

Mobilfunk und Gesundheit

**Bewertung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes
unter dem Gesichtspunkt des
vorsorgenden Gesundheitsschutzes**

April 2000

ECOLOG-Institut

Mobilfunk und Gesundheit

**Bewertung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes
unter dem Gesichtspunkt des
vorsorgenden Gesundheitsschutzes**

im Auftrag der

T-Mobil
DeTeMobil Deutsche Telekom MobilNet GmbH

bearbeitet von

Dr. Kerstin Hennies
Dr. H.-Peter Neitzke
Dr. Hartmut Voigt

mit Unterstützung durch

Dr. Gisa-Kahle Anders

ECOLOG-Institut
für sozial-ökologische Forschung und Bildung gGmbH
Nieschlagstr. 26
30449 Hannover
Tel. 0511-92456-46
Fax 0511-92456-48
E-Mail mailbox@ecolog-institut.de

Hannover, April 2000

Inhalt	Seite
1 Einleitung	1
1.1 Neue Technologien und Gesundheitsschutz	1
1.2 Aufgabenstellung und Aufbau der Studie	3
2 Erfassung und Bewertung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes (Methodische Aspekte)	4
2.1 Literaturerfassung	4
2.2 Bewertungskriterien	4
3 Primäre Wechselwirkungen zwischen hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und biologischen Systemen (Biophysikalische und biochemische Prozesse)	6
3.1 Thermische Effekte	6
3.1.1 Effekte homogener Erwärmung	6
3.1.2 Mikrothermische Effekte	6
3.2 Direkte Feld-Effekte	7
3.2.1 Effekte durch die elektrische Komponente des elektromagnetischen Feldes	7
3.2.2 Effekte durch die magnetische Komponente des elektromagnetischen Feldes	7
3.3 Quanteneffekte	8
3.4 Andere Effekte	8
3.5 Besondere Eigenschaften gepulster elektromagnetischer Felder	8
4 Biologische Primärwirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder Wirkungen auf der zellulären Ebene	10
4.1 Gen-Toxizität	10
4.2 Zelluläre Prozesse	11
4.2.1 Gen-Transkription und Gen-Translation	11
4.2.2 Membranfunktion	12
4.2.3 Signal-Transduktion	12
4.2.4 Zell-Zyklus	13
4.3 Zell-Transformation und Zell-Proliferation	14
4.3.1 Zell-Transformation	14
4.3.2 Zell-Kommunikation	14
4.3.3 Zell-Proliferation	15
5 Patho-physiologische Wirkungen	16
5.1 Immunsystem	16
5.2 Zentrales Nervensystem	16
5.2.1 Blut-Hirn-Schranke	16
5.2.2 Neurotransmitter	17
5.2.3 Elektroenzephalogramm (EEG)	17
5.2.4 Kognitive Funktionen	18
5.3 Hormonsystem	19
5.3.1 Stress-Hormone	19
5.3.2 Melatonin	21
6 Pathologische Wirkungen	22
6.1 Ergebnisse experimenteller Untersuchungen	22
6.1.1 Krebs-Erkrankungen	22
6.1.2 Infertilität und teratogene Wirkungen	23
6.2 Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen	24

7	Gesundheitliche Risiken durch Einwirkungen elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf den Menschen	29
8	Empfehlungen	32
8.1	Vorsorgender Gesundheitsschutz im Zusammenhang mit Expositionen durch die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks	32
8.2	Forschung zu den gesundheitlichen Risiken des Mobilfunks	33

Literatur

Anhang A

Untersuchungen zur Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf der zellulären Ebene

Tabelle A.1	Gentoxische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder
Tabelle A.2	Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf zelluläre Prozesse
Tabelle A.3	Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Zell-Transformation und Zell-Proliferation

Anhang B

Untersuchungen zur Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf das Zentrale Nervensystem (Blut-Hirn-Schranke)

Tabelle B.1	Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Blut-Hirn-Schranke
-------------	--

Anhang C

Untersuchungen zur kanzerogenen Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder im Tierexperiment

Tabelle C.1	Tierexperimente zur Karzenogenität hochfrequenter elektromagnetischer Felder
-------------	--

Anhang D

Epidemiologische Untersuchungen zu den Gesundheitsrisiken hochfrequenter elektromagnetischer Felder

Tabelle D.1	Übersicht über Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen zu Expositionen im Hochfrequenzbereich und Gesundheitsrisiken
-------------	--

Anhang E

Wichtige Arbeiten zur Einschätzung der gesundheitlichen Risiken von Expositionen durch die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge Auszug aus der Datenbank EMFbase

1 Einleitung

1.1 Neue Technologien und Gesundheitsschutz

Keine Technologie mit nahezu flächendeckenden Immissionen hat sich bisher so schnell ausgebreitet wie der Mobilfunk. Zugleich gibt es nur vergleichsweise wenige direkte Untersuchungen zu potentiellen gesundheitlichen Risiken der exponierten Bevölkerung bei den typischen Mobilfunk-Frequenzen und -Modulationen. Auch wurde in vielen Untersuchungen mit sehr hohen Intensitäten gearbeitet, die in der realen Umwelt nur in Ausnahmefällen anzutreffen sind. Hohe Intensitäten hochfrequenter elektromagnetischer Felder können das absorbierende Gewebe stark erwärmen und im Körper Stressreaktionen auslösen und bei steigender Erwärmung zu thermischen Schädigungen führen. Effekte durch hohe Intensitäten hochfrequenter elektromagnetischer Felder, auch als thermische Effekte bezeichnet, auf das Zentrale Nervensystem, das Immunsystem, das Herz-Kreislauf-System und die Fortpflanzungsorgane bis hin zu teratogenen Wirkungen sind für Säugetiere durch eine Vielzahl von Experimenten hinreichend belegt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zu den thermischen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder bilden die Grundlage der Empfehlungen der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), die in der Vergangenheit wiederum Grundlage der Grenzwertfestsetzungen in Deutschland und etlichen anderen Ländern waren. Als Basisgrenzwert wurde eine Obergrenze für die Spezifische Absorptionsrate (SAR), das heißt für die pro Zeiteinheit vom Körper aus dem Feld aufgenommene Energiemenge, festgesetzt. Bei SAR-Werten von unter 4 W/kg sind nach Ansicht der ICNIRP (1998) thermische Schäden auszuschließen und Expositions-niveaus von 0,4 W/kg für beruflich exponierte Personen bzw. 0,08 W/kg für die Allgemeinbevölkerung werden als sicher angenommen.

Parallel zu den Experimenten, mit denen thermische Effekte untersucht wurden, gab es seit den siebziger Jahren zuerst vereinzelt und in den letzten Jahren verstärkt auch immer wieder Untersuchungen, die der Frage nachgingen, welche Wirkungen hochfrequente elektrische Felder mit 'subthermischen' Intensitäten auf den Körper haben. Mittlerweile liegt eine Fülle experimenteller Untersuchungen zu verschiedensten Effekten auf allen Ebenen des Organismus vor, von Einflüssen auf einzelne Zellen bis zu Wirkungen, die sich als Reaktionen des ganzen Körpers manifestieren. Ergänzend zu den experimentellen Untersuchungen wurde eine größere Zahl epidemiologischer Studien durchgeführt, um mögliche Zusammenhänge zwischen erhöhten Expositionen durch hochfrequente elektromagnetische Felder, z.B. in der Umgebung emittierender Anlagen, und gesundheitlichen Beeinträchtigungen in den stärker belasteten Bevölkerungsgruppen aufzudecken.

Am Mobilfunk bestätigt sich aber einmal mehr das aus der chemischen Toxikologie hinreichend bekannte Dilemma, dass die Erforschung potentieller gesundheitlicher Auswirkungen in der Regel nicht mit der technischen Entwicklung und der Produkteinführung mithalten kann. Die rasante Ausbreitung des Mobilfunks und die sie begleitenden Befürchtungen in der Öffentlichkeit vor bisher nicht erkannten Gefahren dieser Technologie haben zwar die Forschungstätigkeit dahingehend stimuliert, dass jetzt verstärkt Wirkungen von Frequenzen und Modulationen auf biologische Systeme untersucht werden, die im Zusammenhang mit dem Mobilfunk genutzt werden. Auch werden mehr und mehr Experimente durchgeführt, bei denen mit niedrigeren Intensitäten gearbeitet wird, so dass die Ergebnisse eher auf die realen Expositionsbedingungen in der Umgebung emittierender Anlagen und Geräte übertragen werden können. Die Zahl der Untersuchungen, in denen konkret den physiologischen Wirkungen der Felder des Mobilfunks nachgegangen wurde, ist aber nach wie vor gering - gemessen an der Verbreitung der Technologie und der Zahl der (potentiell) exponierten Personen. Gezielte Strategien zur Erforschung möglicher Gesundheitsrisiken durch den Mobilfunk wurden erst in den letzten Jahren u.a. von der WHO in Ansätzen entwickelt und mit Ergebnissen ist erst in einigen Jahren zu rechnen. In der Zwischenzeit wird man sich bei der Bewertung potentieller Gefahren durch den Mobilfunk auf die Ergebnisse stützen müssen, die eine unkoordinier-

te Forschung hervorbringt, die sich zudem oft immer noch mehr an wissenschaftsimmanenten Fragestellungen und Kriterien orientiert als an gesamtgesellschaftlichen Erfordernissen.

Vor dem Hintergrund eines unvollständigen wissenschaftlichen Erkenntnisstandes kommt man bei der Bewertung möglicher gesundheitlicher Risiken neuer Technologien nicht umhin, sich für einen von zwei grundsätzlich unterschiedlichen Bewertungsansätzen zu entscheiden:

- Der erste Ansatz geht von der - zweifelsohne richtigen - wissenschaftstheoretischen Erkenntnis aus, dass es praktisch unmöglich ist, die 'Nicht-Schädlichkeit' einer Technologie, eines Stoffes oder eines Produkts für Gesundheit und Umwelt zu beweisen. Diese Erkenntnis wird dahingehend ausgelegt, dass erst einmal von einer 'Unschuldsvermutung' auszugehen ist und mögliche Risiken eindeutig zu beweisen sind. Ein 'eindeutiger Beweis' bedeutet in diesem Zusammenhang den lückenlosen Nachweis einer biologisch-physiologischen oder einer ökologischen Wirkungskette von der biophysikalischen oder biochemischen Primärwechselwirkung bis zu den physiologischen Wirkungen und der eigentlichen Krankheit bzw. bis zum ökologischen Schaden.

Dieser, dem wissenschaftlichen Konservativismus verpflichtete Ansatz hat den Vorteil, dass er 'gerichtsfest' ist und die Einführung neuer Technologien nicht behindert. Er ist auch methodisch relativ einfach zu verfolgen, kann man sich doch darauf beschränken, als Beweisstücke vorgelegte wissenschaftliche Untersuchungen auf ihre methodische Korrektheit und ihre Stichhaltigkeit hin zu überprüfen und die einzelnen gut überprüften wissenschaftlichen 'Puzzle-Steine' schließlich zu einem Gesamtbild zusammenzufügen. Das lückenlose Gesamtbild stellt schließlich den von Gesetzgeber und Gerichten anzuerkennenden wissenschaftlichen Beweis dar.

Der Nachteil dieses Ansatzes liegt offensichtlich in den langen Zeiten, die meist notwendig sind, um tatsächlich genug Wissen für eine lückenlose Beweisführung zu erlangen, und dass in dieser Zeit Tatsachen, z.B. in Form von Investitionen oder irreversiblen Schäden an Gesundheit und Umwelt, geschaffen werden, die gar nicht oder nur mit hohen Kosten rückgängig zu machen sind.

- Der zweite Ansatz ist die Antwort auf genau dieses Zeitdilemma. Hierbei wird versucht, auf der Basis des vorhandenen Wissens mögliche Risiken einer Technologie abzuschätzen und, wenn ein hinreichender Verdacht auf nachteilige Wirkungen vorliegt, im Sinne des vorsorgenden Umwelt- und Gesundheitsschutzes vermeidbare Belastungen zu verhindern bis tatsächlich genug Wissen für einen sorgloseren Umgang mit der betreffenden Technologie vorliegt. Dieser Ansatz bezieht seine Rechtfertigung nicht zuletzt aus den Erfahrungen mit der Einführung von Technologien und Produkten (Stichworte: Asbest, DDT, FCKW, Formaldehyd, Holzschutzmittel, Röntgen-Reihenuntersuchungen usw.), die noch lange Jahre, nachdem es eindeutige Hinweise auf gesundheitliche oder ökologische Schäden gab, in großem Umfang eingesetzt wurden. Als hinreichende wissenschaftliche Beweise für gesundheitliche oder ökologische Schäden vorlagen, dauerte es dann meist noch etliche Jahre, bis ihre Anwendung auf gerichtlichem Weg oder durch Verordnungen und internationale Verhandlungen eingedämmt werden konnte.

Der Vorteil des Vorsorgeansatzes liegt natürlich erst einmal auf der medizinischen und der ökologischen Seite, da Belastungen frühzeitig auf ein unter Vorsorgegesichtspunkten vertretbar erscheinendes Maß begrenzt werden. Aber auch auf wirtschaftlicher Seite kann die Anwendung dieses Ansatzes Vorteile haben, zum einen weil möglicherweise riskante Investitionen unterbleiben, zum anderen weil das offene Bekenntnis zu diesem Ansatz und seine strikte Befolgung in der Bevölkerung Vertrauen schafft und damit zum Beispiel die Standortsuche für emittierende Anlagen erleichtert.

Die Wirtschaft, in Gestalt der Betreiber emittierender Anlagen, hat aber unter Umständen auch einen der möglichen Nachteile dieses Ansatzes zu tragen, wenn sich nämlich herausstellt, dass es aus Gründen der Vorsorge angebracht wäre, auf eine Technologie oder nur auf einen - aus wirtschaftlicher und technischer Sicht optimalen - Standort für eine emittierende Anlage zu verzichten.

Auch die methodischen Schwierigkeiten dieses Ansatzes sind nicht zu unterschätzen, geht es doch nicht nur darum, die Verlässlichkeit einzelner wissenschaftlicher Untersuchungen zu überprüfen, was allerdings auch bei diesem Ansatz unverzichtbar ist. Ziel ist es vielmehr - um beim Puzzle-Bild zu bleiben - auf der Basis des vorliegenden Wissens, das heißt aus den bereits verfügbaren Puzzle-Steinen, rechtzeitig zu erkennen, welches Bild sich wohl am Ende der Puzzle-Arbeit ergeben wird.

1.2 Aufgabenstellung und Aufbau der Studie

Ziel der vorliegenden Studie war eine Bewertung möglicher Risiken elektromagnetischer Felder, wie sie beim Mobilfunk verwendet werden, unter dem Aspekt des vorsorgenden Gesundheitsschutzes. Dazu war eine Auswertung der wissenschaftlichen Literatur im Hinblick auf Untersuchungsergebnisse vorzunehmen, die für die Bewertung möglicher Gesundheitsgefährdungen durch Expositionen in Feldern des Mobilfunks von Bedeutung sein können. Um eine Grundlage für spätere Fachdiskussionen zu schaffen, sollten die Studien, die in dieser Hinsicht besondere Beachtung verdienen, besonders ausgewiesen werden. Auf der Grundlage dieser Arbeiten sollte dann eine Einschätzung der gesundheitlichen Risiken durch Einwirkungen der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks vorgenommen werden. Schließlich sollten vor diesem Hintergrund Empfehlungen für künftige Forschungsarbeiten gegeben werden.

Die methodischen Aspekte der Untersuchung werden in Kapitel 2 dargestellt. Es folgt eine Darstellung des derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnisstandes zu den Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder. Diese Darstellung gliedert sich entsprechend den verschiedenen Wirkungsebenen:

- biophysikalische und biochemische Primärwechselwirkungen hochfrequenter Felder mit organischer Materie insgesamt bzw. auf der Ebene von Molekülen und Membranen (Kapitel 3);
- primäre biologische Wirkungen auf der zellulären Ebene, das heißt auf die Erbsubstanz und auf intrazelluläre Prozesse bis hin zur Zell-Transformation und -Proliferation (Kapitel 4);
- patho-physiologische Wirkungen, das heißt physiologische Wirkungen mit möglichen, aber nicht notwendigerweise eintretenden, negativen gesundheitlichen Auswirkungen (Kapitel 5);
- pathologische Wirkungen, worunter hier manifeste Krankheiten und andere Auswirkungen, wie die Beeinträchtigung kognitiver Funktionen, verstanden werden, die in epidemiologischen oder experimentellen Untersuchungen festgestellt wurden (Kapitel 6).

Die Schlussfolgerungen aus den vorliegenden Befunden werden im Kapitel 7 gezogen. Im Kapitel 8 werden schließlich Empfehlungen zum vorsorgenden Gesundheitsschutz im Zusammenhang mit Expositionen durch die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks sowie für Schwerpunkte in der Forschung gegeben.

2 Erfassung und Bewertung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes (Methodische Aspekte)

2.1 Literaturerfassung

Um die relevante Literatur zu erschließen, wurden zusätzlich zur Auswertung der im ECOLOG-Institut vorliegenden und in der Datenbank *EMFbase* erfassten Literatur drei Pfade verfolgt

- Recherche in einschlägigen Literaturdatenbanken,
- komplette Sichtungen mindestens der letzten beiden Jahrgänge aller relevanten in der Zentralbibliothek Medizin Köln, der Technischen Informationsbibliothek Hannover und der Bibliothek der Medizinischen Hochschule Hannover verfügbaren wissenschaftlichen Zeitschriften,
- Auswertung aller bereits vorliegenden oder im Rahmen der Recherche erhaltenen Monographien, Übersichtsarbeiten (Reviews) und Konferenzberichte zu dem Thema im weitesten Sinne.

Die Grundrecherche wurde im Februar 2000 abgeschlossen.

Literaturdatenbanken sind zwar ein sehr bequemes Recherche-Werkzeug, ihr Wert bei der Aufarbeitung des aktuellen Wissensstandes zu einem Thema wird jedoch durch die begrenzte Zahl der erfassten Zeitschriften, nicht-konsistente Zuordnungen von Schlagworten und mit der Zeit sich wandelnden Begriffen für bestimmte Verfahren, Effekte usw. und nicht zuletzt durch Verzögerungen zwischen Publikationsdatum und Verfügbarkeit in der Datenbank eingeschränkt. Hinzu kommt, dass in den Datenbanken in der Regel nur die Abstracts der Arbeiten erfasst werden, dass diese aber nicht selten sogar hinsichtlich der Darstellung und Würdigung der Ergebnisse erheblich von dem eigentlichen Text der Arbeiten abweichen. Diese Beobachtung wurde auch im Rahmen der dieser Arbeit zugrundeliegenden Recherche bestätigt und deckt sich mit den Ergebnissen einer Untersuchung von Pitkin et al. (1999) wonach fast 40 Prozent der in sechs großen medizinischen Fachzeitschriften veröffentlichten Arbeiten in den Abstracts Ungenauigkeiten und Fehler aufwiesen. Um auf dem neuesten Stand zu sein, sind Recherchen in aktuellen Publikationen und gezielte Zugriffe auf ältere Arbeiten über Monographien und Review-Artikel unverzichtbar. Reviews sind aber nur für den Einstieg in ein Thema und als Quelle für Hinweise auf weitere Literatur nützlich, eine Übernahme von Bewertungen verbietet sich, da sich offensichtlich einige Autoren von Reviews selbst nur auf die Abstracts der von ihnen besprochenen Arbeiten gestützt haben.

2.2 Bewertungskriterien

Ein Unterziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, die wissenschaftlichen Arbeiten herauszufiltern, die zur Bewertung möglicher Gesundheitsrisiken elektromagnetischer Immissionen durch den Mobilfunk besonders beachtenswert sind (Auszüge aus der Datenbank *EMFbase* mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Arbeiten finden sich im Anhang E; in den Literaturangaben im Text sind diese Arbeiten mit * gekennzeichnet). Unverzichtbare Voraussetzung für die Aufnahme von Arbeiten in die Bewertung war ihre Veröffentlichung in einer begutachteten wissenschaftlichen Fachzeitschrift. Berücksichtigt wurde außerdem der Impact-Faktor, der vom Institute for Scientific Information in Philadelphia ermittelt wird. Dieser Faktor ist ein grobes Maß für die Beachtung und die Reputation der Zeitschrift in ihrem jeweiligen Fachgebiet.

Die Arbeiten, die diesen ersten Filter passieren konnten, wurden dann anhand der folgenden Kriterien ausgewertet:

- Trägerfrequenz bzw. -frequenzbereich,
- Modulationsart,
- Modulationsfrequenz bzw. -frequenzbereich,
- Leistungsflussdichte,
- Spezifische Absorptionsrate,
- Elektrische Feldstärke,

- Dauer der Exposition,
- weitere Expositionsparameter (z.B. weitere Felder (auch ELF-Felder), Außen- und ggf. Körpertemperatur), besondere Modulationsformen),
- Expositionsquelle bzw. Expositionsumgebung (z.B. Antenne mit freier Abstrahlung, Absorberkammer, Transmission-Line),
- Untersuchungsobjekt (Mensch, Tierart, Zellsystem),
- untersuchte pathologische Wirkungen (manifeste Krankheiten und andere Auswirkungen auf den gesamten Körper),
- untersuchte patho-physiologische Wirkungen (physiologische Wirkungen mit möglichen gesundheitlichen Auswirkungen),
- untersuchte biologische Effekte (überwiegend auf der zellulären Ebene),
- untersuchte biophysikalische und biochemische Prozesse (Primär-Wechselwirkungen auf der Ebene von Molekülen, Membranen usw.),
- Untersuchungsmethode (Versuchsablauf, benutzte Verfahren),
- Ergebnisse (mit Hinweisen, wenn die eigenen Bewertungen von denen der Autoren abweichen),
- statistische Signifikanz der Ergebnisse,
- Eignung des Modells (im Hinblick auf Aussagen über Wirkungen beim Menschen),
- Eignung der Untersuchungsmethode (methodische Schwächen-Analyse),
- Dokumentation der Untersuchungsbedingungen (Vollständigkeit, Nachvollziehbarkeit),
- Bezug zu anderen Untersuchungen (Hinweise auf Untersuchungen mit gleichen oder widersprechenden Ergebnissen),
- Bedeutung (Hauptaussage der Untersuchungsergebnisse, Bedeutung für die Bewertung von Gesundheitsrisiken für den Menschen).

Aufgrund des Rückstandes der Forschung zu den Wirkungen elektromagnetischer Felder des Mobilfunks kann sich eine Risikoanalyse derzeit nicht auf die Frequenzen und Modulationen beschränken, die originär beim Mobilfunk Verwendung finden. Es wurden deshalb alle Arbeiten mit Trägerfrequenzen im Bereich von 100 MHz bis 10 GHz berücksichtigt. Bei Experimenten auf der zellulären Ebene aber auch im Tierversuch wurden immer wieder Effekte gefunden, die nur bei bestimmten Modulationen auftreten oder hier besonders ausgeprägt sind (s. Kap. 3 und 4), es ist aber zur Zeit nicht möglich zu entscheiden, ob die Mehrzahl der gefundenen Effekte auf die hochfrequente Trägerwelle oder auf die Modulation zurückzuführen ist. Deshalb wurden in dieser Arbeit alle Modulationsformen berücksichtigt. Vor dem Hintergrund der Natur und der Bedeutung sogenannter 'thermischer Effekte' (s. Kap. 3.1) wurde auch bei der Leistungsflussdichte bzw. bei der Spezifischen Absorptionsrate auf die Festlegung einer festen Ausschlussgrenze verzichtet. Nicht berücksichtigt wurden allerdings Arbeiten, bei denen die EMF-Exposition zu einem erheblichen Anstieg der Körpertemperatur ($> 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) der Versuchstiere bzw. der Probanden führte.

Es zeigte sich bei der Auswertung der Arbeiten immer wieder,

- dass wichtige Einzelergebnisse z.B. beim Poolen von Daten "zugeschüttet" werden;
- dass einerseits "Ausreisser" von den Autoren verworfen werden, weil sie nicht in den (erwarteten/beobachteten) allgemeinen Trend passen, ohne dass dies hinreichend begründet wird;
- dass andererseits Einzelergebnisse aus statistischen Gründen nicht berücksichtigt werden, ein gemein samer Trend aber nicht erkannt oder nicht hinreichend gewürdigt wird.

In solchen Fällen wurden eigene Auswertungen vorgenommen, soweit dies auf der Grundlage der vorliegenden Daten möglich war. Auf Diskrepanzen zu den Hauptaussagen der Autoren wird jeweils hingewiesen.

3 Primäre Wechselwirkungsmechanismen zwischen hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und biologischen Systemen (Biophysikalische und biochemische Prozesse)

3.1 Thermische Effekte

3.1.1 Effekte homogener Erwärmung

Hochfrequente elektromagnetische Felder werden je nach Frequenz und Polarisation der Felder einerseits und den Abmessungen und den Materialeigenschaften des biologischen Systems andererseits absorbiert und verursachen dort elektrische Ströme (dominant im Bereich unter 1 MHz), Polarisierungseffekte und Potentialdifferenzen an Zellmembranen (im Bereich zwischen 1 MHz und 100 MHz) oder Anregungen von Orientierungsschwingungen polarer Moleküle (vor allem im GHz-Bereich). Alle diese Prozesse können bei hinreichender Intensität der absorbierten Felder zur Erwärmung des biologischen Materials führen (Ohmsche Verluste im Bereich niedriger Frequenzen und dielektrische Verluste im GHz-Bereich). Die Vermeidung gesundheitsschädlicher Überhitzung biologischen Gewebes ist Grundlage des SAR-Konzept, das heißt der Begrenzung der spezifischen Absorptionsrate, gemessen als Leistungsaufnahme pro Masseneinheit, auf ein Maß, das unter Berücksichtigung der körpereigenen Thermoregulationsprozesse übermäßige Erwärmung ausschließt. Beim Menschen entspricht eine Gesamtkörperexposition von 0,4 W/kg etwa der halben metabolischen Grundrate. In Abwesenheit von Wärmeleitung oder anderer thermischer Dissipation führt eine SAR von 0,4 W/kg in weichem Gewebe wie Muskel oder Gehirn zu einem Temperaturanstieg von 10^{-4} K/sek (Foster 1996).

3.1.2 Mikrothermische Effekte

Die Erwärmung durch Mikrowellen unterscheidet sich im primären Prozess grundlegend von der Erwärmung z.B. in einem Wasserbad. Im letzteren Fall erfolgt die Energieübertragung durch stochastische Stöße. Bei der Mikrowellenbestrahlung versetzt die elektrische Komponente im einfachsten Fall polare Moleküle im Medium kollektiv in Schwingung (s. 3.2.1). Aufgrund der 'Reibung' in dem dichten umgebenden Medium wird die Energie relativ schnell an dieses abgegeben und dann durch Stöße mehr oder weniger gleichmäßig verteilt. Wenn entsprechende innere molekulare Freiheitsgrade vorliegen, kann die Mikrowellenenergie aber auch als Quantum absorbiert und in einem großen Molekül gespeichert werden (s. 3.3). Die Absorption eines Mikrowellenquants ist im Vergleich mit konventioneller Erwärmung ein singulärer Prozess, der bei entsprechender Verteilung absorbierender Moleküle zu punktuellen Erwärmungen führen kann. Liu & Cleary (1995) zeigen z.B. an einem theoretischen Modell, dass auch membran-gebundenes Wasser auf der zellulären Ebene zu frequenzabhängigen räumlichen Ungleichverteilungen der SAR und der induzierten HF-Felder führen kann.

Mikrothermische Effekte können aber auch aufgrund der nicht gleichförmigen thermischen Leitfähigkeit von Gewebe auf mikroskopischer Ebene auftreten, vor allem bei kurzzeitiger starker lokaler Erwärmung. Dies ist vor allem bei der Bewertung gepulster Felder zu beachten, denn bei solchen Feldern kann trotz geringer mittlerer Leistungsflussdichte die im Puls absorbierte Leistung hoch sein. Eine Einstrahlung in Form kurzer Pulse kann zudem zu einer hohen Temperaturanstiegsrate führen, die ihrerseits thermoelastische Wellen auslösen kann, ein Phänomen, das im Zusammenhang mit der akustischen Wahrnehmung von Mikrowellen eine Rolle spielt. Eine hohe Peak-SAR kann auch thermisch induzierte Membran-Phänomene zur Folge haben (Foster 1996).

3.2 Direkte Feld-Effekte

3.2.1 Effekte durch die elektrische Komponente des elektromagnetischen Feldes

Die elektrische Komponente des elektromagnetischen Feldes übt Kräfte auf elektrische Ladungen, permanente Dipolmomente, induzierte Dipolmomente und höhere Multipolmomente aus. Die Kräfte auf Ladungen erzeugen Ströme, die aber nur im unteren HF-Bereich eine Rolle spielen, indem sie Änderungen an den Membran-Potentialen (Reizung) oder thermische Effekte (s.o.) auslösen. Feste Ladungsverteilungen in Biomolekülen und Zellen führen zu permanenten Di- (oder höheren Multipol-) Momenten. Das elektrische Feld übt auf Dipole ein Drehmoment aus, das darauf gerichtet ist, das Dipolmoment parallel zum Feld auszurichten. Bei Wechselfeldern mit nicht zu hohen Frequenzen führen die Wechselwirkungen zu Schwingungen der Dipole. In dichten Medien werden diese Schwingungen jedoch durch Wechselwirkungen mit den umgebenden Teilchen behindert, was zu Erwärmung führt (s.o.). Sind die Teilchen zu groß oder ist die umgebende Teilchendichte zu hoch oder wird die Frequenz des Feldes zu hoch, so können sich die Schwingungen nicht mehr ausbilden.

Die Schwellen-Feldstärken für die Orientierung von dipolaren Zellen und anderen Objekten gleicher Größe (Radius ca. $1 \mu\text{m}$) liegen bei 100 V/m , die Cutoff-Frequenzen in Wasser (Temperatur 300 K) bei ca. $0,05 \text{ Hz}$, also weit außerhalb des HF-Bereichs. DNA-Moleküle und andere Biopolymere können durch Felder mit Frequenzen im kHz-Bereich in Schwingung versetzt werden. Kugelförmige Protein-Moleküle (Radius ca. 5 nm) vermögen auch noch Feldern mit Frequenzen bis 400 kHz zu folgen, allerdings sind dazu Feldstärken von ca. 10^6 V/m notwendig (Foster 1996). Solche Feldstärken werden normalerweise in der Umwelt nicht erreicht.

Die Wechselwirkung zwischen dem Feld und einem Teilchen mit einem induzierten Dipolmoment hängt quadratisch von der Feldstärke ab, das heißt, dass ein kontinuierliches elektrisches Wechselfeld über ein konstantes Drehmoment auf das Teilchen wirkt, das von einem modulierten Feld ausgeübte Drehmoment folgt dagegen der Modulation. Bei der Wechselwirkung zwischen Feld und induziertem Dipolmoment gibt es zwar nicht die Beschränkungen durch eine Cutoff-Frequenz, aber für Frequenzen über 1 MHz werden die Kräfte auf Zellen sehr klein, es sei denn, es werden Feldstärken von einigen tausend V/m benutzt. Bei diesen Feldstärken treten aber schon starke dielektrophoretische Kräfte auf, die zu Verformungen von Zellen, zur Orientierung nicht sphärischer Zellen und zum sogenannten 'Perlschnur-Effekt', einer Aneinanderreihung von Zellen, führen können. Da das induzierte Dipolmoment von der Polarisierbarkeit des Teilchens und diese wiederum von der Teilchengröße abhängt, sind für noch kleinere Körper als Zellen (Biopolymere) noch höhere Feldstärken erforderlich.

Elektrische Felder können an Zellmembranen elektrische Spannungen induzieren. Die Höhe dieser Spannungen hängt von der elektrischen Feldstärke, den Abmessungen der Zelle, der Frequenz des Feldes, den elektrischen Leitfähigkeiten innerhalb und außerhalb der Zelle sowie der Kapazität der Zellmembran ab. Bei Frequenzen oberhalb 1 MHz wird die Membran praktisch kurzgeschlossen und die induzierten Membranpotentiale werden sehr klein. Allerdings wurden theoretisch Gleichrichtungsprozesse und nicht-lineare Phänomene an der Zellmembran diskutiert, die zu einer Verstärkung des Effekts und zellphysiologisch wirksamen Membranpotentialen führen könnten.

3.2.2 Effekte durch die magnetische Komponente des elektromagnetischen Feldes

Da biologisches Gewebe, von Ausnahmen abgesehen, nicht magnetisch ist, sind die Wechselwirkungen zwischen der magnetischen Komponente eines elektromagnetischen Feldes und Gewebe in der Regel schwach. Es wurden allerdings im menschlichen Gehirn, wie auch im Gewebe vieler Tiere, Magnetit-Kristalle nachgewiesen, die eine starke Absorption in dem für den Mobilfunk interessanten Frequenzbereich $0,5$ bis 10 GHz aufweisen (*Kirschvink 1996). Bei Einstrahlung ampli-

tuden- oder puls-modulierter Mikrowellen variiert die Frequenz der Kristall-Vibrationen mit der Modulationsfrequenz und überträgt damit auch diese, z.B. in Form einer akustischen Welle auf das umgebende Medium und die Zellmembranen, was möglicherweise zu Veränderungen der Durchlässigkeit der Membranen führt (*Kirschvink 1996). Theoretische Berechnungen zeigen, dass magnetit-vermittelte Effekte nur bei hohen Dichten superparamagnetischer Teilchen auftreten können (*Dobson & St. Pierre 1998).

3.3 Quanten-Effekte

Die Quanten-Energie von Radiofrequenz- und Mikrowellen im Frequenzbereich 100 MHz bis 10 GHz ist viel zu niedrig, um ionische, kovalente oder Wasserstoff-Brückenbindungen aufzubrechen. Bohr et al. (*1997) haben jedoch theoretisch gezeigt, dass es in Kettenmolekülen zur Anregung von Wring-Resonanzen kommen kann. Die Eigenfrequenzen dieser Resonanzen liegen für Proteine im Frequenzbereich 1 bis 10 GHz und für DNA-Moleküle im Bereich 10 MHz bis 10 GHz. Die Wring-Moden von Molekülen zeigen sich in 'Verdrillungen' der Molekülketten, die ihrerseits zu Strukturänderungen führen können. Einflüsse von Mikrowellen auf Strukturänderungen in Molekülen wurden am Beispiel des Proteins β -Laktoglobulin experimentell nachgewiesen (*Bohr & Bohr 2000). Die Anregung resonanter Wring-Moden durch Mikrowellen kann sogar zu Kettenbrüchen führen, da die zugeführte Energie während Strukturänderungen wegen des White'schen Theorems in einem eng begrenzten Teil des Moleküls konzentriert werden kann (*Bohr et al. 1997). In diesem Bereich kann es dann zu einem Bruch der Kette kommen.

3.4 Andere Effekte

Resonanzphänomene

Wenn die Frequenz der elektromagnetischen Welle mit natürlichen Schwingungen in den Zellstrukturen oder im Gewebe zusammentrifft, kann dies zu Resonanzen führen. In vielen Neuronen, Rezeptoren und Zelltypen gibt es tatsächlich rhythmische Fluktuationen von Signal-Substanzen, Stoff-Austausch-Prozessen und Ionen-Leitfähigkeiten. Diese Oszillatoren können auf die Membran-Potentiale wirken und bestimmte Stimuli an und aus schalten. Diesen schwingungsfähigen Strukturen kann – so die Theorie – durch ein äußeres Feld eine fremde Oszillations-Frequenz aufgeprägt werden. Neuronen, die so modifiziert wurden, werden dann nachfolgende Neuronen entsprechend synchronisieren. Diese externe Synchronisation würde sogar nach Verschwinden des äußeren Stimulus erhalten bleiben.

Indirekte Effekte

Neben der bereits beschriebenen Anregung von Wring-Resonanzen können Mikrowellen möglicherweise über die Bildung von OH-Radikalen die Erbsubstanz schädigen. Die Input-Energie von Mikrowellen ist ausreichend, um das Verhältnis von Oxydantien zu Anti-Oxydantien zu erhöhen, eine selbstbeschleunigende Ketten-Reaktion freier Radikale kann dann zu Schäden an der DNA führen (Scott 1992, s. Maes et al. 1995).

3.5 Besondere Eigenschaften gepulster elektromagnetischer Felder

In einer Auswertung von etwa 40 Studien, in denen die biologischen Wirkungen gepulster Hochfrequenzfelder direkt mit denen kontinuierlicher (cw) Felder gleicher mittlerer Leistungsdichte verglichen werden konnten, kommen Postow & Sxicord (1996) zu dem Ergebnis, dass in der Hälfte der Untersuchungen die biologische Wirksamkeit gepulster Felder deutlich höher war, nur in wenigen Studien waren cw-Felder wirksamer und im Rest der Studien war die Wirksamkeit beider praktisch

gleich. Ein ähnliches Bild vermitteln die Studien, die vor allem in den Kapiteln 4 und 5 diskutiert werden.

Die höhere biologische Wirksamkeit gepulster elektromagnetischer Felder im Vergleich zu kontinuierlichen Feldern bei gleichen mittleren Leistungsflussdichten könnte auf den ersten Blick eine nahezu triviale Ursache haben:

Die individuellen Pulse der puls-modulierten Felder haben eine höhere Amplitude als die kontinuierlichen Felder, eventuelle Schwellen zur Auslösung biologischer Reaktionen können deshalb von diesen Feldern während der Pulsdauer überwunden werden.

Es wurde jedoch in etlichen Experimenten festgestellt, dass der biologische Response auf komplizierte Weise von der Puls-Dauer und der Puls-Intensität abhängt. Da einige Effekte zudem nur bei bestimmten Puls-Folge-Frequenzen beobachtet wurden, ist davon auszugehen, dass es neben dem beschriebenen Effekt auch Wirkungen gibt, die originär auf die niederfrequente Modulation zurückzuführen sind (s. Kap. 4).

4 Biologische Primärwirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder Wirkungen auf der zellulären Ebene

Auf der zellulären Ebene sind zum einen unmittelbare Einwirkungen des elektromagnetischen Feldes auf die Erbsubstanz denkbar, die im Folgenden unter dem dem Begriff 'Gen-Toxizität' zusammengefasst werden und die sich bei Versagen der zelleigenen Reparaturmechanismen als Mutationen manifestieren. Zum anderen kann das Feld möglicherweise in zelluläre Prozesse eingreifen, wie Gen-Transkription und Gen-Translation, auch Einflüsse auf die Zellmembran, die intrazellulären Signal-Übertragungsprozesse und nicht zuletzt den Zell-Zyklus sind denkbar. Störungen dieser Prozesse können wie direkte Schäden an der Erbsubstanz zu einer Transformation der betroffenen Zelle, zu Störungen der interzellulären Kommunikation und zu einer veränderten Zell-Teilungsrate und damit zu einem verlangsamten oder - was im Hinblick auf einen potentiellen karzinogenen Effekt von Bedeutung ist - zu einem beschleunigten Wachstum führen.

4.1 Gen-Toxizität

Eine grundlegende Frage bei der Bewertung potentieller Gefahren des Mobilfunks ist die nach der Gen-Toxizität der dabei eingesetzten elektromagnetischen Felder. Wenn die Felder in der Lage sind, die Erbsubstanz direkt zu schädigen, würde dies bedeuten, dass sie nicht nur die Wirkung anderer kanzerogener, teratogener oder mutagener Substanzen verstärken, sondern dass sie selbst entsprechende Wirkungen entfalten können. Eine direkte gentoxische Wirkung elektromagnetischer Felder mit Frequenzen, wie sie beim Mobilfunk Verwendung finden, wurde bisher für unwahrscheinlich gehalten (Brusick et al. 1998, Moulder et al. 1999, Repacholi 1997, Repacholi 1998, Saunders et al. 1991, Verschaeve 1995, Verschaeve & Maes 1998). Als Begründung wurde zum einen angeführt, dass die Quantenenergie elektromagnetischer Felder im Radio- und Mikrowellenbereich nicht ausreichend sei, um Molekülbindungen aufzubrechen. Diese Annahme ist nach den Arbeiten von Bohr et al. (*1997) und Bohr & Bohr (*2000) nicht aufrecht zu halten (s. Kap. 3.3). Zum anderen wird mit der Zahl der Experimente argumentiert, bei denen bisher kein gentoxischer Effekt nachgewiesen werden konnte. Die Auflistung der Arbeiten in Tabelle A.1 (s. Anhang A) zeigt jedoch, dass die vieldiskutierten Ergebnisse der Arbeit von Lai & Singh (*1995), in der eine direkte Schädigung der DNA (Einzel- und Doppelstrangbrüche) nachgewiesen wurde, in einer ganzen Reihe von Arbeiten sowohl aus dem selben Labor als auch von anderen Gruppen bestätigt wurden (*Lai & Singh 1996, 1997, *Phillips 1998, *Sarkar 1994). Hinweise auf eine direkte DNA-toxische Wirkung hochfrequenter Felder hatten auch schon die Untersuchungen von Varma & Traboulay (1977) an reiner DNA ergeben, allerdings dürfte es in diesem Experiment aufgrund der relativ hohen Leistungsflussdichte zumindest lokal zu erheblichen Erwärmungen gekommen sein. Lai und Singh (*1997) berichten auch darüber, dass die Verabreichung von Melatonin und N-Tert-Butyl-alpha-Phenylnitron (PBN) vor der EMF-Exposition die Ausbildung von DNA-Brüchen blockiert. Melatonin ist ein Radikal-Fänger (s.u.) und für PBN wurde nachgewiesen, dass es Zellen vor dem durch Radikale induzierten Zelltod schützt.

In Tabelle A.1 sind auch die Experimente von Meltz et al. (*1987) und Stagg et al. (*1997) aufgeführt, bei denen Einflüsse der Felder auf DNA-Reparaturmechanismen bzw. die DNA-Synthese untersucht wurden.

Unter dem Begriff Chromosomen-Aberration werden im weitesten Sinne alle Anomalien auf DNA-Doppelstrang-Niveau hinsichtlich Chromatiden und Chromosomen zusammengefasst. Beispiele für strukturelle Chromosomen-Aberrationen sind: Chromatid- und Chromosomen-Brüche, Chromatid-Gaps, Azentrische Fragmente sowie Di- und Tetracentrische Chromosomen.

Chromosomen-Aberrationen wurden unter verschiedensten Versuchsbedingungen sowohl *in vivo* als auch *in vitro* beobachtet (s. Tabelle A.1). Von Maes et al. (*1997) wurde sowohl bei Arbeitern, die im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit häufiger der Strahlung von Mobilfunkanlagen ausgesetzt

waren, als auch bei Experimenten mit menschlichem Blut unter kontrollierten Expositionsbedingungen (GSM-Anlage, 15 W/m², Expositionszeit 2 Stunden) eine Zunahme von Chromosomen-Aberrationen bei Lymphozyten festgestellt. Dies ist jedoch bisher das einzige Experiment, in dem direkt mit Feldern einer Mobilfunk-Anlage gearbeitet wurde.

Die Häufigkeit des Auftretens von Mikrokernen gibt vor allem darüber Aufschluss, ob die Verteilung der Chromosomen auf die Tochterkerne nach einer Zellteilung normal und vollständig erfolgt ist. Ein verstärktes Auftreten von Mikrokernen unter dem Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder, das als Indiz für eine Chromosomen-Schädigung durch die Felder zu werten ist, wurde in einer ganzen Reihe von Arbeiten nachgewiesen (s. Tabelle A.1). Bis auf eine Ausnahme lagen die Frequenzen alle oberhalb 1 GHz und in den meisten Fällen waren die Intensitäten relativ hoch.

Auch zur Schwester-Chromatid-Austausch-Häufigkeit als Maß für Schäden auf dem DNA-Einzelstrang-Niveau liegen bisher nur wenige Untersuchungen vor, bei denen mit typischen Mobilfunk-Frequenzen und mit Intensitäten gearbeitet wurde, wie sie bei der Benutzung von Mobilfunkgeräten und an Mobilfunkanlagen vorkommen können (s. Tabelle A.1). Maes et al. (*1996) stellten fest, dass die Strahlung einer GSM-Basisstation (954 MHz, 217 Hz, Expositionszeit: 2 Stunden) die gentoxische Wirkung von Mitomycin C, nachgewiesen über den Schwester-Chromatid-Austausch, signifikant erhöht.

Genetische Schäden können zu Mutationen der Zellen mit möglicherweise nachteiligen Folgen für das Lebewesen führen. Mutationen, die zu beschleunigter Zellteilung führen, werden im Kapitel 4.3 behandelt. In Tabelle A.1 sind dagegen im letzten Block einige Experimente aufgeführt, bei denen es um den Nachweis von Veränderungen des Erbguts ging, die sich als veränderte Eigenschaften des Organismus manifestieren.

4.2 Zelluläre Prozesse

4.2.1 Gen-Transkription und Gen-Translation

Der Code der DNA steuert über Ribonukleinsäuren (RNA) als 'Übersetzer' die Proteinsynthese in den Ribosomen. Die Bildung von RNA, das heisst die Übernahme der genetischen Information erfolgt im Zellkern (Transkription). Die Information wird durch die Messenger-RNA (m-RNA) zu den Ribosomen transportiert und dort mit Hilfe der Transfer-RNA (t-RNA) abgelesen. Entsprechend dem übertragenen Code werden dann die Proteine synthetisiert. Dieser Synthesevorgang wird Translation genannt. Da eine mRNA-Kette von mehreren Ribosomen nacheinander verwendet werden kann, übersteigt die Syntheserate des entsprechenden Proteins die der m-RNA bei weitem. Fehler bei der Gen-Transkription können sich also auf der Ebene der Proteine 'potenzieren'.

Im obersten Block der Tabelle A.2 sind einige neuere Arbeiten aufgeführt, bei denen Veränderungen der Gen-Transkription und -Translation unter der Wirkung von elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks nachgewiesen wurden. Fritze et al. (*1997) stellten in einigen Regionen der Gehirne von Ratten, die vier Stunden lang dem Feld eines GSM-Mobiltelefons ausgesetzt waren, eine veränderte Gen-Transkription fest. In einem *in vitro*-Experiment von Ivaschuk et al. (*1997) wurde nach der Exposition der Zellen in einem puls-modulierten Hochfrequenzfeld (836,55 MHz, TDMA, 50 Hz) die gesamte zelluläre RNA extrahiert und analysiert. Dabei zeigten sich statistisch signifikante Veränderungen hinsichtlich der Transkription des unmittelbaren Response-Gens *c-jun* (90 W/m², Expositionszeit: 20 Minuten), während es bei *c-fos* keine Veränderungen gab. In den Ergebnissen der Experimente von Goswami et al. (*1999) fanden sich dagegen Hinweise auf eine Beeinflussung der Transkription des Response-Gens *c-fos* durch ein ähnliches Feld, während bei *c-jun* und *c-myc* kein statistisch signifikanter Effekt zu beobachten war. Die Intensitäten bei denen Wirkungen

auf die Gen-Translation festgestellt wurden, lagen alle deutlich unter den Werten, bei denen in Säugetieren mit 'thermischen' Effekten zu rechnen sein könnte.

4.2.2 Membranfunktion

Es gibt eine große Zahl experimenteller Belege dafür, dass hochfrequente elektromagnetische Felder, kontinuierliche wie gepulste, verschiedene Eigenschaften der Ionen-Kanäle in Zell-Membranen beeinflussen können, z.B. in Form einer Verminderung der Rate von Kanal-Bildungen oder einer reduzierten Frequenz von Öffnungen einzelner Kanäle (Repacholi 1998). Die Öffnungsfrequenz von Ionen-Kanälen, die durch Acetylcholin aktiviert werden, konnte bereits durch ein Mikrowellen-Feld (10,75 GHz) mit einer Leistungsflussdichte von wenigen $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ signifikant verringert werden (*D'Inzeo et al. 1988). Auch Veränderungen der Membran insgesamt unter dem Einfluss schwacher Felder wurden beobachtet. So stellten Phelan et al. (*1992) fest, dass ein 2,45 GHz-Feld, pulsmoduliert mit 100 Hz, in Melanin-haltigen Zellen nach 1-stündiger Exposition bei einer SAR von 0,2 W/kg einen (Phasen-) Übergang von einem eher flüssigen zu einem festen und mehr geordneten Zustand auslösen kann.

4.2.3 Signal-Transduktion

Ca^{2+}

Das divalente Calcium-Kation Ca^{2+} hat eine wichtige Funktion im Rahmen der Zell-Signal-Transduktion bei der Regulierung des Energie-Outputs, des zellulären Stoffwechsels und der phänotypischen Ausbildung der Zellmerkmale. Die Basis der Signal-Funktion des Ca^{2+} ist ein kompliziertes Netzwerk zellulärer Kanäle und Transportvorgänge, das es erlaubt, im Zellinnern eine niedrige Ca^{2+} -Konzentration aufrecht zu halten als außerhalb, das aber auch an dynamische Reservoirs gekoppelt ist. Dies ermöglicht die Transduktion extrazellulärer Signale (Hormone, Wachstumsfaktoren) als Ca^{2+} -Spitzen im Zytosol, die die Information intensitäts- und frequenzcodiert übertragen. Es ist bekannt, dass dieser Signalprozess durch eine Reihe toxischer Umweltchemikalien gestört wird, was zu Störungen der Zelle bis hin zum Zelltod führen kann (Kass & Orrenius 1999).

Untersuchungen von Bawin et al. (*1975) und Blackman et al. (*1979) zeigten schon sehr früh durch *in vitro*-Experimente, dass der Ca^{2+} -Haushalt von Nervenzellen und Gehirngewebe durch niederfrequent amplituden-modulierte HF-Felder gestört werden kann. Die Untersuchungen wurden jeweils mit amplituden-modulierten 147 MHz-Feldern (Intensitäten von 5 bis 20 W/m^2) durchgeführt. Ein Maximum des Effekts trat bei einer Modulationsfrequenz von 16 Hz auf. Ausgeprägte Abhängigkeiten von der Modulationsfrequenz wurden auch in den Experimenten von Dutta et al. (*1984, *1989) sowie Lin-Liu & Adey (*1982), zum Teil bei Spezifischen Absorptionsraten von nur 0,05 W/kg, nachgewiesen. Auch Somosy et al (*1993) stellten fest, dass sich ein Effekt auf die Verteilung von Ca in Darmzellen nur mit einem niederfrequent modulierten Feld erzielen lässt. Wolke et al. (*1996) beobachteten in ihrem Experiment an Myozyten bei Expositionen in Feldern mit mobilfunk-relevanten Trägerfrequenzen von 900 bis 1800 MHz für alle Modulationsfrequenzen (16 Hz, 50 Hz, 217 Hz, 30 kHz) niedrigere intrazelluläre Ca^{2+} -Konzentrationen als bei Expositionen in einem kontinuierlichen 900 MHz-Feld und ohne Feld. Ein statistisch signifikanter Effekt trat aber nur bei der Kombination 900 MHz/50 Hz auf. Die Spezifische Absorptionsrate lag in diesem Experiment zwischen 0,01 und 0,034 W/kg, also wiederum deutlich unter den Werten, die hinsichtlich 'thermischer' Wirkungen relevant sein könnten.

