osterhoff J., Peklo K., Voigt H. & Wohlatz T. 2005: Bestimmung der Exposition von Personengruppen, die im Rahmen des Projektes 'Querschnittsstudie zur Erfassung und Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch die Felder von Mobilfunkbasisstationen' untersucht werden. Schlussbericht zu einem Forschungsprojekt im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz
- Voigt H. 2005: HF-Expositionen durch Funkanwendungen in Haus und Büro: DECT, WLAN und Bluetooth. *EMF-Monitor* 11 (1): 10-12
- Voigt H. 2005: Elektromagnetische Felder und gesundheitliche Beeinträchtigungen. *EMF-Monitor* 11 (6): 3-5
- Voigt H. & Osterhoff J. 2005: Krebserkrankungen im Umkreis von Mobilfunkbasisstationen. *EMF-Monitor* 11 (6): 1-3
- Neitzke H.-P. 2004: Elektromagnetische Felder von Warensicherungsanlagen. *EMF-Monitor* 10 (4): 1-5
- Neitzke H.-P. 2004: Gesundheitliche Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder. *EMF-Monitor* 10 (1): 3-7
- Neitzke H.-P. & Osterhoff J. 2004: Zellregulatorische und gentoxische Effekte elektromagnetischer Felder. *EMF-Monitor* 10 (6): 1-7
- Neitzke H.-P. & Osterhoff J. 2004: Beeinflussung des Gehirns und kognitiver Funktionen durch die Felder der Stromversorgung. *EMF-Monitor* 10 (1): 1-3
- Osterhoff J. 2004: Gentoxische Effekte elektromagnetischer Felder 10 (2): 1, 5-7
- Behrendt D., Neitzke H.-P., Neitzke T., Osterhoff J., Kleinhüchelkotten S. & Voigt H. 2003: Funk-Netzwerke. Sachstandsermittlung zur Netzwerktechnologie WLAN im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
- Neitzke H.-P. 2003: Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz. *EMF-Monitor* 9 (6): 1, 3-6
- Neitzke H.-P. 2003: Niederfrequente Magnetfelder und neurodegenerative Erkrankungen. *EMF-Monitor* 9 (5): 1-3
- Neitzke H.-P. 2003: Mobilfunk - Gesundheitliche Risiken und Maßnahmen zur Vorsorge. Stellungnahme zur Anhörung im Gesundheitsausschuss der Hamburgischen Bürgerschaft. Hamburg, 27. Februar 2003
- Neitzke H.-P. & Osterhoff J. 2003: Wirkung von GSM und UMTS-Feldern auf Wohlbefinden und kognitive Funktionen. *EMF-Monitor* 9 (5): 3-5
- Neitzke H.-P., Osterhoff J. & Voigt H. 2003: Biologische Wirkungen schwacher HF-Felder und Empfehlungen zur Begrenzung der Expositionen durch Funksendeanlagen. *EMF-Monitor* 9 (2): 1-8
- Neitzke H.-P., Voigt H., Behrendt D., Kleinhüchelkotten S., Osterhoff J. & Schlußmeier B. 2003: Vorsorgemaßnahmen im Bereich Mobilfunk. Strategiepapier im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz. (Zusammenfassung der Empfehlungen und Stellungnahme des BfS unter [www.bfs.de/elektro/papiere/strategiepapier\\_mf.html](http://www.bfs.de/elektro/papiere/strategiepapier_mf.html))
- Neitzke H.-P., Voigt H., Behrendt D., Osterhoff J. & Voß A. 2003: Erfüllung der freiwilligen Selbstverpflichtung der Mobilfunknetzbetreiber gegenüber der Bundesregierung vom 6. Dezember 2001. Bestandsaufnahme im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz

- Voigt H. 2003: Neue Techniken: DVB-T. EMF-Monitor 9 (3): 8-12
- Neitzke H.-P. 2002: Gesundheitliche Risiken durch die elektromagnetischen Felder von Mobilfunkanlagen. Gutachterliche Stellungnahme für das Amtsgericht Kempten
- Neitzke H.-P. 2002: Kriterien für strahlungsarme Handys. Sachverständigenanhörung der Jury Umweltzeichen. Berlin, 10. Juni 2002
- Neitzke H.-P. 2002: Mobilfunk – Risiken und Vorsorge. Anhörung im Hessischen Landtag. Wiesbaden, 24. Januar 2002
- Neitzke H.-P. 2002: Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Telekommunikation und deren Bedeutung für die öffentliche Gesundheitsvorsorge. Tagung der Ev. Akademie Loccum, 11-13. Februar 2002
- Neitzke H.-P. 2002: Niederfrequente Magnetfelder und Krebs: Schlussfolgerungen aus den epidemiologischen Studien. EMF-Monitor 8 (1): 3-5
- Neitzke H.-P. 2002: Was ist neu am Risiko Mobilfunk? Zur Typologie technologischer Risiken. ECOLOG Arbeitspapier T&U 01/03
- Neitzke H.-P. & Osterhoff J. 2002: Elektromagnetische Felder als Ursache neurodegenerativer Erkrankungen, depressiver Symptome und Selbstmord. EMF-Monitor 8 (3): 8-9, 8 (4): 1-6
- Voigt H. 2002: Neue Techniken: Der neue digitale Behörden- und Polizeifunk TETRA. EMF-Monitor 8 (3): 1, 5-6
- Depner K., Hennies K., Neitzke H.-P. & Voigt H. 2001: Bewertung der Risiken elektromagnetischer Felder für Umwelt und Gesundheit. I. Niederfrequente Felder. Diskussionspapier für das Bundesamt für Strahlenschutz und die Strahlenschutzkommission. ECOLOG Arbeitspapier T&U 02/01
- Neitzke H.-P. 2001: Risiken durch den Mobilfunk. Sachverständigenanhörung der Ausschüsse für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie Gesundheit des Deutschen Bundestages. Berlin, 2. Juli 2001
- Neitzke H.-P. 2001: Die Risiken sind ungeklärt: Neue Techniken auf dem Vormarsch. EMF-Monitor 7 (4): 2-4
- Neitzke H.-P. 2001: Energie ist in der Luft – Energetische Umweltverschmutzung durch Mobilfunksendeanlagen. Vorgänge 153: 88-94
- Neitzke H.-P. 2001: Magnetfelder und Leukämie bei Kindern. EMF-Monitor 7 (1): 1-3
- Osterhoff J. 2001: Mögliche kokarzinogene Effekte magnetischer Felder. EMF-Monitor 7 (4): 4-5
- ECOLOG 2000a: Neitzke H.-P., Hennies K. & Voigt H.: Gesundheitliche Auswirkungen und biologische Effekte niederfrequenter Magnetfelder. Diskussionspapier für ein Fachgespräch der Strahlenschutzkommission
- ECOLOG 2000b: Neitzke H.-P., Hennies K. & Voigt H.: Gesundheitliche Auswirkungen und biologische Effekte hochfrequenter elektromagnetischer Felder. Diskussionspapier für ein Fachgespräch der Strahlenschutzkommission
- Hennies K., Neitzke H.-P. & Voigt H. 2000: Mobilfunk und Gesundheit. Bewertung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes unter dem Gesichtspunkt des vorsorgenden Gesundheitsschutzes. Gutachten im Auftrag der Fa. T-Mobil
- Neitzke H.-P. 2000: Kinder im Kreuzfeuer elektromagnetischer Felder. EMF-Monitor 6 (3): 1-2
- Neitzke H.-P., van Capelle J., Depner K. & Hanisch T. 1994: Risiko Elektromog? Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf Gesundheit und Umwelt. Birkhäuser Verlag, Basel

### Andere Publikationen

- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.) 2004: Schirmung elektromagnetischer Wellen im persönlichen Umfeld
- Bundesamt für Strahlenschutz 2004: Strahlung / Strahlenschutz. Eine Information des Bundesamtes für Strahlenschutz
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schweiz) 2005: Elektromog in der Umwelt
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Schweiz) 2003: Hochfrequente Strahlung und Gesundheit. BUWAL Umwelt-Materialien Nr. 162
- Strahlenschutzkommission 2001: Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern. Empfehlungen der Strahlenschutzkommission
- Strahlenschutzkommission 2003: Neue Technologien (einschließlich UMTS): Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern. Empfehlungen der Strahlenschutzkommission





## Kontakte

### Bundesamt für Strahlenschutz

#### Aufgaben

- Bündelung der Kompetenzen auf den Gebieten Strahlenschutz, kerntechnische Sicherheit, Transport und Verwahrung von Kernbrennstoffen sowie Endlagerung radioaktiver Abfälle im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- Forschung auf den Gebieten Strahlenschutz, Strahlenschutzvorsorge, kerntechnische Sicherheit und nukleare Ver- und Entsorgung
- Gesundheitlicher, umweltbezogener und physikalisch-technischer Schutz der Menschen und der Umwelt vor Schäden durch ionisierende und nichtionisierende Strahlung
- Radiologischer Notfallschutz
- Kerntechnische Sicherheit
- Staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen
- Entsorgung radioaktiver Abfälle
- Sicherheit der Beförderung und Aufbewahrung von Kernbrennstoffen
- Kontinuierlichen Messungen der Radioaktivität in der Umwelt

