

**Literatur-Analyse zu
thermischen und athermischen Effekten
von elektromagnetischen Feldern
im Frequenzbereich von 3 GHz bis 100 GHz**

**Bericht vom
18.12.2000**

vii

Auftraggeber: Forschungsgemeinschaft Funk e.V.
Dipl.-Ing. Gerd Friedrich
Projektleitung: Dr. Torsten Gailus, E563

Literatur-Analyse zu thermischen und athermischen Effekten von elektromagnetischen Feldern im Frequenzbereich von 3 GHz bis 100 GHz

Verfasser:
Dr. Torsten Gailus,
Dr. Karl-Friedrich Thier

Anmerkung: Diese Version des Schlußberichts wurde nach den Abnahme durch den Auftraggeber als freiwillige Leistung des Auftragnehmers erbracht. Der Bericht unterscheidet sich von dem Vorgänger nur durch einige kleinere Ergänzungen und Klarstellungen.

ZUSAMMENFASSUNG	4
ZIEL DIESER ANALYSE	6
VORARBEITEN	6
VORARBEITEN DES AUFTRAGGEBERS	6
VORARBEITEN DES AUFTRAGNEHMERS	6
ARBEITSSCHRITTE	7
ERFASSUNG DER LITERATUR DURCH DATENBANKRECHERCHE.....	7
SELEKTION DES FREQUENZBEREICHS	8
SELEKTION NACH QUALITÄTSKRITERIEN	8
SELEKTION NACH RELEVANZ	9
FACHLICHE EINTEILUNG	9
<i>Klassen</i>	11
<i>Hauptgruppen, Haupt-Kategorien und Kategorien</i>	11
<i>Unterschiede zu anderen Klassifizierungssystemen</i>	14
ELEKTRONISCHE AUFBEREITUNG	15
TECHNISCHE UND BIOLOGISCH-MEDIZINISCHE BESCHREIBUNG DER VERÖFFENTLICHUNGEN	17
STATISTISCHE ANGABEN ZU DEN RECHERCHIERTEN VERÖFFENTLICHUNGEN.....	20
<i>Herkunft der Veröffentlichungen (nach Datenbanken)</i>	20
<i>Vergleich mit dem Datenbestand einer Voruntersuchung des IMST</i>	21
<i>Zahl der Veröffentlichungen nach Jahren</i>	22
<i>Herkunft der Veröffentlichungen (nach Ländern)</i>	22
<i>Einteilung in Klassen</i>	23
<i>Kategorien der experimentellen Forschung</i>	24
ERGEBNISSE DER AUSWERTUNG NACH BIOLOGISCH-MEDIZINISCHEN ASPEKTEN	25

HAUPTGRUPPE I: MUTATION	26
<i>Mutation (GEN)</i>	26
HAUPTGRUPPE II: KREBS	27
<i>Tumor-Entstehung und –Entwicklung (TUM)</i>	27
HAUPTGRUPPE III: TERATOGENESE	27
<i>Teratogenität (TER)</i>	27
<i>Reproduktives System (REP)</i>	29
<i>Wachstum (GRO)</i>	30
HAUPTGRUPPE IV: ORGANISCHE UND ZELLULÄRE EBENE (NEUROLOGISCHES UND SENSORISCHES SYSTEM, VERHALTEN)	30
<i>Verhalten (BEH)</i>	30
<i>Sensorisches System (SEN)</i>	32
<i>Nervensystem (NES)</i>	34
HAUPTGRUPPE V: ORGANISCHE UND ZELLULÄRE EBENE (AUßER NEUROLOGISCHES UND SENSORISCHES SYSTEM, VERHALTEN)	38
<i>Kardiovaskuläres System (CVS)</i>	38
<i>Endokrines System (END)</i>	39
<i>Hämopoetisches System (HCS)</i>	39
<i>Immunsystem (IMM)</i>	41
<i>Zell-Funktion (CEF)</i>	42
<i>Enzymaktivität (ENA)</i>	44
<i>Morphologie & Pathologie (EOR)</i>	44
HAUPTGRUPPE VI: ANDERE EFFEKTE	45
<i>Hyperthermie (HTM)</i>	45
<i>Temperatur (TMP)</i>	45
<i>Elektrosensitivität (HYP)</i>	45
<i>Implantate (IMP)</i>	45
<i>Chemie (CHE)</i>	45
<i>Physik (PHY)</i>	46
DISKUSSION & AUSBLICK	47
ALLGEMEINES	47
DISKUSSION DER ERGEBNISSE DIESER ARBEIT	49
QUELLEN	51
ANHANG	72
ANHANG A: VERWENDETE DATENBANKEN UND VORGEHENSWEISE BEI DER RECHERCHE	72
<i>Kurzbeschreibung der Datenbanken</i>	72
<i>Vergleich der Inhalte</i>	73
<i>Informationsextraktion</i>	74
ANHANG B: KLASSIFIZIERUNGSSYSTEM	75
<i>Klassen</i>	75
<i>Haupt-Kategorien und Kategorien</i>	76
ANLAGEN	79
ANLAGE I: BESCHREIBUNG DER FELDER DER EXCEL-DATENBANK UND HINWEISE FÜR AUSWERTER	79
ANLAGE II: ABSTRACTS DER BETRACHTETEN ARBEITEN	79
ANLAGE III: EXCEL-DATENBANK DER VERÖFFENTLICHUNGEN VON BIOLOGISCH-MEDIZINISCHEN FORSCHUNGSERGEBNISSEN IM BEREICH 3 GHZ BIS 300 GHZ	79

Zusammenfassung

Datenbasis: Im Rahmen dieser Analyse wurden Zitate relevanter Literatur zu thermischen und athermischen Effekten von elektromagnetischen Feldern im Frequenzbereich von 3 GHz bis 100 GHz gesammelt. Zitate wurden dazu in drei wichtigen Literaturdatenbanken mit Inhalten zur EMVU gesucht. Damit wurde über den im Vertrag vereinbarten Umfang hinausgegangen, der eine Recherche in nur einer Datenbank (EMF-Database) vorsah. Es ergab sich eine Datenbasis von insgesamt 16.703 Publikationen. Den größten Beitrag dazu lieferte die EMF-Datenbank mit 14.564 Zitaten. Bereits von Anfang an wurden Konferenz-Abstracts und Proceedings als irrelevant ausgeschlossen. Durch die zusätzliche Beschränkung auf den Frequenzbereich 3 GHz - 300 GHz ergab sich eine Verminderung der Anzahl der Veröffentlichungen auf 1139.

Die Forderung nach der Erfüllung bestimmter „Qualitätsmerkmale“ (Fachzeitschrift als Veröffentlichungsquelle; Artikel nicht ausschließlich in russischer und chinesischer Sprache) ergab eine Reduktion auf 635 Veröffentlichungen. Als besonders wichtig für die Risikoanalyse elektromagnetischer Felder werden die Ergebnisse medizinisch-biologischer Studien angesehen. Dadurch war eine weitere Reduktion der näher zu betrachtenden Arbeiten auf 223 möglich. Sie wurden im einzelnen systematisch analysiert.

Klassen und Kategorien: Um die Veröffentlichungen systematisch analysieren und bearbeiten zu können, war es nötig, sie nach biologisch-medizinischen Kriterien weiter zu sortieren. Dazu wurde ein zweistufiges System entwickelt, das jeder Arbeit eine „Klasse“ und eine oder mehrere „Kategorien“ zuordnet. Während die „Klasse“ den „Typus der Veröffentlichung“ bzw. die gewählte Methodik charakterisiert, stellen die „Kategorien“ ein System zur Beschreibung der behandelten fachlichen Themen dar. Die „Kategorien“ sind ihrerseits hierarchisch in ein System von „Haupt-Kategorien“ und „Haupt-Gruppen“ eingebettet. Jede Veröffentlichung wurde in diese Systematik einsortiert.