Enzyme

Proteinkinasen sind Enzyme mit der Eigenschaft, andere Enzyme oder Proteine phosphorylieren zu können. Durch die Phosphorylierung, eine kovalente Modifikation durch Anfügen einer Phosphat-

gruppe, wird die Aktivität des Enzyms oder die Funktion des Proteins geändert. Die Proteinkinasen spielen eine wichtige Rolle bei der Übertragung von Informationen von den Membran-Rezeptoren für Hormone und Zytokine in das Innere der Zelle und damit der Regulierung vieler intrazellulärer Prozesse, wie Glucose- und Lipid-Stoffwechsel, Protein-Synthese, Membran-Permeabilität, Enzym-Aufnahme und Transformation durch Viren.

Ein amplituden-moduliertes 450 MHz-Feld (10 W/m^2) ist in der Lage, die Aktivität von Proteinkinasen, deren Aktivierung nicht von cAMP (zyklisches Adenosinmonophosphat) abhängt, zu verringern. Byus et al. (*1984) zeigten, dass der Grad der Inaktivierung sowohl von der Expositionszeit wie von der Modulationsfrequenz abhängt. Maximale Effekte traten bei Expositionszeiten von 15 bis 30 Minuten und einer Modulationsfrequenz von 16 Hz auf.

Das Enzym Ornithindecaboxylase (ODC) bestimmt die Geschwindigkeit der Biosynthese von Polyaminen. Die Polyamine werden wiederum für die DNA-Synthese und das Zell-Wachstum benötigt. ODC wird u.a. im Rahmen der Karzinogenese aktiviert. Die Steuerung der ODC-Aktivität von außen erfolgt über Ereignisse an der Zell-Membran. In einem Experiment von Byus et al. (*1988) wurden drei verschiedene Zelltypen (Hepatom-Zellen der Ratte, Eizellen des Chin. Hamsters und menschliche Melanom-Zellen) für eine Stunde einem 450 MHz-Feld mit einer 16 Hz-Amplituden-Modulation und einer Leistungsflussdichte von 10 W/m^2 ausgesetzt. Die Exposition erhöhte die ODC-Aktivität um gut 50 Prozent. Die erhöhte ODC-Aktivität blieb für mehrere Stunden nach der Exposition bestehen. Ähnliche Felder mit einer 60 oder einer 100 Hz-Modulation hatten keine Wirkung. Eine verstärkte ODC-Aktivität wurde auch nach Bestrahlung von L929-Zellen der Maus mit einem 835 MHz-Feld, das mit 60 Hz amplituden-moduliert oder mit 50 Hz puls-moduliert war, beobachtet (*Penafiel et al. 1997). Auch die Emissionen eines digitalen Mobiltelefons führten zu einem statistisch signifikanten Anstieg der ODC-Aktivität in den exponierten Zellen. Keine Wirkung hatten dagegen ein analog arbeitendes Mobiltelefon, eine Frequenz-Modulation mit 60 Hz und eine Sprach-Amplituden-Modulation. Der letzte Befund steht in Einklang mit anderen Ergebnissen derselben Arbeitsgruppe, wonach eine Mindest-Kohärenzzeit von 10 Sekunden des Feldes gegeben sein muss, damit ein Effekt auf die ODC-Aktivität auftritt (*Litovitz et al. 1993, 1997, siehe dazu auch: Glaser 1998 und Litovitz 1998). Bei sprach-modulierten Feldern ist die Kohärenzzeit jedoch kleiner als eine Sekunde.

Einen wichtigen weiteren Beleg dafür, dass die niederfrequente Modulation eine besondere Rolle bei der Wirkung elektromagnetischer Felder auf die Aktivität von Enzymen spielt, fanden Dutta et al. (*1994). Sie verglichen die Wirkungen eines niederfrequent modulierten 147 MHz-Feldes ($0,05 \text{ W/kg}$) und eines kombinierten niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldes (ELF-EM, $21,2 \text{ V/97 nT}$) miteinander. Ein kontinuierliches Hochfrequenzfeld hatte nur eine schwache Wirkung (3,6 Prozent) auf die Enolase-Aktivität in *Escherichia coli*, ein mit 16 Hz moduliertes Feld führte zu einer Aktivitätserhöhung um fast 62 Prozent, ein mit 60 Hz moduliertes Feld zu einer Reduktion der Aktivität um 28,5 Prozent. Im ELF-EM zeigte sich ein ähnliches Verhalten: Zunahme der Enzym-Aktivität um gut 59 Prozent bei einer Frequenz von 16 Hz und Abnahme um knapp 24 Prozent bei 60 Hz. In die gleiche Richtung weisen auch die Ergebnisse der Untersuchungen von Behari et al. (*1998). Sie stellten fest, dass eine 30- bis 35-tägige Exposition von Ratten in amplituden-modulierten elektromagnetischen Feldern ($6,11\text{-}9,65 \text{ W/kg}$) zu einer deutlichen Zunahme der $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$ -Aktivität führte, die unabhängig von der Trägerfrequenz war, aber in charakteristischer Weise von der Modulationsfrequenz abhing, denn bei einer 16 Hz-Modulation war der Effekt jedes mal stärker als bei einer 76 Hz-Modulation.

4.2.4 Zell-Zyklus

Eine ungestörte Signal-Transduktion oder wirksame Zell-Zyklus-Kontrollmechanismen, die in der Lage sind, Fehlinformationen zu korrigieren oder Reparaturen zu ermöglichen, sind die Voraussetzung für eine Zell-Zyklus-Progression, bei der die genomische Integrität der Zelle gewahrt bleibt

(Shackelford et al. 1999). Störungen der DNA-Replikation können zu nachteiligen Mutationen und in der Folge zum Zelltod oder bei vielzelligen Organismen auch zu Krebs führen. Die Ursachen für irreguläre Verläufe des Zell-Zyklus liegen fast immer in Fehlern bei der Signal-Transduktion und/oder im Versagen der Kontrollmechanismen.

In Tabelle A.2 sind Arbeiten aufgeführt, bei denen Störungen des Zell-Zyklus untersucht wurden. Das einzige *in vivo*-Experiment ist das von Mankowska et al. (*1979), bei dem zudem auch mit Intensitäten gearbeitet wurde, wie sie in der Umgebung emittierender Anlagen tatsächlich vorkommen können. Statistisch signifikante Zunahmen von gestörten Metaphasen mit Uni-, Quadri- und Hexa-Valenten wurden in dieser Arbeit bereits bei einer Leistungsflussdichte von 5 W/m^2 nachgewiesen.

Cleary et al. (*1996) stellten in ihrem Experiment fest, dass 2,45 GHz-Felder hinsichtlich der Auslösung von Zell-Zyklus-Störungen etwa doppelt so wirksam sind wie 27 MHz-Felder. Während die 27 MHz-Felder keinen Einfluss auf die G2/M-Phase von Eizellen des Chinesischen Hamsters hatten, wurden bei 2,45 GHz-Feldern Störungen aller Phasen beobachtet.

4.3 Zell-Transformation und Zell-Proliferation

In vitro-Untersuchungen der Wirkung hochfrequenter Felder im Hinblick auf die Teilungsgeschwindigkeit bzw. die Vermehrungsrate von Zellen, ausgedrückt durch die Zell-Proliferationsrate, und die (neoplastische) Transformation von Zellen, können wichtige Erkenntnisse über mögliche kanzerogene Einflüsse der Felder geben. In gestörten Zell-Proliferations- und Zell-Transformationsraten manifestieren sich nachteilige Einflüsse der Felder, die nicht durch die zelleigenen Reparaturmechanismen verhindert werden konnten. Tabelle A.3 gibt einen Überblick über Arbeiten, bei denen Wirkungen hochfrequenter Felder auf Zell-Transformations- und Zell-Proliferationsraten im Mittelpunkt der Untersuchungen standen.

4.3.1 Zell-Transformation

Von Balcer-Kubiczek & Harrison (*1985, *1989, *1991) wurde eine Zunahme neoplastischer Transformationen bei Zellen festgestellt, die *in vitro* einem niederfrequent gepulsten Hochfrequenz-Feld ausgesetzt waren. Der Effekt war intensitäts-abhängig, wurde aber nur sichtbar, wenn anschließend an die Exposition ein Tumor-Promotor (TPA) zugefügt wurde.

Czerska et al. (*1992) berichten, dass niederfrequent gepulste Mikrowellenstrahlung (2,45 GHz) die Umwandlungsrate von kleinen, ruhenden Lymphozyten zu großen, aktivierten Lymphoblasten erhöht. Kontinuierliche Strahlung konnte diesen Effekt erst bei Leistungsflussdichten auslösen, die auch zu messbaren Erwärmungen führten. Dass jedoch zumindest keine homogene Erwärmung für den Effekt verantwortlich ist, zeigten die Versuche mit gepulster Strahlung, die Zell-Transformationen bereits bei Leistungsflussdichten auslöste, für die eine homogene Erwärmung ausgeschlossen werden konnte.

4.3.2 Zell-Kommunikation

In der Tumor-Promotion spielt die gestörte Kommunikation zwischen transformierten Zellen und normalen Zellen eine wichtige Rolle. Cain et al. (*1997) ko-kultivierten transformierte Zellen mit normalen Zellen. Die Ko-Kulturen setzten sie 28 Tage lang einem TDMA(50 Hz)-modulierten 836,55 MHz-Feld sowie dem Tumor-Promotor TPA in unterschiedlichen Konzentrationen aus. Bei Leistungsflussdichten von 3 und 30 W/m^2 , die Spezifischen Absorptionsraten von 1,5 und 15 mW/kg entsprachen, konnten sie für keine TPA-Konzentration einen statistisch signifikanten

Unterschied in der Fokus-Bildung der exponierten gegenüber den Kontroll-Kulturen feststellen. In den abgebildeten Daten für die niedrigste Intensität ($0,3 \text{ W/m}^2/0,15 \text{ mW/kg}$) sind jedoch bei zwei von drei TPA-Konzentrationen kleine, aber signifikante Unterschiede in der Zahl der Foki und bei der niedrigsten TPA-Konzentration auch bei der Fläche und der Dichte der Foki festzustellen.

4.3.3 Zell-Proliferation

Anderstam et al. (*1983) stellten bei ihren Versuchen an Bakterien fest, dass einige Stämme auf die Bestrahlung mit einem amplituden-modulierten 2,45 GHz-Feld (Modulations-Frequenz 100 Hz, SAR: 35 bis 100 W/kg) bzw. mit einem puls-modulierten 3,07 GHz-Feld (500 Hz, 35 bis 100 W/kg) mit einer verstärkten Vermehrung reagierten, auch waren bei einigen Stämmen die Zahl der Mutationen und die Mutationsfrequenz erhöht. Die Ergebnisse wurden u.a. von Hamnerius et al. (*1985) bestätigt. Grospietsch et al. (1995) fanden ähnliche Ergebnisse für 150 MHz-Felder mit verschiedenen Amplituden-Modulationen.

Cleary et al. (*1990 a, b) wiesen sowohl an menschlichen Lymphozyten als auch an Glioma-Zellen eine erhöhte Zellteilungsrate nach Exposition in einem kontinuierlichen 2,45 GHz-Feld nach. In einem neueren Experiment wurde ein entsprechender Effekt auch für Expositionen in einem puls-modulierten Feld gleicher Trägerfrequenz festgestellt (*Cleary et al. 1996).

In dem ersten der beiden Experimente, die mit Feldern durchgeführt wurden, die direkt die Merkmale gepulster Mobilfunk-Emissionen aufwiesen (s. Tabelle A.3), zeigte sich zwar eine erhöhte DNA-Syntheserate (s.o.), es konnte jedoch keine beschleunigte Vermehrung der untersuchten Zellen festgestellt werden (*Stagg et al. 1997). In dem zweiten Experiment wurde jedoch bei ähnlich niedrigen Intensitäten ($0,0021 \text{ W/kg}$), allerdings übermittelt mit einer GSM-modulierten 960 MHz-Welle, eine Erhöhung der Zell-Proliferationsrate festgestellt (*Velizarov et al. 1999). Die EMF-Exposition erfolgte in diesem Experiment bei zwei verschiedenen Temperaturen, bei denen auch jeweils die Kontroll-Kulturen gehalten wurden. Die Erhöhung der Zell-Proliferationsrate trat nur in den EMF-exponierten Zell-Kulturen auf. Ähnliche Versuche zum Nachweis, dass Mikrowellen-Energie und 'konventionelle' Wärme unterschiedliche Wirkungen haben, wurden auch von La Cara et al. (*1999) an einem thermophilen Bakterium durchgeführt, bei dem die Bestrahlung mit einem 10,4 GHz-Feld zu einer irreversiblen Inaktivierung des thermostabilen Enzyms β -Galactosidase führte, während Erwärmung im Wasserbad keine Wirkung hatte. Sie bestätigten damit das Ergebnis von Saffer & Profenno (*1992), die mit Frequenzen im niedrigen GHz-Bereich gearbeitet hatten.

5 Patho-physiologische Wirkungen

5.1 Immunsystem

Das Immunsystem ist von zentraler Bedeutung für den Schutz gegen infektiöse Mikroorganismen aus der Umwelt aber auch vor einigen Formen von Krebszellen. In Experimenten an Hamstern, Mäusen und Ratten wurden u.a. eine Abnahme der Aktivität natürlicher Killerzellen und eine Zunahme der Makrophagen-Aktivität festgestellt (s. z.B. Yang et al. 1983, Rama Rao et al. 1983, Smialowicz et al. 1983). Die Mehrzahl der Experimente am lebenden Tier wurde allerdings bei Leistungsflussdichten durchgeführt, die eine Erhöhung der Körpertemperatur um mehr als 1 °C zur Folge hatten. Allerdings wurde in parallelen *in vitro*-Experimenten festgestellt, dass eine *in vitro*-Erwärmung von Makrophagen zwar auch eine Zunahme der Aktivität bewirkte, dass der Effekt jedoch schwächer war als die *in vivo*-Bestrahlung, die zur gleichen Temperatur führte (Rama Rao et al. 1983).

Elekes et al. (*1996) stellten nach einer mehrtägigen, jeweils drei-stündigen Bestrahlung von Mäusen mit Mikrowellen (2,45 GHz) mit einer Leistungsflussdichte von 1 W/m² (SAR=0,14 W/kg) eine Zunahme der Antikörper-produzierenden Zellen in der Milz um 37 Prozent bei kontinuierlicher und um 55 Prozent bei amplituden-modulierter Strahlung fest.

Im Gegensatz zu den *in vivo*-Studien wurden etliche *in vitro*-Studien auch bei Intensitäten durchgeführt, bei denen eine Wirkung über eine allgemeine Erwärmung ausgeschlossen werden kann. So wurde von Lyle et al. (*1983) eine Unterdrückung der Zytotoxizität von T-Lymphozyten der Maus für ein 450 MHz Feld festgestellt, das mit verschiedenen Frequenzen im Bereich von 3 Hz bis 100 Hz amplituden-moduliert war. Der Effekt, der bei einer relativ niedrigen Leistungsflussdichte von 15 W/m² nachgewiesen wurde, hatte seine stärkste Ausprägung bei einer 60 Hz-Modulation. Sowohl zu niedrigeren wie zu höheren Modulationsfrequenzen hin, nahm die Hemmung der cytotoxischen Wirksamkeit der bestrahlten Lymphozyten kontinuierlich ab.

In den Tabellen im Kapitel A sind weitere Untersuchungen mit (menschlichen) Leukozyten aufgeführt, bei denen schädigende Wirkungen bei "nicht-thermischen" Leistungsflussdichten, vor allem auch bei niederfrequent amplituden-modulierten Feldern, festgestellt wurden. Besondere Beachtung verdient die Arbeit von Maes et al. (*1995), die sowohl in einem *in vitro*-Experiment mit menschlichen Lymphozyten an einer GSM-Basis-Station als auch bei der Untersuchung der Lymphozyten im Blut von Arbeitern, die während Wartungsarbeiten den Feldern von Mobilfunk-Basis-Stationen ausgesetzt waren, eine Zunahme der Chromosomen-Schäden (Chromatid-Brüche, a-zentrische Fragmente und Chromosomen-Brüche) ergab.

5.2 Zentrales Nervensystem

5.2.1 Blut-Hirn-Schranke

Das Gehirn der Säugetiere wird durch die Blut-Hirn-Schranke, einem spezialisierten neurovaskulären Komplex, vor potentiell schädlichen Stoffen im Blut geschützt. Die Blut-Hirn-Schranke wirkt als selektiver, hydrophober Filter, den nur kleine fettlösliche Moleküle leicht überwinden können. Andere, nicht-fettlösliche Moleküle, wie z.B. Glucose, können den Filter mit Hilfe von Carrier-Proteinen passieren, die eine hohe Affinität für bestimmte Moleküle haben. Es ist bekannt, dass eine ganze Reihe von Erkrankungen des Zentralen Nervensystems auf Störungen der Sperrfunktion der Blut-Hirn-Schranke zurückzuführen ist (*Salford et al. 1994).

Eine starke Erwärmung des Gehirns kann zu einer erhöhten Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke für Stoffe führen, deren Passage eigentlich verhindert werden soll. Die Ergebnisse der ersten Expe-

perimente mit hochfrequenten Feldern hoher Intensität, die zu einer höheren Permeabilität der Blut-Hirn-Schranke führten, wurden denn auch als Folge einer Erwärmung durch die HF-Bestrahlung interpretiert. Tabelle 5.1 weist aber auch eine ganze Reihe von Studien aus, bei denen eine stärkere Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke durch gepulste Hochfrequenzfelder sehr niedriger Intensitäten ausgelöst wurde (*Oscar & Hawkins 1977, *Neubauer et al. 1990, *Salford et al. 1994, *Fritze et al. 1997), unter anderem auch mit Träger- und Modulationsfrequenzen, die denen des Mobilfunks (GSM) entsprechen.

5.2.2 Neurotransmitter

Gepulste und kontinuierliche hochfrequente Felder geringer Intensität können zu neurochemischen Veränderungen im Gehirn führen. So wurde von Inaba et al. (*1992) bei Ratten, die einem kontinuierlichen 2,45 GHz-Feld mit einer Leistungsflussdichte von 50 bis 100 W/m² ausgesetzt waren, eine signifikante Verringerung des Noradrenalin-Gehalts im Hypothalamus festgestellt, während für zwei andere Neurotransmitter, Dihydroxyphenyl-Essigsäure und 5-Hydroxyindol-Essigsäure, in Pons und Medulla oblongata signifikant erhöhte Konzentrationen festgestellt wurden. Für die Konzentrationen von Dopamin und Serotonin ergaben sich durch die Bestrahlung keine signifikanten Veränderungen.

Lai et al. (*1987, 1989 a, b, s.a. Lai et al. 1988) stellten ebenfalls in Versuchen mit Ratten fest, dass ein mit 500 Hz puls-moduliertes 2,45 GHz-Feld (SAR=0,6 W/kg) die durch den wichtigsten parasymphatischen Neurotransmitter Acetylcholin vermittelte Aktivität vor allem im Frontal-Kortex und im Hippocampus beeinflusst. Es konnte nachgewiesen werden, dass der Effekt von der Expositionszeit abhängt. Eine Expositionszeit von 45 Minuten führte zu einer signifikanten Verminderung der Cholin-Aufnahme, die Verkürzung auf 20 Minuten bewirkte einen signifikanten Anstieg. Ein ähnliches Verhalten wurde bei Versuchstieren auch als Reaktion auf Stress durch Einschränkung der Bewegungsfreiheit und weißes akustisches Rauschen festgestellt.

5.2.3 Elektroenzephalogramm (EEG)

Im Gegensatz zu den neuroendokrinen Effekten, die sich am Menschen direkt im Gehirn kaum untersuchen lassen, können EEG-Untersuchungen relativ leicht durchgeführt werden. Hierzu liegen mittlerweile auch mehrere aussagekräftige Untersuchungen vor (s.u.). Die meisten Tierexperimente sind nur von beschränkter Aussagekraft, da sie mit relativ hohen Leistungsflussdichten durchgeführt wurden (s. z.B. Chizhenkova 1988: 2,397 MHz, cw, 400 W/m²; Chizhenkova & Safroshkina 1996: 799 MHz, cw, 400 W/m²; Thuroczy et al. 1994: 2,45 GHz, AM 16 Hz, 100 W/m²). Eine der wenigen Ausnahmen sind die Untersuchungen von Vorobyov et al. (*1997), die bei Ratten, die einem 945 MHz-Feld (AM, 4 Hz, 1 bis 2 W/m²) ausgesetzt waren, in den ersten 20 Sekunden nach Expositionsbeginn eine Zunahme der Links-Rechts-Symmetrie im EEG beobachteten.

Erste Experimente von v. Klitzing (1995) mit EEG-Aufnahmen während der Exposition der Probanden durch gepulste Hochfrequenzfelder mit Ähnlichkeiten zu den Feldern des Mobilfunks (150 MHz, 217 Hz, Leistungsflussdichte im Puls im Gehirn in 6 cm Tiefe unter 10⁻² W/m²), die Veränderungen im Wach-EEG aufzeigten, wurden wegen unzureichender Dokumentation in Zweifel gezogen. In späteren Untersuchungen wurden dann aber eindeutige Effekte sowohl im Wach- wie im Schlaf-EEG nachgewiesen.

Reiser et al. (*1995) stellten sowohl bei Expositionen in einem 150 MHz-Feld (Modulationsfrequenz 9,6 Hz, Peak-Ausgangsleistung 0,5 mW, 4 cm Abstand, Nah-Feld-Bedingungen) als auch im Feld eines Mobiltelefons (902 MHz, Modulationsfrequenz 217 Hz, Peak-Ausgangsleistung 8 W, 40 cm Abstand) statistisch signifikante Zunahmen der Energie in den EEG-Frequenzbändern Alpha, Beta1 und Beta2 fest.

Experimente von Röschke und Mann (*1997) ergaben für Kurzzeitexposition (3,5 Minuten, 900 MHz, GSM, $0,5 \text{ W/m}^2$) nach dem Urteil der Autoren keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den EEGs von exponierten und schein-exponierten Probanden. Allerdings ist der Peak bei ca. 9 Hz in den abgebildeten, gemittelten Leistungsdichte-Spektren der exponierten Personen deutlich niedriger und schmaler als bei den schein-exponierten Personen. Von den gleichen Autoren (*Mann & Röschke 1996) wurde wiederum im Feld eines GSM-Mobiltelefons (8 W, Abstand 40 cm, Leistungsflussdichte $0,5 \text{ W/m}^2$) eine Verkürzung der Einschlafzeit und eine statistisch signifikante Reduktion der Dauer und des Anteils an REM-Schlaf nachgewiesen. Darüber hinaus ergab die Spektralanalyse eine erhöhte spektrale Leistungsdichte des EEG-Signals während des REM-Schlafes, vor allem im Alpha-Frequenzband. Der REM-suppressive Effekt und eine Verkürzung der Einschlafdauer wurden auch in weiteren Experimenten derselben Arbeitsgruppe bestätigt (*Mann et al. 1997, *Wagner et al. 1998). In dem Versuch aus dem Jahre 1997 wurde zugleich eine statistisch signifikante Erhöhung der Konzentration von Cortisol im Blut der Personen festgestellt, die einem 900 MHz/217 Hz-Feld mit einer Leistungsflussdichte von $0,2 \text{ W/m}^2$ ausgesetzt waren. Systematische Abweichungen gab es auch beim Wachstums-Hormon und bei Melatonin, diese erreichten aber keine statistische Signifikanz.

Während in den bisher zitierten Untersuchungen zu Veränderungen des Schlaf-EEG unter dem Einfluss von Feldern des Mobilfunks nur die Folgen mehrstündiger Expositionen nachgewiesen wurden, konnte von Borbély et al. (*1999) gezeigt werden, dass Veränderungen im Schlaf-EEG bereits nach Expositionszeiten von 15 bis 30 Minuten auftreten. Diese Gruppe benutzte ebenfalls ein 900 MHz-Feld, das wahlweise mit 2, 8, 217 oder 1736 Hz puls-moduliert werden konnte. Bei Spezifischen Absorptionsraten unter 1 W/kg wurde wie in den anderen Experimenten eine statistisch signifikante Verringerung des REM-Schlaf-Anteils festgestellt. Außerdem verkürzte sich die Aufwachphase deutlich.

Freude et al. (*1998, s.a. Hentschel et al. 1999) untersuchten, welchen Einfluss die Strahlung von Mobiltelefonen auf die langsamen Hirnpotentiale hat. Hierbei handelt es sich um ereigniskorrelierte Hirnpotentiale, die in Vorbereitung auf motorische Handlungen und/oder Informationsverarbeitungsleistungen auftreten. Veränderungen der langsamen Hirnpotentiale geben Hinweise auf Beeinflussungen spezifischer Aspekte menschlicher Informationsverarbeitung. Freude et al. stellten fest, dass die Felder eines Mobiltelefons (916,2 MHz, 217 Hz, SAR $0,882$ bis $1,42 \text{ W/kg}$, Expositionszeit 3 bis 5 Minuten) bei bestimmten Aufgaben in bestimmten Hirnregionen zu einer statistisch signifikanten Abnahme der langsamen Bereitschaftspotentiale führen.

5.2.4 Kognitive Funktionen

Beeinträchtigungen des Gehirns, z.B. über Modifikationen der Cholin-Aufnahme, lassen auch Defizite beim Lernvermögen erwarten. Diese wurden auch in mehreren Lernexperimenten nachgewiesen, in denen Ratten zuvor gepulsten Mikrowellenfeldern ausgesetzt wurden (*Lai et al. 1989, 1994, *Wang & Lai 2000, s.a. D'Andrea 1999 für ältere Experimente). In dem Experiment von Lai et al. (*1994) wurden Ratten für 45 Minuten einem mit 500 Hz gepulsten 2,45 GHz-Feld mit einer Leistungsflussdichte von 10 W/m^2 ausgesetzt. Diese Intensität führte zu einer gemittelten Ganzkörper-SAR von $0,6 \text{ W/kg}$. Anschließend an die Exposition wurden die ausgehungerten Ratten in ein Labyrinth mit mehreren Armen gesetzt, in denen jeweils Futter deponiert war. Gemessen wurde, wie effektiv die exponierten Ratten und schein-exponierte Kontrolltiere das Labyrinth nach Futter absuchten. Bei der exponierten Gruppe wurden statistisch signifikant mehr Fehlversuche, das heißt Absuchen bereits geleerter Labyrintharme, festgestellt. Die Autoren führen die geringere Leistungsfähigkeit der exponierten Ratten auf Defizite im Raum-Gedächtnis zurück. Das Handicap der EMF-Exposition konnte in einem Folgeexperiment wettgemacht werden, wenn den Ratten vor der Exposition der Azetylcholin-Agonist Physostigmin oder der Opiat-Antagonist Naltrexone verabreicht wurde. Für die Autoren ist dieser Befund eine Bestätigung ihrer Ergebnisse aus vorangegangenen Versuchen (s.o.), bei denen festgestellt worden war, dass hochfrequente elektromagnetische Felder

das cholinergische und das endogene Opioid-Neurotransmitter System im Gehirn beeinflussen und dass dieser Effekt zu Gedächtnisverlusten führen kann. Der Effekt wurde mittlerweile durch andere Experimente bestätigt (Mickley & Cobb 1998).

In einem weiteren Experiment (*Wang & Lai 2000) wurden Ratten in mehreren 'Sitzungen' trainiert, eine knapp unter der Wasseroberfläche befindliche Plattform in einem kreisförmigen Wasserbecken zu finden. Anschließend wurden sie für eine Stunde gepulster Mikrowellenstrahlung ausgesetzt (2,45 GHz, 500 Pulse pro Sekunde, mittlere Leistungsflussdichte 2 W/m^2 , gemittelte Ganzkörper-SAR $1,2 \text{ W/kg}$). Nun wurde untersucht, wie lange die exponierten im Vergleich zu nicht- oder scheinexponierten Ratten brauchten, um von verschiedenen Startpositionen aus, die Plattform zu finden. Die exponierten Ratten brauchten hierzu deutlich länger, auch verbrachten sie signifikant weniger Zeit im richtigen Quadranten des Wasserbeckens. Schließlich wichen auch die aufgezzeichneten Muster der Schwimmbahnen der exponierten Tiere von denen der Vergleichsgruppen ab, was auf unterschiedliche Strategien bei der Plattformsuche hindeutet. Auch dieses Ergebnis bestätigt den Befund aus anderen Experimenten, dass gepulste Hochfrequenzfelder bestimmte Gedächtnisleistungen beeinträchtigen können.

Einflüsse eines 600 MHz-Feldes auf das Gedächtnis von Ratten wurden auch von Mickley et al. (*1994) nachgewiesen. In diesem Experiment wurde die Fähigkeit der Tiere, bekannte Objekte zu erkennen, in Abhängigkeit von der Strahlungsleistung gemessen. Während sich die nicht-exponierten Kontrolltiere und auch noch die Tiere, die einer SAR von $0,1 \text{ W/kg}$ ausgesetzt waren, deutlich länger mit einem neuen als mit einem ihnen bekannten Objekt beschäftigten, verwandten die höher exponierten Tiere genauso viel Zeit auf die Untersuchung eines eigentlich bekannten Objekts wie auf die eines neuen. Die Grenze für diese expositions-abhängige Verhaltensänderung lag zwischen $0,1$ und $1,0 \text{ W/kg}$.

Die bisher niedrigste SAR, bei der ein Effekt auf kognitive Funktionen von Ratten festgestellt wurde, war $0,072 \text{ W/kg}$. Allerdings wurden in diesem Experiment Pulse mit einer Spitzenleistung von mehr als 700 MW verwendet (Raslear et al. 1993). Die niedrige SAR kam in diesem Fall nur durch zeitliche Mittelung bei einer sehr niedrigen Pulswiederholrate von $0,125$ Pulsen pro Sekunde und einer Pulsbreite von nur 80 nsek zustande.

Dass Felder, wie sie beim Mobilfunk benutzt werden, kognitive Funktionen des menschlichen Gehirns beeinflussen können, ergaben Experimente von Preece et al. (*1999). In dieser Untersuchung wurden insgesamt 36 Probanden einem 915 MHz -Feld eines simulierten Mobiltelefons ausgesetzt. Das Feld konnte mit einer 217 Hz -Sinus- oder einer 217 Hz -Puls-Modulation überlagert werden. Bei der Analog-Simulation betrug die Netto-Vorwärts-Leistung etwa ein Watt, bei der Digital-Simulation $0,125 \text{ Watt}$. Die Probanden mussten unter den Bedingungen 'Exposition durch analoges Feld', 'Exposition durch digitales Feld' oder 'Schein-Exposition ohne Feld' jeweils einige Tests ausführen, mit denen das Reaktionsvermögen und verschiedene Formen der Gedächtnisleistung gemessen wurden. In beiden Expositionsgruppen ergab sich eine leichte, aber statistisch signifikante Abnahme der Reaktionszeit, die bei 'Analog-Exposition' stärker ausgeprägt war als bei 'Digital-Exposition'.

5.3 Hormonsystem

5.3.1 Stress-Hormone

Umweltbelastungen können wie körperliche und seelische Belastungen auf den Körper als Stressoren wirken und Alarmreaktionen auslösen. Diese Reaktionen sind in ihrem Verlauf mit spezifischen hormonellen Veränderungen verbunden. Das Vorliegen einer Stress-Situation kann durch Nachweis von Hormonen wie Adrenocorticotropin (ACTH), Cortisol und Corticosteron im Blut, aber auch in

geringerem Maße über Veränderungen der Konzentration von Prolaktin und des Wachstums-Hormons festgestellt werden.

Elektromagnetische Felder können offensichtlich Stress-Reaktionen bei Versuchstieren auslösen. So wurde in dem Experiment von Imaida et al. (*1998a) an Ratten, die über sechs Wochen täglich für 90 Minuten einem Feld mit einer Trägerfrequenz von 929,9 MHz und einer 50 Hz-Pulsmodulation ausgesetzt wurden, eine statistisch signifikante Zunahme der Konzentrationen von ACTH und Corticosteron im Blutserum festgestellt. Die Ganzkörper-SAR lag in diesem Experiment zwischen 0,58 und 0,8 W/kg. Die Exposition in einem 1,439 GHz-Feld, ebenfalls mit 50 Hz-Puls-Modulation und SAR-Werten zwischen 0,453 und 0,680 W/kg, hatte die gleiche Wirkung (*Imaida et al. 1998 b).

Chou et al. (*1992) hatten in einem Langzeit-Experiment (25 Monate) Ratten einem 800 Hz-pulsmodulierten 2,45 GHz-Feld ausgesetzt, das zu Spezifischen Absorptionsraten von 0,15 bis 0,4 W/kg führte. Neben vielen anderen physiologischen Parametern wurde im ersten Halbjahr des Experiments auch der Corticosteron-Spiegel im Blut regelmäßig gemessen. Während die Hormonspiegel von exponierten und schein-exponierten Tieren in späteren Stadien des Versuchs praktisch übereinstimmten, bis auf eine leicht Erhöhung in der Gruppe der schein-exponierten Tiere in der dritten Untersuchungsperiode, ergab sich bei der ersten Untersuchung nach sechs Wochen Exposition ein statistisch signifikanter Anstieg des Corticosteron-Spiegels im Blut der exponierten Tiere. Die Autoren berichten, dass ihr Versuch, diesen Effekt zu replizieren, zu keinem statistisch signifikanten Ergebnis geführt habe, allerdings wurden in diesem zweiten Versuch nur 20 Tiere getestet, während die eigentliche Versuchsreihe 200 Tiere umfasste.

Ein ähnlich umfangreich angelegtes Experiment an Ratten wie das von Chou et al., allerdings mit einem unmodulierten 435 MHz-Feld, ergab bei den Konzentrationen der Hormone ACTH, Corticosteron und Prolactin keinen Unterschied zwischen exponierten und schein-exponierten Tieren (Toler et al. 1988).

Die wenigen bisher am Menschen durchgeführten Untersuchungen ergeben noch kein klares Bild. Mann et al. (*1998) setzten 24 freiwillige Versuchspersonen während des Schlafes dem Feld eines Mobiltelefons aus, das über eine gesonderte Antenne abgestrahlt wurde (900 MHz, 217 Hz, 0,2 W/m²). Während des Schlafes wurde den Probanden über einen Katheter regelmäßig Blut abgenommen und unter anderem auf die Konzentrationen von Cortisol und Wachstums-Hormon hin untersucht. Dabei ergaben sich bei beiden Hormonen systematische Abweichungen zwischen exponierten und schein-exponierten Personen im Laufe der Nacht, die bei nur bei Cortisol statistische Signifikanz erreichten.

De Seze et al. (*1998) testeten ebenfalls den Einfluss eines GSM-Mobiltelefons (900 MHz, 217 Hz) an Probanden, die über einen Monat an fünf Tagen in der Woche jeweils für zwei Stunden dem Feld ausgesetzt wurden. Anhand von neun Blutentnahmen pro Woche wurde u.a. die zeitliche Entwicklung der Konzentrationen von ACTH, Wachstums-Hormon und Prolactin bestimmt. Die Autoren werten ihre Ergebnisse dahingehend, dass eine ein-monatige, intermittierende Exposition in dem radio-frequenten Feld eines Mobiltelefons keine andauernden oder kumulativen Effekte auf die Hormon-Sekretion des Hypophysenvorderlappens habe. In ihren Daten fällt allerdings auf, dass ACTH und Prolactin einen ganz ähnlichen zeitlichen Verlauf haben: die Konzentrationen nehmen von hohen Werten zu Anfang der Expositionszeit in den nächsten drei Wochen ab und steigen dann wieder leicht an. Die Werte für das Wachstums-Hormon sind für die erste Messung im Expositionszeitraum sehr hoch, fallen dann auf den Wert vor der Exposition ab und behalten diesen bis zum Ende des Experiments bei. Möglicherweise zeigt sich in diesen Messwerten eine vorübergehende Stress-Reaktion, die in den folgenden Wochen abklingt.

5.3.2 Melatonin

Das in der Zirbeldrüse gebildete Hormon Melatonin wirkt als übergeordnetes hormonelles Signal, das die endokrinen Rhythmen aller anderen Hormondrüsen synchronisiert. Es steuert unter anderem die tageszeitlichen Schwankungen der ACTH- und der Cortisol-Ausschüttung und regelt damit den Tagesrhythmus vieler Stoffwechselprozesse. Melatonin wirkt auch (hemmend) auf die Geschlechtshormone und hat eine stimulierende Wirkung auf das Immunsystem. Über die Steuerung der Ausschüttung von Geschlechtshormonen hat Melatonin auch einen Einfluss auf die Entstehung bestimmter Krebserkrankungen. Darüber hinaus ist Melatonin ein Radikal-Fänger, der Radikale wie OH inaktiviert, die unter anderem für die Erbsubstanz gefährlich werden können. Ferner wurde nachgewiesen, dass Melatonin *in vivo* Veränderungen der DNA durch chemische Karzinogene verhindert und Lymphozyten vor Erbgutschäden durch hochfrequente elektromagnetische Felder schützt (*Lai & Singh 1997).

In den bereits beschriebenen Experimenten von Imaida et al. (*1998 a, b) wurde bei den Versuchstieren, die einem puls-modulierten Hochfrequenz-Feld ausgesetzt waren, auch eine Verminderung der Melatonin-Konzentration im Blut festgestellt. Dieser Befund konnte von Heikkinen et al. (1999), die Mäuse 17 Monate lang einem 900 MHz-Feld mit einer 217 Hz GSM-Puls-Modulation (SAR: 0,35 bis 1,5 W/kg) aussetzten, nicht bestätigt werden. Versuche von Vollrath et al. (1997) an Ratten und Hamstern mit einem 900 MHz-Feld (217 Hz GSM, SAR: 0,04 bis 0,36 W/kg) können zur Klärung des Problems nicht viel beitragen, da in einigen Teilerperimenten zwar statistisch signifikante Unterschiede zwischen exponierten und nicht-exponierten Tieren festgestellt wurden, diese Ergebnisse von den Autoren aber als Folge von Fehlern im Versuchsablauf verworfen wurden.

Bei den Versuchen von Mann et al. (*1997, s.o.) wurde neben den Stress-Hormonen auch der Serum-Melatonin-Spiegel gemessen. Dieser zeigt bei den exponierten Personen für einen Zeitraum von drei bis vier Stunden in der Mitte der Nacht eine Erhöhung gegenüber den Kontrollwerten, die nach den Berechnungen der Autoren aber nicht statistisch signifikant sein soll.

6 Pathologische Wirkungen

6.1 Ergebnisse experimenteller Untersuchungen

6.1.1 Krebs-Erkrankungen

Karzinogenese

Die Karzinogenese ist ein mehrstufiger Prozess, an dessen Anfang eine bestimmte Einwirkung auf der Ebene der Erbsubstanz steht. Dabei kann es sich um eine unmittelbare Wirkung (z.B. durch ionisierende Strahlung) oder eine indirekte Wirkung über ein Reaktionsprodukt (z.B. OH-Radikale) handeln. Eine direkte oder indirekte Wechselwirkung mit der DNA kann zu Schäden an der DNA oder den Chromatin-Strukturen führen (s. Kap. 3). Werden diese Schäden nicht durch endogene Prozesse repariert, kommt es zur Fixierung des Schadens. Die initiierte Zelle kann sich, wenn die immunologische Kontrolle versagt, unter der Einwirkung von Hormonen und Promotoren zu einem präneoplastischen Herd entwickeln, der schließlich zu einem malignen Tumor führen kann. Die einzelnen Schritte der Karzinogenese werden zu drei Phasen zusammengefasst:

- Initiation: Auslösung von Schäden an der DNA und Mutationen an kritischen Genen;
- Promotion: Zunahme der Rate der DNA-Synthese und Proliferation transformierter Zellen;
- Progression: Übergang vom präneoplastischen Herd zum malignen Tumor.

Eine physikalische oder chemische Noxe kann prinzipiell in allen drei Phasen der Kanzerogenese wirksam werden:

- Initiation: Auslösung direkter Schäden an der DNA oder einer sekundär die DNA schädigenden Substanz, Behinderung von Reparatur-Prozessen an der DNA;
- Promotion: Begünstigung der Proliferation transformierter Zellen;
- Progression: Unterdrückung von Immun-Reaktionen und Begünstigung des Tumor-Wachstums.

Ergebnisse aus Tierexperimenten

Die Ergebnisse der *in vivo*-Untersuchungen, bei denen Tiere benutzt wurden, die eine angezüchtete genetische Prädisposition für bestimmte Tumor-Erkrankungen hatten, oder bei denen Tieren Krebszellen injiziert wurden, erbrachten sehr unterschiedliche Ergebnisse (s. Anhang C, Tabelle C.1). In der Mehrzahl der Studien konnte kein krebs-fördernder Effekt hochfrequenter elektromagnetischer Felder festgestellt werden, oder es zeigten sich nur bei bestimmten Expositionsbedingungen Effekte (in der Tabelle mit 'z.T.' gekennzeichnet), die zudem oft nicht statistisch signifikant waren. Allerdings ist zu beachten, dass viele Studien mit negativem Ausgang nur sehr kurze Expositions- und Untersuchungszeiträume hatten (s. z.B. Chagnaud et al. 1999: 2 Wochen; Salford et al. 1993: 2 bis 3 Wochen), und somit im Hinblick auf die Klärung der Frage nach dem kanzerogenen Potential hochfrequenter elektromagnetischer Felder nicht sehr aussagekräftig sind.

Bei einigen Langzeitstudien liegen Ergebnisse vor, die auf einen kanzerogenen oder co-kanzerogenen Effekt elektromagnetischer Felder mit Frequenzen im Mobilfunkbereich hinweisen, wenn diese über lange Zeit auf die Versuchstiere einwirken (*Repacholi et al. 1997, *Szmigielski et al. 1982 und *Szudinski et al. 1982). Zu nennen ist hier auch die Untersuchung von Chou et al. (*1992). In dieser Arbeit wurde zwar keine statistisch signifikante Erhöhung der Tumoren in einem bestimmten Organ festgestellt, aber es entwickelten sich in der exponierten Versuchsgruppe nicht nur insgesamt mehr Tumoren, sondern auch die Zahlen der primären malignen und der metastatisch malignen Neoplasmen war bei den exponierten Tieren deutlich höher. Die Autoren weisen in der Diskussion ihrer Ergebnisse zwar darauf hin, dass die Zahl der primären malignen Neoplasmen in der exponierten Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe fast vervierfacht ist und dass dieser Be-

fund statistisch signifikant ist, verwerfen ihn aber mit Hinweis auf Literaturdaten, nach denen die Tumor-Inzidenz auch in der exponierten Gruppe normal sein soll.

In dem Experiment von Toler et al. (*1997) wurde bei den Versuchstieren, die besonders für Brusttumoren anfällig sind, zwar keine Erhöhung dieser Tumorform festgestellt, aber die Zahl der Eierstock-Tumoren war in der exponierten Versuchsgruppe signifikant höher als in der Kontrollgruppe.

Die Intensitäten, bei denen eine Zunahme der Tumoren bei Versuchstieren festgestellt wurde, lagen ein bis zwei Zehnerpotenzen unter den Werten, für die der Einsatz 'thermischer' Wirkungen zu erwarten ist. Die niederfrequente Modulation scheint nach den vorliegenden Ergebnissen nicht wesentlich für den kanzerogenen Effekt zu sein.

6.1.2 Infertilität und teratogene Wirkungen

Teratogenese

Teratogene Wirkungen einer Noxe können wie kanzerogene Wirkungen entweder auf die Auslösung eines genetischen Defekts oder aber auf einen nachteiligen Einfluss auf die fetale Entwicklung zurückgeführt werden. Die Ausbildung einer genetisch bedingten Missbildung verläuft in der Initiationsphase analog zur Karzinogenese, das heißt, dass auch teratogene Effekte durch direkte oder indirekte Wirkungen auf die DNA und Eingriffe in endogene Reparaturmechanismen ausgelöst werden können. Spätere Schädigungen des Fötus können ihre Ursache entweder in direkten Wirkungen der Noxe auf den Fötus oder in Reaktionen des Organismus der Mutter auf die Noxe haben, die über den gemeinsamen Stoffwechsel an den Fötus vermittelt werden.

Ergebnisse aus Tierexperimenten

Es wurde in einer Vielzahl von Studien nachgewiesen, dass hohe Körpertemperaturen bei vielen Säugetieren einen spermatotoxischen und teratogenen Effekt haben. Da in vielen Studien zur Untersuchung solcher Effekte hochfrequenter elektromagnetischer Felder mit Intensitäten gearbeitet wurde, die zu deutlichen Erhöhungen der Körpertemperatur führten, ist nicht auszuschließen, dass die beobachteten spermatotoxischen und teratogenen Wirkungen auf einen thermischen Effekt zurückzuführen sind (s. z.B. Berman et al. 1982, 1983, Berman & Carter 1984, Jensch et al. 1983 a, b, Kowalczyk et al. 1983, Lary et al. 1983, Nawrot et al. 1985, Saunders et al. 1981, 1983; zu den Ergebnissen älterer Arbeiten s. O'Connor 1980). Die Ergebnisse der Studien erscheinen nicht immer konsistent, sie lassen sich aber wahrscheinlich durch eine unterschiedliche thermische Empfindlichkeit der verschiedenen Versuchstiere erklären. Bei Ratten wird z.B. sehr oft ein Verlust thermisch geschädigter Embryonen beobachtet, während die Geburt missgebildeter Tiere seltener ist. Andere Säugetiere zeigen dagegen eine größere Bandbreite zwischen teratogenen und lethalen Expositionen (Verschaeve & Maes 1998).

Es gibt in der Literatur jedoch auch einige Hinweise auf teratogene Effekte bei Intensitäten, die keine oder allenfalls eine geringe Temperaturerhöhung verursachten. So wurde von Magras & Xenos (1997) bei Mäusen, die während ihrer sechs-monatigen Exposition in der Umgebung einer Sendeanlage fünf mal Junge bekamen, eine kontinuierliche Abnahme der Nachkommen bis hin zur irreversiblen Infertilität festgestellt. Die Exposition wurde durch mehrere Radio- und Fernsehsender im VHF- und UHF-Band verursacht und lag zwischen 0,00168 und 0,01053 W/m². Um auszuschließen, dass der Effekt durch Probleme bei der Haltung der Tiere oder bei der Abschirmung der Kontrollgruppe verursacht wurde, ist eine Wiederholung des Experiments wünschenswert.

Khillare & Behari (*1998) stellten fest, dass männliche Ratten, die über einen Zeitraum von 35 Tagen an sechs Tagen der Woche für jeweils zwei Stunden einem 200 MHz-Feld ausgesetzt wur-

den (Leistungsflussdichte: $14,7 \text{ W/m}^2$, SAR: $1,65$ bis $2,0 \text{ W/kg}$), und anschließend mit unbestrahlten Weibchen gepaart wurden, statistisch signifikant weniger Nachkommen hatten, als Männchen aus einer nicht-exponierten Kontrollgruppe.

In einem Experiment von Akdag et al. (1999) wurden männliche Ratten über Zeiträume von 13, 26, 39 oder 52 Tagen, entsprechend ein, zwei, drei oder vier Zyklen des Samenepithels, täglich eine Stunde einem $9,45 \text{ GHz}$ -Feld ausgesetzt (Leistungsflussdichte: $26,5 \text{ W/m}^2$, SAR: $1,8 \text{ W/kg}$). Am Ende der Expositionszeit wurden jeweils die Spermienzahl in den Nebenhoden, die Morphologie der Spermien sowie das Gewicht von Hoden, Nebenhoden, Samen-Vesikel und Prostata bestimmt und mit einer nicht-exponierten Kontrollgruppe verglichen. In der exponierten Gruppe wurden u.a. eine Abnahme der Spermienzahl (statistisch signifikant in der 52-Tage-Expositionsgruppe) und eine Zunahme abnormer Spermien (signifikant in den 26-, 39- und 52-Tage-Expositionsgruppen) festgestellt.

Eine ko teratogene Wirkung nicht-thermischer Expositionen mit Flussdichten von 10 bis 100 W/m^2 in Verbindung mit Cytosin Arabinosid (ara-C) wurde in einer Untersuchung von Marcickiewicz et al. (*1986) nachgewiesen. In dem Experiment wurden Mäuse vom ersten bis zum 18. Tag der Schwangerschaft *in utero* für täglich zwei Stunden einem $2,45 \text{ GHz}$ -Feld ausgesetzt. Das Feld, das selbst nicht teratogen wirkte, verstärkte signifikant den teratogenen Effekt von ara-C. Ein direkter teratogener Effekt von Mikrowellenstrahlung mit einer Frequenz von $2,45 \text{ GHz}$ auf die Gehirne neugeborener Ratten wurde von Inalöz et al. (*1997) gefunden. Die von den Autoren angegebene SAR von $2,3 \text{ W/kg}$ führte allerdings schon zu einer Erhöhung der Rektaltemperatur um $1,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

6.2 Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen

Methodische Anforderungen

Epidemiologische Untersuchungen sind im Prinzip ein wirkungsvolles Instrument, um mögliche gesundheitliche Gefährdungen durch bestimmte Noxen unter realen Umwelt- und Expositionsbedingungen nachzuweisen. Sie werden in der Regel in Form von Vergleichen des statistischen Vorkommens einer Krankheit in der exponierten Bevölkerungsgruppe und in einer nicht exponierten Vergleichsgruppe durchgeführt. Eine exakte Klassifizierung der Exposition würde eine messtechnische Erfassung der Noxe für alle Studienteilnehmer (exponierte und nicht exponierte) über den gesamten, für die Entwicklung der Krankheit bedeutsamen Zeitraum erfordern. Dies ist in der Regel nicht praktikabel und bei langen Latenzzeiten, die in der Regel nur über retrospektive Studien berücksichtigt werden können, meist auch prinzipiell unmöglich. In diesen Fällen muss man sich oft mit Surrogaten begnügen, wie z.B. die Tätigkeit in einem Beruf, der mit entsprechenden Expositionen verknüpft ist bzw. verknüpft sein kann, oder die Nähe des Wohnorts zu einer emittierenden Anlage. In einzelnen Fällen, wenn Anlagen über lange Zeit im gleichen Modus betrieben werden, ist es auch möglich aus heutigen Messungen auf zurückliegende Expositionen zu schließen.