#### Kontakt

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Tel. 01888-333-0

Fax 01888-333-1885

E-Mail [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)

Internet [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

### ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung gGmbH

#### Aufgaben

- Forschung und Auswertung von Forschungsergebnissen zu den Wirkungen elektromagnetischer Felder auf Umwelt und Gesundheit
- Entwicklung von Konzepten für den vorsorgenden Umwelt- und Gesundheitsschutz im Zusammenhang mit technologischen elektromagnetischen Feldern
- Unterstützung bei der Überprüfung und bei der Vorsorge orientierten Planung von emittierenden Anlagen (Stromversorgungsanlagen, Mobilfunk- und andere Funkanlagen)
- Messung und Berechnung niederfrequenter elektrischer und magnetischer sowie hochfrequenter elektromagnetischer Felder
- Umwelt- und Risikokommunikation
- Herausgabe des Fachinformationsdienstes *EMF Monitor – Elektromagnetische Felder, Umwelt und Gesundheit* mit

Analysen des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes, Informationen über neue Forschungsergebnisse, Berichten über neue technische Entwicklungen, Darstellungen und Bewertungen von Schutz- und Vorsorgemaßnahmen

#### Kontakt

ECOLOG-Institut  
Nieschlagstr. 26  
30449 Hannover  
Tel. 0511-9245646  
Fax 0511-9245648  
E-Mail mailbox@ecolog-institut.de  
Internet www.ecolog-institut.de

### **Strahlenschutzkommission**

#### Aufgaben

- Beratung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in den Angelegenheiten des Schutzes vor den Gefahren ionisierender und nichtionisierender Strahlen
- Stellungnahmen und Empfehlungen zur Bewertung biologischer Strahlenwirkungen und zu Dosis-Wirkungsbeziehungen
- Erarbeitung von Vorschlägen für Dosisgrenzwerte und daraus abgeleitete Grenzwerte
- Beobachtung der Entwicklung der Strahlenexposition der Gesamtbevölkerung, spezieller Gruppen der Bevölkerung und beruflich strahlenexponierter Personen
- Anregung zu und Beratung bei der Erarbeitung von Richtlinien und besonderen Maßnahmen zum Schutz vor den Gefahren ionisierender und nichtionisierender Strahlen
- Beratung bei der Erarbeitung von Empfehlungen zum Notfallschutz und bei der Planung von Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexposition bei kerntechnischen Notfällen und Katastrophen
- Erarbeitung genereller Ausbreitungsmodelle für die von kerntechnischen Anlagen und bei der technischen und medizinischen Anwendung von radioaktiven Stoffen mit Abluft und Abwasser freigesetzten Radionuklide
- Beratung des BMU bei der Auswertung von Empfehlungen für den Strahlenschutz, die von internationalen Gremien erarbeitet wurden
- Beratung der Bundesregierung bei ihrer Mitwirkung in internationalen Gremien
- Beratung des BMU bei der Aufstellung von Forschungsprogrammen zu Fragen des Strahlenschutzes sowie deren wissenschaftliche Begleitung

#### Kontakt

Strahlenschutzkommission  
Geschäftsstelle beim Bundesamt für Strahlenschutz  
Postfach 12 06 29  
53048 Bonn  
Fax 0228-676459  
E-Mail HHeller@bfs.de  
Internet www.ssk.de



## **Verbraucher Initiative e.V.**

### Aufgaben

- ökologischer, gesundheitlicher und sozialer Verbraucherschutz
- Verbraucherinformation

### Kontakt

Die VERBRAUCHER INITIATIVE e.V.

Elsenstraße 106

12435 Berlin

Tel. 030-53 60 73-3

Fax 030-53 60 73-45

E-Mail [mail@verbraucher.org](mailto:mail@verbraucher.org)

Internet [www.verbraucher.org](http://www.verbraucher.org)

## **Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.**

### **Verbraucherzentralen**

### Aufgaben

- Vertretung der Interessen der Verbraucher gegenüber Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit
- Dachorganisation von 39 Verbraucherverbänden (16 Verbraucherzentralen und 23 weitere Verbände)
- Verbraucherberatung und -information

### Kontakt

Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. - vzbv

Markgrafenstraße 66

10969 Berlin

Tel. 030-25800-0

Fax 030-25800-218

E-Mail [info@vzbv.de](mailto:info@vzbv.de)

Internet [www.vzbv.de](http://www.vzbv.de)  
[www.verbraucherzentrale.de](http://www.verbraucherzentrale.de)