Elektronische Aufbereitung: Alle 635 Datensätze der relevanten Veröffentlichungen stehen als Excel-Tabelle zur Verfügung (Anlage III). Außerdem wurden RTF-Textdateien mit den bibliografischen Daten einschließlich Abstracts (jeweils eine bzw. zwei Seiten pro Datensatz) erzeugt (Anlage II). Dieses Format erleichtert das Lesen und Analysieren der Abstract-Texte wesentlich.

Technische und biologisch-medizinische Beschreibung: Der technischen und biologisch-medizinischen Beschreibung der Veröffentlichungen kommt nach der Erfassung des Datenbestandes größte Bedeutung zu. Informationen, die im Regelfall in jedem Abstract angegeben werden, werden extrahiert und in entsprechende Tabellenfelder der zuvor erzeugten Excel-Tabelle aufgenommen. Insgesamt bilden die einzelnen Felder der Excel-Tabelle den Informationsgehalt der Abstracts gut ab.

Statistische Angaben: In einem eigenen Abschnitt wurden Informationen zum Abdeckungsgrad der drei betrachteten Datenbanken zusammengetragen. Darüberhinaus wurde die Zahl der Veröffentlichungen nach Jahren, ihre Herkunft nach Ländern und die Verteilung der Arbeiten auf die verschiedenen Klassen und Kategorien erfaßt.

Zusammenfassungen zu Kategorien: Zusammenfassungen der einzelnen Veröffentlichungen nach Kategorien wurden nach einem durchgängig identischen Schema verfaßt, um die Orientierung für den Leser zu erleichtern: Zunächst wurde die Anzahl der Experimente in der jeweiligen Kategorie und in einzelnen Frequenzbereichen genannt. Aussagen zur Modulation, zur Stärke der Exposition und zur Expositions-Dauer schließen sich an. Im Abschnitt „Objek-

te“ wird die Zahl der „in vivo“- bzw. „in vitro“-Experimente genannt. Danach werden die untersuchten biologischen Systeme, also meist die Tierart oder ein Teil eines Organismus, diskutiert. Schließlich wird erwähnt, welche Teile des biologischen Systems exponiert wurden. Unter „Parameter“ werden die Meßgrößen oder Parameter, die in den Experimenten der jeweiligen Kategorie untersucht wurden, betrachtet. Im Abschnitt „Beobachtung“ werden die Ergebnisse der einzelnen Experimente vorgestellt. Insbesondere wird auf Effekte der Exposition auf die zuvor genannten Parameter eingegangen. Wenn im Abstract erwähnt, werden auch Informationen über die möglichen Ursachen von Effekten ergänzt. Abschließend wird im „Ausblick“ auf Besonderheiten hingewiesen, die etwa den Gesamtumfang des Wissens zu einer Kategorie oder Lücken in der Auswahl der Meßparameter (im Vergleich mit anderen Frequenzbereichen) betreffen.

Diskussion und Ausblick: In einem abschließenden Abschnitt werden Anforderungen an EMVU-Datenbanken zusammengestellt. Es wird vorgeschlagen, die hier entwickelte Methodik mit anderen Methoden der Risiko-Analyse zur EMVU zu vergleichen. Eine Evaluierung der Methodik durch Anwendung in einem anderen Frequenzbereich ist wünschenswert. Auch die Betrachtung der Intensität der Exposition im Hinblick auf die Aspekte „thermisch / athermisch“ bedarf einer genaueren Betrachtung.

Ziel dieser Analyse

Der Auftraggeber beabsichtigt, durch eine Analyse einen umfassenden Kenntnisstand über die relevante Literatur zu thermischen und athermischen Effekten von elektromagnetischen Feldern im Frequenzbereich von 3 GHz bis 100 GHz zu erlangen. Im Rahmen dieser Analyse sollen Zitate gesammelt sowie nach biologisch-medizinischen und technischen Aspekten sortiert und diskutiert werden. Die in den Literaturstellen aufgeführten Effekte von elektromagnetischen Feldern sollen summarisch zusammengetragen werden.

Vorarbeiten

Vorarbeiten des Auftraggebers

Dem Auftragnehmer liegt der Abschlußbericht zum FGF-Projekt Nr. 97/5000/8207 inklusive 52 wissenschaftlicher Arbeiten in Kopie vor. Im Rahmen dieses FGF-Projektes wurden sechs verschiedene Datenbanken durchsucht (u.a. EMF-Database und MedLine). Dadurch wurden ungefähr 14.000 Zitate gewonnen, die einem primären Suchkriterium entsprachen. Durch Beschränkung auf den Frequenzbereich 3 GHz bis 100 GHz, das Entfernen von doppelten Einträgen u.ä. konnte die Anzahl auf 3.800 reduziert werden. In mehreren Stufen wurde die Zahl der Arbeiten schließlich auf 52 reduziert. Diese 52 Arbeiten bildeten die Grundlage der weiteren Projektschritte.

Die 52 Arbeiten wurden nach Themenfeldern sortiert. Histogramme für die Frequenz der Expositionssignale, die Themenfelder, das Publikationsjahr und Auftragnungen der Leistungsflußdichten oder der SAR-Werte über der Frequenz ergeben zusammen mit deren kurzer Diskussion den technischen und bibliographischen Kontext der Studien.

Eine biologisch-medizinische Diskussion der Arbeiten wurde nicht durchgeführt. Das ursprüngliche Ziel, die selektierte Literatur in die Daten- und Informationsbank der FGF zu integrieren, wurde aufgegeben.

Vorarbeiten des Auftragnehmers

Vorarbeiten zur Literaturerfassung und zur Frage der Machbarkeit: Die aktuelle Version der EMF-Database (V 3.2.2) mit insgesamt 25.171 Einträgen (davon mehr als 6.000 Einträgen im HF-Frequenzbereich) wurde nach Datensätzen durchsucht, die die Zeichenfolge „GHz“ enthalten.

Danach wurden diejenigen Zitate entfernt, die aufgrund von Beiträgen auf Kongressen, Konferenzen, Meetings, Symposien oder Workshops gehalten wurden oder die in Proceedings veröffentlicht sind. Diese Einträge sind entbehrlich, weil entweder nur vorläufige Ergebnisse präsentiert werden oder (im Regelfall) eine vollständige Veröffentlichung parallel vorliegt. Durch diese Suche wurden 1.347 Zitate gefunden.

In einem weiteren Schritt wurden Arbeiten, die im Original nur in russischer Sprache vorliegen, ausgeschlossen (zur Begründung siehe unten). Dadurch sinkt die Zahl der Zitate auf 1.179.

Diese Zitate wurden nach der beschriebenen Methode um die Suchbegriffe „millimeter“, „mm“, „centimeter“ und „cm“ ergänzt, wodurch etwa 300 Arbeiten hinzukommen.

Mit einem Computerprogramm wurden aus diesen, zunächst als ASCII-Files abgelegten und dann nach Excel importierten Zitaten (eigene Spalten für Autor, Quelle, Abstract, etc.) Frequenzangaben extrahiert. Dadurch war es möglich, Arbeiten, die zwar das Stichwort „GHz“

enthalten, aber nicht im Bereich 3 GHz bis 100 GHz durchgeführt wurden, zu entfernen. Dieser Schritt war ausgesprochen effektiv: es blieben „nur“ 697 Arbeiten.