Die Güte der Expositionsklassifizierung entscheidet maßgeblich über die Aussagekraft einer epidemiologischen Untersuchungen. Mögliche Schwachpunkte, die zu Verfälschungen des Ergebnisses führen können sind:

- Personen werden als 'exponiert' oder 'stark exponiert' eingeordnet, obwohl faktisch keine oder nur eine geringe Exposition vorliegt. Ein Beispiel im Zusammenhang mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ist die oft angewandte Expositionsklassifizierung auf der Basis von Berufsbezeichnungen, wie Radar-Bedienungspersonal oder Radio-Fernseh-Sendetechniker, bei der nicht ausgeschlossen werden kann, dass es sich bei der tatsächlichen Tätigkeit, z.B. um eine Schreibtischtätigkeit, ohne Exposition handelte.
- Es wird angenommen, dass in der gewählten Vergleichsgruppe keine Exposition vorliegt, obwohl es sich tatsächlich um eine ubiquitäre Noxe handelt, die auch in der Vergleichsgruppe zu einer zwar geringeren aber möglicherweise nicht zu vernachlässigenden Expositionen führt. Ein

bekanntes Beispiel sind netzfrequente Magnetfelder, von denen unmittelbare Anwohner von Stromversorgungsanlagen zwar stärker betroffen sind, die jedoch auch in Häusern, die weit von solchen Anlagen entfernt sind, in eigentlich nicht zu vernachlässigender Stärke vorkommen.

Beide Effekte führen zu einer Nivellierung des Unterschiedes zwischen der 'exponierten' und der 'nicht exponierten' Gruppe und damit zu einer Unterschätzung des tatsächlichen Gesundheitsrisikos durch die betreffende Noxe.

Ein weiterer Schwachpunkt epidemiologischer Untersuchungen können nicht erkannte Confounder sein, das heißt andere Einflüsse, die ebenfalls auf die Untersuchungsgruppen einwirken und für die Ausbildung der Krankheit bedeutsam sind. Dabei kann es sich sowohl um Umweltfaktoren, wie Expositionen durch andere Noxen, als auch um sozio-ökonomische und verhaltensbedingte Faktoren handeln. Werden nicht alle möglicherweise relevanten Confounder berücksichtigt, kann dies zu einer Verzerrung des Ergebnisses sowohl in Richtung einer Über- als auch einer Unterschätzung des tatsächlichen Risikos führen.

Die schnelle Entwicklung des Mobilfunks hat im Hinblick auf die Untersuchung potentieller Risiken mit Hilfe epidemiologischer Untersuchungen in ein doppeltes Dilemma geführt:

- Für Krankheiten wie Krebs mit Latenzzeiten von vielen Jahren ist es eigentlich noch 'zu früh' aussagekräftige Ergebnisse zu erwarten. Wenn Mobilfunk tatsächlich mit einem erhöhten Krebsrisiko verbunden ist, so wird sich die Krankheit wahrscheinlich erst bei wenigen Personen manifestiert haben. Das dürfte zumindest für den Teil der Bevölkerung gelten, bei dem die Expositionen von den Basisstationen herrühren. Möglicherweise ist dies bei direkten Mobilfunk-Nutzern etwas anders, da diese in der Regel doch deutlich höheren Intensitäten ausgesetzt sind. Aber auch in dieser Gruppe wäre zum gegenwärtigen Zeitpunkt mit Ergebnissen epidemiologischer Untersuchungen zu rechnen, die das tatsächliche Risiko unterschätzen.
- In einigen Jahren dürften epidemiologische Untersuchungen an eine andere methodische Grenze stoßen, zumindest dann, wenn Mobilfunk-Basisstationen flächendeckend aufgebaut sind und ein großer Teil der Bevölkerung Mobiltelefone benutzt. Dann dürfte es nämlich schwierig sein, die für epidemiologische Untersuchungen notwendigen unbelasteten Vergleichsgruppen zu finden.

Dieses sich abzeichnende Dilemma verleiht epidemiologischen Studien, die in der Vergangenheit durchgeführt wurden, einen gewissen Wert, auch wenn die Expositionen nicht direkt mit denen von Mobilfunk-Anlagen zu vergleichen sind und die Studien nicht immer heutigen Qualitätsstandards entsprechen.

Auswahl der Untersuchungen

Zum Zeitpunkt der Fertigstellung des vorliegenden Berichts lagen nur zwei epidemiologische Untersuchungen zu Gesundheitsrisiken im Zusammenhang mit tatsächlichen Mobilfunk-Expositionen vor (*Rothman et al. 1996, *Hardell et al. 1999). Es ist jedoch eine weitaus größere Zahl weiterer Arbeiten verfügbar, in denen gesundheitliche Auswirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Emissionen auf den Menschen untersucht wurden (s. Anhang D, Tabelle D.1). Knapp ein Viertel der vorliegenden Befunde bezieht sich auf Expositionen in niederfrequent puls- oder amplitudenmodulierten Hochfrequenzfeldern, wie sie auch beim Mobilfunk Anwendung finden, wenngleich die Träger- und die Modulations-Frequenzen in der Regel nicht mit denen des Mobilfunks identisch sind. In Tabelle D.1 sind zum einen die untersuchten Krankheiten aufgeführt, mit einem Hinweis auf den ausgewerteten Endpunkt (Inzidenz oder Mortalität), zum anderen werden Angaben zur Expositionssituation gemacht und die Güte der Expositionsklassifizierung wird bewertet. Schließlich werden das Ergebnis der Untersuchung als 'Relatives Risiko' (R.R.), worunter auch die jeweils festgestellten Risikofaktoren in Form Standardisierter Mortalitäts-Raten, Standardisierter Morbiditäts-Raten

und Odds-Ratios aufgeführt sind, und seine statistische Signifikanz angeben. Aufgeführt ist jeweils der Wert für die höchste Expositionsklasse bzw. bei weiteren Differenzierungen der Untersuchungsgruppen, z.B. nach Berufsuntergruppen, der jeweils höchste festgestellte Wert. Als statistisch signifikant (s.s.) gelten Werte, für die der Wert $R.R. = 1$ außerhalb des 95 %-Vertrauensintervalls liegt, bzw. für die mindestens $p < 0,05$ ist.

Eine statistische Auswertung der in Tabelle D.1 zusammengestellten Ergebnisse epidemiologischer Studien findet sich in Tabelle 6.1. Dort ist zu jeder Krankheit angegeben, wie viele Untersuchungen bzw. getrennte Untersuchungsbefunde jeweils vorliegen, wie viele davon Relative Risiken $RR > 1$ ergaben und wie viele davon wiederum statistisch signifikant waren.

Fast alle Studien, bei denen das Krebs-Risiko insgesamt, ohne Differenzierung nach Tumor-Form, untersucht wurde, führten zu Risiko-Faktoren größer 1. Die Hälfte der Studien erbrachte statistisch signifikant erhöhte Risiko-Faktoren mit einem Maximalwert von 2,1, was einer Verdopplung des statistischen Risikos entspricht, infolge einer hochfrequenten elektromagnetischen Exposition an Krebs zu erkranken.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bezüglich Tumoren des Nervensystems, vor allem Gehirn-Tumoren. Hier liegt der Maximalwert für das Relative Risiko bei 3,4. 11 der insgesamt 15 Studien führten zu positiven Ergebnissen, von denen wiederum gut die Hälfte statistisch signifikant war.

Für Krebs der Atmungsorgane, insbesondere Lungenkrebs, liegen bisher nur sehr wenige Untersuchungen vor. Die einzige Untersuchung mit einem statistisch signifikanten Ergebnis ergab einen Risiko-Faktor von 2,59.

Die Häufigkeit von Brustkrebs im Zusammenhang mit hochfrequenten Feldern muss für Männer und Frauen getrennt untersucht werden. Alle drei Untersuchungen zur Brustkrebshäufigkeit bei Frauen führten zu Risiko-Faktoren größer als 1, die statistisch signifikanten Werte waren 1,15 und 1,5. Für Männer ergaben sich Risiko-Faktoren bis 2,9, die aber alle nicht statistisch signifikant waren.

Von den insgesamt 16 Befunden zu Leukämie als nicht weiter differenziertem Krankheitsbild waren 13 positiv ($RR > 1$), gut die Hälfte dieser Ergebnisse erreichte statistische Signifikanz. Der höchste statistisch signifikante Wert für das Relative Risiko war 2,85. Bei den weiter differenzierten Untersuchungsbefunden fallen die zur Lymphatischen Leukämie insgesamt (7 Befunde, 5 positiv, 4 statistisch signifikant, RR -Maximalwert 2,74) und zur Akuten Myeloischen Leukämie (4 getrennte Untersuchungen, 3 positive Befunde, 2 statistisch signifikant, RR -Maximalwert 2,89) auf.

Zur Korrelation von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern, u.a. aus Radar-Geräten, und Hodenkrebs wurden drei Untersuchungen durchgeführt, die alle zu statistisch signifikant erhöhten Risiko-Faktoren mit einem Maximalwert von 6,9 führten.

Die Untersuchungen zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen geben nicht zuletzt wegen der Vielzahl der untersuchten Symptome kein klares Bild.

Alle vier Untersuchungen zu Fertilitäts-Problemen im Zusammenhang mit Expositionen von Männern durch Mikrowellen deuten auf erhöhte Risiken. In zwei Untersuchungen wurden statistisch signifikant erhöhte Risiko-Faktoren von bis zu 2,7 gefunden.

Zu irregulären Schwangerschaftsverläufen und Missbildungen bei Kindern von Müttern, die hochfrequenten Feldern ausgesetzt waren, gibt es eine größere Zahl von Untersuchungen mit positiven Befunden, von denen jedoch nur zwei in den hier betrachteten Frequenzbereich fallen. Beiden Studien führten zu statistisch signifikanten positiven Befunden mit Risiko-Faktoren bis 2,36.

Von den Untersuchungen zum Krebs-Risiko von Kindern, deren Väter hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ausgesetzt waren, genügen nur zwei den dieser Auswertung zugrundeliegenden Qualitätskriterien. Sie deuten beide auf ein erhöhtes Risiko, aber nur ein Ergebnis ist statistisch signifikant mit dem Wert $RR=2,3$. (Zu den Krebs-Risiken von Kindern im Zusammenhang mit Expositionen der Eltern s.a. Colt & Blair 1998).

Zu Störungen motorischer und psychischer Funktionen sowie Befindlichkeitsstörungen liegt für den hier untersuchten Frequenzbereich bisher eigentlich nur eine aussagekräftige Untersuchung vor, die leicht erhöhte Risiko-Faktoren ergab. Da jedoch andere Untersuchungen an Anlagen mit Sendefrequenzen unter 100 MHz einige ernst zu nehmende Hinweise auf erhöhte Risiken gaben, das Problem von daher also zukünftig mehr Beachtung verdient, wurde hier auch die Arbeit von Zhao et al. (1994) in die Übersicht aufgenommen, obwohl sie hinsichtlich der statistischen Auswertung den Qualitätsstandards nicht genügt.

Leider erlaubt die Mehrzahl der Untersuchungen keine Aussagen über die tatsächliche Höhe der Expositionen. Messungen liegen nur für den Radio- und Fernsehsender vor, auf den sich die Studien von Hocking et al. (1996) und McKenzie et al. (1998) beziehen. Die Leistungsflussdichten lagen im Mittel aller 16 betroffenen Gemeinden bei $3,3 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^2$ mit einer Streuung von $2,6 \cdot 10^{-4}$ bis $1,46 \cdot 10^{-2} \text{ W/m}^2$ (McKenzie et al. 1998). In den Empfehlungen der ICNIRP werden für den Bereich der hier vorkommenden Frequenzen (64,25 bis 527,25 MHz) Grenzwerte für die Bevölkerung von 2 bis $2,51 \text{ W/m}^2$ vorgeschlagen. Das heißt, dass die Expositionen bis zu einem Faktor 10^4 unter den auch in Deutschland zulässigen Leistungsflussdichten lagen.

Tabelle 6.1 Übersicht über die Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen zu den Gesundheitsrisiken hochfrequenter elektromagnetischer Expositionen (s. Anhang D, Tabelle D.1)

Krankheit	Zahl der Untersuchungen (Befunde)	davon Untersuchungen (Befunde) mit RR > 1	davon statistisch signifikante Ergebnisse
alle Krankheiten	2	0	0
Krebs, insgesamt	6 (7)	5 (6)	3
Gehirn-Tumoren, insgesamt und Tumoren des Nervensystems, insgesamt	14 (21)	10 (15)	6 (7)
Krebs, Augen	1	1	1
Krebs der Atmungsorgane, Lungenkrebs	5	2	1
Brustkrebs, Männer	2	2	0
Brustkrebs, Frauen	3	3	2
Krebs des lymphatischen und des blutbildenden Systems, insgesamt	4	4	1
Leukämie, insgesamt	12 (16)	9 (13)	5 (7)
Akute Leukämie, insgesamt	4	4	0
Lymphat. Leukämie, insgesamt	4 (7)	2 (5)	1 (4)
Akute Lymphat. Leukämie	2	2	0
Chron. Lymphat. Leukämie	4	4	1
Myelo. Leukämie, insgesamt	3 (6)	3 (5)	1
Akute Myelo. Leukämie	4	3	2
Chron. Myelo. Leukämie	3	2	1
Leukämie, nicht-lymph. u. nicht-myelo.	1 (4)	1 (4)	1 (2)
Lymphome, Hodgkin-Syndrom	5 (7)	3 (4)	1
Hodenkrebs	3 (5)	3 (5)	3 (4)
Gebärmutterkrebs	1	1	1
Hautkrebs	4	3	1
Herz- und Kreislauferkrankungen	4 (5)	3 (4)	1
Unfruchtbarkeit, reduz. Fertilität, Männer	4 (7)	4 (7)	2 (4)
Unfruchtbarkeit, reduz. Fruchtbarkeit, Frauen	1	1	0
Fehlgeburten, Totgeburten, Missbildungen und andere Auffälligkeiten bei Neugeborenen	2 (3)	2 (3)	2
Krebs, Nachkommen (Exposition der Eltern)	2	2	1
Neurodegenerative Erkrankungen, Alzheimer Krankheit	1	1	0
Störungen motorischer und psychischer Funktionen, Befindlichkeitsstörungen	2 (9)	2 (9)	1 (7)

7 Gesundheitliche Risiken durch Einwirkungen elektromagnetischer Felder des Mobilfunks auf den Menschen

Die Auslösung einer Krankheit durch eine (Umwelt-) Noxe und ihre Entwicklung ist ein mehrstufiger Prozess, an dessen Anfang die biologische, biochemische oder biophysikalische Primär-Wechselwirkung der Noxe mit dem biologischen System steht und der mit der Manifestation der Krankheit endet. Auf den verschiedenen Stufen des Prozesses können immer wieder körpereigene Reparatur-Mechanismen wirksam werden, die die weitere Entwicklung der Krankheit verhindern. Eine Bewertung möglicher gesundheitlicher Risiken durch elektromagnetische Felder, wie sie beim Mobilfunk benutzt werden, sollte sich deshalb vor allem auf Untersuchungen stützen, die direkt am Menschen gemacht wurden, da Rückschlüsse aus Tierexperimenten oder gar aus Experimenten an Zellkulturen wegen unterschiedlicher Empfindlichkeiten und fehlender organischer Rückkopplungen bei isolierten Zellen auf Wirkungen beim Menschen nur begrenzt möglich sind. Andererseits gibt es ethisch begründete Grenzen wissenschaftlicher Forschung am Menschen, die es unvermeidlich machen, zur Aufdeckung der biologischen und physiologischen Wirkungsmechanismen auf Ergebnisse aus Experimenten an Tieren, einzelnen Organen oder Zellen zurückzugreifen.

Krebserkrankungen

Aufgrund der Auswertung der vorliegenden epidemiologischen Untersuchungen ist davon auszugehen, dass elektromagnetische Felder mit Frequenzen im Mobilfunkbereich eine Rolle bei der Entwicklung von Krebs spielen, das gilt insbesondere für Tumoren des Zentralen Nervensystems, für die auch die bisher einzige epidemiologische Untersuchung vorliegt, die sich direkt auf die Benutzung von Mobiltelefonen bezieht. Das auffälligste Ergebnis dieser Studie war eine offensichtliche Korrelation zwischen der Kopfseite, auf der das Telefon benutzt wird, und der Seite, auf der ein Gehirntumor auftritt. Die Gehirn-Tumor-Inzidenz war allerdings nur leicht erhöht. Eine (hypothetische) Erklärung für einen solchen Befund könnte aber z.B. eine promovierende Wirkung der Mobilfunk-Felder auf bereits initiierte (multiple) Tumoren sein, wenn zugleich im Körper eine Abwehrreaktion erfolgt, die nicht-geförderte Tumoren unterdrücken kann.

Erhöhte Risiken wurden auch für verschiedene Formen von Leukämie nachgewiesen.

Die Untersuchungen zu Hodenkrebs beziehen sich zwar auf besondere Expositionssituationen (emittierende Geräte zum Teil in Hüfthöhe), ein mögliches Risiko ist aber angesichts des hohen Risiko-Faktors insbesondere bei Mobilfunk-Nutzern, die die Geräte im Bereitschaftsbetrieb am Gürtel tragen nicht auszuschließen. Die epidemiologischen Befunde zu Hodenkrebs sind auch im Zusammenhang mit den Untersuchungsergebnissen zu Fertilitätsproblemen im Zusammenhang mit hochfrequenten elektromagnetischen Expositionen zu sehen.

Die Risiko-Faktoren für andere Krebsformen als Hodenkrebs sind zwar nur moderat erhöht, aber bei einer Technologie mit potentiell flächendeckenden Immissionen nicht zu vernachlässigen. Verlässliche Aussagen zu einer Dosis-Wirkungs-Beziehung sind auf der Grundlage der vorliegenden Ergebnisse epidemiologischer Studien nicht möglich, erhöhte Risiken für Krebserkrankungen sind aber schon bei Leistungsflussdichten von unter $0,1 \text{ W/m}^2$ nicht auszuschliessen.

In Langzeit-Tierexperimenten wurden kanzerogene Wirkungen für puls-modulierte hochfrequente Felder für Leistungsflussdichten von etwa 3 W/m^2 nachgewiesen (Maus, Expositionszeit 18 Monate, 30 Minuten täglich, SAR (Maus) ca. $0,01 \text{ W/kg}$).

Auf der zellulären Ebene wurden in einer Vielzahl von Experimenten Schädigungen durch hochfrequente elektromagnetische Felder festgestellt, die für die Krebs-Initiation und Krebs-Promotion von Bedeutung sind:

Direkte Schäden an der DNA, Einflüsse auf die DNA-Synthese und DNA-Reparatur-Mechanismen wurden durch *in vivo*- und *in vitro*-Experimente für kontinuierliche und gepulste Felder mit Leistungsflussdichten ab 10 bzw. 9 W/m² nachgewiesen. Chromosomen-Aberrationen und Mikrokerne traten schon ab 5 W/m² auf. Neoplastische Zell-Transformationen und eine verstärkte Zell-Proliferation wurde für Spezifische Absorptionsraten von unter 0,5 W/kg nachgewiesen und einzelne Experimente zeigen, dass eine offensichtliche Störung der Kommunikation zwischen Zellen, die erst eine ungehemmte Vermehrung wie bei der Krebsentstehung ermöglicht, bei einigen W/m² auftritt.

Fazit:

Untersuchungsergebnisse für alle Ebenen der Krebsentwicklung von der Schädigung der Erbsubstanz, über die ungehemmte Vermehrung von Zellen und Schwächungen des Immunsystems (s.u.) bis zur Manifestation der Krankheit belegen Wirkungen bei Leistungsflussdichten von weniger als 1 W/m², für einzelne Stufen der Entwicklung der Krankheit sind möglicherweise bereits Intensitäten von 0,1 W/m² und weniger wirksam.

Schwächungen des Immunsystems

Schädigende Wirkungen auf das Immunsystem, die die Entstehung von Krankheiten begünstigen können, zeigten sich im Tierexperiment bereits bei Leistungsflussdichten von 1 W/m² (Maus, Expositionszeit 6 Tage, 3 Stunden täglich, SAR (Maus) 0,14 W/kg). Bei *in vitro*-Untersuchungen an Lymphozyten wurden Defekte an der Erbsubstanz bei Leistungsflussdichten von etwa 10 W/m² nachgewiesen. Die Ausschüttung von Hormonen, die das Vorliegen einer Stresssituation anzeigen, die als Dauerzustand zu Schwächungen des Immunsystems führen kann, war bei Experimenten am Menschen bereits bei einer Leistungsflussdichte von 0,2 W/m² erhöht. In Tierexperimenten (Ratte) wurde eine entsprechende Wirkung bei Werten der Spezifischen Absorptionsrate von etwa 0,2 W/kg beobachtet.

Fazit:

Experimente an Versuchstieren belegen nachteilige Einflüsse auf das Immunsystem ab 1 W/m², bei 0,2 W/m² sind beim Menschen erhöhte Ausschüttungen von Stress-Hormonen nachweisbar.

Einflüsse auf das Zentrale Nervensystem und kognitive Funktionen

Wirkungen gepulster und kontinuierlicher Hochfrequenz-Felder auf die Blut-Hirn-Schranke und die Wirkung von Neurotransmittern wurden in Tierexperimenten bei Leistungsflussdichten von 3 bzw. 10 W/m² nachgewiesen.

Bei SAR-Werten von 0,882 bis 1,42 W/kg, also deutlich unter den zulässigen Grenzwerten für Teilkörper-Exposition von 2 W/kg, wurden am Menschen Einflüsse auf die langsamen Hirnpotentiale festgestellt.

Veränderungen im Schlaf-EEG des Menschen, die eine Verkürzung des REM-Schlafanteils anzeigen, traten bereits bei Intensitäten von 0,5 W/m² auf.

Im Tierexperiment wurden Veränderungen im EEG bei Leistungsflussdichten von 1 bis 2 W/m² nachgewiesen.

Beeinträchtigungen kognitiver Funktionen wurden im Tierexperiment bei Leistungsflussdichten von 2 W/m² festgestellt. Beim Menschen gibt es Hinweise darauf, dass Gehirnfunktionen durch Felder, wie sie beim Telefonieren mit Mobiltelefonen auftreten, beeinflusst werden.

In einer epidemiologischen Untersuchung wurden bei Kindern, die gepulsten Hochfrequenzfeldern ausgesetzt waren, eine Verminderung des Konzentrationsvermögens und eine Verlängerung der Reaktionszeit festgestellt.

Fazit:

Einflüsse hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf das Zentrale Nervensystem sind für Intensitäten deutlich unter den geltenden Grenzwerten belegt. Messbare physiologische Veränderungen wurden für Intensitäten von $0,5 \text{ W/m}^2$ nachgewiesen. Beeinträchtigungen kognitiver Leistungen sind bei Tieren ab 2 W/m^2 belegt.

Elektrosensibilität oder elektromagnetische Hypersensibilität

Mit 'Elektrosensibilität' bzw. 'Elektromagnetischer Hypersensibilität' werden Befindlichkeitsstörungen und Beeinträchtigungen der Gesundheit bezeichnet, die bestimmte empfindliche Personen beim Umgang mit oder beim Aufenthalt in der Umgebung von Geräten und Anlagen erleiden, die elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder emittieren. Die Empfindlichkeit äußert sich in verschiedenen Symptomen:

- nervöse Beschwerden, wie Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Erschöpfung, Konzentrationsschwäche, Reiz- und Angstzustände, Stress,
- Herz-Kreislauf-Beschwerden,
- Hormon- und Stoffwechselstörungen sowie
- Hautbeschwerden.

Die Beschwerden sind in ihrer Zusammensetzung und Ausprägung individuell sehr verschieden. Ihre Korrelation mit elektromagnetischen Belastungen und anderen Umwelteinflüssen scheint nicht nur von Person zu Person sondern auch zeitlich stark zu variieren, was einen eindeutigen wissenschaftlichen Nachweis einer Ursache-Wirkungs-Beziehung in Provokationsstudien bisher verhinderte. Die vorliegenden Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen sind häufig nicht schlüssig und zum Teil widersprüchlich. Andererseits liegt bei den Selbsthilfe-Organisationen der Betroffenen ein umfangreiches Erfahrungswissen vor, das bisher aber noch nicht erschlossen werden konnte.

Fazit:

Auf der Grundlage des derzeitigen Erkenntnisstandes ist es unmöglich, das Risiko elektrosensibler Reaktionen für die Allgemeinbevölkerung, die sich aus sensiblen und nicht-sensiblen Personen zusammensetzt, abzuschätzen oder gar in Empfehlungen für Grenzwerte umzusetzen.

8 Empfehlungen

8.1 Vorsorgender Gesundheitsschutz im Zusammenhang mit Expositionen durch die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks

Beim Mobilfunk sind zwei Expositionssituationen zu unterscheiden:

- Exposition der Anwohner von Mobilfunksendeanlagen (Basisstationen) und
- Exposition der Benutzer von Mobiltelefonen beim Gebrauch der Geräte.

Bei der Begrenzung der Exposition auf ein vertretbares Maß, so sie denn möglich ist, sind für die beiden Gruppen von Betroffenen unterschiedliche Strategien notwendig:

Expositionen durch Mobilfunksendeanlagen (Basisstationen)

Beim Menschen sind nachteilige organische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder, wie sie beim Mobilfunk verwendet werden, für Leistungsflussdichten von $0,2 \text{ W/m}^2$ nachgewiesen worden (s. Kapitel 7). Schon bei Werten von $0,1 \text{ W/m}^2$ können solche Wirkungen nicht ausgeschlossen werden. Wenn man diese Werte mit einem Sicherheitsfaktor 10 versieht, wie er auch von der ICNIRP angewandt wird und wie er beim derzeitigen Kenntnisstand angebracht erscheint, erhält man einen Vorsorgegrenzwert von $0,01 \text{ W/m}^2$. Dieser sollte bei dem Betrieb von Mobilfunksendeanlagen in der Nähe empfindlicher Nutzungen (Wohngebiete, Schulen, Kindergärten, Spielplätze, Krankenhäuser und alle anderen Orte, an denen sich Menschen regelmäßig für mehr als 4 Stunden aufhalten) unbedingt eingehalten werden. Der Vorsorgegrenzwert $0,01 \text{ W/m}^2$ wird unabhängig von der Trägerfrequenz empfohlen. Eine grobe Frequenzabhängigkeit mit höheren Grenzwerten außerhalb des Resonanzbereiches, wie sie beim SAR-Konzept angewandt wird, ist vor dem Hintergrund der Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen, die eindeutig nicht-thermische Effekte hochfrequenter elektromagnetischer Felder belegen, nicht zu vertreten. Auch erhöhte zulässige Expositionen für Teilkörper-Bereiche sind, solange sie sich auch auf Kopf und Rumpf beziehen, nicht zu rechtfertigen.

Exposition der Benutzer von Mobiltelefonen

Der für die Umgebung von Mobilfunksendeanlagen empfohlene Grenzwert ist bei der Benutzung der Geräte auf dem jetzigen und dem in absehbarer Zeit erreichbaren Stand der Technik nicht möglich. Eine Absenkung auf maximal $0,5 \text{ W/m}^2$ sollte aber dringend angestrebt werden.

Ein besonderes Problem in dieser Expositionsgruppe stellen Kinder und Jugendliche dar, da sich zum einen ihr Organismus in der Entwicklung befindet und deshalb besonders empfindlich ist, zum anderen weil mittlerweile viele Heranwachsende zu den regelmäßigen Nutzern von Mobiltelefonen gehören. Diese Bevölkerungsgruppe sollte deshalb zumindest nicht direkt beworben werden. Außerdem sollten besondere Anstrengungen unternommen werden, um die Belastungen beim Telefonieren zu verringern. Denkbar wären z.B. (verdeckte) Werbekampagnen zugunsten der Nutzung von Head-Sets. Schließlich müssten auch Aufklärungs- und/oder Werbekonzepte entwickelt werden, um Belastungen zu minimieren, die dadurch entstehen, dass Mobiltelefone im Bereitschaftsbetrieb am Körper getragen werden.

8.2 Forschung zu den gesundheitlichen Risiken des Mobilfunks

Die im Kapitel 8.1 vorgeschlagenen Vorsorgegrenzwerte beruhen auf dem derzeitigen Erkenntnisstand. Dieser ist jedoch lückenhaft und bei einer Technologie, deren Emissionen praktisch die ganze Bevölkerung ausgesetzt ist, sind weitere Forschungsanstrengungen notwendig, um eine Basis für wirklich verlässliche Grenzwerte zu schaffen. Forschungsbedarf besteht vor dem Hintergrund des dargestellten Forschungsstandes vor allem bei Untersuchungen am lebenden System (Mensch, Tier):

Epidemiologische Untersuchungen

- Studien mit messtechnischer Erfassung der Exposition an bereits bestehenden Sendeanlagen des Rundfunks (UKW), des Fernsehens und bereits länger bestehender Mobilfunk- und Personenruf-Netze (die Emissionen an diesen Anlagen sind zwar insbesondere hinsichtlich der verwendeten Modulationen nicht direkt mit denen des Mobilfunks vergleichbar, aber entsprechende Untersuchungen könnten dennoch wertvolle Hinweise zur Bewertung von Expositionsrisiken hochfrequenter elektromagnetischer Felder geben; in die Untersuchungen sollten neben Krebserkrankungen unbedingt auch Krankheiten des Zentralen Nervensystems, einschließlich neurodegenerativer Erkrankungen, und des Herz-Kreislauf-Systems sowie Krankheiten einbezogen werden, die auf Schwächungen des Immunsystems zurückzuführen sind, auch sollte im Rahmen solcher Untersuchungen gezielt möglichen Häufungen unspezifischer Symptome und Befindlichkeitsstörungen (Elektrosensibilität) nachgegangen werden);
- Meta-Studie mit retrospektiver Dosimetrie für die Untersuchungen, die sich auf die Anwohner emittierender Anlagen bezogen (s. Anhang D) anhand von Messdaten vergleichbarer Anlagen;
- Kohorten-Studie zum Gesundheitszustand (s.o.) von Mobilfunknutzern und Anwohnern von Mobilfunk-Sendeanlagen;
- Tierepidemiologische Untersuchungen an Haustieren.

Experimentelle Langzeit-Untersuchungen

Untersuchungen zu chronischen Wirkungen der Felder des Mobilfunks

- auf das Zentrale Nervensystem (bevorzugt am Menschen);
- auf das Immun- und das Hormonsystem (bevorzugt am Menschen, aber auch weitere Tierexperimente bei niedrigen Intensitäten wären hilfreich, z.B. auch zu EMF-induziertem Stress);
- auf das Herz-Kreislauf-System (Herzschlagrhythmus-Variabilität, Blutdruck usw., am Menschen wie am Tier).

Experimentelle Kurzzeit-Untersuchungen

Untersuchungen zu akuten Wirkungen der Felder des Mobilfunks

- auf das Gehirn in verschiedenen Ruhe- und Belastungssituationen (bevorzugt mit Hilfe des EEG und verwandter Methoden).

Über diese Ansätze hinaus wäre es wichtig, eine Strategie zur Erforschung des Phänomens 'Elektrosensibilität' und seiner Verbreitung zu entwickeln, die sowohl dem Versagen herkömmlicher Methoden experimenteller Annäherung an das Problem Rechnung trägt als auch erlaubt, das Erfahrungswissen in den Selbsthilfegruppen und den Verbänden der Betroffenen zu nutzen.

Literatur

- | | | | | | |
|--|------|--|---------------------------|--------|---------|
| Adey W.R., Byus C.V., Cain C.D., Higgins R.J., Jones R.A., Kean C.J., Kuster N., MacMurray A., Stagg R.B., Zimmermann G., Phillips J.L. & Haggren W. | 1999 | Spontaneous and nitrosourea-induced primary tumors in the central nervous system in Fischer 344 rats chronically exposed to 836 MHz modulated microwaves | Radiat. Res. | 152 | 293-302 |
| Akdag M.Z., Celik S., Ketani A., Nergiz Y., Deniz M. & Dasdag S. | 1999 | Effect of chronic low-intensity microwave radiation on sperm count, sperm morphology, and testicular and epididymal tissues of rats | Electro-Magnetobiol. | 18, 2 | 133-145 |
| Albert E.N. | 1979 | Reversibility of microwave-induced blood-brain-barrier permeability | Radio Sci. | 14, 6S | 323-327 |
| Alberti E.N. & Kerns J.M. | 1981 | Reversible microwave effects on the blood-brain barrier | Brain Res. | 230 | 153-164 |
| Anderstam B., Hamnerius Y., Hussain S. & Ehrenberg L. | 1983 | Studies of possible genetic effects in bacteria of high frequency electromagnetic fields | Hereditas | 98 | 11-32 |
| Antonopoulos A., Eisenbrandt H. & Obe G. | 1997 | Effects of high-frequency electromagnetic fields on human lymphocytes in vitro | Mutat. Res. | | 209-214 |
| Balcer-Kubiczek E.K. & Harrison G.H. | 1985 | Evidence for microwave carcinogenicity in vitro | Carcinogenesis | 6 (6) | 859-864 |
| Balcer-Kubiczek E.K. & Harrison G.H. | 1989 | Induction of neoplastic transformation in C3H/10T1/2 cells by 2,45 GHz microwaves and phorbol ester | Radiat. Res. | 117 | 531-537 |
| Balcer-Kubiczek E.K. & Harrison G.H. | 1991 | Neoplastic transformation of C3H/10T1/2 cells following exposure to 120-Hz modulated 2,45-GHz microwaves and phorbol ester tumor promoter | Radiat. Res. | 126 | 65-72 |
| Balode Z. | 1996 | Assessment of radio-frequency electromagnetic radiation by the micronucleus test in Bovin peripheral erythrocytes | Sci Total Environ | 180 | 81-85 |
| Banerjee R., Goldfeder A. & Mitra J. | 1983 | Sister chromatid exchanges and chromosome aberrations induced by radio sensitizing agents in bone marrow cells of treated tumor-bearing mice | JNCI | 70, 3 | 517-521 |
| Bawin S.M., Kaczmarek L.K. & Adey W.R. | 1975 | Effects of modulated VHF fields on the central nervous system | Ann. N. Y. Acad. Sciences | 247 | 74-80 |
| Beall C., Delzell E., Cole P. & Brill I. | 1996 | Brain tumors among electronics industry workers | Epidemiology | 7, 2 | 125-130 |
| Beechey C.V., Brooker D., Kowalczyk D., Saunders C.I. & Searle A.G. | 1986 | Cytogenic effects of microwave irradiation on male germ cells of the mouse | Int. J. Radiat. Biol. | 50, 5 | 909-918 |
| Behari J., Kunjilwar K.K. & Pyne S. | 1998 | Interaction of low level modulated RF radiation with Na ⁺ -K ⁺ -ATPase | Bioelectrochemistry | 47 | 247-252 |
| Berman E., Carter H.B. & House D. | 1980 | Tests for mutagenesis and reproduction in male rats exposed to 2,45 GHz (CW) microwaves | Bioelectromagnetics | 1 | 65-76 |
| Berman E., Carter H.B. & House D. | 1982 | Reduced weight in mice offspring after in utero exposure to 2450-MHz (CW) microwaves | Bioelectromagnetics | 3 | 285-291 |
| Berman E. & Carter H.B. | 1984 | Decreased body weight in foetal rats after irradiation with 2450-MHz (CW) microwaves | Health Phys. | 46, 3 | 537-542 |
| Bernhardt J.H., Matthes R. & Repacholi M.H. (Ed.) | 1997 | Non thermal effects of RF electromagnetic fields. Proceedings international seminar on biological effects of non-thermal pulsed and amplitude modulated RF electromagnetic fields and related health risks. Munich | ICNIRP | 3/97 | |
| Blackman C.F., Elder J.A., Weil C.M., Benane S.G., Eichinger D.C. & House D.E. | 1979 | Induction of calcium-ion efflux from brain tissue by radio-frequency radiation: effects of modulation frequency and field strength | Radio Sci | 14, 6S | 93-98 |
| Bohr H. & Bohr J. | 2000 | Microwave enhanced kinetics observed in ORD studies of a protein | Bioelectromagnetics | 21 | 68-72 |
| Bohr H., Brunak S. & Bohr J. | 1997 | Molecular wring resonances in chain molecules | Bioelectromagnetics | 18 | 187-189 |

Borbély A.A., Huber R., Graf T., Fuchs B., Gallmann E. & Achermann P.	1999	Pulsed high-frequency electromagnetic fields affects human sleep and sleep electroencephalogram	Neuroscience Lett.	275	207-210
Bortkiewicz A., Gadzicka E. & Zmyslony M.	1996	Heart rate variability in workers exposed to medium frequency electromagnetic fields	J. Auton Nerv Syst	59	91-97
Brusick D., Albertini R., McRee D., Peterson D., Williams G., Hanawalt P. und Preston J.	1998	Gentoxicity of Radiofrequency Radiation	Environ. Mol. Mutagenesis	32	1-16
Byus C.V., Kartun K., Pieper S. & Adey W.R.	1988	Increased ornithine decarboxylase activity in cultured cells exposed to low energy modulated microwave fields and phorbol ester tumor promoters	Cancer Res	48	422-426
Byus C.V., Lundak R.L., Fletcher R.M. & Adey W.R.	1984	Alterations in protein kinase activity following exposure of cultured human lymphocytes to modulated microwave fields	Bioelectromagnetics	5	341-351
Cain C.D., Thomas D.L. & Adey W.R.	1997	Focus formation of C3H/10T1/2 cells and exposure to a 836.55 MHz modulated radiofrequency field	Bioelectromagnetics	18	237-243
Cantor K.P., Stewart P.A., Brinton L.A. & Dosemeci M.	1995	Occupational exposures and female breast cancer mortality in the United States	J. Occup. Environ. Med.	37 (3)	336-348
Chagnaud J.-L. & Veyret B.	1999	In vivo exposure of rats to GSM-modulated microwaves: flow cytometry analysis of lymphocyte subpopulations and of mitogen stimulation	Int. J. Radiat. Biol.	75, 1	111-113
Chagnaud J.-L., Moreau J.-M. & Veyret B.	1999	No effect of short-term exposure to GSM-modulated low-power microwaves on benzo(a)pyrene-induced tumours in rat	Int. J. Radiat. Biol.	75, 10	1251-1256
Chizhenkova R.A.	1988	Slow potentials and spike unit activity of the cerebral cortex of rabbits exposed to microwaves	Bioelectromagnetics	9	337-345
Chizhenkova R.A. & Safroshkina A.A.	1996	Electrical reactions of brain to microwave irradiation	Electro-Magnetobiology	15, 3	253-258
Chou C.-K., Guy A.W., Kunz L.L., Johnson R.B., Crowley J.J. & Krupp J.H.	1992	Long-term, low-level microwave irradiation of rats	Bioelectromagnetics	13	469-496
Ciaravino V., Meltz M.L., & Erwin D.N.	1991	Absence of synergistic effects between moderate-power radio-frequency electromagnetic radiation and adriamycin on cell-cycle progression and sister chromatid exchange	Bioelectromagnetics	12	289-298
Ciaravino V., Meltz M.L. & Erwin D.N.	1987	Effects of radiofrequency radiation and simultaneous exposure with mitomycin C on the frequency of sister chromatid exchanges in chinese hamster ovary cells	Environ. Mutagen.	9	393-399
Clary S.F., Cao G. & Liu L.-M.	1996	Effects of isothermal 2.45 GHz microwave radiation on the mammalian cell cycle: comparison with effects of isothermal 27 MHz radiofrequency radiation exposure	Bioelectrochem Bioenerg	39	167-173
Clary S.F., Cao G., Liu L.M., Egel P.M. & Shelton K.R.	1997	Stress proteins are not induced in mammalian cells exposed to radiofrequency or microwave radiation	Bioelectromagnetics	18	499-505
Clary S.F., Du Z., Cao G., Liu L. & McCrady C.	1996	Effect of isothermal radiofrequency radiation on cytolytic T lymphocytes	FASEB J	10	913-919
Clary S.F., Liu L.-M. & Merchant R.E.	1990	In vitro lymphocyte proliferation induced by radio-frequency electromagnetic radiation under isothermal conditions	Bioelectromagnetics	11	47-56
Clary S.F., Liu L.-M. & Merchant R.E.	1990	Glioma proliferation modulated in vitro by isothermal radiofrequency exposure	Radiat. Res.	121	38-45
Cole Johnson C. & Spitz M.R.	1989	Childhood nervous system tumours: an assessment of risk associated with paternal occupations involving use, repair or manufacture of electrical and electronic equipment	Int. J. Epidemiol.	18, 4	756-762
Colt J.S. & Blair A.	1998	Parental occupational exposure and risk of childhood cancer	Environ. Health Perspect. (Suppl. 3)	106	909-925
Czerska E.M., Elson E.C., Davis C.C., Swicord M.L. & Czerki P.	1992	Effects of continuous and pulsed 2450-MHz radiation on spontaneous lymphoblastoid trans-	Bioelectromagnetics	13	247-259

d'Ambrosio G., Lioi M.B., Massa R., Scarfi M.R. & Zeni O.	1995	formation of human lymphocytes in vitro Genotoxic effects of amplitude-modulated microwaves on human lymphocytes exposed in vitro under controlled conditions	Electro-Magnetobiology	14	157-164
D'Andrea J.A.	1991	Microwave radiation absorption: behavioral effects	Health Physics	61, 1	29-40
D'Andrea J.A.	1999	Behavioral evaluation of microwave irradiation	Bioelectromagnetics	20	64-74
D'Inzeo G., Bernardi P., Eusebi F., Grassi F., Tamburello C. & Zani B.M.	1988	Microwave effects on acetylcholine-induced channels in cultured chick myotubes	Bioelectromagnetics	9	363-372
Dardalhon M., Averbeck D. & Berteaud A.J.	1981	Studies on possible genetic effects of microwaves in procaryotic and eucaryotic cells	Radiat Environ Biophys	20	37-51
Dardalhon M., Averbeck D., Berteaud A.J. & Ravary V.	1985	Thermal aspects of biological effects of microwaves in <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Int J Radiat Biol	48	987-996
Dasdag S., Oflazoglu H., Kelle M. & Akdag Z.	1998	Effects of microwaves on the phagocytic activity of variously treated rat macrophages	Electro-Magnetobiol.	17, 2	185-194
Davis R.L. & Mostofi F.K.	1993	Cluster of testicular cancer in police officers exposed to hand-held radar	Am. J. Indust. Med.	24	231-233
Demers P.A., Thomas D.B., Rosenblatt K.A., Jimenez L.M., McTiernan A., Stalsberg H., Sternhagen A., Douglas W.D., McCrea Curnen M.G., Satariano W., Austin D.F., Isacson P., Greenberg R.S., et al.	1991	Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men	Am. J. Epidemiol.	134 (4)	340-347
Dobson J. & Pierre T.G.S.	1998	Thermal effects of microwave radiation on biogenic magnetite particles and circuits: theoretical evaluation of cellular phone safety aspects	Electro-Magnetobiol.	17, 3	351-359
Dolk H., Elliott P., Shaddick G., Walls P. & Thakrar B.	1997	Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain, II All high power transmitters	Am. J. Epidemiol.	145, 1	10-17
Dorp R.van, Marani E. & Boon M. E.	1998	Cell replication rates and processes concerning antibody production in vitro are not influenced by 2.45-GHz microwaves at physiologically normal temperatures.	Methods	15	151-159
Dutta S.K., Ghosh B. & Blackman C.F.	1989	Radiofrequency radiation-induced calcium ion efflux enhancement from human and other neuroblastoma cells in culture	Bioelectromagnetics	10	197-202
Dutta S.K., Subramoniam A., Ghosh B. & Parshad R.	1984	Microwave radiation-induced calcium ion efflux from human neuroblastoma cells in culture	Bioelectromagnetics	5	71-78
Dutta S.K., Verma M. & Blackman C.F.	1994	Frequency-dependent alterations in enolase activity in <i>Escheria coli</i> caused by exposure to electric and magnetic fields	Bioelectromagnetics	15	377-383
Elekes E., Thuróczy G. & Szabó L.D.	1996	Effect on the immune system of mice exposed chronically to 50 Hz amplitude-modulated 2.45 GHz microwaves	Bioelectromagnetics	17	246-248
Finkelstein M.M.	1998	Cancer incidence among Ontario police officers	Am. J. Ind. Med.	34	157-162
Foster K.R.	1996	Interaction of radiofrequency fields with biological systems as related to modulation	Bernhardt et al. (Ed.) 1997		47-63
Frei M.R., Berger R.E., Dusch S.J., Guel V., Jauchem J.R., Merritt J.H. & Stedham M.A.	1998	Chronic exposure of cancer-prone mice to low-level 2450 MHz radiofrequency radiation	Bioelectromagnetics	19	20-31
Frei M.R., Jauchem J.R., Dusch S.J., Merritt J.H., Berger R.E. & Stedham M.A.	1998	Chronic, low-level (1.0 W/kg) exposure of mice prone to mammary cancer to 2450 MHz microwaves	Radiat. Res.	150	568-576
Freude G., Ullsperger P., Eggert S. & Ruppe I.	1998	Effects of microwaves emitted by cellular phones on human slow brain potentials	Bioelectromagnetics	19	384-387
Freude G., Ullsperger P., Eggert S., Ruppe I. & Eulitz C.	1999	Untersuchungen zum Einfluß elektromagnetischer Felder von Mobiltelefonen auf langsame Hirnpotentiale im Elektroenzephalogramm des Menschen	in Krause et al. 1999		165-176
Fritze K., Sommer C; Schmitz B; Mies G; Hossmann KA; Kiessling	1997	Effect of global system for mobile communication (GSM) microwave exposure on blood-brain	Acta Neuro-pathol.	94	465-470

M & Wiessner C.		barrier permeability in rat			
Fritze K., Wiessner C., Kuster N., Sommer C., Gass P., Hermann D.M., Kiessling M. & Hossmann K.A.	1997	Effect of global system for mobile communication microwave exposure on the genomic response of the rat brain	Neuroscience	81	627-639
Fucic A., Garaj-Vrhovac V., Skara M. & Dimitrovic B.	1992	X-rays, microwaves and vinyl chloride monomer: their clastogenic and aneugenic activity, using the micronucleus assay on human lymphocytes	Mutat. Res.	282	265-271
Garaj-Vrhovac V., Fucic A. & Horvat D.	1992	The correlation between the frequency of micronuclei and specific chromosome aberrations in human lymphocytes exposed to microwave radiation in vitro	Mutation Res.	281	181-186
Garaj-Vrhovac V., Horvat D. & Koren Z.	1990	The effect of microwave radiation on the cell genome	Mutation Res.	243	87-93
Garaj-Vrhovac V., Horvat D. & Koren Z.	1991	The relationship between colony-forming ability, chromosome aberrations and incidence of micronuclei in V79 Chinese hamster cells exposed to microwave radiation	Mutation Res.	263	143-149
Garland F.C., Shaw E., Gorham E.D., Garland C.F., White M.R. & Sinsheimer P.J.	1990	Incidence of leukemia in occupations with potential electromagnetic field exposure in United States navy personnel	Am. J. Epidemiol.	132, 2	293-303
Garson O.M., McRobert T.L., Campbell L.J., Hocking B. & Gordon I.	1991	A chromosomal study of workers with long-term exposure to radio-frequency radiation	Med. J. Austral.	155	289-292
Glaser R.	1998	Do electromagnetic fields really increase the ornithine-decarboxylase (ODC) activity of cells? What happens with the 'coherence time' effect? - A comment to the papers of T.A. Litovitz et al.	Bioelectrochem. Bioenerget.	46	301-302
Goldman H., Lin J.C., Murphy S. & Lin M.F.	1984	Cerebrovascular permeability to ⁸⁶ Rb in the rat after exposure to pulsed microwaves	Bioelectromagnetics	5	323-330
Goswami P.C., Albee L.D., Parsian A.J., Baty J.D., Moros E.G., Pickard W.F., Roti Roti J.L. & Hunt C.R.	1999	Proto-oncogene mRNA levels and activities of multiple transcription factors in C3H 10T1/2 murine embryonic fibroblasts exposed to 836.62 and 847.74 MHz cellular phone communication frequency radiation	Rad. Res.	151	300-309
Grayson J.K.	1996	Radiation exposure, socioeconomic status, and brain tumor risk in the US Air Force: A nested case-control study	Am. J. Epidemiol.	143, 5	480-486
Grospietsch T., Schulz O., Hölzel R., Lamprecht I. & Kramer K.-D.	1995	Stimulating effects of modulated 150 MHz electromagnetic fields on the growth of Escherichia coli in a cavity resonator	Bioelectrochem. Bioenerget.	37	17-23
Gruenau S.P., Oscar K.J., Folker M.T. & Rapoport S.I.	1982	Absence of microwave effects on blood-brain barrier permeability to (14C)sucrose in the conscious rat	Exp. Neurol.	75	299-307
Hamnerius Y., Rasmuson A. & Rasmuson B.	1985	Biological effects of high-frequency electromagnetic fields on Salmonella typhimurium and Drosophila melanogaster	Bioelectromagnetics	6	405-414
Hardell L., Näsman A., Pahlson A., Hallquist A. & Hansson Mild K.	1999	Use of cellular telephones and risk for brain tumours: A case-control study	Int. J. Oncol.	15	113-116
Hayes R.B., Morris Brown L., Pottern L.M., Gomez M., Kar-daun J.W.P.F., Hoover R.N., O'Connell K.J., Sutzman R.E. & Javadpour N.	1990	Occupation and Risk for Testicular Cancer: A Case-Control Study	Int J Epidemiology	19,4	825-831
Heikkinen P., Kumlin T., Laitinen J.T., Komulainen H. & Juutilainen J.	1999	Chronic exposure to 50-Hz magnetic fields or 900-MHz electromagnetic fields does not alter nocturnal 6-hydroxymelatonin sulfate secretion in CBA/S mice	Electro-Magnetobiology	18, 1	33-42
Hentschel K., Neuschulz H., Freude G., Ullsperger P., Kaul G., Ruppe I., Eggert S., Enderlein G. & Keitel J.	1999	Einfluss von niederfrequent gepulsten Hochfrequenzfeldern auf den Menschen	Schriftenreihe der BAA	Fb 868	
Hentschel K., Neuschulz H., Ruppe I., Eggert S., Freude G.,	1999	Untersuchungen zum Einfluß von niederfrequent gepulsten elektromagnetischen Feldern von	in Krause et al. 1999		1179-1190

Kaul G., Enderlein G. & Keitel J. Higashikubo R., Culbreth V.O., Spitz D.R., LaRegina M.C., Pi- ckard W.F., Straube W.L., Moros E.G. & Roti Roti J.L.	1999	GSM-Mobiltelefonen auf den Menschen Radiofrequency electromagnetic fields have no effect on the in vivo proliferation of the 9L brain tumor	Rad. Res.	152	665-671
Hjollund N.H.I., Bonde J.P.E. & Skotte J.	1997	Semen analysis of personnel operating military radar equipment	Reprod. Toxicol.	11,6	897
Hocking B., Gordon I.R., Grain H.L. & Hatfield G.E.	1996	Cancer Incidence and mortality and proximity to TV towers	Med. J. Aus- tralia	165	601-605
Holly E.A., Aston D.A., Ahn D.K. & Smith A.H.	1996	Intraocular melanoma linked to occupations and chemical exposures	Epidemiology	7 (1)	55-61
ICNIRP	1998	Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic. And electromagnetic fields (up to 300 GHz)	Health Phys.	74	494-522
Imaida K., Taki M, Yamaguchi T, Ito T, Watanabe S, Wake K, Aimoto A, Kamimura Y, Ito N & Shirai T.	1998	Lack of promoting effects of the electromagnetic near-field used for cellular phones (929.2 MHz) on rat liver carcinogenesis in a medium-term liver bioassay	Carcinogene- sis	19	311-314
Imaida K., Taki M., Watanabe S. Kamimura Y., Ito T., Yamaguchi T., Ito N. & Shirai T.	1998	The 1,5 GHz electromagnetic near-field used for cellular phones does not promote rat liver carcinogenesis in a medium-term liver bioassay	Jpn. J. Can- cer Res.	89	995- 1002
Inaba R., Shishido K.-I., Okada A. & Moroji T.	1992	Effects of whole body microwave exposure on rat brain contents of biogenic amines	Eur. J. Appl. Physiol.	65	124-128
Inalöz S.S., Dasdag S., Ceviz A. & Bilici A.	1997	Acceptable radiation leakage of microwave ovens on pregnant and newborn rat brains	Clin. Exp. Obstet. Gy- necol.	24	215-219
Ivaschuk O.I., Jones R.A., Ishi- da-Jones T., Haggren W., Adey W.R. & Phillips J.L.	1997	Exposure of nerve growth factor-treated PC12 rat pheochromocytoma cells to a modulated radiofrequency field at 836,55 MHz	Bioelectro- magnetics	18	223-229
Jensh R.P., Vogel W.H. & Brent R.L.	1983	An evaluation of the teratogenic potential of protracted exposure of pregnant rats to 2450 MHz microwave radiation: II Postnatal psycho- physiologic analysis	J. Toxicol. Environ. Health	11	37-59
Jensh R.P., Weinberg I. & Brent R.L.	1983	An evaluation of the teratogenic potential of protracted exposure of pregnant rats to 2450- MHz microwave radiation: I. Morphologic analysis at term	J. Toxicol. Environ. Health	11	23-35
Källén B., Malmquist G. & Moritz U.	1982	Delivery outcome among physiotherapists in Sweden: is non-ionizing radiation a fetal haz- ard?	Arch. Environ. Health	37 (2)	81-85
Kass G.E.N. & Orrenius S.	1999	Calcium signaling and cytotoxicity	Env. Health Perspect.	107, S1	25-35
Kerbacher J.J., Meltz M.L. & Erwin D.N.	1990	Influence of radiofrequency radiation on chro- mosome aberrations in CHO cells and ist inter- action with DNA damaging agents	Radiat. Res.	123	311-319
Khillare B. & Behari J.	1998	Effect of amplitude-modulated radiofrequency radiation on reproduction pattern in rats	Electro- Magnetobi- ology	17 (1)	43-55
Kirschvink J.L.	1996	Microwave absorption by magnetite: a possible mechanism for coupling nonthermal levels of radiation to biological systems	Bioelectro- magnetics	17	187-194
Klitzing, L. von	1995	Low Frequency pulsed electromagnetic fields influence EEG of man	Physica Medica	11	77-80
Kolodynski A.A. & Kolodynska V.V.	1996	Motor and psychological functions of school children living in the area of the Skrunda radio location station in Latvia	Sci Total Environ	180	87-93 (51-
Kowalczuk C.I., Saunders R.D. & Stapleton H.R.	1983	Sperm count and sperm abnormality in mice after exposure to 2,45 GHz microwave radia- tion	Mutat. Res.	122	155-161
Krause D., Mullins J.M., Penafiel L.M., Meister R. & Nardone R.M.	1991	Microwave exposure alters the expression of 2- 5A dependent RNase	Rad. Res.	127	164-170
La Cara F., Scarfi M.R., D'Auria S., Massa R., d'ambrosio G., Franceschetti G., Rossi M. & De Rosa M.	1999	Different effects of microwave energy and con- ventional heat on the activity of a thermophilic beta-galactosidase from bacillus acidocaldarius	Bioelectro- magnetics	20	172-176
Lagorio S., Rossi S., Vecchia P.,	1997	Mortality of plastic-ware workers exposed to	Bioelec-	18	418-421

De Santis M., Bastianini L., Fusilli M., Ferrucci A., Desideri E. & Comba P.		radiofrequencies		tomagnetics		
Lai H.	1992	Research on the neurological effects of nonionizing radiation at the university of Washington	Bioelectromagnetics	13		513-526
Lai H. & Singh N.P.	1995	Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells	Bioelectromagnetics	16		207-210
Lai H. & Singh N.P.	1996	Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation	Int. J. Radiat. Biol.	69		513-521
Lai H. & Singh N.P.	1997	Melatonin and a spin trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA-strand breaks in rat brain cells	Bioelectromagnetics	18		446-454
Lai H., Carino M.A., Horita A. & Guy A.W.	1989	a Low-level microwave irradiation and central cholinergic activity: a dose-response study	Bioelectromagnetics	10		203-208
Lai H., Carino M.A., Horita A. & Guy A.W.	1989	b Low-level microwave irradiation and central cholinergic systems	Pharmacol. Biochem. Behav.	33		131-138
Lai H., Carino M.A., Horita A. & Guy A.W.	1990	Corticotropin-releasing factor antagonist blocks microwave-induced decreases in high-affinity choline uptake in the rat brain	Brain Res. Bull.	25		609-612
Lai H., Horita A. & Guy A.W.	1988	Acute low-level microwave exposure and central cholinergic activity: studies on irradiation parameters	Bioelectromagnetics	9		355-362
Lai H., Horita A. & Guy A.W.	1994	Microwave irradiation affects radial-arm maze performance in the rat	Bioelectromagnetics	15		95-104
Lai H., Horita A., Chou C.-K. & Guy A.W.	1987	Low-level microwave irradiations affect central cholinergic activity in the rat	J. Neurochem.	48 (1)		40-45
Lancranjan I., Maicanescu M., Rafaila E., Klepsch I. & Popescu H.I.	1975	Gonadic function in workman with long-term exposure to microwaves	Health Physics	29		381-383
Larsen A.I.	1991	b Congenital malformations and exposure to high frequency electromagnetic radiation among Danish physiotherapists	Scand. J. Environ. Health	17		318-323
Larsen A.I., Olsen J. & Svane O.	1991	a Gender specific reproductive outcome and exposure to high frequency electromagnetic radiation among physiotherapists	Scand. J. Environ. Health	17		324-329
Lary J.M., Conover D.L. & Johnson P.H.	1983	Absence of embryotoxic effects from low-level (non-thermal) exposure of rats to 100 MHz radiofrequency radiation	Scand. J. Work Environ. Health	9		120-129
Lin R.S., Dischinger P.C., Cond J. & Farrell K.P.	1985	Occupational exposure to electromagnetic fields and the occurrence of brain tumors	J. Occup. Med.	27, 6		413-419
Lin-Liu S. & Adey W.R.	1982	Low frequency amplitude modulated microwave fields change calcium efflux rates from synaptosomes	Bioelectromagnetics	3		309-322
Litovitz T.A.	1998	Can electromagnetic fields modify the activity of ornithine decarboxylase (ODC)? What happens with the 'coherence time' effect? A reply to the comment by R. Glaser	Bioelectrochem. Bioenerget.	46		303-306
Litovitz T.A., Krause D., Penafiel M., Elson E.C. & Mullins J.M.	1993	The role of coherence time in the effect of microwaves on Ornithine Decarboxylase activity	Bioelectromagnetics	14		395-403
Litovitz T.A., Penafiel L.M., Farrel J.M., Krause D., Meister R. & Mullins J.M.	1997	Bioeffects induced by exposure to microwaves are mitigated by superposition of ELF noise	Bioelectromagnetics	18		422-430
Liu L.-M. & Cleary S.F.	1995	Absorbed energy distribution from radiofrequency electromagnetic radiation in a mammalian cell model: effect of membran-bound water	Bioelectromagnetics	16		160-171
Lloyd D.C., Saunders R.D., Fannon P. & Kowalczyk C.I.	1984	No clastogenic effect from in vitro microwave irradiation of Go human lymphocytes	Int J Radiat Biol	46		135-141
Lloyd D.C., Saunders R.D., Moquet J.E. & Kowalczyk C.I.	1986	Absence of chromosomal damage in human lymphocytes exposed to microwave radiation with hyperthermia	Bioelectromagnetics	7		235-237
Lyle D.B., Schechter P., Adey W.R. & Lundak R.L.	1983	Suppression of T-lymphocyte cytotoxicity following exposure to sinusoidally amplitude-	Bioelectromagnetics	4		281-292

			modulated fields			
Maes A., Collier M., Gorp U. van, Vandoninck S. & Verschaeve L.	1997		Cytogenic effects of 935,2-MHz (GSM) microwaves alone and in combination with mitomycin C	Mutat. Res.	393	151-156
Maes A., Collier M., Slaets D. & Verschaeve L.	1995		Cytogenetic effects of microwaves from mobile communication frequencies (945 MHz)	Electro-Magnetobiol.	14	91-98
Maes A., Collier M., Slaets D. & Verschaeve L.	1996		945 MHz microwaves enhance the mutagenic properties of mitomycin C	Environ. Mol. Mutagen.	28	26-30
Maes A., Verschaeve L., Arroyo A., Wagter C. De & Vercruyssen L.	1993		In vitro cytogenetic effects of 2450 MHz waves on human peripheral blood lymphocytes	Bioelectromagnetics	14	495-501
Magras I.N. & Xenos T.D.	1997		RF radiation-induced changes in the prenatal development of mice	Bioelectromagnetics	18	455-461
Malyapa R., Ahern E.W., Straube W.L., Moros E.G., Pickard W.F. & Roti Roti J.L.	1997	a	Measurement of DNA damage after exposure to 2450 MHz electromagnetic radiation	Radiat. Res.	148	608-617
Malyapa R., Ahern E.W., Straube W.L., Moros E.G., Pickard W.F. & Roti Roti J.L.	1997	b	Measurement of DNA damage after exposure to electromagnetic radiation in the cellular phone communication frequency band (835.62 and 847.74 MHz)	Radiat. Res.	148	618-627
Malyapa R.S., Ahern E.W., Bi C., Straube W.L., LaRegina M., Pickard W.F. & Roti Roti J.L.	1998		DNA damage in rat brain cells after in vivo exposure to 2450 MHz electromagnetic radiation and various methods of euthanasia	Radiat. Res.	149	637-645
Manikowska E., Luciani J.M., Servantie B., Czerski P., Obenovitch J. & Stahl A.	1979		Effects of 9.4 GHz microwave exposure on meiosis in mice	Experientia	35 (3)	388-390
Manikowska-Czerska E, Czerski P. & Leach W.M.	1985		Effects of 2.45 GHz microwaves on meiotic chromosomes of male CBA/CAY mice	J. Heredity	76	71-73
Mann K. & Röschke J.	1996		Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep	Neuropsychobiology	33	41-47
Mann K. & Röschke J.	1996		REM-Suppression unter dem Einfluß digitaler Funktelefone	Wien. Med. Wschr.	146	285-286
Mann K., Röschke J., Conneemann B. & Beta H.	1998		No effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on heart rate variability during human sleep	Neuropsychobiology	38	251-256
Mann K., Wagner P., Brunn G., Hassan F., Hiemke C. & Röschke J.	1997		Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on the neuroendocrine system	Neuroendocrinology	67	139-144
Marcickiewicz J., Chazan B., Niemiec T., Sokolska G., Troszynski M., Luczak M. & Szmigielski S.	1986		Microwave radiation enhances teratogenic effect of cytosine arabinoside in mice	Biol. Neonate	50	75-82
Marec F., Ondracek J. & Brunnhofer V.	1985		The effect of repeated microwave irradiation on the frequency of sex-linked recessive lethal mutations in <i>Drosophila melanogaster</i>	Mutat. Res.	157	163-167
McKenzie D.R., Yin Y. & Morrell S.	1998		Childhood incidence of acute lymphoblastic leukemia and exposure to broadcast radiation in Sydney - a second look	Aust. N. Z. J. Public Health	22	360-367
Meltz M., Eagan P. & Erwin D.N.	1989		Absence of mutagenic interaction between microwaves and mitomycin C in mammalian cells	Environ. Molec. Mutagen.	13	294-303
Meltz M.L., Eagan P. & Erwin D.N.	1990		Proflavin and microwave radiation: absence of mutagenic interaction	Bioelectromagnetics	11	149-157
Meltz M.L., Walker K.A. & Erwin D.N.	1987		Radiofrequency (microwave) radiation exposure of mammalian cells during UV-induced DNA-repair synthesis	Radiat. Res.	110	255-266
Mickley A., Cobb B.L., Mason P. & Farrel S.	1998		Thermal tolerancereduces hyperthermia-induced disruption of working memory: a role for endogenous opiates?	Physiol. Behav.	63 (5)	855-865
Mickley G.A. & Cobb B.L.	1998		Thermal tolerance reduces hyperthermia-induced disruption of working memory: a role for endogenous opiates?	Physiology & Behavior	63	855-865
Mickley G.A., Cobb B.L., Mason P.A. & Farrell S.	1994		Disruption of a putative working memory task and selective expression of brain c-fos following microwave-induced hyperthermia	Physiol. Behav.	55 (6)	1029-1038
Milham S.	1985		Mortality in workers exposed to electromagnetic	Environ.	62	297-300

		fields		Health Per- spect.		
Milham S.	1985	Silent keys: leukemia mortality in amateur radio operators	Lancet		6. April	812
Milham S.	1988	Increased mortality in amateur radio operators due lymphatic and hematopoietic malignancies	Am. J. Epidemiol.		127 (1)	50-54
Milhem S.	1982	Mortality from leukemia in workers exposed to electrical and magnetic fields	New Engl. J. Med.		307	249
Moriyama E., Salcman M. & Broadwell R.D.	1991	Blood-brain barrier alterations after microwave-induced hyperthermia is purely a thermal effect: I Temperature and power measurements	Surg. Neurol.		35	177-182
Moulder J.E., Erdreich L.S., Malyapa R.S., Merritt J., Pickard W.F & Vijayalaxmi	1999	Cell Phones and Cancer: What is the Evidence for a Connection	Radiat. Res.		151	513-531
Nawrot P.S., McRee D.I. & Galvin M.J.	1985	Teratogenic, biochemical, and histological studies with mice prenatally exposed to 2.45-GHz microwave radiation	Radiat. Res.		102	35-45
Neubauer C., Phelan A.M., Kues H. & Lange D.G.	1990	Microwave irradiation of rats at 2.45 GHz activates pinocytotic-like uptake of tracer by capillary endothelial cells of cerebral cortex	Bioelectromagnetics		11	261-268
Novoselova E.G., Fesenko E.E., Makar V.R. & Sadovnikov V.B.	1999	Microwaves and cellular immunity II. Immunostimulating effects of microwaves and naturally occurring antioxidant nutrients	Bioelectrochem. Bioenerget.		49	37-41
Oscar K.J. & Hawkins T.D.	1977	Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats	Brain Res.		126	281-293
Ouellet-Hellstrom R. & Stewart W.F.	1993	Miscarriages among female physical therapists who report using radio- and microwave-frequency electromagnetic radiation	Am. J. Epidemiol.		138	775-786
Pazmany T., Szkladanyi A. und Szabo L.D.	1990	The Effect of 2.45 GHz Microwave Irradiation on Human Peripheral Lymphocytes	Acta Biochim. Biophys. Hung.		25	157-163
Penafiel L.M., Litovitz T., Krause D., Desta A. & Mullins J.M.	1997	Role of modulation on the effect of microwaves on ornithine decarboxylase activity in L929 cells	Bioelectromagnetics		18	132-141
Phelan A.M., Lange D.G., Kues H.A. & Luty G.A.	1992	Modification of membrane fluidity in melanin-containing cells by low level microwave radiation.	Bioelectromagnetics		13	131-146
Phillips J.L., Ivaschuk O., Ishida-Jones T., Jones R. A, Campbell-Beachler M. & Haggren W.	1998	DNA damage in Molt-4 T-lymphoblastoid cells exposed to cellular telephone radiofrequency fields in vitro	Bioelectrochem. Bioenerget.		45	103-110
Postow E. & Swicord M.L.	1996	Modulated fields and "window" effects. In: Polk C. & Postow E.: Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields, 2nd. Ed.	CRC Press, Boca Raton			535-580
Prato F.S., Wills J.M., Roger J., Frappier H., Drost D.J., Lee T.-Y., Shivers R.R. & Zabel P.	1994	Blood-brain barrier permeability in rats is altered by exposure to magnetic fields associated with magnetic resonance imaging at 1.5 T	Microscopy Res. Techn.		27	528-534
Preece A.W., Iwi G., Davies-Smith A, Wesnes K., Butler S., Lim E & Varey A.	1999	Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man	Int. J. Radiat. Biol		75	447-456
Preston E., Vavasour E.J. & Assenheim H.M.	1979	Permeability of the blood-brain barrier to mannitol in the rat following 2450 MHz microwave irradiation	Brain Research		174	109-117
Rama Rao G., Cain C.A., Lockwood J. & Tompkins W.A.F.	1983	Effects of microwave exposure on the hamster immune system. II. Peritoneal macrophage function	Bioelectromagnetics		4	141-155
Raslear T.G., Akyel Y., Bates F., Belt M. & Lu S.T.	1993	Temperol bisection in rats: the effects of high-peak-power pulsed microwave irradiation	Bioelectromagnetics		14 (5)	459-478
Reiser H., Dimpfel W. & Schober F.	1995	The influence of electromagnetic fields on human brain activity	Eur. J. Med. Res. 1:		1	27-32
Repacholi M.H.	1997	Radiofrequency field exposure and cancer: what do the laboratory studies suggest?	Environ. Health Perspectives		105 (Suppl 6)	1565-1568
Repacholi M.H.	1998	Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs	Bioelectromagnetics		19	1-19
Repacholi M.H., Basten. A., Gebiski V., Noonan D., Finnie J.	1997	Lymphomas in μ -Pim 1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic	Radiat. Res.		147	631-640

& Harris A.W.		fields				
Robinette C.D., Silverman C. & Jablon S.	1980	Effects upon health of occupational exposure to microwave radiation (radar)	Am. J. Epidemiol.	112		39-53
Röschke J. & K. Mann	1997	No short-term effects of digital mobile radio telephone on the awake human electroencephalogram	Bioelectromagnetics	18		172-176
Rothman K.J., Loughlin J.E., Funch D.P. & Dreyer N.A.	1996	Overall mortality of cellular telephone customers	Epidemiology	7,3		303-305
Saffer J.D. & Profenno L.A.	1992	Microwave-specific heating affects gene expression	Bioelectromagnetics	13		75-78
Sagripanti J.-L. & Swicord M.L.	1986	DNA structural changes caused by microwave radiation	Int. J. Radiat. Biol.	50		47-50
Sagripanti J.-L., Swicord M.L. & Davis C.C.	1987	Microwave effects on plasmid DNA	Rad. Res.	110		219-231
Salford L.G., Brun A., Eberhardt J.L. & Persson B.R.R.	1993	Permeability of the blood brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50 and 200 Hz	Bioelectrochem. Bioenerg.	30		293-301
Salford L.G., Brun A., Persson B.R.R. & Eberhardt J.	1993	Experimental studies of brain tumour development during exposure to continuous and pulsed 915 MHz radiofrequency radiation	Bioelectrochem. Bioenerg.	30		313-318
Salford L.G., Brun A., Stuesson K., Eberhardt J.L. & Persson B.R.R.	1994	Permeability of the blood brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50 and 200 Hz	Micros. Res. Tech.	27		535-542
Santini R., Hosni M., Deschaux P. & Packeon H.	1988	B16 melanoma development in black mice exposed to low-level microwave radiation	Bioelectromagnetics	9		105-107
Sarkar S., Ali S. & Behari J.	1994	Effect of low power microwave on the mouse genome: a direct DNA analysis	Mutation Res.	320		141-147
Saunders R.D. & Kowalczyk C.I.	1981	Effects of 2.45 GHz microwave radiation and heat on mouse spermatogenic epithelium	Int. J. Radiat. Biol.	40		623-632
Saunders R.D., Darby S.C. & Kowalczyk C.I.	1983	Dominant lethal studies in male mice after exposure to 2.45 GHz microwave radiation	Mutat. res.	117		345-356
Saunders R.D., Kowalczyk C.I., Beechey C.V. & Dunford R.	1988	Studies on the induction of dominant lethals and translocations in male mice after chronic exposure to microwave radiation	Int. J. Radiat. Biol.	53		983-992
Saunders R.D., Sienkiewicz Z.J. & Kowalczyk C.I.	1991	Biological effects of electromagnetic fields and radiation	J. Radiol. Prot.	11, 1		27-42
Savitz D.A., Loomis D.P. & Tse C.K.J.	1998	Electrical occupations and neurodegenerative disease: analysis of U.S. mortality data	Arch. Environ. Health			71-74
Scarfi M.R., Lioi M.B., d'Ambrosio G., Massa R., Zeni O., Di Pietro R. & Di Bernardino D.	1996	Genotoxic effects of mitomycin-C and microwave radiation on bovine lymphocytes	Electro- and Magneto	15 (2)		99-107
Scott G.	1992	Free radicals provide a mechanism for EMF's to promote cancer	Electromagn. News	3		6-8
Shackelford R.E., Kaufmann W.K. & Paules R.S.	1999	Cell cycle control, checkpoint mechanisms, and genotoxic stress	Environ. Health Perspect.	107, S1		5-24
Smialowicz R.J., Kinn J.B. & Elder J.A.	1979	Perinatal exposure of rats to 2450-MHz CW microwave radiation: Effects on lymphocytes	Radio Sci.	14, 6S		147-153
Smialowicz R.J., Rogers R.R., Garner R.J., Riddle M.M., Luebke R.W. & Rowe D.G.	1983	Microwaves (2,450 MHz) suppress murine natural killer cell activity	Bioelectromagnetics	4		371-381
Smulevich V.B., Solionova L.G. & Belyakova S.V.	1999	Parental occupation and other factors and cancer risk in children: II occupational factors	Int. J. Cancer	83 (7)		718-722
Somosy Z., Thuroczy G. & Kovacs J.	1993	Effects of modulated and continuous microwave irradiation on pyroantimonate precipitable calcium content in junctional complex of mouse small intestine	Scanning Microscopy	7		1255-1261
Stagg R.B., Thomas W.J., Jones R.A. & Adey W.R.	1997	DNA synthesis and cell proliferation in C6 glioma and primary glial cells exposed to a 836,55 MHz modulated radiofrequency field	Bioelectromagnetics	18		230-236
Szmigielski S.	1996	Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic	Sci. Total Environ.	180		9-17
Szmigielski S., Szudinski A.,	1982	Accelerated development of spontaneous and	Bioelectro-	3		179-191

Pietraszek A., Bielec M. & Wrembel J.K.		benzopyrene-induced skin cancer in mice exposed to 2450-MHz microwave radiation	magnetics		
Szudzinski A., Pietraszek A., Janiak M., Wrembel J., Kalczak M. & Szimgielski S.	1982	Acceleration of the development of benzopyrene-induced skin cancer in mice by microwave radiation	Arch. Dermatol. Res.	274	303-312
Thomas T.L., Stolley P.D., Stemhagen A., Fontham E.T.H., Bleecker M.L., Stewart P.A. & Hoover R.N.	1987	Brain tumor mortality risk among men with electrical and electronics jobs: a case-control study	JNCI	79	233-238
Thuroczy G., Kubinyi G., Bodo M., Bakos J. & Szabo L.D.	1994	Simultaneous response of brain electrical activity (EEG) and cerebral circulation (REG) to microwave exposure in rats	Rev. Environ. Health	10, 2	135-148
Toler J., Shelton W.W., Frei M.R., Merritt J.H. & Stedham M.A.	1997	Long-term, low-level exposure of mice prone to mammary tumors to a 435 MHz radiofrequency radiation	Radiat. Res.	148	227-234
Törnqvist S., Knave B., Ahlbom A. & Persson T.	1991	Incidence of leukemia and brain tumors in some "electrical occupations"	Br. J. Ind. Med.	48	597-603
Tynes T., Andersen A. & Langmark F.	1992	Incidence of cancer in Norwegian workers potentially exposed to electromagnetic fields	Am. J. Epidemiol.	136 (1)	81-88
Tynes T., Hannevik M., Anderson A., Visnes A.I. & Haldorsen T.	1996	Incidence of breast cancer in Norwegian female radio and telegraph operators	Cancer Causes Contr.	7	197-204
Vaagerö D., Ahlbom A., Olin R. & Sahlsten S.	1985	Cancer morbidity among workers in the telecommunications industry	Br. J. Ind. Med.	42 (3)	191-195
Varma M.M. & Traboulay E.A.	1977	Comparison of native and microwave irradiated DNA	Experientia	33	1649-1650
Velizarov S., Raskmark P. & Kwee S.	1999	The effects of radiofrequency fields on cell proliferation are non-thermal	Bioelectrochemistry	48	177-180
Verschaeve L & Maes A.	1998	Genetic, carcinogenic and teratogenic effects of radiofrequency fields	Mutat. Res.	410	141-165
Verschaeve L.	1995	Can non ionizing radiation induce cancer?	Cancer Journal 8:237	8	237-249
Vijayalaxmi, Frei M.R., Dusch S.J., Guel V., Meltz M.L. & Jauchem J.R.	1997	a Frequency of micronuclei in the peripheral blood and bone marrow of cancer-prone mice chronically exposed to 2450 MHz radiofrequency radiation	Rad. Res.	147	495-500
Vijayalaxmi, Mohan N., Meltz M.L. & Wittler M.A.	1997	b Proliferation and cytogenetic studies in human blood lymphocytes exposed in vitro to 2450-MHz radiofrequency radiation	Int. J. Radiat. Biol.	72	751-757
Vollrath L., Spessert R., Kratzsch T., Keiner M. & Hollmann H.	1997	No short-term effects of high-frequency electromagnetic fields on the mammalian pineal gland	Bioelectromagnetics	18	376-387
Vorobyov V.V., Galchenko A.A., Kukushkin N.I. & Akoev I.G.	1997	Effects of weak microwave fields amplitude modulated at ELF on EEG of symmetric brain areas in rats	Bioelectromagnetics	18	293-298
Wagner P., Röschke J., Mann K., Hiller W. & Frank C.	1998	Human sleep under the influence of pulsed radiofrequency electromagnetic fields: a polysomnographic study using standardized conditions	Bioelectromagnetics	19	199-202
Wang B. & Lai H.	2000	Acute exposure to pulsed 2450-MHz microwaves affects water-maze performance of rats	Bioelectromagnetics	21	52-56
Weyandt T.B., Schrader S.M., Turner T.W. & Simon S.D.	1996	Semen analysis of military personnel associated with military duty assignments	Reprod. Toxicol.	10,6	521-528
Williams W.M., Lu S.-T., Cerro M. del & Michaelson S.M.	1984	b Effect of 2450 MHz microwave energy on the blood-brain barrier to hydrophilic molecules. D. Brain temperature and blood-brain barrier permeability to hydrophilic tracers	Brain Res. Rev.	7	191-212
Wolke S., Neibig U., Elsner R., Gollnick F. und Meyer R.	1996	Calcium homeostasis of isolated heart muscle cells exposed to pulsed high-frequency electromagnetic fields	Bioelectromagnetics	17	144-153
Wu R.Y., Chiang H., Shao B.J., Li N.G. & Fu Y.D.	1994	Effects of 2,45 GHz microwave radiation and phorbol ester 12-o-tetradecanoylphorbol-13-acetate on dimethylhydrazine-induced colon cancer in mice	Bioelectromagnetics	15	531-538
Yang H.K., Cain C.A., Lockwood J. & Tompkins W.A.F.	1983	Effects of microwave exposure on the hamster immune system. I. Natural killer cell activity	Bioelectromagnetics	4	123-139

Yao K.T.S.	1978	Microwave radiation-induced chromosomal aberrations in corneal epithelium of Chinese hamsters	J. Hered.	69	409-412
Yao K.T.S.	1982	Cytogenetic consequences of microwave irradiation on mammalian cells incubated in vitro	J. Hered.	73	133-138
Zhao Z., Zhang S., Zho H., Zhang S., Su J., & Li L.	1994	The effects of radiofrequency (<30 MHz) radiation in humans	Rev. Environ. Health	10	213-215

Anhang A

Untersuchungen zur Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf der zellulären Ebene

Abkürzungen

neg.	Befund negativ
n.s.	statistisch nicht signifikant
pos.	Befund positiv
s.s.	statistisch signifikant
z.T.	zum Teil; einige Ergebnisse
#	Widerspruch zur Aussage der Autoren
?	unbekannt; nicht angegeben; unsicher

Tabelle A.1 Gentoxische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder

Frequenz	Modulation	Leistungsdichte/ SAR	Expos. Zeit	Untersuch.objekt/ Methode	Ergebnis	Ref.
direkte DNA-Schäden						
2,45 GHz	cw	10 – 20 W/m ² 0,6– 1,2 W/kg	2 h	Ratte, in vivo	pos., s.s.	Lai & Singh 1995
2,45 GHz	PM, 500 Hz	10 – 20 W/m ² 0,6– 1,2 W/kg	2 h	Ratte, in vivo	pos., s.s.	Lai & Singh 1995
2,45 GHz	PM, cw	20 W/m ² 1,2 W/kg	2 h	Ratte, in vivo	pos., s.s.	Lai & Singh 1996
2,45 GHz	PM, 500 Hz	20 W/m ² 1,2 W/kg	2 h	Ratte, in vivo	pos., s.s.	Lai & Singh 1996
2,45 GHz	PM, 500 Hz	20 W/m ² 1,2 W/kg	2 h	Ratte, in vivo	pos., s.s.	Lai & Singh 1997
2,45 GHz	cw	0,7– 1,9 W/kg	2 h – 24 h	Glioblastom Zellen (Mensch), in vitro	neg.?	Malyapa et al. 1997a
2,45 GHz	cw	0,7– 1,9 W/kg	2 h – 24 h	Fibroblasten (Maus), in vitro	neg.?	Malyapa et al. 1997a
836 – 848 MHz	cw, FM, PM	0,6 W/kg	2 h – 24 h	Glioblastom Zellen (Mensch), in vitro	neg.?	Malyapa et al. 1997b
836 – 848 MHz		0,6 W/kg	2 h – 24 h	Fibroblasten (Maus), in vitro	neg.?	Malyapa et al. 1997b
2,45 GHz	cw	1,2 W/kg	2 h	Ratte (Gehirn), in vivo	?	Malyapa et al. 1998
814 – 837 MHz	PM, TDMA, 50 Hz	8 – 90 W/m ² 2,4– 26 W/kg	1 h – 10,67 h	T-Lymphoblasten	pos., s.s.	Phillips et al. 1998
2,45 GHz	cw	10 W/m ² 1,18 W/kg	120 d, 2 h/d – 200 d, 2 h/d	Maus (Gehirn, Ho- den), in vivo	pos., s.s.	Sarkar et al. 1994
1,7 GHz	cw	500 W/m ²	30 min	Maus (Hoden), in vivo	pos.	Varma & Traboulay 1977
Einflüsse auf die DNA-Synthese und -Reparatur						
350 MHz	cw	10 – 100 W/m ²	1 h – 3 h	Fibroblasten	unklar, z.T. pos.	Meltz et al. 1987

Frequenz	Modulation	Leistungsdichte/ SAR	Expos. Zeit	Untersuch.objekt/ Methode	Ergebnis	Ref.
		0,039– 4,5 W/kg		(Mensch), in vitro		
350 MHz	PM, 5,0 Hz	10 – 100 W/m ² 0,039– 4,5 W/kg	1 h – 3 h	Fibroblasten (Mensch), in vitro	unklar, z.T. pos.	Meltz et al. 1987
850 MHz	cw	10 – 100 W/m ²	1 h – 3 h	Fibroblasten (Mensch), in vitro	unklar, z.T. pos.	Meltz et al. 1987
850 MHz	PM, 5,0 Hz	10 – 100 W/m ²	1 h – 3 h	Fibroblasten (Mensch), in vitro	unklar, z.T. pos.	Meltz et al. 1987
1,2 GHz	cw	10 – 100 W/m ²	1 h – 3 h	Fibroblasten (Mensch), in vitro	unklar, z.T. pos.	Meltz et al. 1987
1,2 GHz	PM, 80 kHz	10 – 100 W/m ²	1 h – 3 h	Fibroblasten (Mensch), in vitro	unklar, z.T. pos.	Meltz et al. 1987
836,55 MHz	PM, TDMA, 50 Hz	0,9– 90 W/m ² 0,00015 - 0,059 W/kg	4 h – 14 d	Glioma-Zellen (Rat- te), in vitro	pos., s.s.	Stagg et al. 1997
Chromosomen-Aberrationen						
2,45 GHz	cw	?	?	Maus (Knochen- mark), in vivo	pos.	Banerjee et al. 1983
2,45 GHz	cw	400 W/m ²	6 d, 30 min/d	Ratte, in vivo	pos.	Beechey et al. 1986
7,7 GHz	cw	300 W/m ²	15 - 60 min	Fibroblasten (Chin. Hamster), in vitro	pos., s.s.	Garaj-Vrohac et al. 1990
7,7 GHz	cw	5 W/m ²	15 - 60 min	Fibroblasten (Chin. Hamster), in vitro	pos., s.s.	Garaj-Vrohac et al. 1991
7,7 GHz	cw	5 – 300 W/m ²	10 min	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos., s.s.	Garaj-Vrohac et al. 1992
0,4 MHz – 20 GHz	cw, AM, PM			Mensch, in vivo	pos.#, n.s.	Garson et al. 1991
2,45 GHz	PM, 25 kHz	490 W/m ² 33,8 W/kg	2 h	Eizellen (Chin. Hamster)	pos., z.T. s.s.	Kerbacher et al. 1990
2,45 GHz	cw	104 – 193 W/kg	20 min	Lymphozyten (Mensch), in vitro	neg.	Lloyd et al. 1984
2,45 GHz	cw	4 – 200 W/kg	20 min	Lymphozyten (Mensch)	neg.	Lloyd et al. 1986

Frequenz	Modulation	Leistungsdichte/ SAR	Expos. Zeit	Untersuch.objekt/ Methode	Ergebnis	Ref.
2,45 GHz	cw	75 W/kg	30 – 120 min	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos.	Maes et al. 1993
954 MHz	PM, 217 Hz, GSM	beruflich bedingte Exposition		Lymphozyten, Mensch, in vivo	pos., s.s.	Maes et al. 1995
954 MHz	217 Hz, GSM	15 W/m ² 1,5 W/kg	2 h	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos., s.s.	Maes et al. 1995
935,2 MHz	PM/GSM, 217 Hz	0,3– 0,4 W/kg	2 h	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos., n.s.	Maes et al. 1997
9,4 GHz	PM, 1000 Hz	1 – 100 W/m ²	2 w, 3 d/w, 1 h/d	Maus, in vivo	pos., s.s.	Manikowska et al. 1979
2,45 GHz	cw	0,05– 20 W/kg	2 w, 6 d/w, 30 min/d	Maus, in vivo	pos., s.s.	Manikowska- Czerska et al. 1985
2,55 GHz	cw	2W/kg	20 min	DNA (E.coli), in vitro	pos.	Sagripanti & Swicord 1986
2,0– 8,75 GHz	cw	10 W/kg	5 min – 25 min	DNA, in vitro	pos., s.s.	Sagripanti et al. 1987
2,45 GHz	cw	100 W/m ²	120 d 6 h/d	Spermatogonen (Maus), in vivo	neg.	Saunders et al. 1988
2,45 GHz	cw	50 W/m ² 12,46 W/kg	90 min	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos., n.s.	Vijayalaxmi et al. 1997
2,45 GHz	cw	750 W/m ²	5 – 30 min	Chines. Hamster (Corneal Epithel), in vivo	pos, s.s.	Yao 1978
2,45 GHz	cw	15,2 W/kg		RH5- u. RH16- Zellen (Känguruh- Ratte), in vitro	pos., s.s.	Yao 1982
Mikrokerne						
154 – 162 MHz	PM, 24,4 Hz	wechselnde Exposition auf der Weide		Kuh (Erythrozyten), in vivo	pos., s.s.	Balode 1996
2,45 GHz	CW	530 W/m ² 90 W/kg	10 min	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos., z.T. s.s.	d'Ambrosio et al. 1995

Frequenz	Modulation	Leistungsdichte/ SAR	Expos. Zeit	Untersuch.objekt/ Methode	Ergebnis	Ref.
2,45	AM, 50 Hz, sin	530 W/m ² 90 W/kg	10 min	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos., z.T. s.s.	d'Ambrosio et al. 1995
1,25– 1,35 GHz	?PM	0,1– 200 W/m ²	beruflich bedingte Exposition	Lymphozyten (Mensch), in vivo	pos.	Fucic et al. 1992
7,7 GHz	cw	5 W/m ²	15 - 60 min	Fibroblasten (Chin. Hamster), in vitro	pos., s.s.	Garaj-Vrohac et al. 1991
7,7 GHz	cw	5 – 300 W/m ²	10 min	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos., s.s.	Garaj-Vrohac et al. 1992
2,45 GHz	cw	75 W/kg	30 – 120 min	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos.	Maes et al. 1993
9,0 GHz	cw	70 W/kg	10 min	Lymphozyten (Rind), in vitro	pos., s.s.	Scarfi et al. 1996
2,45	cw	50 W/m ² 12,46 W/kg	90 min	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos.#, n.s.	Vijayalaxmi et al. 1997 b
2,45	cw	1,0 W/kg	18 mon	Erythrocyten (Maus Blut / Knochenmark)	pos, s.s.	Vijayalaxmi et al. 1997 a
Schwester-Chromatid-Austausch						
380 MHz	PM, 17,65 Hz	80 W/kg	?	Lymphozyten (Mensch), in vitro	neg.	Antonopoulos et al. 1997
900 MHz	PM/DCS, 217 Hz	208 W/kg	?	Lymphozyten (Mensch), in vitro	neg.	Antonopoulos et al. 1997
1,8 GHz	PM/GSM, 217 Hz	1700 W/kg	?	Lymphozyten (Mensch), in vitro	neg.	Antonopoulos et al. 1997
2,45 GHz	cw	?	?	Maus (Knochen- mark), in vivo	neg.	Banerjee et al. 1983
2,45 GHz	PM, 25 kHz	490 W/m ² 33,8 W/kg	2 h	Eizellen (Chines. Hamster), in vitro	neg.	Ciaravino et al. 1987
2,45 GHz	PM, 25 kHz	490 W/m ² 33,8 W/kg	2 h	Eizellen (Chines. Hamster), in vitro	neg.	Ciaravino et al. 1991
2,45 GHz	cw	104 – 193 W/kg	20 min	Lymphozyten (Mensch), in vitro,	pos., s.s.#	Lloyd et al. 1984

Frequenz	Modulation	Leistungsdichte/ SAR	Expos. Zeit	Untersuch.objekt/ Methode	Ergebnis	Ref.
				Add. Koffein		
2,45 GHz	cw	75 W/kg	30 – 120 min	Lymphozyten (Mensch), in vitro	neg.	Maes et al. 1993
954 MHz	PM/GSM, 217 Hz	1,5 W/kg	2 h	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos., s.s.	Maes et al. 1996
935,2 MHz	PM/GSM, 217 Hz	0,3– 0,4 W/kg	2 h	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos., z.T. s.s.	Maes et al. 1997
2,45 GHz	cw	100 W/m ²	120 d 6 h/d	Spermatogonen (Maus), in vivo	neg.	Saunders et al. 1988
Mutationen						
2,45 GHz	AM, 100 Hz	40 – 80 W/kg	2 h – 6 h	Escherichia coli, in vitro	z.T. pos., s.s.	Anderstam et al. 1983
2,45 GHz	AM, 100 Hz	40 – 80 W/kg	4 h – 7 h	Salmonella typhimurium, in vitro	neg.	Anderstam et al. 1983
3,07 GHz	PM, 500 Hz	95 W/kg	1 h	Escherichia coli, in vitro	neg.	Anderstam et al. 1983
3,07 GHz	PM, 500 Hz	75 - 100 W/kg	2 h – 2,5 h	Salmonella typhimurium, in vitro	neg.	Anderstam et al. 1983
9,4 GHz	cw	600 W/m ² 23 W/kg	30 – 120 min	Escherichia coli, in vitro	neg.	Dardalhon et al. 1981
9,4 GHz	cw	600 W/m ² 23 W/kg	30 – 120 min	Saccharomyces cerevisiae, in vitro	z.T. pos., s.s.	Dardalhon et al. 1981
9,4 GHz	cw	10 – 600 W/m ²	330 min	Saccharomyces cerevisiae, in vitro	pos.	Dardalhon et al. 1985
2,45 GHz	AM, 100 Hz	130 W/kg	5,7 h	Salmonella typhimurium, in vitro	z.T. pos, s.s.	Hamnerius et al. 1985
3,10 GHz	PM, 500 Hz	90 W/kg	6 h	Salmonella typhimurium, in vitro	z.T. pos., n.s.	Hamnerius et al. 1985
2,45 GHz	AM, 100 Hz	110 W/kg	6 h	Drosophila melanogaster, in vivo	neg.	Hamnerius et al. 1985
3,10 GHz	PM, 500 Hz	60 W/kg	6 h	Drosophila melano-	neg.	Hamnerius et al.

Frequenz	Modulation	Leistungsdichte/ SAR	Expos. Zeit	Untersuch.objekt/ Methode	Ergebnis	Ref.
				gaster, in vivo		1985
2,375 MHz	cw	150.000 – 250.000 W/m ²	25 – 300 min	Drosophila melano- gaster, in vivo	z.T. pos., s.s.	Marec et al. 1985
2,45	PM, 25 kHz	480 W/m ² 30 W/kg	bis 63 h	Leukämie-Zellen (Maus), in vitro	pos./neg., z.T. s.s.	Meltz et al. 1989
2,45 GHz	PM, 25 kHz	650 – 870 W/m ² 40 – 40,8 W/kg	4 h	Leukämie-Zellen (Maus), in vitro	neg.	Meltz et al. 1990

Tabelle A.2 Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf zelluläre Prozesse

Frequenz	Modulation	Leistungsflussdichte/ SAR	Expos. Zeit	Untersuch.objekt/ Methode	Ergebnis	Ref.
Gen-Transkription u. -Translation						
890 – 915 GHz	PM/GSM, 217 Hz	0,3– 7,5 W/kg	4 h	Gehirn (Ratte), in vivo	pos., z.T. s.s.	Fritze et al. 1997 a
835,62 MHz	FM/cw	0,6 W/kg	4 d	Fibroblasten (Maus), in vitro	z.T. pos., s.s.	Goswami et al. 1999
847,74 MHz	PM/CDMA, 50 Hz	0,6 W/kg	4 d	Fibroblasten (Maus), in vitro	z.T. pos., s.s.	Goswami et al. 1999
836,55 MHz	PM/TDMA, 50 Hz	0,9– 90 W/m ² 0,00026 – 0,026 W/kg	20 – 100 min	Pheochromocytom-Zellen (Ratte), in vitro	pos., s.s.	Ivaschuk et al. 1997
Zell-Zyklus						
380 MHz	PM, 17,65 Hz	80 W/kg	?	Lymphozyten (Mensch), in vitro	neg.	Antonopoulos et al. 1997
900 MHz	PM/DCS, 217 Hz	208 W/kg	?	Lymphozyten (Mensch), in vitro	neg.	Antonopoulos et al. 1997
1,8 GHz	PM/GSM, 217 Hz	1700 W/kg	?	Lymphozyten (Mensch), in vitro	neg.	Antonopoulos et al. 1997
2,45 GHz	PM, 25 kHz	490 W/m ² 33,8 W/kg	2 h	Eizellen (Chines. Hamster), in vitro	neg.	Ciaravino et al. 1991
2,45 GHz	cw	5 – 25 W/kg	2 h	Eizellen (Chin. Hamster), in vitro	pos., s.s.	Cleary et al. 1996
9,4 GHz	PM, 1,0 kHz	1 – 100 W/m ²	2 w 5 d/w 1 h/d	Maus, in vivo	pos., s.s.	Manikowska et al. 1979
2,45 GHz	cw	100 W/m ²	6x1 h	Lymphozyten (Mensch), in vitro	neg.	Pazmany et al. 1990
2,45 GHz	cw	100 W/m ²	3x1 h	Lymphozyten (Mensch), in vitro	neg.	Pazmany et al. 1990
2,45 GHz	cw	100 W/m ²	5 h	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos., s.s.	Pazmany et al. 1990

Tabelle A.3 Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Zell-Transformation und Zell-Proliferation

Frequenz	Modulation	Leistungsdichte/ SAR	Expos. Zeit	Untersuch.objekt/ Methode	Ergebnis	Ref.
Zelltransformationen (u.a. neoplastische)						
2,45 GHz	PM, 120 Hz	4,4 W/kg	24 h	Fibroblasten (Maus), in vitro	z.T. pos., s.s.	Balcer-Kubiczek & Harrison 1985
2,45 GHz	PM, 120 Hz	4,4 W/kg	24 h	Fibroblasten (Maus), in vitro	z.T. pos., s.s.	Balcer-Kubiczek & Harrison 1989
2,45 GHz	PM, 120 Hz	0,1– 4,4 W/kg	24 h	Fibroblasten (Maus), in vitro	z.T. pos., s.s.	Balcer-Kubiczek & Harrison 1991
2,45 GHz	cw	0,8– 12,3 W/kg	5 d	Lymphozyten (Mensch), in vitro	neg.	Czerska et al. 1992
2,45 GHz	PM, 1000 Hz	0,8– 12,3 W/kg	5 d	Lymphozyten (Mensch), in vitro	pos., s.s.	Czerska et al. 1992
2,45 GHz	cw	50 W/m ²		Lymphozyten (Maus)	pos.	Smialowicz et al. 1979
Zell-Kommunikation						
836,55 MHz	PM, TDMA, 50 Hz	0,3 – 30 W/m ² 0,00015 - 0,015 W/kg	28 d	Fibroblasten (Maus), in vitro	z.T. pos., s.s.	Cain et al. 1997
Zell-Proliferation						
2,45 GHz	AM, 100 Hz	40 – 80 W/kg	2 h –6 h	Escherichia coli, in vitro	z.T. pos., s.s.	Anderstam et al. 1983
2,45 GHz	AM, 100 Hz	40 – 80 W/kg	4 h – 7 h	Salmonella typhi- murium, in vitro	z.T. pos., s.s.	Anderstam et al. 1983
3,07 GHz	PM, 500 Hz	95 W/kg	1 h	Escherichia coli, in vitro	z.T. pos., s.s.	Anderstam et al. 1983
3,07 GHz	PM, 500 Hz	75 - 100 W/kg	2 h – 2,5 h	Salmonella typhi- murium, in vitro	z.T. pos., s.s.	Anderstam et al. 1983
900 MHz	PM/GSM, 217 Hz	0,55– 2,0 W/m ² 0,075– 0,270 W/kg	10 d 2 h/d	Lymphozyten (Ratte, (Sprague-Dawley), in vivo	neg.	Chagnaud & Veyret 1999

Frequenz	Modulation	Leistungsdichte/ SAR	Expos. Zeit	Untersuch.objekt/ Methode	Ergebnis	Ref.
2,45	cw	5 – 50 W/kg	2 h	Blut (Mensch), Lym- phozyten, in vitro	pos., s.s.	Cleary et al. 1990 a
2,45	cw	5 – 75 W/kg	2 h	Glioma-Zellen, in vitro	pos. s.s.	Cleary et al. 1990 b
2,45 GHz	cw	5 – 50 W/kg	2 h	T-Lymphozyten (Maus, CTLL-2), in vitro	pos., s.s.	Cleary et al. 1996
2,45 GHz	PM/PCS, 50 Hz	5 W/kg	2 h	T-Lymphozyten (Maus, CTLL-2), in vitro	pos., s.s.	Cleary et al. 1996
2,45 GHz	?	?	15 s – 5 h	Myeloma- u. Hyb- ridoma-Zellen (Maus), in vitro	?, Methode frag- würdig	Dorp et al. 1998
150 MHz	AM, 72 Hz, 217 Hz, 1100 Hz	1,6 kV/m 5,4 μ T		Escherichia coli, in vitro	pos., z.T. s.s.	Grospietsch et al. 1995
2,45 GHz	AM, 100 Hz	130 W/kg	5,7 h	Salmonella typhi- murium,	pos, s.s.	Hamnerius et al. 1985
3,10 GHz	PM, 500 Hz	90 W/kg	6 h	Salmonella typhimu- rium,	pos., s.s.	Hamnerius et al. 1985
836,55 MHz	PM, TDMA, 50 Hz	0,9– 90 W/m ² 0,00015 - 0,059 W/kg	4 h – 14 d	Glioma-Zellen (Rat- te), in vitro	neg.	Stagg et al. 1997
960 MHz	PM, GSM, 217 Hz	0,0021 W/kg	30 min	transform. Epithel- Amnion-Zellen (Mensch), in vitro	pos., (s.s)	Velizarov et al. 1999

Anhang B

Untersuchungen zur Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf das Zentrale Nervensystem (Blut-Hirn-Schranke)

Abkürzungen

neg.	Befund negativ
n.s.	statistisch nicht signifikant
pos.	Befund positiv
s.s.	statistisch signifikant
z.T.	zum Teil; einige Ergebnisse
#	Widerspruch zur Aussage der Autoren
?	unbekannt; nicht angegeben; unsicher

Tabelle B.1 Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Blut-Hirn-Schranke

Frequenz	Modulation	Leistungsflussdichte/ SAR	Expos. Zeit	Untersuch.objekt	Ergebnis	Ref.
2,8 GHz	cw	100 W/m ²	2 h	Ratte (Wistar)	pos.	Albert 1979
2,45 GHz	cw	100 W/m ² 2,5 W/kg	2 h	Hamster (Chin.)	pos., s.s.	Albert & Kerns 1981
900 MHz	PM/GSM, 217 Hz	0,3– 7,5 W/kg	4 h	Ratte (Wistar)	pos., z.T. s.s.	Fritze et al. 1997 b
2,8 GHz	cw	100 – 400 W/m ²	4 h	Ratte (Tac:N(SD)sBR)	z.T. pos, n.s.	Gruenau et al. 1982
2,8 GHz	PM, 500 Hz	10 – 150 W/m ²	4 h	Ratte (Tac:N(SD)sBR)	z.T. pos, n.s.	Gruenau et al. 1982
2,45 GHz	PM, 100 Hz	100 W/m ² 2 W/kg	30 min – 2 h	Ratte (Sprague Daw- ley)	pos., s.s.	Neubauer et al. 1990
1,3 GHz	cw	3 – 30 W/m ²	20 min	Ratte (Wistar)	pos., s.s.	Oscar & Hawkins 1977
1,3 GHz	PM, 5 Hz	0,3– 0,5 W/m ²	20 min	Ratte (Wistar)	pos., s.s.	Oscar & Hawkins 1977
1,3 GHz	PM, 1000 Hz	1 – 10 W/m ²	20 min	Ratte (Wistar)	pos., s.s.	Oscar & Hawkins 1977
2,45 GHz	cw	1,0– 300 W/m ²	30 min	Ratte (Sprague- Dawley)	z.T. pos., s.s.	Preston et al. 1979
915 MHz	cw	0,3– 5,0 W/kg	2 h	Ratte (Fischer 344)	pos., s.s.	Salford et al. 1994
915 MHz	PM, 8 Hz	0,016– 0,16 W/kg	2 h	Ratte (Fischer 344)	pos., s.s.	Salford et al. 1994
915 MHz	PM, 16 Hz	0,03– 2,1 W/kg	2 h	Ratte (Fischer 344)	pos., s.s.	Salford et al. 1994
915 MHz	PM, 50 Hz	0,3– 5,0 W/kg	2 h	Ratte (Fischer 344)	pos., s.s.	Salford et al. 1994
915 MHz	PM, 200 Hz	0,4– 2,9 W/kg	2 h	Ratte (Fischer 344)	pos., s.s.	Salford et al. 1994

Anhang C

Untersuchungen zur kanzerogenen Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder im Tierexperiment

Abkürzungen

neg.	Befund negativ
n.s.	statistisch nicht signifikant
pos.	Befund positiv
s.s.	statistisch signifikant
z.T.	zum Teil; einige Ergebnisse
#	Widerspruch zur Aussage der Autoren
?	unbekannt; nicht angegeben; unsicher

Tabelle C.1 Tierexperimente zur Karzinogenität hochfrequenter elektromagnetischer Felder

Frequenz	Modulation	Leistungsflussdichte/ SAR	Expos. Zeit	Untersuch.objekt	Ergebnis	Ref.
836,55 MHz	PM/TDMA, 50 Hz	0,74– 1,6 W/kg	24 mon 4 d/w 2 h/d	Ratte (Fischer 344)	neg.	Adey et al. 1999
900 MHz	PM/GSM, 217 Hz	0,55– 2,0 W/m ²	2 w, 2 h/d	Ratte, Krebs, insges.	neg.	Chagnaud et al. 1999
2,45 GHz	PM, 800 Hz	0,15– 0,4	25 mon	Ratte, Krebs, insges.	pos., s.s.	Chou et al. 1992
2,45 GHz	cw	0,3 W/kg	18 mon, 7 d/w, 20 h/d	Maus (C3H/HeJ), Krebs, insges.	neg.	Frei et al. 1998 a
2,45 GHz	cw	1,0 W/kg	78 w, 7 d/w, 20 h/d	Maus (C3H/HeJ), Krebs, insges.	z.T. pos., n.s.	Frei et al. 1998 b
835,62 MHz	FM, cw	0,75 W/kg	150 d, 5 d/w, 4 h/d	Ratte (Fischer 344), B16 Melanom	z.T. pos., n.s.	Higashikubo et al. 1999
835,62 MHz	PM/CDMA, 50 Hz	0,75 W/kg	150 d, 5 d/w, 4 h/d	Ratte (Fischer 344), B16 Melanom	neg.	Higashikubo et al. 1999
929,2 MHz	PM/TDMA, 50 Hz	0,58– 0,8	6 w, 5 d/w, 90 min/d	Ratte (Fischer 344), Leberkrebs	neg.	Imaida et al 1998 a
1,439 GHz	PM/TDMA, 50 Hz	0,453- 0,680 W/kg	6 w, 5 d/w, 90 min/d	Ratte (Fischer 344), Leberkrebs	neg.	Imaida et al. 1998 b
900 MHz	PM/GSM, 217 Hz	2,6– 13 W/m ² 0,008– 4,2 W/kg	18 mon 30 min/d	Maus (transgen E μ -Pim1), Lyphome	pos., s.s.	Repacholi et al. 1997
915 MHz	PM, 4 – 217 Hz	0,0077 – 1,0 W/kg	2-3 w 5d/w 7h/d	Ratte (Fischer 344), Gehirntumor	z.T. pos., n.s.	Salford et al. 1993
2,45 GHz	cw	10 W/m ² 1,2 W/kg	max. 46 w, 6 d/w, 2,5 h/d	Maus (C57BL/6J), B16 Melanom	z.T. pos., n.s.	Santini et al. 1988
2,45 GHz	PM, 25 Hz	10 W/m ² 1,2 W/kg	max. 46 w, 6 d/w, 2,5 h/d	Maus (C57BL/6J), B16 Melanom	z.T. pos., n.s.	Santini et al. 1988
2,45 GHz	cw	50 – 150 W/m ² 2 – 8 W/kg	12 mon 6d/w, 2h/d	Maus (C3H/HeA), Krebs, insges.	pos., s.s.	Szmigielski et al. 1982
2,45 GHz	cw	50 – 150 W/m ² 2 – 8 W/kg	5 mon 6d/w, 2h/d	Maus (Balb/c), Hautkrebs	pos., s.s.	Szmigielski et al. 1982
2,45GHz	cw	50 – 150 W/m ²	6 mon, 2 h/d	Maus (Balb/c),	pos., s.s.	Szudinski et al.