Es war damit absehbar, daß die Anzahl der relevanten Literaturstellen in der Größenordnung von maximal 400 liegen würde, wenn alle Methoden zur Identifikation von irrelevanten Zitaten angewendet werden. Diese Anzahl ist für eine biologisch-medizinische Begutachtung nicht zu groß.

Anhand dieser Überlegung war die Machbarkeit dieser Analyse zum Zeitpunkt der Angebotserstellung demonstriert worden.

Arbeitsschritte

Ausgangspunkt dieser Studie war zunächst eine möglichst vollständige Erfassung der existierenden Veröffentlichungen zur EMVU. Aus dieser Datenbasis wurden dann in mehreren Schritten die relevanten Veröffentlichungen selektiert und nach fachlichen Kriterien katalogisiert. Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen:

1. Literaturerfassung durch Recherche von Artikeln mit EMVU-Relevanz in verschiedenen Literaturdatenbanken
2. Auswahl aller Veröffentlichungen im Frequenzbereich 3 GHz - 100 GHz
3. Reduktion der Anzahl der zu betrachtenden Zitate durch Anwendung zusätzlicher Qualitätskriterien
4. Fachliche Einteilung der Veröffentlichungen in Klassen und in ein System biologischer bzw. medizinischer Kategorien
5. Elektronische Aufbereitung der Veröffentlichungen
6. Technische und biologisch-medizinische Beschreibung der Veröffentlichungen (u.a. Informationen über Frequenz, Intensität und Modulation der Exposition, ggf. physikalischen Wirkungsmechanismen, biologische Effekte)

Die einzelnen Punkte werden im Folgenden sukzessive erläutert.

Erfassung der Literatur durch Datenbankrecherche

Insgesamt wurde in drei wichtigen Literaturdatenbanken mit EMVU-Inhalten nach relevanten Einträgen gesucht. Damit wurde über den im Vertrag vereinbarten Umfang hinausgegangen, der eine Recherche in nur einer Datenbank (EMF-Database) vorsah. Außerdem wurde darauf verzichtet, Studien, die älter als 25 Jahre sind, auszuschließen. Sie machen auch nur einen kleinen Teil der gesamten Datenmenge aus (20 von insgesamt 635 Arbeiten, vergleiche Abschnitt „Ergebnisse, Statistische Angaben“).

Die gesamte Datenbasis ergab sich dann aus der Zusammenfassung der Einzelrecherchen. Bei den drei Datenbanken handelte es sich um:

- **PubMed-Database** des „National Center for Biotechnology Information (NCBI)“, ein freier Internetzugang zur MEDLINE-Datenbank mit über 10 Mio. Einträgen zu allgemeiner biologisch-medizinischer Forschung.
- **EMF-Database** von Information Ventures, Philadelphia, USA. Sie enthält über 26.000 Einträge mit Bezug zur Wirkungsweise elektromagnetischer Felder aus allen Frequenzbereichen, einschließlich Konferenzbeiträgen und populärwissenschaftlichen Darstellungen. Eine Besonderheit dieser Datenbank sind die von Information Ventures erstellten, recht ausführlichen Abstracts, die einen guten Überblick über die Inhalte der Originalarbeiten bieten.

- **Wissensbasierte Literaturdatenbank der FEMU (WBLDB)** an der RWTH-Aachen. Die WBLDB enthält fast ausschließlich wissenschaftliche Veröffentlichungen zu EMVU-Forschungsprojekten ab ca. 1980. Zum Zeitpunkt der Recherche (Januar 2000) waren insgesamt 3.271 Einträge vorhanden.

Bei dieser Recherche wurden bereits von Anfang an Konferenz-Abstracts und Proceedings als irrelevant ausgeschlossen (vergleiche Abschnitt „Diskussion & Ausblick“). Es ergab sich so eine Datenbasis von insgesamt 16.703 Publikationen. Den größten Beitrag dazu lieferte die EMF-Datenbank mit 14.564 Zitaten. Die PubMed-Datenbank und die WBLDB waren mit jeweils 10.454 bzw. 3.243 Arbeiten vertreten. Bei der WBLDB ist die Zahl der relevanten Einträge nur um 28 geringer als die Gesamtzahl: nur wenige Konferenzbeiträge in Buchform wurden herausgefiltert. Eine ausführlichere Beschreibung der Datenbanken, sowie die genaue Vorgehensweise bei der Recherche wird im Anhang A „Verwendete Datenbanken und Vorgehensweise bei der Recherche“ gegeben.

Selektion des Frequenzbereichs

Nachdem durch den ersten Arbeitsschritt nur sichergestellt worden war, daß die Artikel einen grundsätzlichen Bezug zur EMVU hatten, galt es nun, diejenigen Artikel zu selektieren, die sich auf den Frequenzbereich 3 GHz - 300 GHz beziehen. Diese Zuordnung konnte beispielsweise durch das Vorhandensein geeigneter Stichwörter in Titel oder Abstract hergestellt werden. Begriffe, nach denen gesucht wurde, sind u.a. „EHF“, „extremely high frequency“, „SHF“, „super high frequency“, „centimeter waves“, „millimeter waves“, „cm-wave / mm-wave“, „millimeter range radiation“, „X-band“.

Zusätzlich dazu wurden mit Hilfe eines Computerprogramms alle im Abstract oder Titel vorhandenen Frequenzangaben ausgewertet (z.B. „300 GHz“). Fand sich mindestens eine Frequenzangabe, die in das Intervall 3 GHz bis 300 GHz fiel, wurde die Arbeit als relevant erachtet und zur Auswahl hinzugenommen.

Im Ergebnis wurden **1139 Veröffentlichungen im Frequenzbereich 3 GHz bis 300 GHz** gefunden, die aber nach diesem Schritt weder in Bezug auf die Qualität noch auf ihre fachliche Relevanz überprüft waren. Dies wurde in den nächsten beiden Abschnitten durchgeführt.

Selektion nach Qualitätskriterien

Die untersuchten Literaturdatenbanken enthalten Einträge zu Veröffentlichungen sehr unterschiedlichen Inhalts. Nicht immer ist ein Datenbankeintrag ein Hinweis auf einen wissenschaftlichen Fachartikel mit Bezug zu Forschungsergebnissen. In den Datenbanken finden sich beispielsweise auch Artikel aus populärwissenschaftlichen Zeitschriften oder Tageszeitungen und „Abstracts“ zu Konferenzbeiträgen.

Für die Erfassung und Analyse wichtiger wissenschaftlicher Forschungsergebnisse sind nicht alle diese Datenbankeinträge relevant. Um aus der Gesamtzahl aller Veröffentlichungen diejenigen mit hoher wissenschaftlicher Relevanz herauszufiltern, wurde deshalb die Erfüllung bestimmter „Qualitätsmerkmale“ verlangt.

Die ausgewerteten Publikationen mußten dabei die folgenden Bedingungen erfüllen:

- Veröffentlichungsquelle muß eine (nicht unbedingt referierte) wissenschaftliche **Fachzeitschrift** sein. Bücher, Tagungsbände sowie nicht weiter veröffentlichte Zwischen- oder Abschlussberichte von Forschungsprojekten wurden nicht gewertet. Diese Einschränkung erfolgte, (1) weil im Regelfall eine Veröffentlichung in einer wissenschaftlichen Fachzeitschrift die Voraussetzungen schafft, daß eine Studie in der wissenschaftlichen Welt beach-

tet und diskutiert wird und (2) durch den Veröffentlichungsprozess in der Regel bestimmte Mindestqualitätsanforderungen sicherstellt werden.

- **Ausgeschlossen wurden Artikel**, die ausschließlich **in russischer und chinesischer Sprache** vorliegen, da diese bei der Risikoanalyse und Bewertung und dem Erstellen von Grenzwerten und Normen in der restlichen Welt nur in Ausnahmefällen Beachtung finden. Gründe dafür sind (1) der schlechte Zugriff auf die Originaltexte, (2) die meist ungenügenden Dokumentation und (3) die i.a. umstrittenen Qualitätsmaßstäbe, die teilweise bei der Konzeption und Durchführung der Studien angelegt wurden¹.

Im Resultat verringert sich die Anzahl der Veröffentlichungen durch die Anwendung dieser Kriterien auf insgesamt **635 hinsichtlich der Qualität hinreichende Arbeiten**.

Selektion nach Relevanz

Als besonders wichtig für die Risikoanalyse elektromagnetischer Felder werden die Ergebnisse medizinisch-biologischer Studien angesehen. Diese, in der Klasse "EXP" zusammengefassten **Veröffentlichungen zu Experimenten umfassen 223 Artikel** und werden deshalb im Folgenden systematisch analysiert.

Veröffentlichungen anderer Klassen wurden aus verschiedenen, im folgenden aufgezählten Gründen nicht inhaltlich analysiert:

- Die in der Klasse "SUR" zusammengefassten Übersichtsartikel diskutieren primär die Ergebnisse anderer Studien und enthalten keine eigenen experimentellen Resultate.
- Nicht unwichtig, aber für eine deskriptive Analyse weniger interessant sind Artikel, die sich mit der Dosimetrie, mit Meßmethoden und Konzepten befassen (Klasse MET).
- Mit Absicht ausgeschlossen wurden Untersuchungen zur rein klinischen und medizinischen Anwendung von elektromagnetischen Feldern (Klasse THR). Dort wird im Regelfall keine Ursache-Wirkungs-Beziehung untersucht und die berichteten Effekte schließen auch Placebo-Effekte ein. Darüberhinaus adressieren diese Studien meist auch keine Gesundheitsgefahren, sondern das Gegenteil.
- Grundsätzlich relevant für den gesamten Kenntnisstand zu den Wirkungen elektromagnetischer Felder sind sicherlich auch Artikel, die sich mit möglichen Wirkmechanismen auseinandersetzen (Klasse MEC) sowie Veröffentlichungen zu epidemiologischen Fragestellungen (Klasse EPS). Um den Umfang der Studie nicht zu sprengen, wurde jedoch auf eine detaillierte Analyse dieser Veröffentlichungen verzichtet.

Fachliche Einteilung

Um die Veröffentlichungen systematisch analysieren und bearbeiten zu können, war es nötig, sie nach biologisch-medizinischen Kriterien weiter zu sortieren. Dazu wurde ein zweistufiges System entwickelt, das jeder Arbeit eine „Klasse“ und eine oder mehrere „Kategorien“ zuordnet. Während die „Klasse“ den „Typus der Veröffentlichung“ bzw. die gewählte Methodik charakterisiert, stellen die „Kategorien“ ein System zur Beschreibung der behandelten fachli-

¹ Dies soll nicht bedeuten, dass die im Osten durchgeführte Forschung grundsätzlich als schlecht eingestuft wird! Bedeutende Ergebnisse russischer Arbeitsgruppen werden heutzutage in der Regel jedoch entweder gleich in englischer Sprache veröffentlicht oder nachträglich in einer englischsprachigen Edition einer russischen Fachzeitschrift weltweit verfügbar gemacht.

chen Themen dar. Die „Kategorien“ sind ihrerseits hierarchisch in ein System von „Haupt-Kategorien“ und „Haupt-Gruppen“ eingebettet.

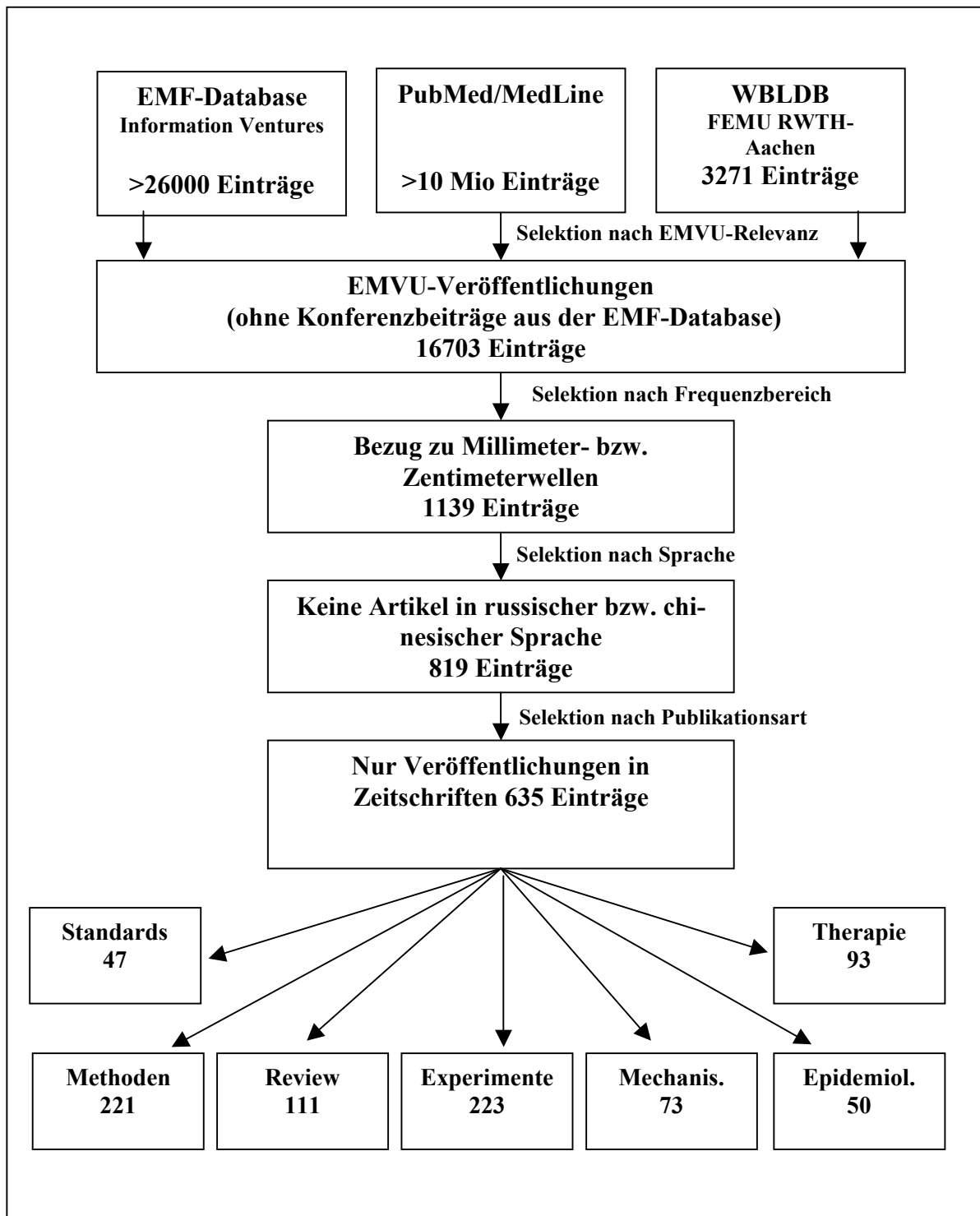


Abbildung 1: Zitate von Veröffentlichungen werden aus drei Datenbanken zusammengetragen und nach verschiedenen Relevanz-Kriterien gefiltert. Die Gesamt-Menge der relevanten Zitate wird in verschiedene „Klassen“ aufgeteilt.