Frequenz	Modulation	Leistungsflussdichte/ SAR	Expos. Zeit	Untersuch.objekt	Ergebnis	Ref.
				Hautkrebs		1982
435 MHz	PM, 1,0 kHz	10 W/m ² 0,32 W/kg	21 mon	Maus (C3H/HeJ), Brusttumoren, Eier- stocktumoren	z.T. pos., s.s.	Toler et al. 1997
2,45 GHz	cw	100 W/m ² 11 W/kg	5 mon, 6 d/w, 3 h/d	Maus (Balb/c), Darmkrebs	z.T. pos., n.s.	Wu et al. 1994

Anhang D

Epidemiologische Untersuchungen zu den Gesundheitsrisiken hochfrequenter elektromagnetischer Felder

Tabelle D.1 Übersicht über die Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen zu elektromagnetischen Expositionen im Hochfrequenzbereich und Gesundheitsrisiken

Spalte 1: untersuchte Krankheit

Spalte 2: Expositionssituation

Spalte 3: Zuverlässigkeit der Expositionsclassifizierung:

- 3: Expositionsquelle und -höhe eindeutig identifiziert,
- 2: Expositionsart eindeutig identifiziert
- 1: HF-Exposition wahrscheinlich

Spalte 4: Relatives Risiko (R.R.), Erläuterungen s. Text

Spalte 5: Statistische Signifikanz der Ergebnisse:

- s.s.: statistisch signifikant (R.R. = 1 außerhalb des 95 %-Vertrauensintervalls, bzw. $p < 0,05$)
- n.s.: statistisch nicht signifikant

Spalte 6: Literaturhinweis

Spalte 7: Bemerkungen:

- R: Werte in der Spalte R.R. durch Umrechnung (Kehrwert, Verhältnis) aus anderen Zahlenwerten oder durch Ableitung aus Diagrammen ermittelt
- *: Arbeit in der Literaturauswahl des Anhangs 1 aufgeführt

Krankheit	Exposition	Exp. Kl.	R.R.	stat. Sign.	Referenz	B
alle Krankheiten						
alle Krankheiten, Mortalität	MW, Radar, Militär	2	1,18	n.s.	Robinette et al. 1980	R*
alle Krankheiten, Mortalität	MW, Mobilfunk, Handy	3	0,93	n.s.	Rothman et al. 1996	
Krebs, insgesamt						
Krebs, insgesamt, Mortalität	MW, Radar, Militär	2	1,50	n.s.	Robinette et al 1980	R*
Krebs, insgesamt, Inzidenz	RF, Funk, Frauen	2	1,2	s.s.	Tynes et al. 1996	*
Krebs, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Militär	2	2,07	s.s.	Szmigielski 1996	*
Krebs, insgesamt, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,09	s.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Krebs, insgesamt, Inzidenz	HF, Arbeitsplatz	1	2,0	n.s.	Lagorio et al. 1997	
Krebs, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Radar u. Funk, Polizei	2	0,96	n.s.	Finkelstein 1998	*
Multiple Myelome	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,23	n.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Gehirn-Tumoren, insgesamt und Tumoren des Nervensystems, insgesamt						
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Mortalität	HF, Arbeitsplatz	1	1,54	n.s.	Lin et al. 1985	
Gehirn-Tumoren, Glioblastome u. Astrozytome, Mortalität	HF, Arbeitsplatz	1	2,15	s.s.	Lin et al. 1985	
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Mortalität	HF, Arbeitsplatz, Männer	1	0,38	n.s.	Milham 1985	
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Mortalität	RF/MW, Arbeitsplatz, Männer	2	2,3	s.s.	Thomas et al. 1987	*
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Mortalität	RF, Amateurfunker	2	1,39	n.s.	Milham 1988	
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Inzidenz	HF, Arbeitsplatz	1	2,9	s.s.	Törnqvist et al. 1991	

Krankheit	Exposition	Exp. Kl.	R.R.	stat. Sign.	Referenz	B
Gehirn-Tumoren, Glioblastome, Inzidenz	HF, Arbeitsplatz	1	3,4	s.s.	Törnqvist et al. 1991	
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Inzidenz	RF, Arbeitsplatz, Männer	2	0,61	n.s.	Tynes et al. 1992	
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Inzidenz	RF, Funk, Frauen	2	1,0		Tynes et al. 1996	*
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Inzidenz	HF, Arbeitsplatz, Männer	1	2,4	s.s.	Beall et al. 1996	
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Militär	2	1,39	s.s.	Grayson 1996	*
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Mortalität	HF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Erw.	3	0,89	n.s.	Hocking et al. 1996	*
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Inzidenz	HF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Erw.	3	0,82	n.s.	Hocking et al. 1996	*
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Mortalität	HF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Kind.	3	1,0		Hocking et al. 1996	*
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Inzidenz	HF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Kind.	3	1,3	n.s.	Hocking et al. 1996	*
Tumoren des Nervensystems einschl. Hirntumoren, Inzidenz	RF/MW, Militär	2	1,91	s.s.	Szmigielski 1996	*
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,29	n.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Gehirn-Tumoren, maligne, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,31	n.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Radar u. Funk, Polizei	2	0,84	n.s.	Finkelstein 1998	*
Gehirn-Tumoren, insgesamt, Inzidenz	MW, Mobilfunk, Handy	3	1,20	n.s.	Hardell et al. 1999	*
Gehirn-Tumoren, Expos.seite, Inzidenz	MW, Mobilfunk, Handy	3	R 2,45 L 2,40	n.s. n.s.	Hardell et al. 1999	*
Krebs, Augen						
Melanome, Augen, Inzidenz	MW, Radar, Militär	1	2,1	s.s.	Holly et al. 1995	
Krebs der Atmungsorgane, Lungenkrebs						
Krebs der Atmungsorgane, Mortalität	MW, Radar, Militär	2	2,59	s.s.	Robinette et al. 1980	R*
Lungenkrebs, Mortalität	HF, Arbeitsplatz, Männer	1	0,80	n.s.	Milham 1985	
Lungenkrebs, Inzidenz	RF, Funk, Frauen	2	1,2	n.s.	Tynes et al. 1996	*
Lungenkrebs, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,01	n.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Lungenkrebs, Inzidenz	RF/MW, Radar u. Funk, Polizei	2	0,66	s.s.	Finkelstein 1998	*
Brustkrebs, Männer						
Brustkrebs, Männer,	HF, Arbeitsplatz	1	2,9	n.s.	Demers et al. 1991	

Krankheit	Exposition	Exp. Kl.	R.R.	stat. Sign.	Referenz	B
Inzidenz						
Brustkrebs, Männer, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,64	n.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Brustkrebs, Frauen						
Brustkrebs, Frauen, Mortalität	HF, Arbeitsplatz	2	1,15	s.s.	Cantor et al. 1995	*
Brustkrebs, Frauen, Inzidenz	RF, Funk, Frauen	2	1,5	s.s.	Tynes et al. 1996	*
Brustkrebs, Frauen, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,08	n.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Krebs des lymphatischen und des blutbildenden Systems, insgesamt						
Krebs des lymphat. u. des blutbild. Systems, Mortalität	MW, Radar, Militär	2	1,98	n.s.	Robinette et al. 1980	R*
Krebs des lymphat. u. des blutbild. Systems, Mortalität	HF, Arbeitsplatz, Männer	1	1,37	n.s.	Milham 1985	
Krebs des lymphat. u. des blutbild. Systems, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,21	n.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Krebs des lymphat. u. des blutbild. Systems, Inzidenz	RF/MW, Militär	2	6,31	s.s.	Szmigielski 1996	*
Leukämie, insgesamt						
Leukämie, insgesamt, Mortalität	HF, Arbeitsplatz	1	1,11	n.s.	Milham 1982	
Leukämie, insgesamt, Mortalität	RF, Amateurfunker	2	1,91	s.s.	Milham 1985 a	
Leukämie, insgesamt, Mortalität	HF, Arbeitsplatz, Männer	1	1,02	n.s.	Milham 1985 b	
Leukämie, insgesamt, Mortalität	RF Amateurfunker	2	1,24	n.s.	Milham 1988	
Leukämie, insgesamt, Inzidenz	HF, Militär	1	2,4	s.s.	Garland et al. 1990	
Leukämie, insgesamt, Inzidenz	HF, Arbeitsplatz	1	0,8	n.s.	Törnqvist et al. 1991	
Leukämie, insgesamt, Inzidenz	RF, Arbeitsplatz, Männer	2	2,85	s.s.	Tynes et al. 1992	
Leukämie, insgesamt, Inzidenz	RF, Funk, Frauen	2	1,1	n.s.	Tynes et al. 1996	*
Leukämie, insgesamt, Mortalität	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Erw.	3	1,17	n.s.	Hocking et al. 1996	*
Leukämie, insgesamt, Mortalität	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Kind.	3	2,32	s.s.	Hocking et al. 1996	*
Leukämie, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Erw.	3	1,24	s.s.	Hocking et al. 1996	*
Leukämie, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner	3	1,58	s.s.	Hocking et al. 1996	*

Krankheit	Exposition	Exp. Kl.	R.R.	stat. Sign.	Referenz	B
	ner/Kind.					
Leukämie, insgesamt, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,83	s.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Leukämie u. Nicht-Hodgkin-Lymphome, insgesamt, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,25	n.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Leukämie, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Radar u. Funk, Polizei	2	0,6	n.s.	Finkelstein 1998	*
Leukämie, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Kind.	3	1,47	n.s.	McKenzie et al. 1998	*
Akute Leukämie, insgesamt						
Akute Leukämie, insgesamt, Mortalität	HF, Arbeitsplatz	1	2,39	n.s.	Milham 1982	
Akute Leukämie, insgesamt, Mortalität	HF, Arbeitsplatz, Männer	1	2,12	n.s.	Milham 1985	
Akute Unspez. Leukämie, Mortalität	RF, Amateurfunker	2	1,76	n.s.	Milham 1988	
Akute Leukämie, insgesamt, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,86	n.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Lymphat. Leukämie, insgesamt						
Lymphat. Leukämie, insgesamt, Mortalität	RF, Amateurfunker	2	0,77	n.s.	Milham 1985	
Lymphat. Leukämie, insgesamt, Mortalität	RF, Amateurfunker	2	1,03	n.s.	Milham 1988	
Lymphat. Leukämie, insgesamt, Mortalität	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Erw.	3	1,39	s.s.	Hocking et al. 1996	*
Lymphat. Leukämie, insgesamt, Mortalität	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Kind.	3	2,74	s.s.	Hocking et al. 1996	*
Lymphat. Leukämie, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Erw.	3	1,32	s.s.	Hocking et al. 1996	*
Lymphat. Leukämie, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Kind.	3	1,55	s.s.	Hocking et al. 1996	*
Lymphat. Leukämie, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Kind.	3	1,53	n.s.	McKenzie et al. 1998	*
Akute Lymphat. Leukämie						
Akute Lymphat. Leukämie, Mortalität	RF, Amateurfunker	2	1,20	n.s.	Milham 1988	
Akute Lymphat. Leukämie, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	3,57	n.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Chron. Lymphat. Leukämie						
Chron. Lymphat. Leukämie, Mortalität	RF, Amateurfunker	2	1,43	n.s.	Milham 1985	
Chron. Lymphat. Leukämie, Mortalität	RF, Amateurfunker	2	1,09	n.s.	Milham 1988	
Chron. Lymphat. Leukämie, Mortalität	HF, Arbeitsplatz	1	1,3	n.s.	Törnqvist et al. 1991	

Krankheit	Exposition	Exp. Kl.	R.R.	stat. Sign.	Referenz	B
kämie, Inzidenz						
Chron. Lymphat. Leukämie, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	2,56	s.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Myelo. Leukämie, insgesamt						
Myelo. Leukämie, insgesamt, Mortalität	RF, Amateurfunke	2	2,81	s.s.	Milham 1985	
Myelo. Leukämie, insgesamt, Mortalität	RF, Amateurfunke	2	1,40	n.s.	Milham 1988	
Myelo. Leukämie, insgesamt, Mortalität	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Erw.	3	1,01	n.s.	Hocking et al. 1996	*
Myelo. Leukämie, insgesamt, Mortalität	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Kind.	3	1,77	n.s.	Hocking et al. 1996	*
Myelo. Leukämie, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Erw.	3	1,09	n.s.	Hocking et al. 1996	*
Myelo. Leukämie, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Kind.	3	1,73	n.s.	Hocking et al. 1996	*
Akute Myelo. Leukämie						
Akute Myelo. Leukämie, Mortalität	RF, Amateurfunke	2	2,89	s.s.	Milham 1985	
Akute Myelo. Leukämie, Mortalität	RF, Amateurfunke	2	1,76	s.s.	Milham 1988	
Akute Myelo. Leukämie, Inzidenz	HF, Arbeitsplatz	1	2,1	n.s.	Törnqvist et al. 1991	
Akute Myelo. Leukämie, Inzidenz	HF, Radio, Fernsehen, Anwohner	3	1,02	n.s.	Dolk et al. 1997	*
Chron. Myelo. Leukämie						
Chron. Myelo. Leukämie, Mortalität	RF, Amateurfunke	2	2,67	s.s.	Milham 1985	
Chron. Myelo. Leukämie, Mortalität	RF, Amateurfunke	2	0,86		Milham 1988	
Chron. Myelo. Leukämie, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,23	n.s.	Dolk et al. 1997	*
Leukämie, nicht-lymph. u. nicht-myelo.						
Leukämie, nicht-lymph. u. nicht-myelo., Mortalität	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Erw.	3	1,57	s.s.	Hocking et al. 1996	*
Leukämie, nicht-lymph. u. nicht-myelo., Mortalität	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Kind.	3	1,45	n.s.	Hocking et al. 1996	*
Leukämie, nicht-lymph. u. nicht-myelo., Inzidenz	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Erw.	3	1,67	s.s.	Hocking et al. 1996	*
Leukämie, nicht-lymph. u. nicht-myelo., Inzidenz	RF/MW, Sender Fernsehen u.a., Anwohner/Kind.	3	1,65	n.s.	Hocking et al. 1996	*
Lymphome, Hodgkin-Syndrom						
Lymphosarkome,	HF, Arbeitsplatz, Män-	1	0,73	n.s.	Milham 1985	

Krankheit	Exposition	Exp. Kl.	R.R.	stat. Sign.	Referenz	B
Mortalität	ner					
Lymphome, andere als Lymphosarkom, Mortalität	HF, Arbeitsplatz, Männer	1	3,42	n.s.	Milham 1985	
Hodgkin-Syndrom, Mortalität	RF, Amateurfunker	2	1,23	n.s.	Milham 1988	
andere maligne Erkrankungen des lymphat. Gewebes, Mortalität	RF, Amateurfunker	2	1,62	s.s.	Milham 1988	
Lymphome, insgesamt, Inzidenz	RF, Funk, Frauen	2	1,3	n.s.	Tynes et al. 1996	*
Hodgkin-Syndrom, Inzidenz	RF/MW, Radar u. Funk, Polizei	2	0,84	n.s.	Finkelstein 1998	*
Nicht-Hodgkin-Lymphome, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	0,66	n.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Hodenkrebs						
Hodenkrebs, Inzidenz	RF/MW, Arbeitsplatz	2	3,1	s.s.	Hayes et al. 1990	
Keimzell-Karzinome, Seminome	RF/MW, Arbeitsplatz	2	2,8	n.s.	Hayes et al. 1990	
Keimzell-Karzinome, andere	RF/MW, Arbeitsplatz	2	3,2	s.s.	Hayes et al. 1990	
Hodenkrebs, Inzidenz	MW, Radar, Polizei	2	6,9	s.s.	Davis & Mostofi 1993	*
Hodenkrebs, Inzidenz	RF/MW, Radar u. Funk, Polizei	2	1,33	s.s.	Finkelstein 1998	*
Gebärmutterkrebs						
Gebärmutterkrebs, Inzidenz	RF, Funk, Frauen	2	1,9	s.s.	Tynes et al. 1996	*
Hautkrebs						
Hautkrebs, Maligne Melanome, Inzidenz	RF, Funk, Frauen	2	0,9	n.s.	Tynes et al. 1996	*
Hautkrebs, insgesamt, Inzidenz	RF/MW, Militär	2	1,67	n.s.	Szmigielski 1996	*
Hautkrebs, Maligne Melanome, Inzidenz	HF, Sender Radio u. Fernsehen, Anwohner	3	1,43	n.s.	Dolk et al. 1997 a	*
Hautkrebs, Maligne Melanome, Inzidenz	RF/MW, Radar u. Funk, Polizei	2	1,37	s.s.	Finkelstein 1998	*
Herz- und Kreislauferkrankungen						
Kreislauferkrankungen, Mortalität	MW, Radar, Militär	2	1,09	n.s.	Robinette et al. 1980	R*
Kreislauferkrankungen, Mortalität	RF, Amateurfunker	2	0,70	s.s.	Milham 1988	
Abnorm. Herzschlag-Raten-Variabilität	RF/AM, Sender Radio, Arbeitsplatz	2	1,6	s.s.	Bortkiewicz et al. 1996	*
Auffälligkeiten EKG	MW	2	2,9	?	Zhao et al. 1994	R
kardiovask. Beschwerden	MW	2	3,2	?	Zhao et al. 1994	R
Unfruchtbarkeit, reduz. Fertilität, Männer						
reduz. Fertilität, reduz. Samenzahl	MW, Arbeitsplatz	2	1,20	s.s.	Lancranjan et al. 1975	R

Krankheit	Exposition	Exp. Kl.	R.R.	stat. Sign.	Referenz	B
reduz. Fertilität, immob. Spermatozoen	MW, Arbeitsplatz	2	1,39	s.s.	Lancranjan et al. 1975	R
reduz. Fertilität, normale Spermatozoen	MW, Arbeitsplatz	2	1,18	s.s.	Lancranjan et al. 1975	R
reduz. Fertilität, reduz. Samenzahl	MW, Militär	2	2,70	s.s.	Weyandt et al. 1996	R
reduz. Fertilität, reduz. Samenzahl	MW, Radar	2	1,54	n.s.	Hjollund et al. 1997	R
reduz. Fertilität, immob. Spermatozoen	MW, Radar	2	1,58	n.s.	Hjollund et al. 1997	R
reduz. Fertilität, reduz. Samenzahl	MW, Radar	2	1,10	n.s.	Schrader et al 1998	R
Unfruchtbarkeit, reduz. Fruchtbarkeit, Frauen						
reduz. Fruchtbarkeit	KW, Arbeitsplatz, Physiotherapie, Mütter	2	1,7	n.s.	Larsen et al. 1991 a	*
Fehlgeburten, Totgeburten, Missbildungen und andere Auffälligkeiten bei Neugeborenen						
Missbildungen u. perinataler Tod	KW, Arbeitsplatz, Mütter	2	2,36	s.s.	Källén et al 1982	
Fehlgeburten	MW, Arbeitsplatz, Mütter	2	1,28	s.s.	Ouellet-Hellstrom & Stewart 1993	*
Fehlgeburten	KW, Arbeitsplatz, Mütter	2	1,07	n.s.	Ouellet-Hellstrom & Stewart 1993	*
Krebs, Nachkommen (Exposition der Eltern)						
Tumoren des Nervensystems	HF, Arbeitsplatz, Väter	1	2,01	n.s.	Cole Johnson & Spitz 1989	
Krebs, insgesamt, Inzidenz	Radar, Arbeitsplatz, Väter	2	2,3	s.s.	Smulevich et al. 1999	*
Neurodegenerative Erkrankungen						
Alzheimer Krankheit, Mortalität	HF, Arbeitsplatz	1	1,5	n.s.	Savitz et al. 1998	*
Parkinsonsche Krankheit	HF, Arbeitsplatz	1	-		Savitz et al. 1998	*
Amyotrophe Laterale Sklerose	HF, Arbeitsplatz	1	-		Savitz et al. 1998	*
Störungen motorischer und psychischer Funktionen, Befindlichkeitsstörungen						
reduz. Ausdauer, Jungen	MW, Radar	2	1,38	s.s.	Kolodynski & Kolodynska 1996	R*
reduz. Ausdauer, Mädchen	MW, Radar	2	1,38	s.s.	Kolodynski & Kolodynska 1996	R*
reduz. Gedächtnisleistung, Jungen	MW, Radar	2	1,09	s.s.	Kolodynski & Kolodynska 1996	R*
reduz. Gedächtnisleistung, Mädchen	MW, Radar	2	1,12	s.s.	Kolodynski & Kolodynska 1996	R*
reduz. Konzentrationsvermögen, Jungen	MW, Radar	2	1,23	s.s.	Kolodynski & Kolodynska 1996	R*
reduz. Konzentrationsvermögen, Mädchen	MW, Radar	2	1,20	s.s.	Kolodynski & Kolodynska 1996	R*
verlängerte Reaktionszeit, Jungen	MW, Radar	2	1,07	n.s.	Kolodynski & Kolodynska 1996	R*
verlängerte Reaktions-	MW, Radar	2	1,12	s.s.	Kolodynski & Kolo-	R*

Krankheit	Exposition	Exp. Kl.	R.R.	stat. Sign.	Referenz	B
zeit, Mädchen					dynska 1996	
Befindlichkeitsstör. (('Neurosen'))	MW	2	3,2	?	Zhao et al. 1994	R

Anhang E

**Wichtige Arbeiten zur Einschätzung der gesundheitlichen Risiken von Expositionen durch die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks unter dem Aspekt der Gesundheitsvorsorge
Auszug aus der Datenbank *EMFbase***

Autoren	Akdag M.Z., Celik S., Ketani A., Nergiz Y., Deniz M. & Dasdag S.	
Titel	Effect of chronic low-intensity microwave radiation on sperm count, sperm morphology, and testicular and epididymal tissues of rats	
Publikation	Electro- Magnetobiol.	
Erschein.jahr	Ausgabe 18 (2)	Seiten 133-145
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/N)FER	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 9450 MHz	höchste 9450 MHz
Modulationsart		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 26,5	höchste 26,5
SAR (W/kg)	niedrigste 1,8	höchste 1,8
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 13 d,1h/d	höchste 52 d,1h/d
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle		
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte Sprague-Dawley, m.	
pathogene Wirkung	Fortpflanzung, Fertilität	
patho-physiologische Wirkung	Spermien-Zahl, -Morphologie, Veränd. Gewebe Hoden u. Nebenhoden	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) Abnahme der Spermien-Zahl bei 52 d-Expos.; b) Zunahme abnorme Spermien bei 26,39 u. 52 d-Expos.; c) Abnahme des Gewichts von Hoden u. Nebenhoden; d) krankhafte Veränderungen des Gewebes; Körpertemp. z.T. erhöht	
Signifikanz d. Ergebnisse	a)-d) s.s.	
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar	
Eignung d. Untersuchungsmeth.		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.		
Bezug zu anderen Untersuch.	Cleary1989, Limin 1988, Kowalczuk 1983, McRee 1983	
Bedeutung	Hinweis: langfrist. HF-EMF (MW)-Expos. beeinträchtigt Fertilität, therm. Effekt möglich	

Autoren	Anderstam B., Hamnerius Y., Hussain S. & Ehrenberg L.	
Titel	Studies of possible genetic effects in bacteria of high frequency electromagnetic fields	
Publikation	Hereditas	
Erschein.jahr	1983	Ausgabe 98 (1) Seiten 11-32
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+/-#V/N)ZGT/MUT/PLF	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 27,12 MHz	höchste 3070 MHz
Modulationsart	cw, PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 500 Hz
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste s.u.	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 4	höchste 100
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste s.u.	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 1 h	höchste 7 h
weitere Expositionsparam.	27,12 MHz elektr.Feld 72 V/m max 4 W/kg; 27,12 MHz magn. Feld 20 A/m max 4 W/kg; 2,45 GHz AM 100 Hz 35 - 100 W/kg; 3,07 GHz PM 500 Hz 35 - 100 W/kg	
Expositionsquelle	s. Hamnerius 1983	
Untersuchungsobjekt Linien	Mikroorg, Escherichia coli, Salmonella typhimurium, verschied.	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	Mutationen, Zell-Vermehrung/-Proliferation	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos.; Messung Zahl Kolonien, Zahl Mutanten, Mut.frequ.,	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) Ec & St: Wachstum in einigen Stämmen verstärkt; b) Ec: Zahl der Mutationen in einigen Linien erhöht (2,45 GHz); c) Ec: Mutationsfrequ. in einigen Stämmen erhöht (2,45 GHz)	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) z.T. s.s.; b) z.T. s.s.; c) z.T. s.s.	
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar (Bakterien)	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, jedoch Datenbehandlung teilweise fragwürdig (Zusammenfass. verschied. Expos.)	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar in Verbindung mit Hamnerius 1983	
Bezug zu anderen Untersuch.		
Bedeutung	Hinweis: (PM)-HF-EMF stimuliert Zell-wachstum; schwacher Hinweis: (PM)-HF-EMF beeinflusst Mutationsrate	

Autoren	Balcer-Kubiczek E.K. & Harrison G.H.	
Titel	Evidence for microwave carcinogenicity in vitro	
Publikation	Carcinogenesis	
Erschein.jahr	Ausgabe 6 (6)	Seiten 859-864
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2+V/Ni)ZGT/TRF;CNC	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 120	höchste 120
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 4,4	höchste 4,4
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 24 h	höchste 24 h
weitere Expositionsparam.	PM: 120 p.p.s., 83µs;Komb. mit BP, Röntgen, TumorpromotorTPA; Temp. 37,2 C	
Expositionsquelle	Zelle	
Untersuchungsobjekt	Zellkultur,Tier, Maus, Embryo, Fibroblasten (C3H/10T1/2)	
pathogene Wirkung	Krebs	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	Zelltransformation	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro Expos.,Vgl. Schein-Expos., Komb. Benzo(a)pyren, Röntgen, Tumorprom. 12-O-Tetradecanoylphorbol-13-Acetat	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) MW-Expos. reduz. Überlebensrate v. BP-u.Röntgen behand. Zellen (0,5); b) nur BP o. Röntgen: Zell-Transform.frequ. nicht verändert; c) zusätzlich TPA: Zell-Transform.frequ. Erhöht (x4)	
Signifikanz d. Ergebnisse	a)s.s. c)s.s.	
Eignung d. Modells	Zelleffekt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.		
Bedeutung	Nachweis: co-karzinogen Wirk. PM-HF-EMF, MW in Verbind. mit Tumorprom. erhöht Zelltransform.rate (langleb. Membranschäden o. Block. Rep.mech.)	

Autoren	Balcer-Kubiczek E.K. & Harrison G.H.		
Titel	Neoplastic transformation of C3H/10T1/2 cells following exposure to 120-Hz modulated 2.45-GHz microwaves and phorbol ester tumor promoter		
Publikation	Radiat. Res.		
Erschein.jahr	1991	Ausgabe	126 (1) Seiten 65-72
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2+V/N)ZGT/TRF;CNC		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	PM		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	120	höchste 120
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste		höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	0,1	höchste 4,4
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	18	höchste 120
Dauer der Exposition	niedrigste	24 h	höchste 24 h
weitere Expositionsparam.	0,09 bis 0,56 μ T		
Expositionsquelle			
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Maus, Fibroblasten, C3H 10T1/2		
pathogene Wirkung	Krebs		
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	neoplast. Zell-Transformation		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., anschl. Zugabe 12-o-Tetradecanoylphorbol-13-Acetat (TPA, Tumor-Promoter); sep. Exp. Röntgenbestrahlung (X) vor oder nach EMF-Expos.; scheinexpon. u. pos. Kontrollen		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) HF-EMF allein kein Effekt; b) HF-EMF+TPA: Zunahme neoplast. Transform.; c) Effekt nimmt mit SAR zu; d) HF-EMF+X u. X+HF-EMF erhöht X-Effekt		
Signifikanz d. Ergebnisse	a)-; b-d)s.s.		
Eignung d. Modells	Zelleffekt, übertragbar		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	Balcer-Kubiczek...1989a,b		
Bedeutung	Hinweis: PM-HF-EMF erhöht im Zusammenwirken mit Tumor-Promotor Wahrscheinlichkeit für neoplast. Transformationen; Hinweis auf synergist. Wirkung bei der Karzinogenese		

Autoren	Balcer-Kubiczek E.K. & Harrison G.H.		
Titel	Induction of neoplastic transformation in C3H/10T1/2 cells by 2,45 GHz microwaves and phorbol ester		
Publikation	Radiat. Res.		
Erschein.jahr	1989	Ausgabe	117 (3) Seiten 531-537
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/2+V/N)ZGT/TRF;CNC		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	PM		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	120	höchste 120
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste		höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	4,4	höchste 4,4
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	24 h	höchste 24 h
weitere Expositionsparam.	Pulsbreite 83 μ s, TEM		
Expositionsquelle			
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Maus, Fibroblasten, C3H 10T1/2		
pathogene Wirkung	Karzinogenese		
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	neoplastische Zelltransformation (npT)		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro-EMF-Expos., danach z.T. Zugabe Tumor-Prom. Tetradecanoyl-Phorbol-13-Azetat (TPA), Vgl. mit scheinexpon. Zellen u. pos. Kontrollen (Röntgenstrahlung: X); Mess: Zahl der Foci, Transform.frequ.		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) nur MW: kein Effekt, b)MW+TPA: Foci x8,25, npT x9,7, c) X+MW/MW+X kleiner Unterschied; positive Kontrolle wie erwartet; kein thermischer Effekt		
Signifikanz d. Ergebnisse	a)-, b)s.s., c)n.s.		
Eignung d. Modells	Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen (IARC/NCI/EPA-Standard)		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	Balcer-Kubiczek..1985, Mondal..1976(UV+TPA)		
Bedeutung	Nachweis: (PM)-HF-EMF initiiert oder verstärkt neoplastische Zelltransformationen		

Autoren	Bawin S.M., Kaczmarek L.K. & Adey W.R.	
Titel	Effects of modulated VHF fields on the central nervous system	
Publikation	Ann. N. Y. Acad. Sci.	
Erschein.jahr	Ausgabe	Seiten
1975	247	74-80
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2+V/N)ZMB/Ca	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 147 MHz	höchste 147 MHz
Modulationsart	cw,AM/sin	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 35
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 10	höchste 20
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle	Expos.kammer	
Untersuchungsobjekt	Tier, Hunh, Küken, Gehirn (500)	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	45Ca++-Efflux	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro Organ-Expos.	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) für Mod.frequ. >3 Hz Zunahme des Ca-Efflux, Max. bei 16 Hz, b) gleiche Frequ. kein Einfluss auf Muskelgewebe	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s.	
Eignung d. Modells	Zelleffekt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. Blackman...1979	
Bedeutung	Nachweis: AM-HF-EMF beeinflusst Signal-transduktion in Zellen (Zentrales Nervensystem) bei bestimmten Modul.frequ.	

Autoren	Behari J., Kunjilwar K.K. & Pyne S.		
Titel	Interaction of low level modulated RF radiation with Na ⁺ -K ⁺ -ATPase		
Publikation	Bioelectrochem. Bioenerg.		
Erschein.jahr	1998	Ausgabe 47 (1)	Seiten 247-252
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/N)ZPR/ENZ		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 36,75 MHz		höchste 147 MHz
Modulationsart	AM		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 16		höchste 76
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 14,7		höchste 14,7
SAR (W/kg)	niedrigste 6,11		höchste 9,65
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 30 d		höchste 35 d
weitere Expositionsparam.	Expos. 3 h/d		
Expositionsquelle	TEM Kammer		
Untersuchungsobjekt	Ratte (Wistar), m, Gehirn		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	Enzym-Aktivität, Na ⁺ -K ⁺ -ATPase		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vivo-Exposition, Schwartz et al. 1976 (Na ⁺ -K ⁺ -ATPase-Aktivität)		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Erhöhung der Enzym-Aktivität bei den exponierten Tieren, unabhängig von der Trägerfrequenz, Effekt bei 16 Hz stärker als bei 76 Hz, Unterschied jedoch statistisch nicht signifikant		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.		
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. Liburdy...1984,1985, Baranski...1974		
Bedeutung	Hinweis: AM-HF-EMF beeinflusst Enzym-Aktivität (Na ⁺ -K ⁺ -ATPase)		

Autoren	Blackman C.F., Elder J.A., Weil C.M., Benane S.G., Eichinger D.C. & House D.E.		
Titel	Induction of calcium-ion efflux from brain tissue by radio-frequency radiation: effects of modulation frequency and field strength		
Publikation	Radio Sci.		
Erschein.jahr	1979	Ausgabe 14 (Suppl. 6)	Seiten 93-98
Art d. Veröff.	HF/Original Bio §ExpHF(3_2/2+V/N)ZMB/Ca		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 147 MHz		höchste
Modulationsart		AM/sin	
Modulation Frequenz (Hz)	niedrigste 3		höchste 30
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 5		höchste 20
SAR (W/kg)	niedrigste		höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 20 min		höchste
weitere Expositionsparam.			
Expositionsquelle		Crawford-Kammer	
Untersuchungsobjekt	Gehirn (Huhn, Küken)		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischer Effekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos.; Markierung mit radioakt. Ca, zweite Gehirnhälfte als nichtexpon. Kontrolle		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Mod.freq. 16 Hz, 7,5 W/m ² : Zunahme der Ca-Ausströmung		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.		
Eignung d. Modells	Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. Bawin..1975,		
Bedeutung	Nachweis: AM-HF-EMF beeinflusst Signal-Transduktion in Zellen (Zentrales Nervensystem) bei bestimmten Modul.frequ.		

Autoren	Bohr H. & Bohr J.	
Titel	Microwave enhanced kinetics observed in ORD studies of a protein	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	Ausgabe 21 (1)	Seiten 68-72
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2+V/Ni)MOL	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle		
Untersuchungsobjekt	Sonstige, Protein, Beta-Lacto-Globulin	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Mikrowellen beeinflussen Konformationsänderungen in Molekülen, nicht-thermischer Effekt; ohne Mikrowellen 1 h bis zum Gleichgewichtszustand, mit Mikrowellen 10 sek	
Signifikanz d. Ergebnisse		
Eignung d. Modells		
Eignung d. Untersuchungsmeth.		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. Bohr et. al. 1997 (Theorie)	
Bedeutung	Nachweis: MW beeinflussen Konformitätsveränderungen in biologischen Makromolekülen	

Autoren	Bohr H., Brunak S. & Bohr J.	
Titel	Molecular wring resonances in chain molecules	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	Ausgabe	Seiten
1997	18 (2)	187-189
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§THF(3_2/T+V/N)MOL	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	höchste
	10 MHz	10000 MHz
Modulationsart		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle		
Untersuchungsobjekt	Biomoleküle	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess	molekulare Drill-Anregung	
Untersuchungsmethode	Theorie	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Radio- und Mikrowellen können zu Drill-Anregungen in linearen Biomolekülen führen, mögliche Folgen: Strukturänderungen, Bruch von Bindungen (Aufschaukeln resonanter Drill-Moden)	
Signifikanz d. Ergebnisse		
Eignung d. Modells		
Eignung d. Untersuchungsmeth.		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.		
Bezug zu anderen Untersuch.	Vgl. Wu et al. 1992, Morales-Rubio et al. 1993	
Bedeutung	resonante Anreg. mögliche Ursache für Konfig.änd., Molek.brüche (Strangbrüche) in langen Molekülen (DNA, Proteine, Polypeptide)	

Autoren	Borbély A.A., Huber R., Graf T., Fuchs B., Gallmann E. & Achermann P.	
Titel	Pulsed high-frequency electromagnetic field affects human sleep and sleep electroencephalogram	
Publikation	Neurosci. Lett.	
Erschein.jahr	Ausgabe 275 (3)	Seiten 207-210
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZNS/EEG	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 900 MHz	höchste 90 MHz
Modulationsart	PM/GSM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 2	höchste 1736
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste 1
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.	Mod.freq. 2,8,217,1736 Hz, Pseudo-GSM, Expos. 15 min an/15 min aus	
Expositionsquelle	Dipol-Antenne	
Untersuchungsobjekt	Mensch, m. (24)	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Gehirn, EEG, Schlaf	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	EEG, Leist.spektr. 20 sek. Per., non-REM-REM Schlafzyklen, subj. Daten	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1.Verkürz.Aufwach.phasen;2.EEG n-REM erhöht; 15-30 min Expos.zeit wirksam; keine Mod. D. EEG entspr. an-aus-Zyklen (Schlussfolg.: EMF-Expos. trigg. Ereign.Kette Wirk. nicht unmittelbar)	
Signifikanz d. Ergebnisse	1.s.s., 2.s.s.	
Eignung d. Modells	direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Mann 1996, Wagner 1998,	
Bedeutung	erster Nachweis EMF-Kurzzeit.Expos. hat Wirk. auf Gehirn; Beeinfluss. Schlaf	

Autoren	Bortkiewicz A., Gadzicka E. & Zmyslony M.	
Titel	Heart rate variability in workers exposed to medium-frequency electromagnetic fields	
Publikation	J. Autonom. Nerv. Syst .	
Erschein.jahr	Ausgabe 59 (3)	Seiten 91-97
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(2_2/2+V/N)RF/MW;KRK	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 0,7 MHz	höchste 1,5 MHz
Modulationsart	AM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 1 y	höchste 41 y
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle	Arbeitsplatz Radiosender	
Untersuchungsobjekt	Mensch	
pathogene Wirkung	Herz-Rhythmus-Störungen	
patho-physiologische Wirkung	Herzschlagraten-Variabilität	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Vergleich der EKGs von 71 Beschäftigten in Radio-Sende Stationen mit HF-Exposition mit EKGs von 22 Beschäftigten ohne HF-Exposition	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	bei den Exponierten: höhere Frequenz von Abnormalitäten im EKG (p=0,006), erhöhte Zahl von Herz-Rhythmus-Störungen, niedrigere Tag-Nacht-Verhältnisse des arteriellen Blutdrucks und der Herzschlagrate (p=0,01)	
Signifikanz d. Ergebnisse	z.T. s.s.	
Eignung d. Modells		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Kontrollgruppe klein	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar mit Einschränkungen	
Bezug zu anderen Untersuch.	Autoren verweisen auf ähnliche Ergebnisse sowjet. Studien	
Bedeutung	Hinweis auf Störungen der neurovegetativen Regulation kardiovaskularer Funktionen	

Autoren	Byus C.V., Kartun K., Pieper S. & Adey W.R.	
Titel	Increased ornithine decarboxylase activity in cultured cells exposed to low energy modulated microwave fields and phorbol ester tumor promoters	
Publikation	Cancer Res.	
Erschein.jahr	Ausgabe 48 (15)	Seiten 422-426
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZPR/ENZ/ODC	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 450 MHz	höchste
Modulationsart	AM/sin	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 5	höchste 100
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 10	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 1 h	höchste
weitere Expositionsparam.	keine Temperaturänderung	
Expositionsquelle	Crawford-Zelle	
Untersuchungsobjekt	Hepatom-Zellen (H35), Eizellen (Chin. Hamster), Melanom-Zellen (Mensch, 294T)	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt Synthese	ODC-Aktivität, syn.Wirkung mit Tumor-Promotor TPA, DNA-	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., a) Best. ODC; b) Zugabe TPA nach Expos., Bestimmung ODC; c) Best. DNA-Synthese: 14 h nach TPA Zugabe (3H)Thymidin, Best. 3H durch Scintill.zähler	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1) 16 Hz: EMF-Expos erhöht ODC-Aktiv. um 50%, bleibt 3 h; 2) Effekt max. bei 16 Hz; 3) EMF verstärkt Wirkung von TPA in CHO-Zellen; 4) DNA-Synthese durch TPA erhöht in H35-Zellen, EMF allein keine Wirk., TPA+EMF zusätzl. Effekt	
Signifikanz d. Ergebnisse	1-4) s.s.	
Eignung d. Modells	Zelleffekt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX	
Bedeutung	Nachweis: AM-HF-EMF stimuliert ODC-Aktivität, verstärkt Wirkung von TPA, stimuliert DNA-Synthese, Effekt abhängig von Modulationsfrequenz	

Autoren	Byus C.V., Lundak R.L., Fletcher R.M. & Adey W.R.		
Titel	Alterations in protein kinase activity following exposure of cultured human lymphocytes to modulated microwave fields		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1984	Ausgabe 5 (3)	Seiten 341-351
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZPR/ENZ		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 450 MHz		höchste
Modulationsart	AM/sin		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 3		höchste 100
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 10		höchste
SAR (W/kg)	niedrigste		höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 15 min		höchste 60 min
weitere Expositionsparam.	Temperaturanstieg max. 0,12 C, Sinus		
Expositionsquelle	Crawford-Zelle		
Untersuchungsobjekt	Mensch, Lymphozyten, Zellkultur		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	Proteinkinase-Aktiv. (PKA)		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., Best. Veränd. Proteinkinase (s. Byus et al. 1977): A) in Abh.k. von Zeit; B) in Abh.k. von Mod.frequ.; C) Best. cAMP-unabh. Histonkinase-Akt. in Abh.k. von Zeit		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	A: 1) cAMP-abh. PKA: kein Effekt; 2) cAMP-unabh. PKA: nach 15 u. 20 min red. um 20%; B: max. Effekt bei 16 Hz; C) Minimum nach 15 min		
Signifikanz d. Ergebnisse	A2) s.s.; B) s.s.; C) s.s.		
Eignung d. Modells	Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX		
Bedeutung	Nachweis: Nachweis: AM-HF-EMF stimuliert ODC-Aktivität, Effekt zeitabhängig; Effekt abhängig von Modulationsfrequenz		

Autoren	Cain C.D., Thomas D.L. & Adey W.R.		
Titel	Focus formation of C3H/10T1/2 cells and exposure to a 836.55 MHz modulated radiofrequency field		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1997	Ausgabe 18 (3)	Seiten 237-243
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(1_3/3-#V/N)ZKO;CNC		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 836,55 MHz	höchste 836,55 MHz	
Modulationsart	PM/TDMA		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 50	höchste 50	
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 0,3	höchste 30	
SAR (W/kg)	niedrigste 0,00015	höchste 0,015	
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste	
Dauer der Exposition	niedrigste 28 d	höchste 28 d	
weitere Expositionsparam.	Expos. 20 min an / 20 min aus		
Expositionsquelle	TEM-Kammer		
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Maus, Fibroblasten, C3H/10T1/2)		
pathogene Wirkung	Tumor-Promotion		
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	Zellkommunikation		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., Anwendung eines Tumor-Promotors (TPA), Mess. Bildung von Foci transform. Zellen in Co-Kultur mit Stammzellen (Zahl, Dichte, Fläche)		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a)15 mW/kg kein Effekt; b)1,5 mW/kg kein Effekt; c)0,15 mW/kg bei einigen TPA-Konzentrationen statistisch signifikante Unterschiede (#Autoren: "keine Unterschiede")		
Signifikanz d. Ergebnisse	c) z.T. s.s.		
Eignung d. Modells	Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	Adey 1988,1989,1990; TPA/60 Hz-MF zeigt co-prom. Wirkung		
Bedeutung	kein Hinweis auf Co-Tumor-Prom. Wirkung in Verbind. mit TPA		