Zuordnung der „Klasse“ und von „Kategorien“ erfolgt zunächst programmgesteuert durch die Suche nach geeigneten Suchbegriffen. Der Auswerter bestätigt oder ändert diese Daten auf der Grundlage der in den Abstracts gegebenen Informationen.

Die Vorgehensweise bei der Einteilung erfolgt ähnlich wie bei der MEDLINE-Datenbank durch Zuordnung eines oder mehrerer Begriffe aus einem (definierten) Schlagwortkatalog. Im Vergleich zu MEDLINE wurde jedoch die Anzahl der verfügbaren Begriffe stark reduziert und an den Zweck dieser Literaturstudie angepaßt².

Klassen

In der ersten Stufe wird die Veröffentlichung einer oder mehreren „Klassen“ zugeordnet, die die Art der Untersuchung näher spezifizieren. Beispiele für solche Klassen sind

- Experimentelle biologisch-medizinische Studie (EXP)
- Studie zur therapeutische Anwendung von EMF (THR)
- Theoretische Betrachtung oder Hypothese über Wirkmechanismen (MEC)
- Epidemiologische Untersuchung (EPS)
- Übersichtsartikel (SUR)

Eine genauere Beschreibung der vergebenen Klassen-Bezeichnungen findet sich in Anhang B „Klassifizierungssystem“.

Hauptgruppen, Haupt-Kategorien und Kategorien

Die Einteilung anhand der untersuchten Themen erfolgt über ein System von „Haupt-Gruppen“, „Haupt-Kategorien“ und „Kategorien“. Diese Einteilung orientiert sich an der Methodik, die bei der EMVU-Datenbank des „IEEE Standards Coordinating Committee 28 (SCC-28)“ verwendet wird und nach Meinung der Autoren das derzeit beste System zur Kategorisierung von EMVU-Forschungsergebnissen nach biologisch-medizinischen Gesichtspunkten darstellt. Im Gegensatz zu den auch gebräuchlichen Stichwort-Sammlungen zur Eingruppierung von Veröffentlichungen wird durch dieses System eine Strukturierung des Wissensgebietes eingeführt, die den Nutzer der Datenbank führt.

Das System des IEEE wurde im Rahmen dieser Analyse entsprechend den Notwendigkeiten, die sich aus den breitgefächerten Themenfeldern der EMVU-Forschung im untersuchten Frequenzbereich ergeben, für die Klasse „Experimentelle biologisch-medizinische Studie (EXP)“ erweitert.

Haupt-Gruppen: Die weitere Strukturierung in Haupt-Gruppen folgt – im Fall der Klasse „Experimentelle biologisch-medizinische Studie (EXP)“ - zwei grundlegenden biologisch-medizinischen Aspekten und adressiert damit auch die Hauptansatzpunkte für mögliche Gesundheitsgefahren durch elektromagnetische Felder:

- morphologische Veränderungen (d.h. Veränderung der äußeren Erscheinung, der Organe, der Gewebe oder Zellen von Organismen)
- Veränderungen auf molekularer Ebene (z.B. DNA-Schäden, DNA-Reparatur, Zelltransformation)

² Näheres zu dem von PubMed bzw. MEDLINE-Datenbank verwendeten Klassifikationsschema findet sich im nächsten Abschnitt.

Haupt-Kategorien: Die „Haupt-Kategorien“ stellen die zweite strukturierende Hierarchieebene dar. Sie erlauben eine genauere Spezifizierung der biologischen Systeme, die im Hinblick auf EMF-Einflüsse untersucht werden.

In manchen Fällen wird eine Hauptgruppe nur durch eine Hauptkategorie unterlegt (z.B. Hauptgruppe II: Krebs mit Hauptkategorie „Tumor-Entstehung und –Entwicklung (TUM)“). Im Regelfall umfaßt eine Hauptgruppe einige Hauptkategorien (z.B. bei der Hauptgruppe V die Hauptkategorien „Kardiovaskuläres System (CVS)“, „Endokrines System (END)“, „Hämopoetisches System (HCS)“ und „Immunsystem (IMM)“³).

Kategorien: Unterhalb der Haupt-Kategorien lassen sich durch die „Kategorien“ weitere Unter-Begriffe generieren, die eine genauere thematische Spezifizierung erlauben. Als Beispiel sei die „Kategorie „Nervensystem (NES)“ genannt, wo zusätzlich auch die Begriffe „Zentrales Nervensystem (CNS)“, „Somatisches Nervensystem (SNS)“, „Vegetatives Nervensystem (VNS)“, „Signalverarbeitung einzelner Zellen und isolierter Zellverbände (SIG)“ existieren⁴. Einer Veröffentlichung können grundsätzlich mehreren Kategorien zugeordnet werden. Damit lassen sich auch Arbeiten, die in denen mehrere Fragestellungen parallel untersucht werden (was der Regelfall ist), so eingruppiert, daß sie später auch unter jeder zutreffenden (und nicht nur unter einer willkürlich ausgewählten) Kategorie wiedergefunden werden können. Das System der Haupt-Kategorien und Kategorien ist in sich nicht abgeschlossen und kann (und sollte) bei Bedarf nachträglich erweitert werden, was sich insbesondere dann anbietet, wenn der Umfang an Veröffentlichungen in einer Haupt-Kategorie sehr groß wird.

Das gesamte System der Klassen, Haupt-Kategorien und Kategorien ist im Anhang B „Klassifizierungssystem“ in tabellarischer Form dargestellt. Genaue Hinweise, wie einer Veröffentlichung eine Kategorie zugeordnet wird, finden sich in der Anlage I „Beschreibung der Felder der Excel-Datenbank und Hinweise für Auswerter“.

³ Die Wahl der Bezeichnungen der Kategorien erfolgte in Anlehnung an die Profile der WBLDB der FEMU

⁴ Die Zuordnung zur Haupt-Kategorie bleibt durch die Vergabe einer Kategorie weiterhin bestehen, d.h. wenn beispielsweise eine Arbeit beim „Zentralen Nervensystem (CNS)“ einsortiert wird, wird ihr automatisch auch die Haupt-Kategorie „Nervensystem“ zugeordnet.

Klasse		Haupt-Gruppe		Haupt-Kategorie		Kategorie			
EXP	Experimentelle biologisch-medizinische Studie	I	Mutation	GEN	Genetik	/	nicht unterteilt		
		II	Krebs	TUM	Tumor-Entstehung und -Entwicklung	/	nicht unterteilt		
		III	Teratogenese, Reproduktive Effekte und Wachstum	TER	Teratogenität	/	nicht unterteilt		
				REP	Reproduktives System	/	nicht unterteilt		
				GRO	Wachstum	/	nicht unterteilt		
		IV	Organische und zelluläre Ebene: Neurologisches und sensorisches System sowie Verhalten	BEH	Verhalten	/	nicht unterteilt		
						SEN	Sensorische Organe	EOE	Ohr
								EYE	Auge
				NES	Nervensystem	BBB	Blut-Hirn-Schranke		
						CNS	Zentrales Nervensystem		
						VNS	Vegetatives Nervensystem		
						SNS	Somatisches Nervensystem		
						SIG	Signalverarbeitung		
				V	Organische und zelluläre Ebene: außer IV	CVS	Kardiovaskuläres System	/	nicht unterteilt
								END	Endokrines System
		HCS	Hämopoetisches System			/	nicht unterteilt		
		IMM	Immunsystem			/	nicht unterteilt		
		BMP	Zell-Membran			/	nicht unterteilt		
		CEF	Zell-Funktion			/	nicht unterteilt		
		ENA	Enzym-Aktivität			/	nicht unterteilt		
EOR	Morphologie & Pathologie	/	nicht unterteilt						
VI	Andere Effekte	HTM	Hyperthermie	/	nicht unterteilt				
		TMP	Temperatur	/	nicht unterteilt				
		HYP	Elektrosensible	/	nicht unterteilt				
		IMP	Implantate	/	nicht unterteilt				
		CHE	Chemie	/	nicht unterteilt				
		PHY	Physik	/	nicht unterteilt				
EPS	Epidemiologie								
SUR	Übersichtsartikel								
...	...								

Abbildung 2: Das hierarchische Klassifizierungssystem aus Klassen, Hauptgruppen, Haupt-Kategorien und Kategorien im Überblick

Unterschiede zu anderen Klassifizierungssystemen

Das gewählte Klassifizierungssystem unterscheidet sich von den in anderen Datenbanken verwendeten Sortiersystemen.

Die **WBLDB** der **FEMU** sortiert die Veröffentlichungen in unterschiedliche „Profile“ ein. Viele dieser Profile entsprechen Klassen oder Kategorien, die auch in dem hier gewählten System enthalten sind. Meist wurde in solchen Fällen auch der Name des FEMU-Profiles direkt übernommen, so dass eine Übersetzung zwischen FEMU-Profil und den hier verwendeten Klassen und Kategorien möglichst einfach ist. Es sprechen jedoch einige Gründe gegen die vollständige Übernahme des FEMU-Klassifizierungssystems:

- Ein gravierender Nachteil des FEMU-Systems ist, dass eine Arbeit immer nur einem Profil zugeordnet wird. Arbeiten, in denen mehrere Themen adressiert werden, lassen sich dadurch nicht eindeutig einordnen. Deshalb sind in vielen Fällen nicht alle Arbeiten zu einem Thema auch unter dem zugeordneten Profil auffindbar.
- Als weitere Schwäche des FEMU-Systems wird gesehen, dass in den Profilen unterschiedliche Ordnungsmethoden vermischt werden. So treten Profile, die dem Typ einer Arbeit (Übersichtsartikel, Kommentar, Epidemiologische Studie) entsprechen, neben Profilen zum adressierten EMVU-Thema (Krebs, Nervensystem, etc.) oder zum untersuchten biologischen Modell (z.B. Insekten, Pflanzen) auf.

Die **PubMed/MEDLINE-Datenbank** verwendet zur Katalogisierung ein sehr ausgefeiltes und gut beschriebenes Schlagwortsystem mit dem Namen „Medical Subject Headings (MeSH)“. Dieses System ist sehr flexibel und grundsätzlich sehr gut zur Einteilung medizinischer bzw. biologischer Forschung geeignet. Insbesondere ist die Anzahl der Schlagworte, die einer Veröffentlichung zugeordnet werden können, nicht begrenzt. Die Schlagworte sind hierarchisch in Baumstrukturen angeordnet. Dabei kann ein Schlagwort auch über mehrere Pfade erreicht werden. Das Stichwort "Electromagnetic Fields" findet sich beispielsweise in den folgenden Pfaden:

- Physical Sciences/Physics/Electricity/Electromagnetics/Electromagnetic Fields/
- Physical Sciences/Physics/Magnetics/Electromagnetics/ Electromagnetic Fields/
- Physical Sciences/Physics/Radiation/ Electromagnetic Fields/

Zusätzlich werden noch qualifizierende Subheadings wie z.B. "therapeutical use", "adverse effects", etc. vergeben.

Für Analysen, die nur einen ganz speziellen Fachbereich (hier „EMVU“) betreffen, erweist sich das System aber als schwer handhabbar und nicht optimal angepasst. Nicht immer ist in der Katalogisierung neben den biologisch-medizinischen Themen auch wirklich ein Verweis auf elektrische Felder oder nichtionisierende Strahlung enthalten. Weil das MeSH-System im Laufe der Zeit ständig um neue Begriffe erweitert wird und neue Begriffe nicht rückwirkend auf die gesamte Datenbank angewendet werden, muß trotz dieses umfassenden Systems von Suchbegriffen auch mit alternativen bzw. verwandten Begriffen gesucht werden (Das oben erwähnte Stichwort "Electromagnetic Fields" wird beispielsweise erst ab 1975 verwendet). Auch eine Unterscheidung nach den in dieser Analyse verwendeten „Klassen“-Begriffen gelingt anhand der MeSH-Begriffe nur unzureichend. Es ist dadurch sehr schwer, experimentelle Forschung von methodischen Arbeiten zu unterscheiden.

Die ungenügende Klassifizierung im Hinblick auf EMVU-relevante Schlagwörter zeigt sich auch daran, daß über eine Suche nach MeSH-Termen nur ein kleiner Teil der Arbeiten mit EMVU-Bezug gefunden werden kann. Fragt man die PubMed-Datenbank gezielt nach den in

EMF-Datenbank und WBLDB enthaltenen Zitaten ab, so findet man weitaus mehr Treffer (vgl. Abschnitt Herkunft der Veröffentlichungen (nach Datenbanken)). Prinzipiell ist das für die Literaturstudie gewählte Klassifizierungssystem aber in seinem Aufbau dem MeSH-System ähnlich, und in vielen Fällen existieren in beiden Systemen identische Schlüsselwörter. Dies gilt insbesondere für den Spezialfall der medizinisch-biologischen Kategorien.

Elektronische Aufbereitung

Nach der Erfassung des Gesamtbestands an EMVU-Literatur und der Selektion derjenigen Veröffentlichungen, die den dieser Analyse zugrundeliegenden Kriterien für den Frequenzbereich, die Qualität und die Relevanz genügen, wurden nun alle zur Verfügung stehenden Daten in unterschiedlicher Form elektronisch aufbereitet.

Zum einen stehen alle 635 Datensätze als Excel-Tabelle zur Trennung zur Verfügung (Anlage III: „Excel-Datenbank der Veröffentlichungen von biologisch-medizinischen Forschungsergebnissen im Bereich 3 GHz bis 300 GHz“). Damit sollte eine Weiterverwendung der Daten durch den Auftraggeber gewährleistet sein. Insbesondere lässt sich durch die Nutzung der Excel-Tabelle der Gesamtbestand nach unterschiedlichen Kriterien filtern⁵ und so flexibel nutzen. Die Reihenfolge und die Bedeutung der einzelnen Spalten und die Notation von Einträgen ist in Anlage I („Beschreibung der Felder der Excel-Datenbank und Hinweise für Auswerter“) detailliert beschrieben. Sie sollen deshalb hier nur im Überblick dargestellt werden:

⁵ Es ist besonders praktisch, unter Verwendung des „Autofilters“ eine „benutzerdefinierte“ Filterung mit dem Kriterium „enthält ...“ vorzunehmen. Unter „enthält ...“ gibt man dann in der Spalte „Kategorie“ die Kategorie-Abkürzung (z.B. „TER“) an.