Autoren	Cantor K.P., Stewart P.A., Brinton L.A. & Dosemeci M.		
Titel	Occupational exposures and female breast cancer mortality in the United States		
Publikation	J. Occup. Environ. Med.		
Erschein.jahr	1995	Ausgabe	37 (3) Seiten 336-348
Art d. Veröff.	HF/Original Bio I§EpiHF(3_2/2+V/N)RF;CNC		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	var	höchste var
Modulationsart		var	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	var	höchste var
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	var	höchste var
SAR (W/kg)	niedrigste	var	höchste var
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	var	höchste var
Dauer der Exposition	niedrigste	var	höchste var
weitere Expositionsparam.	RF		
Expositionsquelle		var,	Arbeitsplatz
Untersuchungsobjekt	Mensch, w		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Fall-Kontroll, Krebsregister, Expos.abschätz. Beruf		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	OR=1,15 in Expos.wlk.grp. 3		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. (1,1-1,2)		
Eignung d. Modells	direkt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, möglich: Unterschätz. Risiko durch Fehlklass. Expos.		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	versch. S. XXXX		
Bedeutung	Hinweis: HF-EMF (RF) erhöht Brustkrebs-Risiko		

Autoren	Chou C.-K., Guy A.W., Kunz L.L., Johnson R.B., Crowley J.J. & Krupp J.H.		
Titel	Long-term, low-level microwave irradiation of rats		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	Ausgabe	13 (6)	Seiten 469-496
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/2-#V/N)Tier/CNC		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	PM		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	800	höchste 800
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste		höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	0,15	höchste 0,4
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	25 mon	höchste 25 mon
weitere Expositionsparam.			
Expositionsquelle	Wellenleiter		
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte (200)		
pathogene Wirkung	Krebs, Krankheit allgem., Lebensdauer, altersbedingte Schäden		
patho-physiologische Wirkung	Serum Chemie, hämatolog. Profil, Corticosteron Level, immunol. Parameter, O ₂ -Verbrauch, CO ₂ -Produktion		
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Langzeitversuch, regelmäßige Untersuchungen		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a)keine Effekte auf: Krankheit allgem., Lebensdauer, altersbeding. Schäden, Serum Chemie, hämatolog. Profil, b)junge expon. Ratten: O ₂ -Verbrauch u CO ₂ -Produktion reduz., c)1.Probe Corticosteron erhöht, d)Milz-B- u T-Zellen erhöht, e)Tumorrage erhöht		
Signifikanz d. Ergebnisse	a)-, b)s.s., c)s.s., d)s.s., e)maligne Tumoren s.s.		
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, sehr umfassender Ansatz		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.			
Bedeutung	Hinweis: PM-HF-EMF beeinflussen Immun- u Hormonsystem (Kortikoide, Nebenniere), begünstigen Ausbildung von Tumoren		

Autoren	Cleary S.F., Cao G. & Liu L.-M.	
Titel	Effects of isothermal 2.45 GHz microwave radiation on the mammalian cell cycle: comparison with effects of isothermal 27 MHz radiofrequency radiation exposure	
Publikation	Bioelectrochem. Bioenerg.	
Erschein.jahr	1996 a	Ausgabe 39 (2) Seiten 167-173
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/N)ZGT/CYC	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 23 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 0
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 5	höchste 25
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 2 h	höchste 2 h
weitere Expositionsparam.	37 C konstant	
Expositionsquelle	koax. Transmiss.	
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Chinesischer Hamster, Eierstock, CHO	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	Einfluss auf Zell-Zyklus	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Synchron. der Zellen; Expos. in verschied. Phasen des Zell-Zyklus; Nachweis DNA Fluss-Zytofluormeter	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) 2,45 GHz: Einfluss auf alle Zell-Zyklen; b) Einfluss von 2,45 GHz ca. doppelt so wirksam wie 27 MHz	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s.; b) s.s.	
Eignung d. Modells	Zelleffekt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.		
Bedeutung	Hinweis: HF-EMF beeinflusst Zell-Zyklen	

Autoren	Cleary S.F., Du Z., Cao G., Liu L. & McCrady C.		
Titel	Effect of isothermal radiofrequency radiation on cytolytic T lymphocytes		
Publikation	FASEB J.		
Erschein.jahr	1996 b	Ausgabe 10 (8)	Seiten 913-919
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/N)ZGT/PLF		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz		höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw, PM/PCS		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0		höchste 50
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste		höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 5		höchste 50
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 2 h		höchste 2 h
weitere Expositionsparam.	Temp. konst. 37 oC, Pulsbreite 6,67 ms, Interleukin 2		
Expositionsquelle			
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Tier, Maus, T-Lymphozyten, CTLL-2		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischer Effekt	Proliferation (Interleukin 2 (IL-2) abh.)		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos.; Kultur; Aufnahme von (3H)-Thymidin; Vgl. mit isotherm. Kontroll-Kultur		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a)MW-Expos.:SAR>25 W/kg: CTLL-2-Proliferation reduz.; b)SAR<25 W/kg CTLL-2-Prolif. erhöht unmittelbar nach Expos., reduziert 24 h post Expos.		
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s.		
Eignung d. Modells	direkt übertragbar		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar s.a. Cleary...1985,Liu...1988		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX		
Bedeutung	Hinweis: HF-EMF beeinflusst Zell-Proliferation über Membran-Signal-transduktion, nicht-therm. Effekt		

Autoren	Cleary S.F., Liu L.-M. & Merchant R.E.	
Titel	In vitro lymphocyte proliferation induced by radio-frequency electromagnetic radiation under isothermal conditions	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	1990 a	Ausgabe 11 (1) Seiten 47-56
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/N)ZGT/PLF	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 27 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 5	höchste 196
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 2 h	höchste 2 h
weitere Expositionsparam.	Temp. konst. 37 °C	
Expositionsquelle	Expos.Kammer	
Untersuchungsobjekt	Mensch, Lymphozyten, Zellkultur	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	Zell-Proliferation	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos. Vollblut; Abtrenn. mononukl. Zellen; Kultur 3 d; Lymphozyten-Proliferation Nachweis durch Aufnahme von (3H)-Thymidin ((3H)-TdR); 27 MHz: Zellen auch PHA-stimuliert	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1)27 MHz: a) 50, 196 W/kg (3H)-TdR reduziert um 30 %, b)25 W/kg (3H)-TdR erhöht um 38 %, c)5 W/kg (3H)-TdR reduziert um 13 %; 2)2,45 GHz: a) 50 W/kg (3H)-TdR reduziert um 12 %, 39,5 W/kg (3H)-TdR erhöht um 45 %, 25 W/kg (3H)-TdR erhöht um 8 %	
Signifikanz d. Ergebnisse	1 a-c) s.s., 2 a-c) s.s.	
Eignung d. Modells	direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Cleary 1990 a	
Bedeutung	Nachweis: HF-EMF beeinflusst Proliferation Lymphozyten, Wirkung Intensitäts-abhängig, keine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung	

Autoren	Cleary S.F., Liu L.-M. & Merchant R.E.	
Titel	Glioma proliferation modulated in vitro by isothermal radiofrequency exposure	
Publikation	Radiat. Res.	
Erschein.jahr	1990 b	Ausgabe 121 (1) Seiten 38-45
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/N)ZGT/PLF;CNC	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 27 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 5	höchste 200
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste 50	höchste 330
Dauer der Exposition	niedrigste 2 h	höchste
weitere Expositionsparam.	Temp. konst. 37 C, sinus	
Expositionsquelle	Expos.Kammer	
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Glioma-Zellen, NL 71	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	Zell-Proliferation	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos.; Nachweis durch Aufnahme von (3H)-Thymidin ((3H)-TdR) o. (3H)-Uridin ((3H)-UdR)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) 2,45 GHz: 5 bis 50 W/kg: (3H)-TdR u. (3H)-UdR erhöht, zunehmend; >50 bis 75 W/kg abnehmend; b) 27 MHz: 5 bis 30 W/kg bis 30 W/kg: (3H)-TdR u. (3H)-UdR erhöht, zunehmend; >30 bis 200 W/kg abnehmend bis unter Wert für Kontrollen	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s., b) s.s.	
Eignung d. Modells	direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Cleary 1990 a	
Bedeutung	Nachweis: HF-EMF beeinflusst Zell-Proliferation, Wirkung Intensitäts-abhängig, keine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung	

Autoren	Czerska E.M., Elson E.C., Davis C.C., Swicord M.L. & Czerki P.	
Titel	Effects of continuous and pulsed 2450-MHz radiation on spontaneous lymphoblastoid transformation of human lymphocytes in vitro	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	1992	Ausgabe 13 (4) Seiten 247-259
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2+V/H)ZGT/TRF	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw, PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 1000
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 0,8	höchste 12,3
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 5 d	höchste 5 d
weitere Expositionsparam.	Pulsfreq.100-1000 Hz, Pulsdauer 1 μ s, SAR durch Regulation d. Pulsfreq. an SAR in CW-Exper. angepasst (+/-12,5%)	
Expositionsquelle	Wellenleiterkammer	
Untersuchungsobjekt	Mensch, Lymphozyten, Zellkultur	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	Immunzellen, Lymphozyten-Aktivierung, Zelltransformation	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos.; pro Exper.: 1 Probe Expos., 2 Kontroll.; 1. CW, 2. PM, 3. konvent. Erhitz.; Temp.stufen 37-39 C, Bestimm. Lymphoblasten-Transform.: Zellgrößen	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	CW: kein Effekt LT, bei größ. Temp.anstieg > 1,5 C schnellere Zellzerstör. als konv. Erwärmung; PM: Zunahme d. LT	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. PM: Zunahme d. LT (p<0,02 bei 37 C, p<0,002 bei 37,5 C)	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet, Durchf.: Anzahl untersuchte Proben u. genaue Pulsfrequ. nicht doku.!	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar, aber Lücken (s.o.)	
Bezug zu anderen Untersuch.	??	
Bedeutung	Nachweis: Zunahme Aktivierung Lymphozyten (Lymphoblasten-Transform.) durch PM-EMF, nicht allein durch Temp.anstieg zu erklären; path. Bedeutung unklar	

Autoren	Davis R.L. & Mostofi F.K.	
Titel	Cluster of testicular cancer in police officers exposed to hand-held radar	
Publikation	Am. J. Ind. Med.	
Erschein.jahr	Ausgabe 24 (2)	Seiten 231-233
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(2_2/2+V/N)Radar;CNC	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	höchste
Modulationsart		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.	MW	
Expositionsquelle	Arbeitsplatz, Radar-Pistolen, Polizei	
Untersuchungsobjekt	Mensch, m.	
pathogene Wirkung	Hoden-Krebs	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Kohorten-Studie	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Verhältnis beobachteter zu erwarteter Fälle: 6,9 (statistisch signifikant). Aufgrund des Studiendesigns ist das Verhältnis vermutlich noch höher.	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.	
Eignung d. Modells	direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Einschränkung: nicht versucht, alle Hoden-Krebs-Fälle zu erfassen nach Ausscheiden aus Dienst, daher Unterschätzung des Risikos wahrscheinlich	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX	
Bedeutung	Hinweis: (MW) HF-EMF-Expos. führt zu erhöhtem Hoden-Krebs-Risiko	

Autoren	De Seze R., Fabbro-Peray P. & Miro L.	
Titel	GSM radiocellular telephones do not disturb the secretion of antepituitary hormones in humans	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	1998	Ausgabe 19 (5) Seiten 271-278
Art d. Veröff.	HF/Original Bio ExpHF(2_3/3-#V/N)	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 890 MHz	höchste 900 MHz
Modulationsart	PM/GSM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 1 m, 5 d/w, 2 h/d	höchste 1 m, 5 d/w, 2 h/d
weitere Expositionsparam.	Leistung 2 W	
Expositionsquelle	Mobilfunk, Handy	
Untersuchungsobjekt	Mensch, m., (18)	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Hormonkonz.: Adrenocorticotropin (ACTH), Thyrotropin TSH), Wachstumshormon (GH), Prolactin (PL), luteinisier. Hormon (LH), Follikel stim. Hormon (FSH)	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Mess. Hormonkonz.: Mess. 1-3 Präexpos.woche, 4-7 Ex- pos.woche, 8-9 Postexpos.woche, Ref.: Werte Mess. 1-3	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	#Auswert. ECOLOG: in gepoolten Daten für ACTH,TSH,PRL u. FSH Abnahme bei Mess. (5),6,7 in Messreihen f. einz. Probanden z.T. ausgeprägtere Effekte# Autoren geben nur Effekt für TSH an, starke individ. U. interindivid. Variab. der Hormonkonz.	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.n.s. (Pooling führt zu Mittelung)	
Eignung d. Modells	direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar, aber nicht alle Effekte disk.	
Bezug zu anderen Untersuch.	Tierexp.: Lu 1981/85, Michaelson 1983, Lai 1987/89/92	
Bedeutung	Hinweis: PM-HF-EMF beeinflusst Stresshormone (ACTH, PRL), TSH u. FSH	

Autoren	D'Inzeo G., Bernardi P., Eusebi F., Grassi F., Tamburello C. & Zani B.M.		
Titel	Microwave effects on acetylcholine-induced channels in cultured chick myotubes		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1988	Ausgabe 9 (4)	Seiten 363-372
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/N)ZMB		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	10750 MHz	höchste
Modulationsart		cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	0	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	0,01	höchste 0,02
SAR (W/kg)	niedrigste		höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	30 s	höchste 120 s
weitere Expositionsparam.	Temp. konstant		
Expositionsquelle	Horn-Antenne (Inclin. 30 Grad geg. Horiz.		
Untersuchungsobjekt	Myotuben (Huhn, Küken)		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	Acetylcholin (Ach)-induz. Ströme, Frequenz der Kanal-Öffnungen		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., a)Mess. der Ach-aktiv. Ströme mit Patch-Clamp an Zelle; b)		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Abnahme der Frequenz der Kanal-Öffnungen auf 20 bis 40 % des Ausgangswertes innerhalb 60 sek, Erholung innerhalb 120 bis 180 sek nach Abschaltung EMF		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.		
Eignung d. Modells	Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.			
Bedeutung	Nachweis: MW-EMF beeinflussen Frequenz der Öffnung von Membran-Kanälen		

Autoren	Dobson J. & St. Pierre T.G.S.	
Titel	Thermal effects of microwave radiation on biogenic magnetite particles and circuits: theoretical evaluation of cellular phone safety aspects	
Publikation	Electro- Magnetobiol.	
Erschein.jahr	1998	Ausgabe 17 (3) Seiten 351-359
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§THF(2_2/2+V/NT)	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	höchste
Modulationsart		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.	MW	
Expositionsquelle		
Untersuchungsobjekt		
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Erwärmung Gehirn durch Magnetit MW-Absorption	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Theorie	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	in Magnetocyten lokale Temp.erhö. durch verstärkte Absorption möglich; superparamagnetische Teilchen können zu starken Effekten führen	
Signifikanz d. Ergebnisse		
Eignung d. Modells		
Eignung d. Untersuchungsmeth.		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.		
Bezug zu anderen Untersuch.	Kirschvink 1996	
Bedeutung	Hinweis: MW-Absorp. durch Magnetitteilchen mögliche Erklärung für lokale Aufheizung	

Autoren	Dolk H., Elliott P., Shaddick G., Walls P. & Thakrar B.		
Titel	Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain, II All high power transmitters		
Publikation	Am. J. Epidemiol.		
Erschein.jahr	1997 b	Ausgabe 145 (1)	Seiten 10-17
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(2_3/3+V/N)Radio/TV;CNC		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 63 MHz		höchste 890 MHz
Modulationsart	var		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste var		höchste var
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste var		höchste var
SAR (W/kg)	niedrigste var		höchste var
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste var		höchste var
Dauer der Exposition	niedrigste var		höchste 12 a
weitere Expositionsparam.	VHF, UHF		
Expositionsquelle	Radio- u. TV-Sender		
Untersuchungsobjekt	Mensch, Anwohner bis 10 km Entfernung		
pathogene Wirkung	Krebs, 15 Formen		
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Vgl. der beobacht. Krebsinzidenz (O) in best. Entfernungen vom Sender mit erwart. Inzidenz (E)		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Krebsrate nur in wenigen Fällen leicht erhöht, für einige Sender und Sendergrupp. Abnahme der Leukämieinzidenz mit zunehm. Abstand		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.n.s.		
Eignung d. Modells	Mensch, direkt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Expos.zuordnung jedoch nur über Abstand, starke Variation der Feldstärke (z.T. Nahfeld), unterschiedl. Senderkonstell.		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. Dolk et al. 1997 a		
Bedeutung	kein Widerspruch zu Dolk et al. 1997 a da andere Senderkonstellationen		

Autoren	Dolk H., Shaddick G., Walls P., Grundy C., Thakrar B., Kleinschmidt I. & Elliott P.	
Titel	Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain, I Sutton Coldfield emitter	
Publikation	Am. J. Epidemiol.	
Erschein.jahr	1997 a	Ausgabe 145 (1) Seiten 1-9
Art d. Veröff.	HF/Original Bio I&EpiHF(2_3/3+V/N)Radio/TV;CNC	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste (63) MHz	höchste (890) MHz
Modulationsart	var	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste var	höchste 0,013
SAR (W/kg)	niedrigste var	höchste var
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste var	höchste 12 a
weitere Expositionsparam.	TV: höchste Leist.fl.dichte 0,057 W/m ² , FM: 0,013 W/m ² aber sehr variabel	
Expositionsquelle	Radio- u. TV-Sender	
Untersuchungsobjekt	Mensch, Anwohner bis 10 km Entfernung	
pathogene Wirkung	Krebs, 15 Formen	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Vgl. der beobacht. Krebsinzidenz (O) in best. Entfernungen vom Sender mit erwart. Inzidenz (E)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	höchste Leukämierate im inneren Bereich bis 2 km O/E=1,83 (für R<0,5 km O/E=9,09), Abnahme der Leukämierate mit wachs. Abstand (10 km O/E=1,01), Krebs insgesamt nur leicht erhöht	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.	
Eignung d. Modells	Mensch, direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Expos.zuordnung jedoch nur über Abstand, starke Variation der Feldstärke (z.T. Nahfeld)	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Vgl. Anderson & Henderson 1986, Savitz & Calle 1987, Hocking et al. 1996	
Bedeutung	starker Hinweis auf erhöhtes Leukämierisiko durch HF/EMF	

Autoren	Dutta S.K., Subramoniam A., Ghosh B. & Parshad R.		
Titel	Microwave radiation-induced calcium ion efflux from human neuroblastoma cells in culture		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1984	Ausgabe	5 (1) Seiten 71-78
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/2+V/N)ZMB/Ca		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	915 MHz	höchste
Modulationsart	AM/sin		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	16	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste		höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	0,01	höchste 5
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste		höchste
weitere Expositionsparam.	sinus		
Expositionsquelle	Crawford-Zelle		
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Mensch, Neuroblastom-Zellen		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	Ca-Ionen-Efflux		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., Markierung mit radioakt. Ca		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a)s.s. Erhöhung des Ca-Efflux bei SAR=0,05, 0,75 u. 1,0 W/kg; b) SAR=0,05 W/kg ausgeprägte Abhängigkeit von Mod.frequ., Max. bei 16 Hz		
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s., b) s.s.		
Eignung d. Modells	Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. Bawin..1975, Blackman..1979, Dutta..1989		
Bedeutung	Bestätigung: AM-HF-EMF beeinflussen Ca-Haushalt; Effekt abh. von Modul.frequ.		

Autoren	Dutta S.K., Verma M. & Blackman C.F.	
Titel	Frequency-dependent alterations in enolase activity in escheria coli caused by exposure to electric and magnetic fields	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	1994	Ausgabe 15 (5) Seiten 377-383
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/2+V/N)ZPR/ENZ	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 147 MHz	höchste 147 MHz
Modulationsart	AM/sin	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 16	höchste 60
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 0,05	höchste 0,05
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 30 min	höchste 30 min
weitere Expositionsparam.	zusätzl. Exp. Mit ELF-EF/MF 16 Hz, 60 Hz	
Expositionsquelle	Transmission Line	
Untersuchungsobjekt	Escherichia coli	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Aktivität Enolase (cytoplasmat. Enzym zum klein. Nachweis von Tumoren)	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos. verschied. Feldbeding., Nachweis Enolase-Aktiv. (EA) Spekto-Photometer 3 min nach Expos.	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) HF-EMF 147 MHz a1) cw: kein Effekt, a2) AM 16 Hz EA +62%, a3) AM 60 Hz EA -29%; b) ELF-EF/MF b1) 16 Hz EA +59%, b2) 60 Hz -24%	
Signifikanz d. Ergebnisse	a1)-, a2,3)s.s., b1,2)s.s.	
Eignung d. Modells	Zelleffekt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	ähnliche Frequenzabhängigkeit: Ca++-Fluss, Acetylcholinesterase-Aktiv.: Dutta...1984,1989,1992, Blackman...1991,1992, Adey 1989,1992, Schwartz...1990	
Bedeutung	Hinweis: ELF-AM-HF-EMF sehr geringer Intens. beeinflusst cytoplasmat. Enzym-Aktivität, Frequenzabh. Signifikant (Vgl. Ca++, ACE), gleiche Effekte bei ELF-EF/MF	

Autoren	Elekes E., Thuróczy G. & Szabo L.D.	
Titel	Effect on the immune system of mice exposed chronically to 50 Hz amplitude-modulated 2.45 GHz microwaves	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	Ausgabe 17 (3)	Seiten 246-248
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/2+V/N)IMM	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	CW, AM/square	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 50
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 1	höchste 1
SAR (W/kg)	niedrigste 0,14	höchste 0,14
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 6 d, 3 h/d	höchste 6 d, 3 h/d
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle	Horn-Antenne	
Untersuchungsobjekt	Tier, Maus, Balb/c, m. & w., Milzzellen, Zellkultur	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Störung des Immunsystems (Anti-Körper-prod. Zellen, Milz-Gewicht)	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., Milz-Zell-Suspension, Bestimmung: Milz-Index (MI)Gewicht Milz/Körpergewicht, Zahl der Milz -Zellen (ZMZ), Zahl der Anti-Körper-prod. Zellen pro Milz (PFC)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a)CW: a1)w: i)MI:-3,75%, ii)ZMZ:-15,11%, iii)PFC:+8,9%; a2)m: i) -, ii) ZMZ:-11,32%, iii) PFC:+37,07%; b)AM: b1)w: i)MI:+3,7%, ii)ZMZ:+2,36%, iii)PFC:-10,34%; b2)m: i)MI:+14,98%, ii)ZMZ:-9,68%, iii)PFC:+55,41%	
Signifikanz d. Ergebnisse	a1)ii)s.s., a2)iii)s.s.; b2)i)s.s., iii)s.s.	
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Wiederholung wäre wünschenswert, Untersuchungsbedingungen (Stress) möglicherweise unterschiedlich für m. u. w. Tiere	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Fam 1980, Robert..1981, Rama Roa..1985, Liddle..1986, Veyret..1991	
Bedeutung	Hinweis: CW/AM-HF-EMF wirkt auf Immunsystem, Unterschiede bei m. u. w. Tieren (evt. Unterschiede psychoneurohormonale Regulation)	

Autoren	Finkelstein M.M.	
Titel	Cancer incidence among Ontario police officers	
Publikation	Am. J. Ind. Med.	
Erschein.jahr	Ausgabe 34 (2)	Seiten 157-162
Art d. Veröff.	HF/Original Bio §EpiHF(2_2/2+V/N)Radar/Funk;CNC	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 24150 MHz	höchste 35000 MHz
Modulationsart	cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 0
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste var	höchste var
SAR (W/kg)	niedrigste var	höchste var
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste var	höchste var
Dauer der Exposition	niedrigste var	höchste var
weitere Expositionsparam.	Doppler-Radar	
Expositionsquelle	Arbeitsplatz, Radar, Polizei	
Untersuchungsobjekt	Mensch	
pathogene Wirkung	Krebs	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, retrospekt. Kohorten-Studie, Krebsinzidenz	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Standard. Inzid. Raten in expon. Grp.: a) alle Tumoren SIR=0,9, b) Hodenkrebs SIR=1,3, c) Hautkrebs SIR=1,45, d) Weichteile SIR=1,12	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) -, b) s.n.s., c) s.s., d) s.n.s.	
Eignung d. Modells	Mensch, direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Einschränkung: Inform. zu individ. Belast. Fehlen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. Lotz et al. 1995 (NIOSH-Report)	
Bedeutung	Hinweis auf erhöhte Risiken für Krebs in anatom. Bereichen, die HF-Strahlung ausgesetzt	

Autoren	Freude G., Ullsperger P., Eggert S. & Ruppe I.	
Titel	Effects of microwaves emitted by cellular phones on human slow brain potentials	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	Ausgabe 19 (6)	Seiten 384-387
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/H)ZNS/EEG	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 916,2 MHz	höchste 916,2 MHz
Modulationsart	PM/GSM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 277
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 0,882	höchste 1,42
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 3 min	höchste 5 min
weitere Expositionsparam.	Mobiltelefon (Leistungsmax. 2,8 W, durchschn. 350 mW) im direkten Kontakt mit linkem Ohr d. Probanden, Pulsdauer: 577 μ s	
Expositionsquelle	Mobilfunk, Handy	
Untersuchungsobjekt	Mensch, m, (16)	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Nervensystem, EEG, Bereitschaftspotentiale	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Einf.-Blindvers., Durchf. zwei verschied. Aufg. mit u. ohne Expos.: 1. 30x drücken Maustaste (Bereitschaftspotential erkennen.), 2. visuelle Beobacht.aufg.; EEG	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	kein Effekt auf Durchführung der Aufgaben, allerdings bei 2. Aufgabe (Beobachtung u. Reaktion) sign. Abnahme der langsamen Bereitschaftspotentiale in bestimmten Hirngregionen bei Expos.	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet, Durchf.: Einf.-Blindvers.!?	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar, Kurzbericht! s.a Hentschel...1999	
Bezug zu anderen Untersuch.	Klitzing (1995), Reiser et al. (1995), Röschke u. Mann (1997)	
Bedeutung	Nachweis: Beeinfluss. elektrophysiolog. Vorgänge (langs. Bereitschaftspot.) im Gehirn; Hinweis: Veränd. Informationsverarbeit.; path. Bedeut. unklar	

Autoren	Fritze K., Sommer C., Schmitz B., Mies G., Hossmann K.A., Kiessling M. & Wiessner C.	
Titel	Effect of global system for mobile communication (GSM) microwave exposure on blood-brain barrier permeability in rat	
Publikation	Acta Neuropathol.	
Erschein.jahr	1997 b	Ausgabe 94 (5) Seiten 465-470
Art d. Veröff.	HF/Original Bio I§ExpHF(3_3/3+V/H)BBB	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 900 MHz	höchste 900 MHz
Modulationsart	PM/GSM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 0,3	höchste 7,5
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 4 h	höchste 4 h
weitere Expositionsparam.	höchste Exposition (7,5 W/kg): 900 MHz CW-Signall, fixierte Position der Tiere, vgl. Fritze et al. 1997 a	
Expositionsquelle	Antenne	
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte, Wistar, 20 Tiere/Gruppe	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Blut-Hirn-Schranke	
biologischerEffekt	Permeabilität, Serum-Albumin	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Töt.: 10 Tiere sofort p.Expos., 10 Tiere 10 d p. Expos., immunohistochem. u. histolog. Untersuch. Gehirn, Best. extravasales Serum-Albumin, Vgl. mit Gewebeproben p. Kälteschock	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	50% d. Tiere aller drei Expos.gruppen, die sofort p.Expos. getötet worden sind, hatten Extravasate (Serum-Albumin) im Gehirn; Tiere, die 7 d p.Expos. getötet worden sind, nicht häufiger betroffen als Tiere der Kontrollgruppen.	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. in Expos.grp. 7,5 W/kg, sonst. s.n.s.	
Eignung d. Modells	??	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet; Durchf.: statist. Relev. ? ungeladene Expos. nur in höchsten Expos.grp. erschwert Vgl. zw. Grpn.	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	??	
Bedeutung	Nachweis: Störung Blut-Hirn-Schranke, reversibel, patholog. Bedeutung unklar.	

Autoren	Fritze K., Wiessner C., Kuster N., Sommer C., Gass P., Hermann D.M., Kiessling M. & Hossmann K.A.	
Titel	Effect of global system for mobile communication microwave exposure on the genomic response of the rat brain	
Publikation	Neurosci.	
Erschein.jahr	1997 a	Ausgabe 81 (3) Seiten 627-639
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZGT/PLF/GEX/RNA	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 890 MHz	höchste 9 5 MHz
Modulationsart	?? GSM CW	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 0,3	höchste 7,5
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 4 h	höchste 4 h
weitere Expositionsparam.	höchste Exposition (7,5 W/kg): 900 MHz CW-Signall, Kontrolle d. Körpertemperatur, fixierte Position der Tiere	
Expositionsquelle	Mobilfunk, Handy (Motorola International 2000) GSM	
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte, Wistar	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Nervensystem, Stressreaktionen	
biologischerEffekt	Gentranskription, Gentranslation, Zellproliferation	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in-vivo Expos., Gewebeproben aus Gehirn, in situ Hybrid. (mRNA), immunohistochem. Analys. (Proteine, Glia-Aktiv., Prolif.), semiquant. Bestimm. (opt. Dichte), Vgl. mit Gewebeproben nach Ischämie.	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	höchste Expositon (7,5 W/kg): veränderte Gentranskription (hsp70 mRNA) in einigen Hirnregionen, alle anderen untersuchten Endpunkte: keine Veränderungen	
Signifikanz d. Ergebnisse	z.T. s.s.; semiquantitative Bestimmungen!	
Eignung d. Modells	??	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet, Durchführung: un gepulste Expos. nur in der höchsten Expos.gruppe erschwert Vergleiche zw. den Gruppen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX	
Bedeutung	Hinweis: PM-HF-EMF beeinflusst Gen-Transkription u. - translation	

Autoren	Goswami P.C., Albee L.D., Parsian A.J., Baty J.D., Moros E.G., Pickard W.F., Roti Roti J.L. & Hunt C.R.		
Titel	Proto-oncogene mRNA levels and activities of multiple transcription factors in C3H 10T1/2 murine embryonic fibroblasts exposed to 836.62 and 847.74 MHz cellular phone communication frequency radiation		
Publikation	Radiat. Res.		
Erschein.jahr	1999	Ausgabe 151 (3)	Seiten 300-309
Art d. Veröff.	HF/Original Biol§ExpHF(2_3/3+#V/N)ZGT/GEX/RNA/CNC		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 836,62 MHz	höchste 847,74 MHz	
Modulationsart	FMCW, PM/CDMA		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 50	
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste	
SAR (W/kg)	niedrigste 0,6	höchste 0,6	
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste	
Dauer der Exposition	niedrigste 4 d	höchste 4 d	
weitere Expositionsparam.			
Expositionsquelle	Radial Transmission Line		
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Maus, Fibroblasten, C3H 10T1/2		
pathogene Wirkung	Stress		
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	Gen-Expression (Proto-Onkogen)		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos.; Nachweis mRNA (fos, jun, myc), DNA-Bind.aktiv. AP1,AP2,NF-kB-Transkript-Faktoren (Details s. Arbeit)		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1)FMCW:a)jun,myc k.E.,fos erhöht; b)DNA-Bind.aktiv. z.T. erhöht; 2)CDMA:a)jun,myc k.E.,fos erhöht; b)DNA-Bind.aktiv. z.T. erhöht/z.T. erniedrigt		
Signifikanz d. Ergebnisse	1a) s.s.; 1b) (s.s.); 2a) s.s.; 2b) (s.s.)		
Eignung d. Modells	Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	schwer zu beurteilen (komplex, sehr spez. Methodik)		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	s.o.		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX		
Bedeutung	Hinweis: (PM)-HF-EMF beeinflusst Gen-Expression (Proto-Onkogen, Krebs)		

Autoren	Grayson J.K.		
Titel	Radiation exposure, socioeconomic status, and brain tumor risk in the US Air Force: a nested case-control study		
Publikation	Am. J. Epidemiol.		
Erschein.jahr	1996	Ausgabe	143 (5) Seiten 480-486
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(2_2/2+V/N)Radar/UA;CNC		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	var	höchste var
Modulationsart			var, u.a. PM
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	var	höchste var
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	var	höchste var
SAR (W/kg)	niedrigste	var	höchste var
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	var	höchste var
Dauer der Exposition	niedrigste	var	höchste 19 a
weitere Expositionsparam.	ELF-MW		
Expositionsquelle			Arbeitsplatz, u.a. Radar, Militär
Untersuchungsobjekt	Mensch		
pathogene Wirkung	Hirntumoren		
patho-physiologische Wirkung			
biologischer Effekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Fall-Kontroll-Studie, Job-Expos.-Matrix		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	erhöhte Hirntumor-Rate bei Pers. mit ELF- u. HF-EMF-Expos. (OR=1,28 bw. OR=1,39)		
Signifikanz d. Ergebnisse	HF: s.s., NF: n.s.s.		
Eignung d. Modells	Mensch, direkt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Expos.zuordnung jedoch nur über Job-Expos.-Matrix		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.			
Bedeutung	Hinweis auf leicht erhöhtes Hirntumor-Risiko durch HF-EMF-Expos.		

Autoren	Hamnerius Y., Rasmuson A. & Rasmuson B.	
Titel	Biological effects of high-frequency electromagnetic fields on Salmonella typhimurium and Drosophila melanogaster	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	1985	Ausgabe 6 (4) Seiten 405-414
Art d. Veröff.	HF/Original ! Bio §ExpHF(1_2/2-V/N)ZGT/MUT/PLF	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 27,12 MHz	höchste 3100 MHz
Modulationsart	cw, AM, PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 500
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste s.u.	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste s.u.	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 2,5 h	höchste 6 h
weitere Expositionsparam.	27,12MHz 137V/m 0,3W/kg; 27,12MHz 12-21A/m 0,05-0,15W/kg; 2,45GHz AM 100Hz 110-130W/kg; 3,1GHz PM 500Hz 60-90W/kg	
Expositionsquelle		
Untersuchungsobjekt	Tier, Fruchtfliege, Drosophila melanogaster, Mikroorg, Salmonella typhimurium,	
pathogene Wirkung	Überleben bzw. Wachstum in Zell-Kulturen	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	Mutationen	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Dros. in vivo-Expos.; Salmo. in vitro-Expos.während Wachstum; modifiz. Ames Salmonellen-Test	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1)Mut.: Dros.:a)k.E.; Salmo.:b)27MHz k.E.; c)2,45GHz +/-; d)3,1GHz +/-; 2)Überleb.: Dros.:a)27MHzE vermind.; b)27MHzH erhöht; c)2,45GHz erhöht; d)3,1GHz erhöht; Salmo. e)27MHz H erhöht; f)2,45GHz erhöht; g)3,1GHz erhöht	
Signifikanz d. Ergebnisse	2a-d) n.s.; 2e-g) s.s.	
Eignung d. Modells	Salmonella: Übertragbarkeit der Ergebnisse Prokaryoten > Eukaryoten ?	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar in Verbindung mit Hamnerius 1983	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. Anderstam...1983	
Bedeutung	Hinweis: (PM)-HF-EMF erhöht Mutationsrate u. stimuliert Wachstum in einzelnen Salmonella-Stämmen; schwacher Effekt auf Überleben Drosophila	

Autoren	Hardell L., Näsman A., Pahlson A., Hallquist A. & Hansson Mild K.	
Titel	Use of cellular telephones and risk for brain tumours: a case-control study	
Publikation	Int. J. Oncol.	
Erschein.jahr	Ausgabe 15 (1)	Seiten 113-116
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(3_3/3+V/N)MobF;CNC	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 450 MHz	höchste 900 MHz
Modulationsart	CW, PM/GSM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste var	höchste var
SAR (W/kg)	niedrigste var	höchste var
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste var	höchste var
Dauer der Exposition	niedrigste 88 h	höchste 968 h
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle	Mobilfunk, Handy, NMT, GS	
Untersuchungsobjekt	Mensch, w., (233)	
pathogene Wirkung	Gehirntumoren, verschied. (Schläfenlappen, Okzipitallappen)	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Fall-Kontroll Studie, Fälle aus Krebsregister, Kontrollen über Bevölkerungsregister, Expositionserfassung über zugesandte Fragebögen und telefon. Nachfragen	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) für Latenzzeit > 10 a (nur NMT) OR=1,20, b) Tumoren Hinterhaupt u. Schläfen, Latenzzeit > 1 a: b1) Korrel. rechtseitige Nutzung/rechtseitiger Tumor OR=2,45, b2) Korrel. linksseitige Nutzung/linksseitiger Tumor OR=2,40	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.n.s., b) s.n.s.	
Eignung d. Modells	Mensch, direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Beruf und andere Expositionen als mögliche Confounder berücksichtigt	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Vgl. Muscat et al. ?2000	
Bedeutung	Hinweis krebsprom. Wirkung von Mobilfunk-HF, Forsch.: Korrel. Mobilfunk-Nutzung/ Tumoren in stark expon. anatom. Bereichen	

Autoren	Hentschel K., Neuschulz H., Ruppe I., Eggert S., Freude G., Kaul G., Enderlein G. & Keitel J.	
Titel	Untersuchungen zum Einfluß von niederfrequent gepulsten elektromagnetischen Feldern von GSM-Mobiltelefonen auf den Menschen	
Publikation	in: Krause et al. 1999	
Erschein.jahr	1999	Ausgabe Seiten 1179-1190
Art d. Veröff.	HF/Original Tagung Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 916,2 MHz	höchste 916,2 MHz
Modulationsart	PM/GSM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 0,1	höchste 2,35
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle	Mobilfunk, Handy (2,8 W)	
Untersuchungsobjekt	Mensch, m, 20-30 J, 20 Pers.	
pathogene Wirkung	Veränderungen Beobachtungsleistung, Grundaktivität des Gehirns, Gehirnpotentiale	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	a)Beobachtungsleistung: a1)Reaktionsgerät, a2)Signal-Detektion; b)Grundaktivität des Gehirns: Autokinetischer Lichttest; c)EEG	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a1,2) keine signifikanten einflüsse der Feldexposition; b) s.s. Verringerung der Ruhephasen (-3 %); c) keine Veränderungen in der Leistung, signifikante Veränderungen der Amplituden-Parameter der ereignisvorgelagerten langsamen Hirnpotentiale	
Signifikanz d. Ergebnisse	a)-; b) s.s.; c) s.s.	
Eignung d. Modells	Mensch, direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX	
Bedeutung	Hinweis: PM-EMF-HF beeinflussen psychische Grundaktivität (Erhöhung der kortikalen Erregbarkeit)	

Autoren	Hocking B., Gordon I.R., Grain H.L. & Hatfield G.E.	
Titel	Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers	
Publikation	Med. J. Aust.	
Erschein.jahr	Ausgabe 165 (11-12)	Seiten 601-605
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(3_2/2+V/N)TV/CNC	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 63 MHz	höchste 215 MHz
Modulationsart	AM, FM, PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 50	höchste 5000
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 0,002	höchste 0,08
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.	Exposition berechnet, Kontrollmessungen ergaben bis Faktor 5 niedrigere Werte, PM im Bereich 50 Hz bis 5 MHz	
Expositionsquelle	TV-Sender, Sydney	
Untersuchungsobjekt	Mensch, Kind	
pathogene Wirkung	Krebs, Inzidenz, Mortalität	
patho-physiologische Wirkung		
biologischer Effekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Vergleich der Krebsinzidenz und der Mortalität in Bevölkerungsgruppen mit unterschiedlichen Belastungen, Poisson-Regression	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	RR erhöht für stärker exponierte Bevölkerung: Leukämie Inz., alle RR=1,24, Kinder RR=1,58, Mort. Kinder RR=2,32, Lymph. Leukämie, Inz., Kinder RR=1,55, Mort. Kinder RR=2,74; keine erhöhte Inzidenz und Mortalität bei Gehirntumoren	
Signifikanz d. Ergebnisse	alle angegebenen Werte s.s.	
Eignung d. Modells		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	andere epidemiolog. Untersuchungen s. z.B. Goldsmith 1995	
Bedeutung	Hinweise auf fördernde Wirkung von HF-Feldern bei Leukämie, mögl. Bedeut. der PM wird betont	

Autoren	Imaida K., Taki M., Watanabe S. Kamimura Y., Ito T., Yamaguchi T., Ito N. & Shirai T.	
Titel	The 1.5 GHz electromagnetic near-field used for cellular phones does not promote rat liver carcinogenesis in a medium-term liver bioassay	
Publikation	Jpn. J. Canc. Res.	
Erschein.jahr	1998 b	Ausgabe 89 (10) Seiten 995-1002
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_3/3+V/H)/CNC/END/HRM	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 1439 MHz	höchste 1439 MHz
Modulationsart	PM (TDMA, PDC)	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 50	höchste 50
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 0,453	höchste 0,68
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 90 min/d	höchste 45 h
weitere Expositionsparam.	Antenne 0,33 W,Teilkörper SAR Leber (Zielorgan) 0,937-1,91 W/kg Expositionsdauer: 90 min/d x 5d/w x 6 w=45 h	
Expositionsquelle	einpolige Antenne (1/4 Wellenlänge)	
Untersuchungsobjekt Kontrolle)	Tier, Ratte, Fischer 344, (120) (48 Expos., 48 Scheinexpos., 24	
pathogene Wirkung	Karzinogenese, Leber	
patho-physiologische Wirkung	Neuroendokrines System, ACTH, Kortikosteron, Melatonin	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Vorbehandl. Karzinogen DEN, 2 w später Expos., p. 1.Expos.woche: 2/3 d. Leber entnommen, p. 6. Expos.woche: Tötung, Organentnahme, Hormonbest., histopathol. Untersuchungen	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) Zunahme der drei untersuchten Hormone (ACTH, Kortikosteron, Melatonin); b) keine Zunahme des karzinogenen Potentials bzgl. Lebertumoren (Vgl. Anzahl und Größe von GST-P positiven Foci in der Leber)	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s.	
Eignung d. Modells	Validität: 90% d. Leberkarzinogene reagieren positiv, andere Karzinogene: ca. 24% pos.	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: Kurzzeitstudie!, mit Einschränkungen geeignet, Durchführung: Zweck der Leberektomy nach 1 w Expos. unklar! (Anreg. Geweberegen., Erhöhung Zellteilungsrate?)	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	gut nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Repacholi et al. (1997), Imaida et al. (1998 a)	
Bedeutung	? kein Nachweis kanzerogen/promov. Wirk. (nur 1/4 der bekannten nicht-Leber-Karzinogene reag. in diesem Testsystem positiv!); Nachweis von Effekten auf das endokrine System	

Autoren	Imaida K., Taki M., Yamaguchi T., Ito T., Watanabe S., Wake K., Aimoto A., Kamimura Y., Ito N. & Shirai T.	
Titel	Lack of promoting effects of the electromagnetic near-field used for cellular phones (929.2 MHz) on rat liver carcinogenesis in a medium-term liver bioassay	
Publikation	Carcinogenesis	
Erschein.jahr	1998 a	Ausgabe 19 (2) Seiten 311-314
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_3/3+V/H)/CNC/END/HRM	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 929,2 MHz	höchste 929,2 MHz
Modulationsart	PM (TDMA, PDC)	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 50	höchste 50
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 0,58	höchste 0,8
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 90 min/d	höchste 45 h
weitere Expositionsparam.	Teilkörper SAR Leber (Zielorgan) 1,7-2,0 W/kg, Expositionsdauer: 90 min/d x 5d/w x 6 w=45 h	
Expositionsquelle	einpolige Antenne (1/4 Wellenlänge)	
Untersuchungsobjekt Kontr.)	Tier, Ratte, Fischer 344, (120) (48 Expos., 48 Scheinexpos., 24	
pathogene Wirkung	Karzinogenese, Leber	
patho-physiologische Wirkung	Neuroendokrines System, ACTH, Kortikosteron, Melatonin	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Vorbehandl. Karzinogen DEN, 2 w später Expos., p. 1.Expos.wo.: 2/3 Leber entnomm., p. 6. Expos.wo.: Tötung, Organentnahme, Hormonbest., histopathol. Untersuch.	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) Zunahme Hormonkonz. im Blut (ACTH, Kortikosteron, Melatonin); b) keine Zunahme karzin. Pot. Lebertumoren (Vergleich von Anzahl und Größe von GST-P positiven Foci in der Leber)	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s.	
Eignung d. Modells	Valid.: 90% Leberkarzin. reag. pos., andere Karzin.: ca. 24% pos.	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: Kurzzeitstudie!, mit Einschränk. geeignet, Durchführung: Zweck der Leberektomy nach 1 w Expos. unklar! (Anreg. Geweberegen., Erhöhung Zellteilungsrate?)	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	gut nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Repacholi et al. (1997), Imaida et al. (1998 b)	
Bedeutung	? kein Nachweis kanzerogen/promov. Wirk. (nur 1/4 der bekannten nicht-Leber-Karzinogene reag. in diesem Testsystem positiv!); Nachweis von Effekten auf das endokrine System	

Autoren	Inaba R., Shishido K.-I., Okada A. & Moroji T.	
Titel	Effects of whole body microwave exposure on rat brain contents of biogenic amines	
Publikation	Eur. J. Appl. Physiol.	
Erschein.jahr	Ausgabe 65 (2)	Seiten 124-128
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/N)ZNS/NTM	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 0
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 50	höchste 100
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.	Rektaltemp. Erhöht 2,3 bzw. 3,4 oC	
Expositionsquelle	Kammer	
Untersuchungsobjekt	Ratte (Wistar), m, 15	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Gehirn, Gehalt Noradrenalin (NA), Dopamin (DA), Dihydroxyphenyl-Essigs. (DOPAC), Serotonin (5-HT), 5-Hydroxyindol-Essigs. (5-HIAA)	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo Expos., Mess. Gehalt NA,DA,DOPAC,5-HT,5-HIAA in Cerebellum (C),Pons plus Medulla oblongata (PM), Hypothalamus (HT), Striatum (S),Mittelhirn (M), Cerebral Kortex (CK), Hippocampus (HC)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	NA reduz. in a)PM,b)HT,c)M; DA reduz. in d)S;DOPAC erhöht in e)PM,f)CK,g)S; 5-HAT reduz. in h)HT; 5-HIAA erhöht in i)PM,i)S,k)CK	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.:b),e),i)	
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen; möglich: therm. Effekt	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.		
Bedeutung	Hinweis: HF-EMF beeinflusst Gehirn (Gehalt biogen. Amine)	

Autoren	Inalöz S.S., Dasdag S., Ceviz A. & Bilici A.	
Titel	Acceptable radiation leakage of microwave ovens on pregnant and newborn rat brains	
Publikation	Clin. Exp. Obstet. Gynecol.	
Erschein.jahr	Ausgabe 24 (4)	Seiten 215-219
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/1+V/N)TER	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 0
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste ?	höchste ?
SAR (W/kg)	niedrigste 2,3	höchste 2,3
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 15 min/d	höchste 30 min/d
weitere Expositionsparam.	Tiere vor geschloss. d. Mikrow.ofens, Expositionsdauer = gesamte Trächtigkeit (21-22 d)	
Expositionsquelle	Gerät, Mikrowellenofen (Leistung 550 W)	
Untersuchungsobjekt Expos.)	Tier, Ratte, Wistar albino, w, trächtig, 27, 3 Grp. (1 Kontr., 2	
pathogene Wirkung	Teratogenität, Gehirn	
patho-physiologische Wirkung	Entzündungsreaktion	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo Exposition, der trächtigen Tiere, Expos. 15 o. 30 min/d (NIR15, 30) wöch. Untersuch. mit Ultraschall (Herzaktivität, Anzahl der Feten), p.p. Entnahme d. Gehirne, histolog. Untersuch.	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	65% expon. Grpn. histolog. Veränd. im Gehirn: Muttertiere: Blutstau, Ödeme, degenerierte Neuronen , NIR30: chron. entzündliche Zellinfiltrate, fokale Nekrosen, b)Nachkommen: Ödeme, Blutstau, NIR30: chron. Entzündung, Blutungen, Nekrosen	
Signifikanz d. Ergebnisse	qual. Untersuch., keine statist. Auswert.!	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet, Durchführung: Leckstrahlung angeblich gemessen, Ergebnisse aber nicht dokumentiert	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.		
Bedeutung	therm. Effekt nicht auszuschliessen, teratogen. Effekt histolog. nachgewiesen, chron. entzündl. Veränderungen d. Gehirns	

Autoren	Ivaschuk O.I., Jones R.A., Ishida-Jones T., Haggren W., Adey W.R. & Phillips J.L.		
Titel	Exposure of nerve growth factor-treated PC12 rat pheochromocytoma cells to a modulated radiofrequency field at 836,55 MHz: effects on c-jun and c-fos expression		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1997	Ausgabe	18 (3) Seiten 223-229
Art d. Veröff.	HF/Original Bio §ExpHF(3_3/3+#V/N)ZGT/GEX/RNA		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	836,55 MHz	höchste 836,55 MHz
Modulationsart	PM/TDMA		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	50	höchste 50
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	0,9	höchste 90
SAR (W/kg)	niedrigste	0,00026	höchste 0,026
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	20 min	höchste 100 min
weitere Expositionsparam.	intermitt. Expos. 20 min an/20 min aus, stat. Magnetfeld 31 +/- 12 µT, Inklination 9 +/- 28 Grad geg. Horiz., 60 Hz 0,13 bis 0,20 µT		
Expositionsquelle	TEM-Zelle, s. Ivaschuk et al. 1996		
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, PC12 Pheochromocytom-Zellen (Ratte)		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischer Effekt	geänderte Gen-Transkription, mRNA		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., Analyse: mRNA-Level, Methode: Northern Blot Analyse		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	mRNA c-fos: kein Effekt, mRNA c-jun: 39 % Abnahme bei 90 W/m ² Expos.zeit 20 min, kein Effekt bei anderen Expos.parametern		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.		
Eignung d. Modells	direkt übertragbar, Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, jedoch möglicherweise Unterdrückung eines HF-EMF-Effekts durch max./opt. NGF Stimul., SAR abhängig. von Ort der Proben-träger in TEM-Zelle		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar, gute Dok. der Expos.bedingungen		
Bezug zu anderen Untersuch.	mehrere Untersuch. mit ELF-EMF		
Bedeutung	Hinweis: Einfluss von PM HF-EMF auf Gen-Transkription, entspr. Effekt bei ELF-EMF, phys. Bedeut. ?		

Autoren	Khillare B. & Behari J.		
Titel	Effect of amplitude-modulated radiofrequency radiation on reproduction pattern in rats		
Publikation	Electro- Magnetobiol.		
Erschein.jahr	1998	Ausgabe 17 (1)	Seiten 43-55
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/2+V/N)FER		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 200 MHz		höchste 200 MHz
Modulationsart		AM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 16		höchste 16
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 14,7		höchste 14,7
SAR (W/kg)	niedrigste 2,65		höchste 2,0
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 35 d		höchste 35 d
weitere Expositionsparam.	Expos. 35 d, 6 d/w, 2 h/d		
Expositionsquelle		TEM-Zelle	
Untersuchungsobjekt	Ratte (Wistar), m		
pathogene Wirkung	Fortpflanzung, reduz. Fertilität		
patho-physiologische Wirkung			
biologischer Effekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vivo Expos., Paarung, Zählung Nachkommen, Untersuchung Hoden		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Expos. führt zu reduz. Fertilität, Abnorm./Defekte in der Spermatid-Bildung, beeinträcht. Spermatogenese		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.		
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Temp.effekt nicht ausgeschlossen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXXX		
Bedeutung	Hinweis: HF-EMF-Expos. führt zu reduz. Fertilität; Temp.effekt nicht ausgeschlossen		

Autoren Kirschvink J.L.
Titel Microwave absorption by magnetite: a possible mechanism for coupling nonthermal levels of radiation to biological systems
Publikation Bioelectromagnetics
Erschein.jahr 1996 **Ausgabe** 17 (3) **Seiten** 187-194
Art d. Veröff. HF/Original Bio !§THF(2_2/T+V/N)
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz) **niedrigste** 500 MHz **höchste** 10000 MHz
Modulationsart
Moulation Frequenz (Hz) **niedrigste** **höchste**
Leistungsflussdichte (W/m²) **niedrigste** **höchste**
SAR (W/kg) **niedrigste** **höchste**
Elektrische Feldstärke (V/m) **niedrigste** **höchste**
Dauer der Exposition **niedrigste** **höchste**
weitere Expositionsparam.
Expositionsquelle
Untersuchungsobjekt
pathogene Wirkung
patho-physiologische Wirkung
biologischerEffekt
biophys./chem. Prozess
Untersuchungsmethode Theorie
Zusammenfassung d. Ergebnisse
Signifikanz d. Ergebnisse
Eignung d. Modells
Eignung d. Untersuchungsmeth.
Dokum. d. Untersuchungsbeding.
Bezug zu anderen Untersuch.
Bedeutung im Frequenzbereich 0,5-10 GHz ferromagnet. Resonanz-Absorption

Autoren	Kolodynski A.A. & Kolodynska V.V.	
Titel	Motor and psychological functions of school children living in the area of the Skruna radio location station in Latvia	
Publikation	Sci. Total Environ.	
Erschein.jahr	Ausgabe 180 (1)	Seiten 87-93
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(2_2/2+V/N)Radar;CNC	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 154 MHz	höchste 162 MHz
Modulationsart	PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 24,4	höchste 24,4
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste var	höchste var
SAR (W/kg)	niedrigste var	höchste var
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste var	höchste var
Dauer der Exposition	niedrigste var	höchste var
weitere Expositionsparam.	Exposition in Vorwärtsrichtung der Anlage, Expositionszone bis 20 km, in 3,7 km Abstand mittlere Leistungsflussdichte 3,2 W/m ²	
Expositionsquelle	Sender	
Untersuchungsobjekt	Mensch, Kind, 224 expon., 357 n. expon.	
pathogene Wirkung	Einschränkung motorischer und psychologischer Funktionen	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Vergleich der Ergebnisse motorischer u. psychologischer Tests bei exponierten und nicht exponierten Kindern, gruppiert nach Alter und Geschlecht	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	exponierte Kinder: Verringerung der Gedächtnisleistung u. der Aufmerksamkeit, verlangsamte Reaktion, verminderte Ausdauer des neuromuskularen Apparates, schwache Korrelation Effekt/Abstand	
Signifikanz d. Ergebnisse	viele s.s., einige Komb. Alter/Geschlecht s.n.s.	
Eignung d. Modells		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Einschränkungen: Expositionklassifizierung nur aufgrund Wohnort in exponierter/ nicht exponierter Zone, keine Messwerte, Confounder-Diskussion verkürzt	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar mit Einschränkungen	
Bezug zu anderen Untersuch.	Lyskov et al. 1993, Kalnins et al. 1996	
Bedeutung	Hinweis auf Einschränk. mot. u. psych. Funkt. bei Kindern mit wahrscheinlicher PM HF-EMF-Exposition	

Autoren	Krause D., Mullins J.M., Penafiel L.M., Meister R. & Nardone R.M.	
Titel	Microwave exposure alters the expression of 2-5A-dependent RNase	
Publikation	Radiat. Res.	
Erschein.jahr	Ausgabe	Seiten
1991	127 (2)	164-170
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/N)ZPR/ENZ	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 0
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 96	höchste 9600
SAR (W/kg)	niedrigste 13	höchste 1300
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 4 h	höchste 4 h
weitere Expositionsparam.	Temperatur auf +-0,2 oC konstant	
Expositionsquelle	Wellenleiter	
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Tier, Maus, L929	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	Enzym-Aktivität (Interferon regulierte Enzyme: 2-5A Synthetase, Rnase L), Zelltod, Zellwachstum	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., Radiobinding Assay für Rnase L, Scintillationszähler	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	130 W/kg: kein Einfluss auf Überleben u. Wachstum der Zellen; a) RNase L erhöht; b) RNase L-Aktivität erhöht; c) 2-5A Synthetase kein Effekt	
Signifikanz d. Ergebnisse	a)s.s., b)s.s.	
Eignung d. Modells	Zelleffekt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	einigermaßen nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Chen & Lin 1978	
Bedeutung	Hinweis: HF-EMF beeinflusst Enzym-Expression u. -aktivität, jedoch kein Effekt auf Zell-Überleben u. -Wachstum	

Autoren	La Cara F., Scarfi M.R., D'Auria S., Massa R., d'Ambrosio G., Franceschetti G., Rossi M. & De Rosa M.		
Titel	Different effects of microwave energy and conventional heat on the activity of a thermophilic beta-galactosidase from bacillus acidocaldarius		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1999	Ausgabe 20 (3)	Seiten 172-176
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZPR/ENZ		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	10400 MHz	höchste 10400 MHz
Modulationsart			
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste		höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste		höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	1100	höchste 1700
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	15 min	höchste 60 min
weitere Expositionsparam.			
Expositionsquelle	Wellenleiter, Expos.zelle		
Untersuchungsobjekt	Beta-Galactosidase, Bacillus Acidocaldarius		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	Enzym-Aktivität		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	Vgl. der Aktivität eines thermophilen Enzyms bei HF-EMF-Expos. u. konv. Erwärmung im Wasserbad		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Enzym-Aktivität nimmt mit Expos.dauer ab, in Wasserbad kein Effekt, Testuntersuchungen mit verschied. Enzym-Konzentrationen		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.		
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar da thermophil. Enzym		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	vgl.		
Bedeutung	Nachweis, dass Wirkung von HF-EMF verschieden von konv. Erwärmung		

Autoren	Lai H.	
Titel	Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation	
Publikation	Int. J. Radiat. Biol.	
Erschein.jahr	1996	Ausgabe 69 (4) Seiten 513-521
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2+V/N)ZGT/DANN	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	CW, PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 500
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 20	höchste 20
SAR (W/kg)	niedrigste 1,2	höchste 1,2
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 2 h	höchste 2 h
weitere Expositionsparam.	zirkular polarisierte Strahlung, Pulsdauer 2 μ s	
Expositionsquelle	zylind. Wellenleiter	
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte, Gehirn, (8 Tiere/Gruppe)	
pathogene Wirkung	(neurodegenerative Erkrankungen)	
patho-physiologische Wirkung	Gehirn	
biologischerEffekt	Gentoxizität, DNA-Schäden, (DNA-Reparaturmechanismus)	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., 4 Grpn.: PM, Kontr., CW, Kontr., 4 h p. Expos. Töt. (Dekap.), Entn. Gehirn, Untersuch. DNA-Brüche (Einf. u. Doppel-Strangbrüche) (Mikrogel-Elektrophorese)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	CW u. PM: Zunahme Einfach- u. Doppel-Strang DNA-Brüchen im Gehirn, keine signifikanten Unterschiede zw. Expos.arten	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. Zunahme DNA-Brüche ($p < 0,01$ bis $0,05$)	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: sehr empfind. Test, Durchf.: (Kritik Methode s. MWN Sept/Oct. 1999: 5-6)??	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	gut nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Lai u.Singh (1995, 1997) u.a.??	
Bedeutung	Nachweis: DNA-Schäden Gehirn, path. Bedeut. unklar, (mögliche Konsequ.: Funktionsstör. Zellen, Karzinogen., Zelltod, im ZNS: Beschleun. Alterung, neurodegen. Erkrank.)	

Autoren Lai H.
Titel Research on the neurological effects of nonionizing radiation at the university of Washington
Publikation Bioelectromagnetics
Erschein.jahr 1992 **Ausgabe** 13 (6) **Seiten** 513-526
Art d. Veröff. HF/Review Bio !§Rev/HF(2_3/2+V/Ni)ZNS/NTM
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz) niedrigste höchste
Modulationsart
Moulation Frequenz (Hz) niedrigste höchste
Leistungsflussdichte (W/m²) niedrigste höchste
SAR (W/kg) niedrigste höchste
Elektrische Feldstärke (V/m) niedrigste höchste
Dauer der Exposition niedrigste höchste
 weitere Expositionsparam.
 Expositionsquelle
 Untersuchungsobjekt
 pathogene Wirkung
 patho-physiologische Wirkung
 biologischerEffekt
 biophys./chem. Prozess
 Untersuchungsmethode
Zusammenfassung d. Ergebnisse Übersicht über verschiedene Arbeiten
Signifikanz d. Ergebnisse
Eignung d. Modells
Eignung d. Untersuchungsmeth.
Dokum. d. Untersuchungsbeding.
Bezug zu anderen Untersuch.
Bedeutung

Autoren	Lai H. & Singh N.P.	
Titel	Melatonin and a spin trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA-strand breaks in rat brain cells	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	1997	Ausgabe 18 (6) Seiten 446-454
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2+V/N)ZGT/DANN	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 500	höchste 500
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 20	höchste 20
SAR (W/kg)	niedrigste 1,2	höchste 1,2
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 2 h	höchste 2 h
weitere Expositionsparam.	zirkular polarisierte Strahlung, Pulsdauer 2 μ s	
Expositionsquelle	zylindr. Wellenleiter	
Untersuchungsobjekt Tiere/KontrGrp.)	Tier, Ratte, Sprague-Dawley, m. (7-9 Tiere/Expos.Grp., 9	
pathogene Wirkung	(neurodegenerative Erkrankungen)	
patho-physiologische Wirkung	Gehirn	
biologischerEffekt Reparaturmechanismus)	Melatonin, Radikalfänger, Gentoxizität, DNA-Schäden, (DNA-	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Injektion Melatonin oder PBN vor u. p. Expos, 4 h p. Expos. Tötung (Dekapitation), Untersuch.: DNA-Brüche im Gehirn (Einfach-u. Doppel-Strangbrüche) (Mikrogel-Elektrophorese)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Zunahme v. Einfach- und Doppel-Strang DNA-Brüchen im Gehirn, Blockierung dieses Effektes durch Behandlung der Tiere mit Melatonin oder PBN	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. ($p < 0,001$)	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: sehr empfindlicher Test, Durchführung: 3 Kontrollgruppen pro Behandlungsgruppe! (Kritik zur Methode s. MWN Sept/Oct. 1999: 5-6)??	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	gut nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Lai u. Singh (1995, 1996) u.a. ??	
Bedeutung	Nachweis: HF-EMF induz. DNA-Schäden im Gehirn können durch Behandlung mit Melatonin oder PBN (Radikalfänger) verhindert werden; Hinweis: auf Rolle freier Radikale bei der DNA-Schädigung infolge HF-EMF-Exposition	

Autoren	Lai H. & Singh N.P.	
Titel	Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	Ausgabe 16 (3)	Seiten 207-210
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZGT/DANN	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	CW, PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 500
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 10	höchste 20
SAR (W/kg)	niedrigste 0,6	höchste 1,2
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 2 h	höchste 2 h
weitere Expositionsparam.	zirkular polarisierte Strahlung, Pulsdauer 2 μ s	
Expositionsquelle	zylindr. Wellenleiter	
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte, Sprague-Dawley, m., 8 Tiere/Expos.Grp, 7-11 Tiere/Kon.Grp.	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Gehirn	
biologischerEffekt	Gentoxizität, DNA-Schäden, (DNA-Reparaturmechanismus)	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., PM 0,6 u. 1,2 W/kg, CW 1,2 W/kg, sofort oder 4 h p. Expos. Tötung (Dekapitation), Entnahme d. Gehirns, Untersuch: DNA-Brüche (Einfach-Strangbrüche) (Mikrogel-Elektrophorese)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1) PM: Zunahme v. Einfach-Strang DNA-Brüchen im Gehirn 4 h p. Expos., kein Effekt sofort nach Expos., dosisabhängiger Effekt 2) CW: Zunahme d. DNA-Schäden sofort und 4 h p. Expos.	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. Zunahme d. DNA-Schäden ($p < 0,001$ bis $0,01$)	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: sehr empfindlicher Test, Durchführung: (Kritik zur Methode s. MWN Sept/Oct. 1999: 5-6)??	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	gut nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Lai u. Singh (1996, 1997) u.a.??, Williams 1996: Bioelectromagnetics 17, S. 165, Lai 1996, Bioelectromagnetics 17, S. 166	
Bedeutung	Nachweis: DNA-Schäden im Gehirn, path. Bedeutung unklar (vgl. Lai u. Singh (1996))	

Autoren	Lai H., Carino M.A., Horita A. & Guy A.W.		
Titel	Low-level microwave irradiation and central cholinergic activity: a dose-response study		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1989 a	Ausgabe 10 (2)	Seiten 203-208
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2+V/N)ZNS/NTM		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz		höchste 2450 MHz
Modulationsart	PM		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 500		höchste 500
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 5		höchste 20
SAR (W/kg)	niedrigste 0,3		höchste 1,2
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 45 min		höchste 45 min
weitere Expositionsparam.	Pulsbreite 2 µs		
Expositionsquelle		zyl. Wellenleiter	
Untersuchungsobjekt	Ratte (Sprague Dawley)		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung	Cholin-Aufnahme (CA) in verschiedenen Hirn-Regionen: Striatum (S), Frontal Kortex (FK), Hippocampu (HC), Hypothalamus (HAT)		
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Töt., entnahme des Gehirns, Nachweis Na-abh. Cholin-aufn. nach Zucker...1985		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	CA vermindert: S: SAR>0,6 W/kg , FC: SAR>0,3 W/kg, HC: SAR>0,3 W/kg, HAT: kein Effekt		
Signifikanz d. Ergebnisse	alle Ergebnisse s.s.		
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. Lai...1987, 1988		
Bedeutung	Hinweis: PM-HF-EMF veränd. cholinerg. Fkt. Gehirn, evt. Hinweis auf Stress-Reaktion		

Autoren	Lai H., Carino M.A., Horita A. & Guy A.W.	
Titel	Corticotropin-releasing factor antagonist blocks microwave-induced decreases in high-affinity choline uptake in the rat brain	
Publikation	Brain Res. Bull.	
Erschein.jahr	Ausgabe 25	Seiten 609-612
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_3/2+V/N)ZNS/NTM	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 500	höchste 500
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 10	höchste 10
SAR (W/kg)	niedrigste 0,6	höchste 0,6
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 45 min	höchste 45 min
weitere Expositionsparam.	PM 500 pps, 2 μ s	
Expositionsquelle	zyl. Wellenleiter	
Untersuchungsobjekt	Ratte (Sprague-Dawley), m,	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Gehirn, Cholin-Aufn (sodium-dependent high-affinity choline uptake-HACU) Frontal Kortex (FK), Hippocampus (HC),Wirk. Corticotropin-Releas. Factor CRF	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Vorbehandl.: Injektion in Gehirn: Salzlös. o. alphaH-CRF; in vivo Expos.,Vgl. Scheinexpos.;Töt. p Expos.,Entnahme FK,HC;homogenisiert,chem. Behandl.; Mess. Cholin-Aufn. in Synaptosomen (Szintill.)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) Expos. reduz. HACU, b) kein Effekt bei Vorbehandl. mit CRF	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s. b) s.s.	
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Lai 1987,1989	
Bedeutung	Hinweis: schwache PM-HF-EMF ist 'Stressor', der CRF aktiviert	

Autoren	Lai H., Carino M.A., Horita A. & Guy A.W.	
Titel	Low-level microwave irradiation and central cholinergic systems	
Publikation	Pharmacol. Biochem. Behav.	
Erschein.jahr	Ausgabe 33 (1)	Seiten 131-138
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZNS/NTM	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste (500)	höchste (500)
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 0,6	höchste 0,6
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 20 min	höchste 10 d, 45 min
weitere Expositionsparam.	Pulse: 2 µsek, 500 pps	
Expositionsquelle	zyl. Wellenleiter	
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte (Sprague.Dawley), m,	
pathogene Wirkung	Lernverhalten	
patho-physiologische Wirkung	cholinerg. Funktion Gehirn	
biologischerEffekt	Konz. Rezeptoren im Gehirn, Na-abh. Cholinaufn. in Striatum(S), Frontalkortex(FK), Hippocampus(HC) u. Hypothalamus(HT); Effekt Naltrexon (NTX)	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo Expos.,Blindvers.,Vgl. mit Scheinexpos.;Töt. p. Expos.(Decap.);Mess. Cholin-aufn. (s. Zucker et al 1985);Mess. Konz. Muscarin Recept. Cholin. Syst.(3H-QNB-Bind.);Lernexp. Labyrinth mit Futter	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1.Cholinaufn.a)akut.Expos.Zun. S,FK,HC,HAT;b)wh.Expos.keine Gewöhn.eff. in FK,HC;2.NTX Vorbehand. block. Effekt;3. 3H-QNBa)akut Expos. Reduk. C,HC; b)wh.Expos.b)wh.Expos.Zun. HAT;4)wh.Expos. mehr Fehler in Lernvers.	
Signifikanz d. Ergebnisse	1a)FK,HC,HAT s.s.;b)s.s.;3a)s.s.4)s.s.	
Eignung d. Modells	begrenz. Übertragbarkeit	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	gut nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Lai et al 1987a,b	
Bedeutung	Nachweis: PM HF-EMF Einfluss auf cholin. Aktiv. ZNS, Lernverhalten beeinträchtigt; Aktiv. endog. Opiode	

Autoren	Lai H., Horita A. & Guy A.W.	
Titel	Microwave irradiation affects radial-arm maze performance in the rat	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	Ausgabe 15 (2)	Seiten 95-104
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2+V/N)ZNS/LRN	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 500	höchste 500
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 10	höchste 10
SAR (W/kg)	niedrigste 0,6	höchste 0,6
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 45 min	höchste 45 min
weitere Expositionsparam.	500 pps, Pulsbreite 2 µsek	
Expositionsquelle	zyl. Wellenleiter	
Untersuchungsobjekt	Ratte (Sprague Dawley)	
pathogene Wirkung	Beeinträchtigung des Lernvermögens/Gedächtnisses	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Ratten 10% Untergewicht, Training in Labyrinth, Gewöhnung an Expos.-Anordnung, EMF-Expos., Test Futtersuche im Labyrinth; in einigen Exp. Vorbehand. mit verschied. Drogen	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a)expon. Ratten verschlecht. Lernvermögen/Gedächtnis (LV); Vorbehandlung b)Physostigmin (cholin.Agonist) , c)Naltrexone (Opiat-Antagon.): EMF keine Wirkung, d)Naloxone Methiodid (periph.Opiat-antagon.): EMF-Wirkung	
Signifikanz d. Ergebnisse	a)s.s., b)-, c)-, d)s.s.	
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. Lai...1989, s. Cosquer B. Behav. Brain Re.s 161 (2), S. 331, Cassel J.C. 2004: Behav. Brain Res. 155 (1), s. 37	
Bedeutung	Nachweis: PM-HF-EMF beeinträchtigt Lernvermögen u/o Gedächtnis, Wirkung über cholin. u. endogen. Opioid-Neuro-Transmitter-system	

Autoren	Lai H., Horita A., Chou C.-K. & Guy A.W.	
Titel	Low-level microwave irradiations affect central cholinergic activity in the rat	
Publikation	J. Neurochem.	
Erschein.jahr	Ausgabe 48 (1)	Seiten 40-45
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZNS/NTM	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw,PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 500
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 10	höchste 10
SAR (W/kg)	niedrigste 0,6	höchste 0,6
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 45 min	höchste
weitere Expositionsparam.	PM: 500 p.p.s. 2 μ s	
Expositionsquelle	zyl. Wellenleiter	
Untersuchungsobjekt	Ratte (Sprague Dawley), m	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	cholinerg. Funktion Gehirn	
biologischerEffekt	Cholinaufn. in Striatum(S), Frontalkortex(FK), Hippocampus(HC) u. Hypothalamus(HT); Effekt narkot.Antagonist Naloxon (NX)Naltrexon (NTX)	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo Expos.,Blindvers.,Vgl. mit Scheinexpos.;Töt. p. Expos.(Decap.);Mess. Cholin-aufn.;Vorbeh. Mit	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	PM:a)Reduk.Cholinaufn. HC,FK;b)Vorbeh. NX,NTX block. Effekt HC; CW:c)Reduk. Cholinaufn. FK; d)NX,NTX kein Effekt	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s. b) s.s. c) s.s.	
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Lai 1989	
Bedeutung	Hinweis: CW- u. PM-HF-EMF veränd. cholinerg. Fkt. Gehirn	

Autoren	Larsen A.I.	
Titel	Congenital malformations and exposure to high-frequency electromagnetic radiation among Danish physiotherapists	
Publikation	Scand. J. Work Environ. Health	
Erschein.jahr	1991 b	Ausgabe 17 (5) Seiten 318-323
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(2_2/2+V/N)KW;TER	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	höchste
Modulationsart		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.	KW	
Expositionsquelle	Arbeitsplatz, Physiotherapie	
Untersuchungsobjekt	Mensch, w.	
pathogene Wirkung	angeborene Missbildungen, Nachkommen	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Fall-Kontroll-Studie	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	erhöhte Risiken für angeborene Missbildungen a)Jungen: OR= 1,5, b)Mädchen OR=2,4, c)Missbildungen des Herzens OR=2,8	
Signifikanz d. Ergebnisse	a-c)n.s.	
Eignung d. Modells	direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Expositionzuord. Aufgrund von Interviews	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX	
Bedeutung	Hinweis: KW/HF-EMF-Expos. erhöht Risiken für Missbildungen bei Nachkommen	

Autoren	Larsen A.I., Olsen J. & Svane O.	
Titel	Gender specific reproductive outcome and exposure to high-frequency electromagnetic radiation among physiotherapists	
Publikation	Scand. J. Work Environ. Health	
Erschein.jahr	1991 a	Ausgabe 17 (5) Seiten 324-329
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(2_2/2+V/N)KW;TER	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	höchste
Modulationsart		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.	KW	
Expositionsquelle	Arbeitsplatz, Physiotherapie	
Untersuchungsobjekt	Mensch, w.	
pathogene Wirkung Nachkommen	irreguläre Schwangerschaftsverläufe, Geburtsschäden,	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Fall-Kontroll-Studie	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	erhöht. Risiken a)gestörte Geschlechtervtlg OR=4,9, b)Fehlgeburt. OR=1,4, c)reduz. Fruchtbarkeit OR=1,7, d)Totgeburt OR=2,9, e)Frühreife (Schwangerschaft < 38 Wo) Jungen OR=3,2, f) niedriges Geburtsgewicht Jungen =R=5,9	
Signifikanz d. Ergebnisse	a)s.s., b)n.s., c)n.s., d)n.s., e)n.s., f)s.s.	
Eignung d. Modells	direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Expositionzuord. Aufgrund von Interviews	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXXX	
Bedeutung	Hinweis: KW/HF-EMF-Expos. erhöht Risiken für irreguläre Schwangerschaftsverläufe	

Autoren	Lin-Liu S. & Adey W.R.		
Titel	Low frequency amplitude modulated microwave fields change calcium efflux rates from synaptosomes		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1982	Ausgabe 3 (3)	Seiten 309-322
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZMB/Ca		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	450 MHz	höchste
Modulationsart	cw, AM/sin		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	0	höchste 60
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	5	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste		höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	43	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	10 min	höchste
weitere Expositionsparam.			
Expositionsquelle	Crawford-Zelle		
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte, Synaptosomen, Zellkultur		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	Ca++-Efflux aus Synaptosomen		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro Exposition, Ladung der Zellen mit ⁴⁵ Ca ²⁺ , Mess. Ca-Efflux		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	16 Hz-Feld ändert Ca-Efflux, cw und 60 Hz kein Effekt		
Signifikanz d. Ergebnisse	16 Hz s.s.		
Eignung d. Modells	Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Ergebnis hängt an math. Fit der Kurven		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.			
Bedeutung	Hinweis: HF-EMF-Einfluss auf Ca-Efflux hängt von Modulationsfrequ. ab (max. Effekt 60 Hz)		

Autoren	Litovitz T.A., Krause D., Penafiel M., Elson E.C. & Mullins J.M.		
Titel	The role of coherence time in the effect of microwaves on Ornithine Decarboxylase activity		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1993	Ausgabe 14 (5)	Seiten 395-403
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZPR/ENZ/ODC		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 915 MHz		höchste 915 MHz
Modulationsart	AM/sin		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 55		höchste 65
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste		höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 2,5		höchste 2,5
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 8 h		höchste 8 h
weitere Expositionsparam.	Mod. Index m=0,23		
Expositionsquelle	Crawford Zelle		
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Tier, Maus, Fibroblasten L929		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess	Erhöhung der ODC-Aktivität		
Untersuchungsmethode	Exp., in vitro, period. Umschalten zwischen Mod. Frequ. 55 u. 65 Hz, Best. ODC-Aktiv. nach Seely & Pegg (1983), Kontroll-Kulturen		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Expos. 915 MHz mod. mit 55, 60 u. 65 Hz führt zu Verdopplung der ODC-Aktivität., kein Effekt bei 915 MHz cw, Stärke des Effekts hängt von Kohärenzzeit ab, voller Effekt nur bei K.zeit > 10 s		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.		
Eignung d. Modells	direkt übertragbar, Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Einschränkung: Modulation AM-Sinus		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	Vgl. Litovitz et al (1991) (ELF-Magnetfeld)		
Bedeutung	eindeutiger Beleg ELF-Mod. ist für Effekt verantwortlich, gleicher Effekt wie bei 55, 60 u. 65 Hz Magnetfeld 10 μ T		

Autoren	Litovitz T.A., Penafiel L.M., Farrel J.M., Krause D., Meister R. & Mullins J.M.		
Titel	Bioeffects induced by exposure to microwaves are mitigated by superposition of ELF noise		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1997	Ausgabe 18 (6)	Seiten 422-430
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZPR/ENZ/ODC		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 835 MHz		höchste 840 MHz
Modulationsart	AM SIN 60, PM DAMPS		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 50		höchste 60
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste		höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 2,5		höchste 2,5
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste 100		höchste 100
Dauer der Exposition	niedrigste 8 h		höchste 8 h
weitere Expositionsparam.	inkohärent, Überlagerung mit ELF-Rauschen 30-100 Hz, max. 10 µT		
Expositionsquelle	Expos.Kammer/Crawford-Zelle		
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Tier, Maus, Fibroblasten L929		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	ODC-Erhöhung		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	Experimentell, in vitro, Zellkulturen, Expos.Kammer, Vgl. ODC bei verschied. Rauschpegeln und mit nicht expon. Kontrolle		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	ODC-Erhöhung durch AM 60 Hz/PM DAMPS 50 Hz - HF EMF wird durch 2 µT/5 µT Rauschfeld vollständig unterdrückt, induziertes ELF-E-Feld nur 5 µV/m, HF-E-Feld jedoch 100 V/m		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s., Unterdrückung steigt mit Rauschamplitude		
Eignung d. Modells	übertragbar, Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	ODC-Erhöhung durch AM/PM-HF-EMF: Penafiel et al 1997		
Bedeutung	ODC wicht. Funkt. bei Zell-Transform., ELF-Rauschen mögl. Erklär. für unterschied. Ergeb. Untersuch.		

Autoren	Lyle D.B., Schechter P., Adey W.R. & Lundak R.L.		
Titel	Suppression of T-lymphocyte cytotoxicity following exposure to sinusoidally amplitude-modulated fields		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1983	Ausgabe 4 (3)	Seiten 281-292
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/2+V/N)		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 450 MHz		höchste 450 MHz
Modulationsart	AM/sin		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 60		höchste 60
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 15		höchste 15
SAR (W/kg)	niedrigste		höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 4 h		höchste 4 h
weitere Expositionsparam.			
Expositionsquelle	Absorber-Kammer		
Untersuchungsobjekt	T Lymphozyten (CTLL-1)		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung	Immunsystem Zytotoxizität T Lymphozyten		
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro Expos.,		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a)60 Hz: Zytotoxizität reduziert um 20 %, b)Mod.frequ. 3, 16, 40, 80, 100 Hz geringerer Effekt, c)Effekt vorübergehend, Erholung nach 12,5 h		
Signifikanz d. Ergebnisse	a)-c)s.s.		
Eignung d. Modells	Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.			
Bedeutung	Hinweis: ELF-AM-HF-EMF schwächt Immunsystem (verminderte Zytotoxizität von Lymphozyten)		

Autoren Maes A., Collier M. & Verschaeve L.
Titel Cytogenetic effects of 900 MHz (GSM) microwaves on human lymphocytes
Publikation Bioelectromagnetics
Erschein.jahr 2001 **Ausgabe** 22 (2) **Seiten** 91-96
Art d. Veröff. HF/Original Bio
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz) **niedrigste** 900 MHz **höchste**
Modulationsart CDMA
Moulation Frequenz (Hz) **niedrigste** **höchste**
Leistungsflussdichte (W/m²) **niedrigste** **höchste**
SAR (W/kg) **niedrigste** 0,4 **höchste** 10
Elektrische Feldstärke (V/m) **niedrigste** **höchste**
Dauer der Exposition **niedrigste** **höchste**
weitere Expositionsparam. Mitomycin C, Röntgenstrahlen
Expositionsquelle TEM Zelle
Untersuchungsobjekt Mensch, Lymphozyten, Zellkultur
pathogene Wirkung
patho-physiologische Wirkung
biologischerEffekt
biophys./chem. Prozess
Untersuchungsmethode in vitro Exposition
Zusammenfassung d. Ergebnisse
Signifikanz d. Ergebnisse
Eignung d. Modells
Eignung d. Untersuchungsmeth.
Dokum. d. Untersuchungsbeding.
Bezug zu anderen Untersuch.
Bedeutung

Autoren	Maes A., Collier M., Slaets D. & Vershaeve L.	
Titel	945 MHz microwaves enhance the mutagenic properties of mitomycin C	
Publikation	Environ. Mol. Mutagen.	
Erschein.jahr	Ausgabe 28 (1)	Seiten 26-30
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/H)ZGT/SCE	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 954 MHz	höchste 954 MHz
Modulationsart	PM/GSM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 1,5	höchste 1,5
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 2 h	höchste 2 h
weitere Expositionsparam.	5 cm Entfernung von der Antenne, Mitomycin C	
Expositionsquelle	Mobilfunk, Basisstation, Antenne	
Untersuchungsobjekt	Mensch, Lymphozyten	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	Gentoxizität, Schwesterchromatid-Austausch, synergistischer Effekt	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in-vitro Exposition	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1. EMF-Expos. allein erhöht nicht Rate des Schwesterchromatid-Austausches, 2. Behand. MMC allein dosisabhäng. Zun. Rate Schwesterchromatid-Austausche, 3. Vorher. EMF-Expos. erhöht Wirk. MMC	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. synergistischer Effekt	
Eignung d. Modells	direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.		
Bedeutung	Hinweis: synerg. gentox. Effekt, Schwesterchromatid-Austausch	

Autoren	Maes A., Verschaeve L., Arroyo A., De Wagter C. & Vercruyssen L.	
Titel	In vitro cytogenetic effects of 2450 MHz waves on human peripheral blood lymphocytes	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	Ausgabe 14 (6)	Seiten 495-501
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+A/N)ZGT/CAB/MNU/SCE	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 0
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 75	höchste 75
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 30 min	höchste 120 min
weitere Expositionsparam.	Temp. konstant 36,1 C	
Expositionsquelle		
Untersuchungsobjekt	Mensch, Lymphozyten, Zellkultur	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	Chromosomen-Aberrationen, Bildung von Micronuklei, Schwester-Chromatid-Austausch	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro Expos	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Frequenz der Chromosomen-Aberrationen u. Mikro-Nuklei nehmen zu, kein Effekt auf Zell-Kinetik u. Schwester-Chromatid-Austausch	
Signifikanz d. Ergebnisse	(s.s.)	
Eignung d. Modells		
Eignung d. Untersuchungsmeth.		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.		
Bezug zu anderen Untersuch.		
Bedeutung	Hinweis: HF-EMF kann zu DNA-Schäden führen	

Autoren	Manikowska E., Luciani J.M., Servantie B., Czerski P., Obenovitch J. & Stahl A.		
Titel	Effects of 9.4 GHz microwave exposure on meiosis in mice		
Publikation	Experientia		
Erschein.jahr	Ausgabe	Seiten	
1979	35 (3)	388-390	
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZGT/CAB/CYC		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	9400 MHz	höchste 9400 MHz
Modulationsart	PM		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	1000	höchste 1000
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	1	höchste 100
SAR (W/kg)	niedrigste		höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	2 w, 5 d/w 1 h/d	höchste
weitere Expositionsparam.			
Expositionsquelle	Absorb.-Kammer		
Untersuchungsobjekt	Tier, Maus, Balb/c, m, (16)		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung	Reproduktion, Hoden		
biologischerEffekt	Störungen Meiose (Translok., unival. Chrom.paare)		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vivo Expos., Untersuch. Hoden-Zellen		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	während der Meiose statistisch signifikant erhöhte Chromosomenaberrationen.		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. für 5 W/m ²		
Eignung d. Modells	Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, kleine Zahl von Versuchstieren		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.			
Bedeutung	Hinweis: HF-EMF stören Meiose		

Autoren	Mann K. & Röschke J.	
Titel	Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep	
Publikation	Neuropsychobiol.	
Erschein.jahr	Ausgabe 33 (1)	Seiten 41-47
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/Ni)ZNS/EEG	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 900 MHz	höchste 900 MHz
Modulationsart	PM/GSM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 0,5	höchste 0,5
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.	8 W, Pulsbreite 580 μ s	
Expositionsquelle	Mobilfunk, Handy, 40 cm Abstand	
Untersuchungsobjekt	Mensch, m, 14 (21-34)	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Gehirnfunktionen, EEG, Schlaf	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	3 Nächte Schlaflabor: Anpass., 2x Mess. Zufall Expos./n-Expos., Blindvers.; Aufn. Schlaf-EEG, subj. Bewert.	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1.Schlafeff.index unveränd.;2.Schlafeinsatz Latenz reduz.;3.REM-Latenz. erhöht; 4.REM-Schlaf reduz.;mittl. Leist.dichte: 5.REM erhöht, 6.n-REM reduz.	
Signifikanz d. Ergebnisse	2.-6.) s.s.	
Eignung d. Modells	direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	verschied.	
Bedeutung	Nachweis: Einfluss PM-HF-EMF auf Gehirnaktiv.; REM reduz. Mögl. Folgen für Informationsverarb. (Gedächtnis, Lernverhalten)	

Autoren	Mann K. & Röschke J.	
Titel	REM-Suppression unter dem Einfluß digitaler Funktelefone	
Publikation	Wien. Med. Wschr.	
Erschein.jahr	Ausgabe 146 (13-14)	Seiten 285-286
Art d. Veröff.	HF/Bericht Bio §ExpHF(3_3/3+V/H)ZNS/EEG	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 900 MHz	höchste 900 MHz
Modulationsart	PM (GSM)	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 0,5	höchste 0,5
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 8 h	höchste 8 h
weitere Expositionsparam.	Mobiltelefon 40 cm entfernt vom Scheitel d. Probanden, Sendeleistung d. Antenne 8 W, Pulsdauer 580 μ s	
Expositionsquelle	Mobiltelefon (GSM)	
Untersuchungsobjekt	Mensch, (m), 12 Probanden	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Nervensystem, EEG, Schlaf, (Gedächtnis), (Lernverhalten)	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Einfach-Blindversuch, 3 Nächte im Schlaflabor (1. Eingewöhn., 2. oder 3. Nacht: Expos. bzw. Kontrolle ohne Expos.), EEG-Ableitung, Berechnung Leistungsdichtespektren (FFT)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Einschlafdauer verkürzt, Abnahme prozent. Anteil u. Dauer REM-Schlaf, Zunahme mittl. Leistungsdichte in allen Frequenzbändern während REM-Schlaf, signif. Zunahme in Frequenzbändern alpha1(7,5-12,5 Hz) u. alpha2(12, 5-15Hz)	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. (Einschlafdauer $p < 0,005$, REM-Schlaf $p < 0,05$, Leistungsdichte $p < 0,01$)	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet Durchführung: kleine Probandengruppe	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Klitzing (1995), Reiser et al. (1995), Wagner et al (1998)	
Bedeutung	Nachweis: sign. Effekt Schlafregulation, path. Bedeutung unklar	

Autoren	Mann K., Röschke J., Connemann B. & Beta H.	
Titel	No effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on heart rate variability during human sleep	
Publikation	Neuropsychobiol.	
Erschein.jahr	Ausgabe 38 (4)	Seiten 251-256
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§(2_3/3?V/H)ZNS/HRZ	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 900 MHz	höchste 900 MHz
Modulationsart	PM (GSM)	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 0,5	höchste 0,5
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 8 h	höchste 8 h
weitere Expositionsparam.	Mobiltelefon 40 cm entfernt vom Scheitel d. Probanden, Antenne senkrecht zur Körperachse, Leistungsflussdichte in 40 cm gemessen!	
Expositionsquelle	Mobiltelefon (GSM)	
Untersuchungsobjekt	Mensch, (m), 12 Probanden	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Herz-Kreislaufsystem, Herzraten-Variabilität, EKG, Nervensystem, (EEG), (Schlaf)	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Einfach-Blindversuch, 3 Nächte im Schlaflabor (1. Eingewöhn, 2. oder 3. Nacht: Expos. bzw. Kontrolle ohne Expos.), Mess.: EEG, EKG	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) EEG: Effekt auf REM-Schlaf, Verkürzung d. Einschlafdauer, s. Mann & Röschke (1996), b) EKG: keine sign. Unterschiede Herzraten-Variabilität infolge Expos.	
Signifikanz d. Ergebnisse		
Eignung d. Modells	Best. d. Herzraten-Variabilität - Aktiv. Autonom. Nervensyst.	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet, Durchführung: kleine Gruppe; nur Gesamtauswertung, individuelle Auswert. evtl. deutlichere Aussagen?	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Mann & Röschke (1996) ident. Untersuchung, Dokumentation EEG-Ergebnisse!	
Bedeutung	Nachweis Beeinflussung Schlaf; kein Nachweis: Beeinfluss Aktivität d. Autonomen Nervensyst.	

Autoren	Mann K., Wagner P., Brunn G., Hassan F., Hiemke C. & Röschke J.	
Titel	Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on the neuroendocrine system	
Publikation	Neuroendocrinol.	
Erschein.jahr	1998	Ausgabe 67 (2) Seiten 139-144
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/H)ZNS/EEG/NTM/HRM	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 900 MHz	höchste 900 MHz
Modulationsart	PM (GSM)	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 0,2	höchste 0,2
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 8 h	höchste 8 h
weitere Expositionsparam.	zirkular polarisiertes Feld	
Expositionsquelle	Antenne verb. m. Mobiltelefon	
Untersuchungsobjekt	Mensch, m., (24)	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Nervensystem, EEG, Schlaf, Neuroendokrines System, Wachstumshormon, Kortisol, LH, Melatonin	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Einf.-, z.T. Doppel- Blindv., 3 Nächte Schlaflab. (1. Eingewöhn., 2. Expos., 3. Kontr. o. Expos.) Mess.: EEG, Hormonprofile: LH, GH, Kortisol (alle 20 min), Melatonin (stündl.)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	tendenz. Abnahme Dauer u. Anteil REM-Schlaf, verläng. REM-Latenz; Erhö. Kortisolkonz. im Serum sofort nach Beginn d. Expos., bleibt für ca.1 h bestehen	
Signifikanz d. Ergebnisse	REM-Schlaf: s.n.s., Kortisolausschütt. s.s.	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet, Durchf.: o.k.	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	gut nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Mann & Röschke (1996): höhere Leistungsflussdichte!	
Bedeutung	Hinweis: Beeinfluss. REM-Schlaf, path. Bedeut. unklar; Nachweis: Beeinfluss. Kortisolausschütt., vorübergehend; ?Hinweis auf Anpass.reaktion	

Autoren	Marcickiewicz J., Chazan B., Niemiec T., Sokolska G., Troszynski M., Luczak M. & Szmigielski S.		
Titel	Microwave radiation enhances teratogenic effect of cytosine arabinoside in mice		
Publikation	Biol. Neonate		
Erschein.jahr	Ausgabe	Seiten	
1986	50 (2)	75-82	
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/N)TER		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	0	höchste 0
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	10	höchste 400
SAR (W/kg)	niedrigste	4	höchste 18
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	18 d, 2 h/d	höchste 18 d, 2 h/d
weitere Expositionsparam.	Cytosin-Arabinosid		
Expositionsquelle	Absorber-Kammer		
Untersuchungsobjekt	Tier, Maus, w, trächtig		
pathogene Wirkung	(Co-)Teratogenese, Resorption, Missbildungen Feten		
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vivo Exposition der trächtigen Tiere: a) in vivo Expos. Tag 1 - 18 nach Empfängnis; Untersuch. der Feten; b) Tag 9 zusätzlich Spritzung Teratogen Cytosin arabinosid (ara-C)		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a1)10,100 W/m ² keine Resorp.,keine Missbild.,Feten-Gewicht reduz., a2)400 W/m ² Zunahme Resorp.; b)100 W/m ² erhöht teratogen. Pot. von ara-C		
Signifikanz d. Ergebnisse	a1)fast s.s. a2)s.s. b)s.s.		
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.			
Bedeutung	Nachweis: HF-EMF hat co-teratogene Wirkung		

Autoren	McKenzie D.R., Yin Y. & Morrell S.	
Titel	Childhood incidence of acute lymphoblastic leukemia and exposure to broadcast radiation in Sydney - a second look	
Publikation	Aust. N. Z. J. Publ. Health	
Erschein.jahr	Ausgabe 22 (3 Suppl.)	Seiten 360-367
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(2_2/2+V/N)Radio/TV;CNC	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 64 MHz	höchste 527 MHz
Modulationsart	FM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 0,00029	höchste 0,0146
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle	Radio- und Fernsehsender	
Untersuchungsobjekt	Mensch, Kinder, Sydney	
pathogene Wirkung	Leukämie (ALL)	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Korrelation Leukämie-Inzidenz/EMF-Exposition	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	erhöhte Relative Risiken für Leukämie allgemein und ALL in den stärker exponierten Bevölkerungsgruppen, Autoren heben hervor, dass Hauptbeitrag von einer einzelnen Ortschaft	
Signifikanz d. Ergebnisse	z.T. s.s.	
Eignung d. Modells		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Ergänzung zu Hocking et al. 1996	
Bedeutung	Hinweis auf erhöhtes Leukämie-Risiko für Kinder durch HF-EMF	

Autoren Mickley G.A. & Cobb B.L.
Titel Thermal tolerance reduces hyperthermia-induced disruption of working memory: a role for endogenous opiates?
Publikation Physiol. Behav.
Erschein.jahr 1998 **Ausgabe** 63 (5) **Seiten** 855-865
Art d. Veröff. HF/Original Bio §ExpHF(2_2/2+V/N)ZNS/KOG
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz) **niedrigste** 600 MHz **höchste**
Modulationsart cw
Moulation Frequenz (Hz) **niedrigste** 0 **höchste**
Leistungsflussdichte (W/m²) **niedrigste** 130 **höchste**
SAR (W/kg) **niedrigste** **höchste**
Elektrische Feldstärke (V/m) **niedrigste** **höchste**
Dauer der Exposition **niedrigste** **höchste**
 weitere Expositionsparam.
 Expositionsquelle
 Untersuchungsobjekt
 pathogene Wirkung
 patho-physiologische Wirkung
 biologischerEffekt
 biophys./chem. Prozess
 Untersuchungsmethode
 Zusammenfassung d. Ergebnisse
 Signifikanz d. Ergebnisse
 Eignung d. Modells
 Eignung d. Untersuchungsmeth.
 Dokum. d. Untersuchungsbeding.
 Bezug zu anderen Untersuch.
 Bedeutung

Autoren	Mickley G.A., Cobb B.L., Mason P.A. & Farrell S.T.	
Titel	Disruption of a putative working memory task and selective expression of brain c-fos following microwave-induced hyperthermia	
Publikation	Physiol. Behav.	
Erschein.jahr	Ausgabe 55 (6)	Seiten 1029-1038
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/N)ZNS/KOG	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 600 MHz	höchste 600 MHz
Modulationsart		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 0,1	höchste 10
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 20 min	höchste 20 min
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle	Absorber-Kammer	
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte, Sprague Dawley	
pathogene Wirkung	Verhalten, Beeinträchtigung des Gedächtnisses	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	erhöhte c-fos-Protein-Expression im Gehirn	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	EMF-Expos., zeitgleich Mess. Rektal- u. Gehirntemp.; anschließend Verhalt.test: Mess. Zeit für Untersuch. neues u. bekanntes Objekt; für SAR=9,3 W/kg: 2 h nach Expos. c-fos-Protein-Nachweis im Gehirn	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) Temp. Erhöht ab 1 W/kg: 0,4 oC, 10 W/kg 2,6 oC; b1) expon. Tiere weniger Interesse an neuem Objekt, b2)mit wachs. SAR Abnahme des Unterschiedes der Untersuchungszeiten bekanntes/neues Objekt; c) c-fos erhöht in vielen Gehirnregionen	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s., b2) s.s. für SAR ab 1,0 W/kg, c) s.s.	
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, thermischer Effekt nicht ausgeschlossen bei höheren SAR-Werten,	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.		
Bedeutung	Hinweis: HF-EMF beeinträchtigt Gedächtnis (evt. Hyperthermie bei höheren SAR-Werten, bekannter Effekt aus Exp. mit konv. Erwärmung)	

Autoren	Neubauer C., Phelan A.M., Kues H. & Lange D.G.		
Titel	Microwave irradiation of rats at 2.45 GHz activates pinocytotic-like uptake of tracer by capillary endothelial cells of cerebral cortex		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1990	Ausgabe 11 (4)	Seiten 261-268
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2+V/N)BBB		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz		höchste 2450 MHz
Modulationsart		PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 100		höchste 100
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 50		höchste 100
SAR (W/kg)	niedrigste 1		höchste 2
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 15 min		höchste 120 min
weitere Expositionsparam.	Pulsbreite 10 μ s		
Expositionsquelle		Expos.kammer, Fernfeld-Expos.	
Untersuchungsobjekt	Ratte (Sprague Dawley)		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung	Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke (P-BBB)		
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos.; Tracer Rhodamin-Ferritin		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1)1 W/kg: kein s.s. Effekt; 2) 2 W/kg: Expos.zeit a) 15 min k.E., b) 30 min, c) 1 h, d) 2 h: P-BBB erhöht		
Signifikanz d. Ergebnisse	2b-d) s.s.		
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX		
Bedeutung	Nachweis: PM-HF-EMF erhöht Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke bei 'nicht-therm.' Intensitäten		

Autoren	Oscar K.J. & Hawkins T.D.	
Titel	Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats	
Publikation	Brain Res.	
Erschein.jahr	Ausgabe 126 (2)	Seiten 281-293
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/Ni)BBB	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 1300 MHz	höchste 1300 MHz
Modulationsart	cw,PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 1000
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 30	höchste 20
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 20 min	höchste 20 min
weitere Expositionsparam.	Mod.frequ. variiert	
Expositionsquelle	Absorber-Kammer	
Untersuchungsobjekt	tier, Ratte (Wistar), m	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Gehirn, Durchlässigkeit Blut-Hirn-Schranke (BBB), Hypothalamus(HT),Cerebellum(C), Hippocampus(HC),Kortex(K),Medulla(M)	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Ratte betäubt,in vivo Expos.,Injektion Testsubstanz (14C)Mannitol (M), (14C)Inulin(I), (14C)Dextran(D) zur Zeit t nach Expos.;Töt. p Expos., Entn. Gehirn, Behandl.; Nachweis Testsubst. Über 14C	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) PM Expos. führt zu Zunahme von M,I in allen Gehirn-Reg. bereits bei 3 W/m ² (50 pps) b) 0,3 W/m ² (5 pps); c) 3 W/m ² (cw); d) Durchlässigkeit BBB auch nach t=4 h erhöht e)	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s. b) s.s. c) s.s. d) s.s.	
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.		
Bedeutung	Nachweis: CW- u. PM-HF-EMF-Expos. erhöht Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke	

Autoren	Ouellet-Hellstrom R. & Stewart W.F.	
Titel	Miscarriages among female physical therapists who report using radio- and microwave-frequency electromagnetic radiation	
Publikation	Am. J. Epidemiol.	
Erschein.jahr	Ausgabe 138 (10)	Seiten 775-786
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(2_2/2+V/N)KW/MW;TER	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 27,12 MHz	höchste 915 MHz, 2450 MHz
Modulationsart		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.	RF, MW	
Expositionsquelle	Kurzwellen- u. Mikrowellen-Therapiegeräte	
Untersuchungsobjekt	Mensch, w., Physio-Therapeut (1753)	
pathogene Wirkung	Fehlgeburt	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Fall-Kontroll, Fragebogen an entspr. Berufsgruppe	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	MW: 1. Erhöhte Rate von Fehlgeburten OR=1,28 2. OR steigt mit Expos. bis OR=1,59; KW: 3. OR=1,07. Die Odds Ratio für Spontanaborte nahm statistisch signifikant zu, wenn die Zahl der Expositionen gegenüber physiotherapeutischen Radiofrequenzwellen pro Monat von 5 oder weniger auf 20 oder mehr anstieg.	
Signifikanz d. Ergebnisse	1. s.s. (CI 1.02-1,59) 2. Z.T. s.s.; 3. n.s.	
Eignung d. Modells		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Einschränkung: Expositionsklassifizierung nur aufgrund schriftlicher Angaben aus der Untersuchungsgruppe	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Vgl.	
Bedeutung	schwacher Hinweis auf ein erhöhtes Fehlgeburts-Risiko bei häufigem Umgang mit Mikrowellen	

Autoren	Penafield L.M., Litovitz T., Krause D., Desta A. & Mullins J.M.	
Titel	Role of modulation on the effect of microwaves on ornithine decarboxylase activity in L929 cells	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	Ausgabe 18 (2)	Seiten 132-141
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/2+V/H)ZPR/ENZ/ODC	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 835 MHz	höchste 835 MHz
Modulationsart	CW,FM,AM,AMPS,TDMA	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste 600
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 10	höchste 10
SAR (W/kg)	niedrigste 2,5	höchste 2,5
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste 60	höchste 60
Dauer der Exposition	niedrigste 2 h	höchste 24 h
weitere Expositionsparam.	Expositionsdauer: 2,4,6,8,12,16,24 h	
Expositionsquelle	Crawford-Zelle, Signal Generator, Mobiltelefon	
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Tier, Bindegewebezellen, Fibroblasten, Maus L929	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	Enzymaktivität, ODC	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., 4 Zellkult./Exper., Bestimm. ODC-Aktiv.	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	CW: Zunahme Aktiv. p. 6 h Expos., kein Effekt bei anderer Expos.dauer; AM: vorübergeh. Aktivitätssteigerung (max. 60 Hz AM, 8 h Expos.); 3) FM: kein Effekt; 4) Mobilfunk, analog: kein Effekt, digital: Aktivitätssteigerung p. 6-10 h Expos	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. (s. Text!)	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet, Durchf.: o.k.	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Byus et al. (1988) u.a.??	
Bedeutung	Nachweis: Effekt auf ODC-Aktiv. abh. v. Mod.art u. -freq. (AM, Frequenzfenster), kein Effekt bei FM, bzw. analog. Mob.funk-Signal	

Autoren	Phillips J.L., Ivaschuk O., Ishida-Jones T., Jones R. A, Campbell-Beachler M. & Haggren W.	
Titel	DNA damage in Molt-4 T-lymphoblastoid cells exposed to cellular telephone radiofrequency fields in vitro	
Publikation	Bioelectrochem. Bioenerg.	
Erschein.jahr	Ausgabe 45 (1)	Seiten 103-110
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZGT/DANN	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 813,5625 MHz	höchste 836,55 MHz
Modulationsart	PM (iDEN, TDMA)	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste ??	höchste ??
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 8	höchste 90
SAR (W/kg)	niedrigste 2,4	höchste 26
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 1 h	höchste 10,67 h
weitere Expositionsparam.	lokales statisches Feld und 60 Hz Magnetfeld bestimmt! Expositionsdauer: 1, 1,67 und 10,67 h, intermittierend 20 min an/aus	
Expositionsquelle	??	
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, T-Lymphoblasten, Molt-4	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	Gentoxizität, DNA-Schäden, (DNA-Reparaturmechanismus)	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., 1 bis 8 Experimente pro Expos.beding., comet assay (Einzel-Zell Gel Elektrophorese), untersuchte Endpunkte: tail moment (TM) u. comet extent (CE)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1) Expos. iDEN-Signal SAR 2,4 W/kg sowie TDMA-Signal 2,6 W/kg, 26 W/kg: sign. Abnahme der DNA-Schäden; 2) Expos. iDEN-Signal 24 W/kg: signifikante Zunahme der DNA-Schäden	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. ($p < 0,0001$), Auswertung korrekt ??	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: Comet-Assay sehr empfindliche Methode, Durchführung: Anzahl Exper. pro Expos.beding.sehr unterschiedlich; abweichend v. Schema wurde Expos. TDMA-Signal 26 W/kg nicht über 21 h durchgeführt	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Lai u. Singh (1995, 1996, 1997) u.a. ??	
Bedeutung	Nachweis: Beeinfluss. DNA-Schäden in T-Lymphoblasten, Zunahme oder Abnahme der DNA-Schäden abh. von Expos.bed. (Signalform, Expos.Dauer), unklar ob direkte Schädigung u/o. Beeinfluss. von DNA-Reparatur.	