Spalten-Name der Excel-Datenbank	Bedeutung des Eintrags
Reference	Kurzname zum Zitieren
Key	(Interne Information)
Title	Titel
Author	Autoren
Affiliation	Institution
Journal	Zeitschrift
ISSNo	ISS-Nr. der Zeitschrift
Volume	Ausgabe
Issue	Band
Pages	Seitenzahlen
Year	Jahr
Source	Komplettes Zitat
Language	Sprache
Country	Herkunftsländer
Human?	Versuch am Mensch?
Model	Verwendete Modelle
PublicationType	Typ der Publikation
AuthorAbstract	Autor-Abstract
EMFAbstract	Abstract aus EMF-DB
MeshTerms	MeSH-Terme
PMID	PubMed-ID
UID	UID
FEMUID	FEMU-ID

BENERID	Bener-ID
Query	„M“, wenn PubMed explizit abgefragt wurde
Database	Datenbanken aus denen Informationen entnommen wurden (E=EMF, F=Femu, etc.)
Rated	Bewertet?
Checked	Geprüft?

Category	Kategorie*
ExposureType	Art der Exposition*
Frequencies	Verwendete Frequenzen*
FreqMin	Geringste im Abstract vorkommende Frequenz*
FreqMax	Größte im Abstract vorkommende Frequenz*
Class	Klasse*
P-Density [W/m ²]	Leistungsflußdichte*
SAR [W/kg]	SAR-Wert*

Abbildung 3: Name der Spalten in der Excel-Datenbank und deren Bedeutung (nur die maschinell ausgefüllten, weitere Spalten: siehe „Abbildung 4: Tabelle der vom Auswerter einzutragenden Informationen“). Mit dem Symbol „*“ markierte Einträge müssen nach der maschinellen Extraktion aus dem Abstract noch von Hand bestätigt werden.

Alle diese Einträge in der Datenbank werden programmgesteuert aus den drei zugrunde liegenden Datenbanken gewonnen. Die meisten Einträge wurden direkt aus entsprechenden Feldern der verwendeten Datenbanken gewonnen. Deshalb sind Fehler nach unserer Einschätzung praktisch auszuschließen, solange die verwendeten Datenbanken korrekt sind. Im Gegensatz dazu sind die mit dem Symbol „*“ in der vorstehenden Tabelle markierten Einträge aus den Abstracts maschinell extrahiert worden. Sie sind daher fehlerbehaftet⁶ und müssen im nächsten Verarbeitungsschritt (Technische und bibliografische Beschreibung der Veröffentlichungen) gewissenhaft überprüft werden. Dennoch sind diese Einträge vor der Auswertung von Wert: man kann z.B. einen ersten Überblick gewinnen, wie sich die gefundenen Veröf-

⁶ Beispiel: Text im Abstract: „Es wurde nicht bei 450 MHz, sondern bei 900 MHz gemessen“; Ergebnis der maschinellen Auswertung für die Frequenz: 450 & 900 MHz

fentlichungen im zu betrachtenden Frequenzbereich verteilen oder wieviele Arbeiten pro biologisch-medizinischem Thema vorliegen. Insbesondere ist es für die Auswerter hilfreich, Arbeiten zu einem Thema gemeinsam zu bearbeiten.

Neben der Formatierung als Excel -Tabelle stehen auch die folgenden Datenformate zur Verfügung:

- RTF-Textdatei mit den bibliografischen Daten einschließlich Abstracts (jeweils eine bzw. zwei Seiten pro Datensatz): Dieses Format erleichtert das Lesen und Analysieren der Abstract-Texte wesentlich. Beim Export wurden die Datensätze nach Klassen bzw. Klassen und Kategorien auf mehrere Dateien aufgeteilt, wodurch bereits eine grobe thematische Gruppierung für den Auswerter erreicht wird.
- Statische HTML-Datenbank mit den bibliografischen Daten einschließlich Abstracts: Dieses Format ist besonders dazu geeignet, ein bestimmtes Zitat/Abstract schnell aufzufinden und beispielsweise über einen Internet-Browser auszudrucken.

Technische und biologisch-medizinische Beschreibung der Veröffentlichungen

Der technischen und biologisch-medizinischen Beschreibung der Veröffentlichungen kommt nach der Erfassung des Datenbestandes größte Bedeutung zu. Informationen, die im Regelfall in jedem Abstract angegeben werden, werden nun extrahiert und in entsprechende Tabellenfelder der zuvor erzeugten Excel-Tabelle aufgenommen. Dabei wurde versucht, möglichst alle Informationen des Abstracts zu verwenden. Insgesamt wurden dabei folgende Einträge vorgenommen⁷:

⁷ Die Reihenfolge und die Bedeutung der einzelnen Spalten und die Notation von Einträgen ist wieder Anlage I („Beschreibung der Felder der Excel-Datenbank und Hinweise für Auswerter“) zu entnehmen

Art der Information	Name der Spalte in der Excel-Datenbank
Biologie	Konsolidierte Klasse (d.h. der Auswerter überprüft den maschinellen Eintrag)
Biologie	Konsolidierte Kategorie (d.h. der Auswerter überprüft den maschinellen Eintrag)
Technik	Info: Freq [GHz]
Technik	Info: Freq [GHz]
Technik	f = 3..100 GHz ???
Technik	Frequenz
Technik	Modulation
Technik	thermisch/ athermisch
Technik	Intensität, P-Density, SAR
Technik	Nahfeld/ Fernfeld
Technik	vergleichbare Funktechnik
Exposition	Expositions-Dauer
Exposition	Exposition
Exposition	Exponierte Bereiche

Exposition	Meßdauer
Biologie	Art der Untersuchung
Biologie	Objekt
Biologie	System
Biologie	Biologischer Endpunkt
Biologie	Anzahl der untersuchten Objekte
Biologie	Gemessene Parameter
Biologie	Kategorie
Ergebnis	Generell: Effekt ja/ nein?
Ergebnis	Detail: An welchen Parametern zeigen sich Effekte?
Ergebnis	Detail: Wo zeigten sich keine Effekte?
Ergebnis	Tendenzen (d.h. ohne statistische Signifikanz): ja/nein ?
Ergebnis	Falls Tendenzen: welche?
Ergebnis	Schlußfolgerung bzw. Mechanismus

Abbildung 4: Tabelle der vom Auswerter einzutragenden Informationen

Felder „Technik“ und „Exposition“: Einträge zur Technik und Exposition (vgl. vorstehende Tabelle) sind – falls die Daten im Abstract angegeben werden – unproblematisch. Nur die Aussage zum thermischen und athermischen Charakter der Untersuchung, die ursprünglich vorgesehen war, mußte fallengelassen werden, weil von den Autoren offensichtlich ganz unterschiedliche Interpretationen dieses Begriffspaares verwendet werden:

- Oft wird „thermisch“ verwendet, wenn generell eine Temperaturerhöhung auftrat; teilweise jedoch nur dann, wenn dies unter Ausschaltung der Thermoregulation (bei „in vivo“-Untersuchungen) der Fall war.
- In vielen Fällen trat zwar in den Versuchen eine Temperaturerhöhung auf, es wurden aber parallel Experimente durchgeführt, bei den „konventionell“ erwärmt wurde. Unterschiedliche Effekte werden dann als athermisch interpretiert.
- Mitunter wird auch „nicht-thermisch“ verwendet, wenn zum Ausdruck gebracht werden soll, daß die Intensität der Exposition nicht geeignet ist, eine Temperaturänderung herbeizuführen. Auch dieser Begriff ist aber problematisch, weil sich eine Abhängigkeit von der Genauigkeit der Temperaturmessung ergibt.
- Darüberhinaus wird das Begriffspaar auch verwendet, um Exposition über oder unter den bestehenden Grenzwerten anzuzeigen. Dies führt in einem weiteren Bereich um die Grenzwerte zu unbestimmten Aussagen.
- Schließlich führt auch die Verwendung von sehr kurzen Pulsen oder die Betrachtung sehr kleiner Objekte (Membranen oder Moleküle wie DNA) an die Grenzen dieser Begrifflichkeit.