Autoren	Preece A.W., Iwi G., Davies-Smith A., Wesnes K., Butler S., Lim E. & Varey A.	
Titel	Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man	
Publikation	Int. J. Radiat. Biol.	
Erschein.jahr	Ausgabe 75 (1-2)	Seiten 447-456
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 915 MHz	höchste 915 MHz
Modulationsart	PM, (cw)	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 25	höchste 30
weitere Expositionsparam.	cw und PM 217 Hz Rechteck mit duty cycle 12,5 %	
Expositionsquelle	1/4 Wellen-Antenne	
Untersuchungsobjekt	Mensch, Kopf	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	kognitive Funktionen	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Exposition des Kopfes während der Ausführung kognitiver Kunktionstests, 36 Versuchspersonen, Überprüfung möglicher anderer Einflussfaktoren	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Abnahme der Reaktionszeit sowohl bei CW- wie bei PM-Exposition, keine Veränderung bei Wiederholungstests von Worten, Zahlen oder Bildern sowie räumlicher Vorstellung, Temperatureffekt nicht ausgeschlossen	
Signifikanz d. Ergebnisse	Reaktionszeit: statistisch signifikant	
Eignung d. Modells	erfüllt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Durchführung im Wesentlichen korrekt, jedoch nur annähernde Simulation der Exposition durch Mobiltelefone	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	vollständig	
Bezug zu anderen Untersuch.	ähnliche Ergebnisse:	
Bedeutung	Nachweis: PM-HF-EMF beeinflusst einzelne kognitive Funktionen	

Autoren	Preston E., Vavasour E.J. & Assenheim H.M.	
Titel	Permeability of the blood-brain barrier to mannitol in the rat following 2450 MHz microwave irradiation	
Publikation	Brain Res.	
Erschein.jahr	Ausgabe 174 (1)	Seiten 109-117
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2-#V/H/N)BBB	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 0
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 1	höchste 300
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 30 min	höchste 30 min
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle	Absorber-Kammer	
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte, Sprague-Dawley, 6 Tiere pro Gruppe	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Blut-Hirn-Schranke	
biologischerEffekt	Permeabilität, Mannitol	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Exposition, anästh. Tiere, 7-12 min p. Expos.: Radiotracer Meth.(Oldendorf 1970,1971), Tiere 15 s p. Injektion d. Tracer-Lösung getötet, Gehirne entnommen, Best. Vitlg v. 3H u. 14C-Mannitol	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Medulla u. Cerebellum: z.T. erhöhte. Permeabilität für radioaktiv mark. Mannitol; Diencephalon u. Kortex: k.E.	
Signifikanz d. Ergebnisse	z.T. s.s.	
Eignung d. Modells	geeignet?	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: indirekte Tracer-Methode (Kritik s. Salford et al. 1994), Darst. Permeabilität erst 7-12 min nach Expos., d.h. kurzfristige, nur während der Expos. auftret. Permeabilitätsveränd. nicht erfasst	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.		
Bedeutung	Hinweis: für einige Hirnregionen Durchlässigkeit Blut-Hirn-Schranke erhöht (Mannitol), stärkere kurzfristige Effekte nicht auszuschließen!	

Autoren	Reiser H., Dimpfel W. & Schober F.		
Titel	The influence of electromagnetic fields on human brain activity		
Publikation	Eur. J. Med. Res.		
Erschein.jahr	1995	Ausgabe	1 (1) Seiten 27-32
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/H)ZNS/EEG		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	150 MHz ??	höchste 902,4 MHz
Modulationsart	PM		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	9,6	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste		höchste
SAR (W/kg)	niedrigste		höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	15 min	höchste 15 min
weitere Expositionsparam.	abwechselnde Expositions- und Placebophasen in unterschiedl. Reihenfolge, Mobiltelefon 40 cm Abstand zum Kopf		
Expositionsquelle	Mega-Wave 150/1 Therapiegerät, Mobilfunk,D1 Mobiltelefon 324		
Untersuchungsobjekt	Mensch, 36 Probanden		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung	Nervensystem, EEG		
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in-vivo-Expos., einfach Blindversuch, EEG-Ableit., Spektralanalyse für klinisch relev. Frequenzbänder d. EEG, Gesamtauswertung für alle 36 Probanden		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Mega-Wave Gerät (150 MHz, 9,6 Hz): Zunahme der Energie in den EEG-Frequenzbändern Alpha2(9,75-12,5 Hz), Beta1(12,75-18,5 Hz) u. Beta2(18,75-35 Hz); D1 Mobiltelefon: Zunahme der Energie in den selben Frequenzbändern mit einer Verzögerung von ca. 15 min		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s., Mega-Wave (p=0,001 bis 0,07), Mobiltelefon (p=0,01 bis 0,03)		
Eignung d. Modells	geeignet		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet, Durchführung: Gesamtauswertung der Einzelergebnisse durchgeführt!		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	gut nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	Klitzing (1995), Freude et al. (1998)		
Bedeutung	Nachweis v. Effekten auf das spontane EEG des Menschen, pathogene Wirkung unklar		

Autoren	Repacholi M.H., Basten A., Gebski V., Noonan D., Finnie J. & Harris A.W.	
Titel	Lymphomas in $\epsilon\mu$ -Pim 1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields	
Publikation	Radiat. Res.	
Erschein.jahr	Ausgabe 147 (5)	Seiten 631-640
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/Ni)Tier/CNC	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 900 MHz	höchste 900 MHz
Modulationsart	PM/GSM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 2,6	höchste 13
SAR (W/kg)	niedrigste 0,008	höchste 4,2
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.	Expos.zeit 30min/d,18 m, Pulsbreite 0,6 ms	
Expositionsquelle	lambda/4 Antenne, gr. Raum	
Untersuchungsobjekt	Tier, Maus, transgen ($\epsilon\mu$ -Pim1)	
pathogene Wirkung	Lymphome	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo Expos., Kontrollgrp., Blind-Vers.	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	expon. Tiere OR=2,4 (P=0,006, CI=1,3-4,5)	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.	
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Langzeitvers.	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Szmigielski 1982,1988, Szudinski 1982,Wu 1994, Santini 1988, Salford 1993, Chou 1992, Utteridge 2002: Radiat Res.158 (3) 357-364, Lin 2003: IEEE Microwave Mag. 4 (2) 22-28	
Bedeutung	Nachweis: PM-HF-EMF krebsförd. Wirk. (Maus mit lymphomgen. Oncogen)	

Autoren	Robinette C.D., Silverman C. & Jablon S.	
Titel	Effects upon health of occupational exposure to microwave radiation (radar)	
Publikation	Am. J. Epidemiol.	
Erschein.jahr	Ausgabe 112 (1)	Seiten 39-53
Art d. Veröff.	HF/Original Bio §EpiHF(2_2/2+V/N)Radar;KRK	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	höchste
Modulationsart	PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste
weitere Expositionsparam.	PM HF-EMF	
Expositionsquelle	Arbeitsplatz, Radar, Militär	
Untersuchungsobjekt	Mensch	
pathogene Wirkung	Mortalität, Krankheiten versch. (Krankhaus), Invalidität	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Vergleich gering- mit hochbelasteter Gruppe, Bestimmung der Expos. aus Beschäftigungszeit, Aufgaben, Leistung der Ausrüstung	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Autoren: "keine negativen gesundheitlichen Effekte"; jedoch: erhöhte Mortalität aufgrund a) Krebs allgem. (MR=1,44), b) Krebs der Atemwege (MR=2,20), c) Krebs des lymph. u. des blutbild. Systems (MR=1,64)	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) n.s., b) s.s., d) n.s.	
Eignung d. Modells	Mensch, direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	da nur Vgl. hoch belastet/gering belastet Unterschätzung des Risikos, Expos.-Zuordnung problematisch	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Vgl. Balode 1996	
Bedeutung	schwacher Hinweis: HF-EMF-Expos. erhöht Mortalität durch Krebs allgem., Krebs der Atemwege, Krebs des lymph. u. des blutbild. Systems	

Autoren	Röschke J. & K. Mann	
Titel	No short-term effects of digital mobile radio telephone on the awake human electroencephalogram	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	Ausgabe 18 (2)	Seiten 172-176
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_3/3-#V/H)ZNS/EEG	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 900 MHz	höchste 900 MHz
Modulationsart	PM (GSM)	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 0,5	höchste 0,5
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 3,5 min	höchste 3,5 min
weitere Expositionsparam.	Antenne 40 cm Entfernung vom Scheitel d. Probanden, Spitzenleistung 8 W, Pulsdauer: 580 μ s	
Expositionsquelle	Mobilfunk, Handy, Antenne	
Untersuchungsobjekt	Mensch, m., (34)	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Nervensystem, EEG	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Einfach-Blindversuch, zwei 10-minütige EEG-Registrierungsphasen, aufgeteilt in 3 Segmente mit u. ohne Exposition, EEG-Spektralanalyse (FFT)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Autoren: "kein s.s. Effekt auf Wach-EEG", jedoch 9 Hz-Peak im Leistungsdichte-spektrum der exponierten Personen niedriger und geringere Breite	
Signifikanz d. Ergebnisse		
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: sehr kurze Expositionsdauer! Durchführung: Auswertung der individuellen Werte (paarweiser Vergleich unter den beiden experimentellen Bedingungen)	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	gut nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Klitzing (1995), Reiser et al. (1995), Freude et al. (1998)	
Bedeutung	schwacher Hinweis auf Effekt im Wach-EEG d. Menschen bei kurzzeitiger Exposition	

Autoren	Rothman K.J., Loughlin J.E., Funch D.P. & Dreyer N.A.	
Titel	Overall mortality of cellular telephone customers	
Publikation	Epidemiol.	
Erschein.jahr	Ausgabe 7 (3)	Seiten 303-305
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(1_3/2?V/N)MobF;TOD	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste var	höchste var
Modulationsart		cw, PM
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste var	höchste var
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste var	höchste var
SAR (W/kg)	niedrigste var	höchste var
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste var	höchste var
Dauer der Exposition	niedrigste var	höchste var
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle	Mobilfunk, Handy, Mobiltelefon	
Untersuchungsobjekt	Mensch	
pathogene Wirkung	Mortalität, alle Ursachen	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Kohorten-Studie, Auswertung von Abrechnungsdaten der Betreibergesellschaften	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	kein Unterschied in der Mortalität von Mobilfunk-Handy- und Mobiltelefon-Nutzern, insgesamt niedrigere Mortalität als in der Gesamtbevölkerung	
Signifikanz d. Ergebnisse		
Eignung d. Modells	Mensch, direkt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Einschränkungen: nicht alle Todesarten berücksichtigt, keine direkte Korrelation mit Gehirntumoren, jeweilige Nutzungsdauer nicht berücksichtigt, bestimmte Nutzergruppen nicht berücksichtigt, Untersuchungszeitraum nur 2 bzw. 3 Jahre	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. Ridenour 1997: Epidemiol. 8 (4) S. 466-467	
Bedeutung	begrenzte Aussagekraft wg. methodischer Schwächen	

Autoren	Saffer J.D. & Profenno L.A.		
Titel	Microwave-specific heating affects gene expression		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1992	Ausgabe 13 (1)	Seiten 75-78
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/N)		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	2550 MHz	höchste
Modulationsart		cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	0	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste		höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	10	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	4,5 h	höchste
weitere Expositionsparam.			
Expositionsquelle			
Untersuchungsobjekt	Escherichia coli		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	Gen-Expression, beta-Galactosidase-Aktivität		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., Nachweis beta-G.-Aktivität über Prod. Chromophor A 402.5		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	beta-G-Aktivität der expon. Zellen erhöht; konventionelle Erwärmung		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.		
Eignung d. Modells	Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.			
Bedeutung	Hinweis: HF-EMF beeinflusst Gen-Expression (beta-Galactosidase-Aktivität)		

Autoren	Salford L.G., Brun A., Sturesson K., Eberhardt J.L. & Persson B.R.R.	
Titel	Permeability of the blood brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50 and 200 Hz	
Publikation	Micros. Res. Techn.	
Erschein.jahr	1994	Ausgabe 27 (4) Seiten 535-542
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/H)BBB	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 915 MHz	höchste 915 MHz
Modulationsart	cw, PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 200
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 0,016	höchste 5
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 2 h	höchste
weitere Expositionsparam.	Pulsraten: 8, 16, 50, 200 Hz, Pulsleistung 0,1; 1;2;3;5;10;20 W	
Expositionsquelle	TEM Zelle	
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte, Fischer 344	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Blut-Hirn-Schranke	
biologischerEffekt	Permeabilität, Albumin, Fibrinogen	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Tiere nicht anästh., 184 exp.Tiere, 62 Kontroll., Tötung ca. 1 h p. Expos., Entnahme d. Gehirns, Fix. Formaldehyd, immunohistochemische Best. Extravasaten (1.Fibrinogen, 2.Albumin)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1. o. B., 2. Extravasate bei 5 v. 65 Kontrolltieren u. bei 56 v. 184 expon. Tieren, Anzahl u. Größe der Extravasate im Gehirn ohne Korrel. zu Puls-f oder SAR. Rel. Zahl d. Tiere mit Extravasaten höher für SAR > 2,5 W/kg	
Signifikanz d. Ergebnisse	2.) s.s. in allen Expos.gruppen (P=0,001 bzw. 0,002)	
Eignung d. Modells	sensible Methode zum Nachweis v. Eiweiß-Extravasaten	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz geeignet, Durchführung: o.k.	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Bestätigung: Fritze et al. (1997b)	
Bedeutung	Nachweis einer nicht-thermischen Öffnung der Blut-Hirn-Schranke für kleinere Eiweißmoleküle, pathogene Wirkung unklar	

Autoren	Savitz D.A., Loomis D.P. & Tse C.K.J.		
Titel	Electrical occupations and neurodegenerative disease: analysis of U.S. mortality data		
Publikation	Arch. Environ. Health		
Erschein.jahr	1998	Ausgabe	53 (1) Seiten 71-74
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF/NF(2_2/1 +V/N)VAR;NDG		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	var	höchste var
Modulationsart			
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	var	höchste var
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	var	höchste var
SAR (W/kg)	niedrigste	var	höchste var
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	var	höchste var
Dauer der Exposition	niedrigste	var	höchste var
weitere Expositionsparam.			
Expositionsquelle	Arbeitsplatz		
Untersuchungsobjekt	Mensch		
pathogene Wirkung	Neurodegenerative Erkrankungen (Alzheimer, Parkinson, ALS)		
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Fall-Kontroll-Studie, Expos.klass. über Berufsbezeich., Todesursache Nat. Center for Health Statistics		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Berufe mit pot. HF-EMF-Expos. leicht erhöhte Mortalität Alzheimer OR= 1,2 bis 1,5		
Signifikanz d. Ergebnisse	n.s.		
Eignung d. Modells	direkt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen; Einschränkung: Bestimmung der pot. Expos. nur über Berufsbezeichnung, Fehlklassifizierung führt zu Unterschätzung des Risikos		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX		
Bedeutung	schwacher Hinweis: HF-EMF-Expos. führt zu erhöhtem Risiko für neurodegen. Erkrank.		

Autoren	Scarfi M.R., Lioi M.B., d'Ambrosio G., Massa R., Zeni O., Di Pietro R. & Di Berardino D.		
Titel	Genotoxic effects of mitomycin-C and microwave radiation on bovine lymphocytes		
Publikation	Electro- Magnetobiol.		
Erschein.jahr	1996	Ausgabe	15 (2) Seiten 99-107
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2+V/N)ZGT/MNU		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	9000 MHz	höchste 9000 MHz
Modulationsart	cw		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste		höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste		höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	70	höchste 70
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	10 min	höchste 10 min
weitere Expositionsparam.	Mitomycin C		
Expositionsquelle	Wellenleiter, Expositionszelle		
Untersuchungsobjekt	Tier, Rind, periphere Lymphozyten, Zellkultur		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt	Auftreten von Mikronuklei		
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vitro Exposition		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Zunahme der Mikronuklei-Frequenz in den exponierten Zellkulturen		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. p<0,001		
Eignung d. Modells	übertragbar, Zelleffekt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	vgl. Balode 1996		
Bedeutung	Hinweis: Zellschäden HF-EMF-Expos.		

Autoren	Smulevich V.B., Solionova L.G. & Belyakova S.V.		
Titel	Parental occupation and other factors and cancer risk in children: II occupational factors		
Publikation	Int. J. Cancer		
Erschein.jahr	1999	Ausgabe 83 (7)	Seiten 718-722
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(2_2/2+V/N)Radar;CNC		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	var	höchste var
Modulationsart			var
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	var	höchste var
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	var	höchste var
SAR (W/kg)	niedrigste	var	höchste var
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	var	höchste var
Dauer der Exposition	niedrigste	var	höchste var
weitere Expositionsparam.	verschiedene Noxen untersucht		
Expositionsquelle	Arbeitsplatz, Radar		
Untersuchungsobjekt	Mensch, Kinder/Eltern, 593 Fälle, 1181 Kontrollen		
pathogene Wirkung	Krebs		
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Fall-Kontroll; Interviews u.a. Beruf, Expos.		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Krebsrisiko erhöht bei Expos. Väter a) EMFgenerell RR=3,3;b) 2 Mon vor Empfängnis RR=2,5;c) Radar gen. RR=2,3;d) 2 Mon RR=6,0; Mütter e) EMF gen. RR=4,3;f) 2 Mon 2,2		
Signifikanz d. Ergebnisse	a)s.s., b)s.s., c)s.s., d)n.s., e)s.s., f)n.s.		
Eignung d. Modells	direkt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Einschränkung: Expos. nur per Interview zugeordnet		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX		
Bedeutung	Hinweis: (HF)-EMF-Expos. der Eltern vor der Empfängnis/während der Schwangerschaft führt zu höherem Krebsrisiko bei Kindern		

Autoren	Somosy Z., Thuroczy G. & Kovacs J.	
Titel	Effects of modulated and continuous microwave irradiation on pyroantimonate precipitable calcium content in junctional complex of mouse small intestine	
Publikation	Scanning Microsc.	
Erschein.jahr	1993	Ausgabe 7 (4) Seiten 1255-1261
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/H)ZMB/Ca	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw, AM/RE	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 16
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 1	höchste 10
SAR (W/kg)	niedrigste 0,33	höchste 1,64
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 3 h	höchste 3 h
weitere Expositionsparam.	Expos. Gruppen: 1,5 und 10 W/m ²	
Expositionsquelle	Absorber-Raum, Antenne	
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Maus (CFLP), 3 Tiere pro Gruppe	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Dünndarm	
biologischerEffekt	Zellmembran, Permeabilität, Tight junctions, Calcium, (Signaltransduktion)	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Tötung sofort oder 1,3 u.24 h p. Expos., Entnahme 2 Dünndarmstücken (Duodenum), Fix., Reaktion mit Kaliumdiantimonat (Ausfällung von Calciumkomplexen), Transmissions-Elekt.Mikroskopie	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	CW-Felder u. AM-Feld (1 W/m ²): o.B.; AM-Felder (5 u. 10 W/m ²): veränderte Lokalisation d. Calcium-Ablagerungen: Innenseite d. äußeren Zellmembran, tight junctions; 1 d p. Expos: Ablagerungen wie in Kontrollgrup.: äußere Membranbereiche, nicht tight j.	
Signifikanz d. Ergebnisse	qualitative Auswertung!	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: Gruppengröße sehr klein; Durchführung:	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.		
Bedeutung	reversibler nicht-thermischer Effekt auf die Verteilung v. Calcium in Darmzellen, pathogene Wirkung unklar	

Autoren	Stagg R.B., Thomas W.J., Jones R.A. & Adey W.R.	
Titel	DNA synthesis and cell proliferation in C6 glioma and primary glial cells exposed to a 836.55 MHz modulated radiofrequency field	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	Ausgabe 18 (3)	Seiten 230-236
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_3/3+#V/N)ZGT/PLF;CNC	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 836,55 MHz	höchste 836,55 MHz
Modulationsart	PM/TDMA	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 50	höchste 50
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 0,9	höchste 90
SAR (W/kg)	niedrigste 0,00015	höchste 0,059
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 4 h	höchste 14 d
weitere Expositionsparam.	Modulation duty cycle 33 %, stat. Magnetfeld 63+-10 μ T, Inklination 63+-20 Grad geg. Horiz. bzw. 31+-9 μ T/70+-17 Grad, 60 Hz Magnetfeld 0,12 bis 0,29 μ T	
Expositionsquelle	TEM-Zelle, s. Ivaschuk et al. 1996	
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Glioma-Zellen, C6-Linie, prim. Glia-Zellen, Ratte	
pathogene Wirkung	Tumor-Promotion	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	a) DNA Synthese/Thymidine Inkorp., b) Zellproliferation	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro-Expos., Analyse: a) TdR Incorp. Assay (3H-mark. Thymidine), b) Zählung der Zellen	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a1) expon. Glia-Zellen kein Effekt, a2) expon. C6 Glioma-Zellen Zunahme der TdR-Incorp. bei SAR=0,0059 W/kg einzelne Exp. 20-40 %, alle Exp. 9,5 %; b) kein Effekt	
Signifikanz d. Ergebnisse	a2) s.s.	
Eignung d. Modells	direkt übertragbar, Zelleffekt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar, gute Dok. der Expos.bedingungen	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. Cleary et al. 1990 (Zell-Proliferation)	
Bedeutung	Nachweis: PM-HF-EMF beeinflusst DNA-Synthese; mögl. Erklärung: erhöhte DNA-Reparatur-Aktivität, jedoch kein direkter Hinweis auf Tumor-Promotion	

Autoren	Szmigielski S.		
Titel	Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic radiation		
Publikation	Sci. Total Environ.		
Erschein.jahr	1996	Ausgabe	180 (1) Seiten 9-17
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(2_2/2+V/N)RF/MW/Radar;CNC		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	150 MHz	höchste 3500 MHz
Modulationsart	PM		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	var	höchste var
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	var	höchste 2
SAR (W/kg)	niedrigste	var	höchste var
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	var	höchste var
Dauer der Exposition	niedrigste	var	höchste var
weitere Expositionsparam.	15 - 20 % der Exponierten CW-EMF 2-6 W/m ²		
Expositionsquelle	Arbeitsplatz, Militär, Radar		
Untersuchungsobjekt	Mensch, (3700, 128.000 Pers/a)		
pathogene Wirkung	Krebs, verschied. Formen, Morbidität		
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Verhältnis beobachtete/erwartete Fälle, Untersuchungszeitraum 15 a		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	erhöhte Morbidität für Krebs insges. (2,07), Speiseröhre u. Magen (3,24), Dickdarm (3,19), Haut (1,67), Nervensystem/Gehirn (1,91), Blutbild. System u. Lymphat. Organe (6,31)		
Signifikanz d. Ergebnisse	alle angegebenen Werte s.s., P<0,001/0,05		
Eignung d. Modells			
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Einschränkungen: Expositionsklassifizierung nur aufgrund von Tätigkeitsbeschreibungen und Einzelmessungen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar mit Einschränkungen		
Bezug zu anderen Untersuch.	Verweis auf andere epidem. U. exp. Arbeiten		
Bedeutung	Hinweis auf erhöhte Krebsmorbidität bei Personen mit wahrscheinlicher PM HF-EMF-Exposition		

Autoren	Szmigielski S., Szudinski A., Pietraszek A., Bielec M. & Wrembel J.K.	
Titel	Accelerated development of spontaneous and benzopyrene-induced skin cancer in mice exposed to 2450-MHz microwave radiation	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	Ausgabe 3 (2)	Seiten 179-191
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/O)Tier/CNC	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste
Modulationsart	cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 50	höchste 150
SAR (W/kg)	niedrigste 2	höchste 8
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste s.u.	höchste
weitere Expositionsparam.	a)12 mon 6 d/w 2 h/d b)5 mon, Benzopyren-Behandlung	
Expositionsquelle	Absorber-Kammer	
Untersuchungsobjekt	Tier, Maus (a)C3H/HeA, b)Balb/c)	
pathogene Wirkung	Krebs a)Tumoren insges. b)Hautkrebs nach Benzopyren-Beh.	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos.; Vergleichsgrp. chron. Stress (eingesperrt); regelm. Unters. palp. Tumoren; b) Beh. mit BP	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) Tumorrage erhöht ab 8 Mon. Expos.; b) Tumorrage erhöht ab 6 Mon.; c) Tumorrage auch bei Stress-Mäusen erhöht	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s.; b) s.s.; c) s.s.	
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX	
Bedeutung	Hinweis: MW-HF-EMF erhöht Tumor-Rate (mögl. Ursache nach Ansicht der Autoren Stress durch Wahrnehmung der MW)	

Autoren	Szudzinski A., Pietraszek A., Janiak M., Wrembel J., Kalczak M. & Szimgielski S.	
Titel	Acceleration of the development of benzopyrene-induced skin cancer in mice by microwave radiation	
Publikation	Arch. Dermatol. Res.	
Erschein.jahr	1982	Ausgabe 274 (3-4) Seiten 303-312
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2/2+V/H)Tier/CNC	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 0
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 50	höchste 150
SAR (W/kg)	niedrigste 2	höchste 6
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 2 h/d	höchste 6 m
weitere Expositionsparam.	50,100 o. 150 W/m ² , 2h/d, 6 d/w, für 1,2,3 oder 6 Monate	
Expositionsquelle	Absorber-kammer	
Untersuchungsobjekt	Maus (Balb/c, m), 600 Tiere	
pathogene Wirkung	Karzinogenese, Hautkrebs, (Immunsuppression)	
patho-physiologische Wirkung	(Immunsystem), (Überempfindlichkeit/Allergie)	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., 1.,2. Grp. Benzopyren/EMF gleichzeit. 6m, 3.,4.,5. erst EMF (1,2 o. 3 m), dann BP, 6. Kontr. 6m BP, Scheinexpos.	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1. Beschleun. Entwickl. Bezopyren-induz. Hautkrebs, 2. Verkürz. Lebenszeit erkrank. Tiere; dosisabhängig. (Intensität u. Dauer d. Bestrahl.), (Unterdrück. verzög. Überempfindlichkeitsreakt. auf Benzopyren)	
Signifikanz d. Ergebnisse	1. s.s. (150 W/m ² , p<0,05), 2. s.s. (p<0,01)	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet, Doppel-Blindv.?, Durchf.: Untersuch. Überempfindl.k.reaktion nicht dargestellt	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	gut nachvollziehbar, Überempfind. nur in Disk.	
Bezug zu anderen Untersuch.	Repacholi u.a.??	
Bedeutung	Nachweis: cokarzinogen. Wirk.; dosisabhängiger Effekt	

Autoren	Thomas T.L., Stolley P.D., Stemhagen A., Fontham E.T.H., Bleecker M.L., Stewart P.A. & Hoover R.N.		
Titel	Brain tumor mortality risk among men with electrical and electronics jobs: a case-control study		
Publikation	J. Natl. Canc. Inst.		
Erschein.jahr	1987	Ausgabe 79 (2)	Seiten 233-238
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(2_2/2+V/N)RF/MW;CNC		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	var	höchste var
Modulationsart		var	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	var	höchste var
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	var	höchste var
SAR (W/kg)	niedrigste	var	höchste var
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	var	höchste var
Dauer der Exposition	niedrigste	var	höchste var
weitere Expositionsparam.	MW/RF-HF-EMF		
Expositionsquelle		var, Arbeitsplatz	
Untersuchungsobjekt	Mensch, 435 Fälle, 386 Kontrollen		
pathogene Wirkung	Gehirn-Tumoren		
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Fall-Kontroll-Studie, Basis: Totenscheine		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) Gehirn-Tumoren, überhaupt MW/RF-Expos. RR=2,3 (1,3-4,2) b) Astrocytome Elektronik Herstell. u. Rep. RR=4,6 (1,9-12,2) für Beschäft.zeit >20 y RR=10,4		
Signifikanz d. Ergebnisse	a) s.s., b) s.s.		
Eignung d. Modells	direkt		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Einschränkung: Expos.klass. nur über Interviews, mögliche Confounder: Blei,Lötdämpfe,Lösungsmittel, andere Chemikalien		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX		
Bedeutung	Hinweis: HF-EMF-Expos. Erhöht Risiko für Gehirn-Tumoren		

Autoren	Thuróczy G., Kubinyi G., Bodo M., Bakos J. & Szabo L.D.		
Titel	Simultaneous response of brain electrical activity (EEG) and cerebral circulation (REG) to microwave exposure in rats		
Publikation	Rev. Environ. Health		
Erschein.jahr	1994	Ausgabe	10 (2) Seiten 135-148
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_2(2+V/N)ZNS/EEG/Tier		
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	2450 MHz	höchste 4000 MHz
Modulationsart	cw,AM		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	0	höchste 16
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	100	höchste 300
SAR (W/kg)	niedrigste		höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	10 min	höchste 30 min
weitere Expositionsparam.	Expos.: Ganzkörper u. Gehirn		
Expositionsquelle	TE-Zelle		
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung	Gehirnaktivität (EEG), Cerebraler Blutfluss (CB)		
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos. Parallele Aufnahme der Messwerte		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	2450 MHz EEG: Zunahme der Gehirn-Aktivität bei 300 W/m ² ,		
Signifikanz d. Ergebnisse	n.s.		
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Bedeutung einiger Messgrößen unklar		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	einigermaßen nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.			
Bedeutung	schwacher Hinweis: HF-EMF beeinflusst Gehirnaktivität		

Autoren	Toler J., Shelton W.W., Frei M.R., Merritt J.H. & Stedham M.A.		
Titel	Long-term, low-level exposure of mice prone to mammary tumors to a 435 MHz radiofrequency radiation		
Publikation	Radiat. Res.		
Erschein.jahr	Ausgabe	Seiten	
1997	148 (3)	227-234	
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/H)Tier/CNC		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	435 MHz	höchste 435 MHz
Modulationsart	PM		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	1000	höchste 1000
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	10	höchste 10
SAR (W/kg)	niedrigste	0,32	höchste 0,32
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	21 mon, 7d/w, 22 h/d	höchste
weitere Expositionsparam.	horizontal polarisiertes Feld, Pulsdauer 1,0 µs, Exposition: 21 Monate, 22 h/d, 7d/w		
Expositionsquelle	??		
Untersuchungsobjekt	Tier, Maus, C3H/HeJ, w. (400) erhöhte Brustkrebsneig., (400) (200 Expos., 200 Kont.)		
pathogene Wirkung	Karzinogenese, Brusttumoren, Eierstocktumoren		
patho-physiologische Wirkung			
biologischer Effekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., 21 m Expos., histopath. Unters. 22 Gewebetypen		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	1. verkürz. Zeit bis Auftret. palpierbarer Brusttumoren (p=0,091), 2. deutl. Erhöh. Tiere mit bilateralen Eierstocktumoren, 3. keine Unterschiede bzgl. Anzahl Tiere mit Brusttumoren		
Signifikanz d. Ergebnisse	1. s.n.s. 2. s.s. (p=0,03)		
Eignung d. Modells	geeignet		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet, Durchf.: o.k.		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	gut nachvollziehbar, ?Ergebnisdarst. (MWN N/D:12)?		
Bezug zu anderen Untersuch.	Repacholi et al. (1997), Imaida et al. (1998 a,b), Frei et al. 1998 u. Lit. Dort		
Bedeutung	Hinweis: Förd. Entsteh. Brusttumoren u. Eierstocktumoren (Kritik an Ergebnisdarstell. u. -interpret. der Autoren s. MWN N/D, S.12!!)		

Autoren Tynes T., Andersen A. & Langmark F.
Titel Incidence of cancer in Norwegian workers potentially exposed to electromagnetic fields
Publikation Am. J. Epidemiol.
Erschein.jahr 1992 **Ausgabe** 136 (1) **Seiten** 81-88
Art d. Veröff. HF/Original Bio !§EpiHF/NF(2_2/2+V/O)AP;CNC
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz) niedrigste höchste
Modulationsart
Moulation Frequenz (Hz) niedrigste höchste
Leistungsflussdichte (W/m²) niedrigste höchste
SAR (W/kg) niedrigste höchste
Elektrische Feldstärke (V/m) niedrigste höchste
Dauer der Exposition niedrigste höchste
 weitere Expositionsparam.
 Expositionsquelle
 Untersuchungsobjekt
 pathogene Wirkung
 patho-physiologische Wirkung
 biologischerEffekt
 biophys./chem. Prozess
Untersuchungsmethode Epidemiologie
Zusammenfassung d. Ergebnisse
Signifikanz d. Ergebnisse
Eignung d. Modells
Eignung d. Untersuchungsmeth.
Dokum. d. Untersuchungsbeding.
Bezug zu anderen Untersuch.
Bedeutung

Autoren	Tynes T., Hannevik M., Anderson A., Visnes A.I. & Haldorsen T.	
Titel	Incidence of breast cancer in Norwegian female radio and telegraph operators	
Publikation	Cancer Causes Contr.	
Erschein.jahr	Ausgabe 7 (2)	Seiten 197-204
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§EpiHF(3_2/2+V/N)Radio;CNC	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 0,41 MHz	höchste 3,6 MHz
Modulationsart	AM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	höchste
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste	höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste 20	höchste 200
Dauer der Exposition	niedrigste	höchste 14,6 y
weitere Expositionsparam.	ELF: 0,02-0,04 μ T	
Expositionsquelle	Arbeitsplatz, Funk, Telegraf	
Untersuchungsobjekt	Mensch, w. (2619)	
pathogene Wirkung	Krebs, Brustkrebs	
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Epidemiologie, Kohorten-Studie	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	a) für exponierte Frauen im Alter 50+ erhöhtes Risiko an Brustkrebs zu erkranken, Risiko steigt mit Expositionsdauer, max. OR=4,3,b) Gebärmutterkrebs OR=1,9,c) Lymphome OR=1,3,d) Krebs insgesamt OR=1,2	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) OR z.T. s.s., Dosis-Wirkungs-Trend s.s.,b) s.s.,c) n.s.,d) s.s.	
Eignung d. Modells		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Expositionsklassifizierung nur aufgrund Berufsbezeichnung, nur einzelne Testmessungen, Schichtarbeit mit Störung des Tag-Nacht-Rhythmus als möglicher Confounder berücksichtigt	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.		
Bezug zu anderen Untersuch.	Autoren verweisen auf ähnliche Ergebnisse verschiedener ELF-Studien	
Bedeutung	Hinweis: AM-HF-Expos. erhöhte Risiken für Krebs, Brustkrebs, Gebärmutterkrebs	

Autoren	Velizarov S., Raskmark P. & Kwee S.	
Titel	The effects of radiofrequency fields on cell proliferation are non-thermal	
Publikation	Bioelectrochem. Bioenerg.	
Erschein.jahr	Ausgabe 48 (1)	Seiten 177-180
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/3+V/N)ZGT/PLF	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 960 MHz	höchste 960 MHz
Modulationsart	PM/GSM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 0,0021	höchste 0,0021
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste 1,7	höchste 1,7
Dauer der Exposition	niedrigste 30 min	höchste
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle	TEM-Zelle	
Untersuchungsobjekt	Zellkultur, Mensch, transform. Epithel-Amnion-Zellen (AMA)	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Veränderungen der Zellproliferation	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	EMF-Expos. bei zwei verschied. Temp. der TEM-Zelle, Vgl. der Zellproliferationsrate mit Kontrollen ohne HF bei gleichen Temp.	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Erhöhung der Zellproliferationsrate bei expon. Zellen	
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s. ($p < 0,1$)	
Eignung d. Modells	direkt übertragbar, Zelleffekt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Vgl.	
Bedeutung	Nachweis: Änderung der Zellproliferationsrate durch PM/GSM HF-EMF kein thermischer Effekt	

Autoren	Vijayalaxmi, Frei M.R., Dusch S.J., Guel V., Meltz M.L. & Jauchem J.R.	
Titel	Frequency of micronuclei in the peripheral blood and bone marrow of cancer-prone mice chronically exposed to 2450 MHz radiofrequency radiation	
Publikation	Radiat. Res.	
Erschein.jahr	1997 a	Ausgabe 147 (4) Seiten 495-500
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2-?#V/Ni)ZGT/MNU	
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz	höchste 2450 MHz
Modulationsart	cw	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 0
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	höchste
SAR (W/kg)	niedrigste 1,0	höchste 1,0
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 18 mon	höchste 18 mon
weitere Expositionsparam.	Expos.zeit 18 Mon 7 d/w 20 h/d	
Expositionsquelle	Wellenleiter, zirkular polarisiert	
Untersuchungsobjekt	Tier, Maus, C3H/HeJ	
pathogene Wirkung	Tumorrates b. Exp. Tieren höher	
patho-physiologische Wirkung		
biologischer Effekt	Mikronuklei	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Kontroll. scheinexpon., pos. Kontroll. Mitomycin C; Tötung; mikroskop. Untersuch. Polychromat. Erythrozyten (periph. Blut, Knochenmark) auf Mikronuklei	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Expon. Tiere: Mikronuklei a) Blut, b) Knochenmark erhöht; Autoren: kein Effekt s. jedoch Korrektur Vijayalaxmi et al. 1998, Tumorrates bei expon. Tieren höher	
Signifikanz d. Ergebnisse	a) n.s., b) n.s. Korrektur: a) s.s., b) s.s.	
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s.a. Vijayalaxmi et al. 1998, Radiat. Res. 149, 308 (Korrektur)	
Bedeutung	schwacher Hinweis: HF-EMF führt zu erhöhten Chromosomendefekten (s. Korrektur)	

Autoren	Vollrath L., Spessert R., Kratzsch T., Keiner M. & Hollmann H.	
Titel	No short-term effects of high-frequency electromagnetic fields on the mammalian pineal gland	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	Ausgabe 18 (4)	Seiten 376-387
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(1_3/3?V/N)	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 900 MHz	höchste 900 MHz
Modulationsart	cw, PM/GSM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 1	höchste 6
SAR (W/kg)	niedrigste 0,04	höchste 0,36
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 15 min	höchste 6 h
weitere Expositionsparam.		
Expositionsquelle	Absorber-Kammer	
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte, Sprague Dawley, Djungar. Hamster	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Hormonsystem, Zirbeldrüse, Melatonin Level (ML), Serotonin N-Acetyltransferase-Aktivität (NAT-Akt) (Enzym, das Melatonin-Syntheserate bestimmt)	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	Tiere teilweise Tag/Nacht invertiert; in vitro-Expos.; Töt.; Entfernung Zirbeldrüse; Messung ML, NAT-Akt.	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	in einigen Experimenten Veränderungen (z.T. s.s.) bei expon. Tieren; Effekt wird von Autoren als Folge des Versuchsablaufs interpretiert	
Signifikanz d. Ergebnisse	?	
Eignung d. Modells	Ratte wegen spezifischer circad. Rhythmik der Zirbeldrüse nicht gut geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Defizite in der zeitlichen Organisation des Experiments führen zu unklaren Ergebnissen; Wiederholung des Experiments unter klaren Bedingungen wäre angebracht	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	nur ELF-MF	
Bedeutung	Versuch sollte wiederholt werden!	

Autoren	Vorobyov V.V., Galchenko A.A., Kukushkin N.I. & Akoev I.G.		
Titel	Effects of weak microwave fields amplitude modulated at ELF on EEG of symmetric brain areas in rats		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	1997	Ausgabe	18 (4) Seiten 293-298
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(2_3/2+V/N)ZNS/EEG/Tier		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste	945 MHz	höchste 945 MHz
Modulationsart	AM		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste	4	höchste 4
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste	1	höchste 2
SAR (W/kg)	niedrigste		höchste
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste	10 min	höchste 10 min
weitere Expositionsparam.	Expos. Intermittierend 1 Min 'an', 1 Min 'aus'		
Expositionsquelle			
Untersuchungsobjekt	Tier, Ratte		
pathogene Wirkung			
patho-physiologische Wirkung	Veränderung des EEG		
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	Vgl. der EEG-Spektralprofile für linke und rechte Gehirnhälfte		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	Vergrößerung der EEG-Asymmetrie bis 20 sek nach Expos.beginn		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.		
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar auf den Menschen		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	Vgl.		
Bedeutung	Hinweis: ELF-AM HF-EMF Wirkung auf Gehirn, mögliche erklärung: Einfluss auf Ca++-Austausch im Hirngewebe ?		

Autoren	Wagner P., Röschke J., Mann K., Hiller W. & Frank C.	
Titel	Human sleep under the influence of pulsed radiofrequency electromagnetic fields: a polysomnographic study using standardized conditions	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	1998	Ausgabe 19 (3) Seiten 199-202
Art d. Veröff.	HF/Original Bio §ExpHF(3_3/3+V/H)	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 900 MHz	höchste 900 MHz
Modulationsart	PM (GSM)	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 217	höchste 217
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 0,2	höchste 0,2
SAR (W/kg)	niedrigste 0,3	höchste 0,6
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 8 h	höchste 8 h
weitere Expositionsparam.	zirkular polarisiertes Feld, Antenne 40 cm über Kopfkissen	
Expositionsquelle	Antenne verb. m. Mobiltelefon	
Untersuchungsobjekt	Mensch, 24 Probanden	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung	Nervensystem, EEG, Schlaf	
biologischerEffekt		
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vivo-Expos., Doppel- Blindversuch, 3 Nächte im Schlaflabor (1. Eingewöhn., 2. oder 3. Nacht: Expos. oder Kontrolle ohne Expos.), Mess.: EEG	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	vgl. Mann et al. (1997)!! Abnahme Einschlafdauer, Abnahme von Dauer u. Anteil d. REM-Schlafes, verlängerte REM-Latenz	
Signifikanz d. Ergebnisse	n.s.	
Eignung d. Modells	geeignet	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	Ansatz: geeignet, Durchführung: o.k.	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	gut nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	Mann et al. (1997); Mann u. Röschke (1996): 0,5 W/m ² !	
Bedeutung	Hinweis: Beeinfluss. REM-Schlaf, path. Bedeutung unklar	

Autoren	Wang B. & Lai H.		
Titel	Acute exposure to pulsed 2450-MHz microwaves affects water-maze performance of rats		
Publikation	Bioelectromagnetics		
Erschein.jahr	2000	Ausgabe 21 (1)	Seiten 52-56
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_2/2+V/N)ZNS/LRN		
Fequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 2450 MHz		höchste 2450 MHz
Modulationsart	PM		
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 500		höchste 500
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 20		höchste 20
SAR (W/kg)	niedrigste 1,2		höchste 1,2
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste		höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 1 h		höchste 1 h
weitere Expositionsparam.	PM: 500 pps, 2 μ s		
Expositionsquelle	zyl. Wellenleiter		
Untersuchungsobjekt	Ratte, 11 expon. Tiere, 11 schein-expon. Tiere, 12 Käfig-Kontrollen		
pathogene Wirkung	Leistungsfähigkeit, Lernvermögen		
patho-physiologische Wirkung			
biologischerEffekt			
biophys./chem. Prozess			
Untersuchungsmethode	Wasser-Labyrinth, Mess. Zeit, bis Plattform gefunden, Mess. Schwimmggeschwind.		
Zusammenfassung d. Ergebnisse	expon. Tiere reduz. Lerngeschwindigkeit; Schwimmggeschwindigkeit: kein Effekt		
Signifikanz d. Ergebnisse	s.s.		
Eignung d. Modells	nicht direkt übertragbar		
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen		
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar		
Bezug zu anderen Untersuch.	Lai 1994		
Bedeutung	Hinweis: PM-HF-EMF beeinträchtigt Lernvermögen bei Ratten		

Autoren	Wolke S., Neibig U., Elsner R., Gollnick F. & Meyer R.	
Titel	Calcium homeostasis of isolated heart muscle cells exposed to pulsed high-frequency electromagnetic fields	
Publikation	Bioelectromagnetics	
Erschein.jahr	1996	Ausgabe 17 (2) Seiten 144-153
Art d. Veröff.	HF/Original Bio !§ExpHF(3_3/2+#V/N)ZMB/Ca	
Frequenz/Trägerfrequ. (MHz)	niedrigste 900 MHz	höchste 1800 MHz
Modulationsart	cw, PM	
Moulation Frequenz (Hz)	niedrigste 0	höchste 30000
Leistungsflussdichte (W/m²)	niedrigste 76	höchste 76
SAR (W/kg)	niedrigste 0,011	höchste 0,034
Elektrische Feldstärke (V/m)	niedrigste	höchste
Dauer der Exposition	niedrigste 500 sec	höchste 7200 sec
weitere Expositionsparam.		
Expositions	TEM-Zelle	
Untersuchungsobjekt	Tier, Meerschweinchen, ventrik. card. Myocyten, 600 Zellen, , Zellkultur	
pathogene Wirkung		
patho-physiologische Wirkung		
biologischerEffekt	intrazelluläre Ca++-Konz.	
biophys./chem. Prozess		
Untersuchungsmethode	in vitro Exposition, 1.Scheinexpos.; 2.Expos. mit sim. Ca++-Nachweis durch Fura-2 Fluoreszenz, Mikroskop,dig. Bildverarb.; 3. chem. Stimulation (Ca++-Anstieg)	
Zusammenfassung d. Ergebnisse	PM-Expos.: Ca++-Konz. für alle Mod.frequ. systematisch niedriger (Autoren: nur Effekt bei 900 MHz/50 Hz); CW-Expos.: kein Effekt	
Signifikanz d. Ergebnisse	900 MHz/50Hz s.s.;sonst n.s.; hohe statist. Unsicherheit schon bei Scheinexpos.	
Eignung d. Modells	Zelleffekt	
Eignung d. Untersuchungsmeth.	angemessen, Interpretation durch Autoren nicht nachvollziehbar (merkwürdiges Statistik-Verständnis)	
Dokum. d. Untersuchungsbeding.	nachvollziehbar	
Bezug zu anderen Untersuch.	s. XXXX	
Bedeutung	Hinweis: PM-HF-EMF beeinflusst Ca-Homöostase	