In den nachfolgenden Abschnitten sind Aussagen zum Begriffspaar „thermisch/ athermisch“ deshalb mit der Einschränkung zu verstehen, daß sie die Meinung der Autoren der jeweiligen Veröffentlichung widerspiegeln.

Felder „Biologie“: Während Aussagen zu der „Art der Untersuchung“ (d.h. „in vivo“, „in vitro“, etc.), zum Objekt (z.B. Nervenzellen von Mäusen), zur Anzahl der untersuchten Objekte und zu den gemessenen Parametern eine reine Übertragung von Daten aus dem Abstract darstellen, handelt es sich bei den folgenden Aussagen um wichtige Schlußfolgerungen, die aus den jeweiligen Abstracts durch den Auswerter erarbeitet werden mußten:

- **Kategorie:** Die Zuordnung zu den oben eingeführten Kategorien erfolgte über die jeweils untersuchten Parameter. Dabei sind – je nach Umfang der Experimente – Doppel- und Mehrfacheinträge keine Seltenheit.
- **System:** Hier wird bei „in vivo“-Untersuchungen das untersuchte Teilsystem des Organismus identifiziert, bei „in vitro“-Experimenten der Weg von der Betrachtung einzelner Moleküle bis hin zu Gewebeschnitten nachgezeichnet.
- **Biologischer Endpunkt:** Hier erfolgte eine Einordnung in ein aus einem System des IEEE weiterentwickeltes Schema. Es wird der Frage nachgegangen, was der wissenschaftliche Hintergrund für die gemessenen Parameter bzw. die Auswahl der untersuchten Objekte ist. Alle diese drei Aussagen können für thematische Zusammenfassungen der Einzeluntersuchungen dienen. Dabei ist die „Kategorie“ zunächst intuitiver, während die anderen aus biologisch-medizinischer Sicht abgeschlossener und konsistenter sind. Insbesondere die Betrachtung aus der Perspektive der biologischen Endpunkte könnte sich bei weitergehenden Analysen als aufschlußreich erweisen.

Felder „Ergebnis“: Mit Blick auf die Ergebnisse wurde – wie auch sonst – der konsequente Weg verfolgt, auf eine Interpretation oder Wertung der Informationen des Abstracts zu verzichten. Stattdessen wurden Effekte oder Tendenzen (d.h. Unterschiede, die keine Signifikanz erreichten, aber vom Autor dennoch erwähnt wurden) protokolliert. Ebenso wurden Schlußfolgerungen oder Aussagen zu Wirkungs-Mechanismen unreflektiert übernommen. Damit ergibt sich eine Art „worst-case“-Abschätzung.

Fazit: Die genauere Analyse, die dann auch eine Bewertung und Fragen der Glaubwürdigkeit einer Untersuchung einschließen muß, kann nur auf der Basis der kompletten Veröffentlichung erfolgen. Ohne Zweifel kann aber mit der hier vorgenommenen Sichtung der Abstracts eine Auswahl nach der Relevanz vorgenommen werden. Dadurch ergibt sich gegenüber einer „brute force“-Methode, bei der alle Veröffentlichungen im Original aus- und bewertet werden, ein erheblicher zeitlicher und finanzieller Vorteil.

Insgesamt bilden die einzelnen Felder der Excel-Tabelle den Informationsgehalt der Abstracts gut ab. Damit konnte das vereinbarte Ziel erreicht werden, eine Vielzahl von Informationen aus den jeweiligen Abstracts zu extrahieren. Gleichzeitig steht mit der Excel-Tabelle ein noch gut handhabbares Medium zur Verfügung, um zusammenfassende Betrachtungen zu den jeweiligen Kategorien zu formulieren (siehe Abschnitt „Ergebnisse“).

Statistische Angaben zu den recherchierten Veröffentlichungen

Herkunft der Veröffentlichungen (nach Datenbanken)

Tabelle 1 und Tabelle 2 liefern Angaben über den Abdeckungsgrad der verwendeten Datenbanken. Die beste Abdeckung hat die EMF-Datenbank: über 90% der insgesamt recherchierten Veröffentlichungen zu medizinisch-biologischen Experimenten (Klasse EXP) sind in ihr enthalten. Gemittelt über alle Klassen liegt ihre Abdeckung sogar bei 95%.

Die Abdeckung der PubMed-Datenbank scheint mit 62,0% der gesamten Publikationen bzw. 70,4% bei der Klasse EXP akzeptabel auszufallen. Hierbei ist aber zu beachten, daß das gezielte Auffinden dieser Publikationen in der PubMed-Datenbank – wie erwähnt - sehr schwer ist: Über die relevanten MeSH-Terme wie "Electromagnetic fields", "Microwaves", "Radar" etc. können in der Regel nur weniger als die Hälfte der wirklich enthaltenen Datensätze recherchiert werden.

Datenbank	Treffer gesamt	Abdeckung [%]	ausschließlich
EMF-DB	603	95,0	219
PubMed	394	62,0	27
WBLDB	152	23,9	0

Tabelle 1: Absoluter und relativer Anteil der Datenbanken an den gesamten 635 Veröffentlichungen.

Datenbank	Treffer gesamt	Abdeckung [%]	ausschließlich
EMF-DB	204	91,5	51
PubMed	157	70,4	16
WBLDB	88	39,5	0

Tabelle 2: Absoluter und relativer Anteil der Datenbanken an den 223 Veröffentlichungen der Klasse EXP (Veröffentlichungen zu biologischen bzw. medizinischen Experimenten).

Die niedrigste Abdeckung hat erwartungsgemäß die WBLDB-Datenbank⁸, da die WBLDB derzeit noch im Aufbaustadium ist und sich fast ausschließlich auf Veröffentlichungen ab 1980 konzentriert. Allein wegen dieser Beschränkung fallen 39,5% der 223 Veröffentlichungen zu biologisch-medizinischen Experimenten durch das Suchraster der WBLDB-Datenbank (vgl. Abbildung 6: Verteilung der Publikationen nach Erscheinungsjahr).

Ein Vergleich der Quellen (d.h. der Namen der Zeitschriften) zwischen den in der WBLDB-Datenbank enthaltenen und den fehlenden Veröffentlichungen (d.h. der Differenz zu den übrigen Artikeln der Klasse EXP) zeigt, daß die Unterschiede in der Abdeckung auch in der unterschiedlichen Auswahl der Quellen zu suchen sind. Während viele Zeitschriften (z.B. "Bioelectromagnetics") praktisch komplett ausgewertet wurden, gibt es andere Zeitschriften, für die

⁸ Die geringere Abdeckung stellt sowieso keinen Mangel oder Nachteil dieser Datenbank dar, weil sie einem gänzlich anderen Zweck als die beiden anderen dient!

dies nur teilweise erreicht ist (z.B. "IEEE Trans Microw Theory Tech", "Biopolymers", und "Cancer Biochem Biophys"). Wie erwähnt, werden diese Lücken während der Aufbauphase geschlossen werden können.

Es konnten keine stark abweichenden thematische Schwerpunkte zwischen der WBLDB und den anderen Datenbanken festgestellt werden: die Unterschiede in der Abdeckung sind ziemlich gleichmäßig über alle Kategorien verteilt.

Auf einen besonderen Vorteil der WBLDB – neben der ebenfalls im Aufbau begriffenen Bewertung und den verschiedenen Nutzer-Portale – soll hier hingewiesen werden: Die aufgenommenen Artikel genügen einem höheren Qualitätskriterium und betreffen in stärkerem Maß biologisch-medizinische Experimente⁹ als die anderen Datenbanken, die praktisch jedes Zitat aufnehmen.

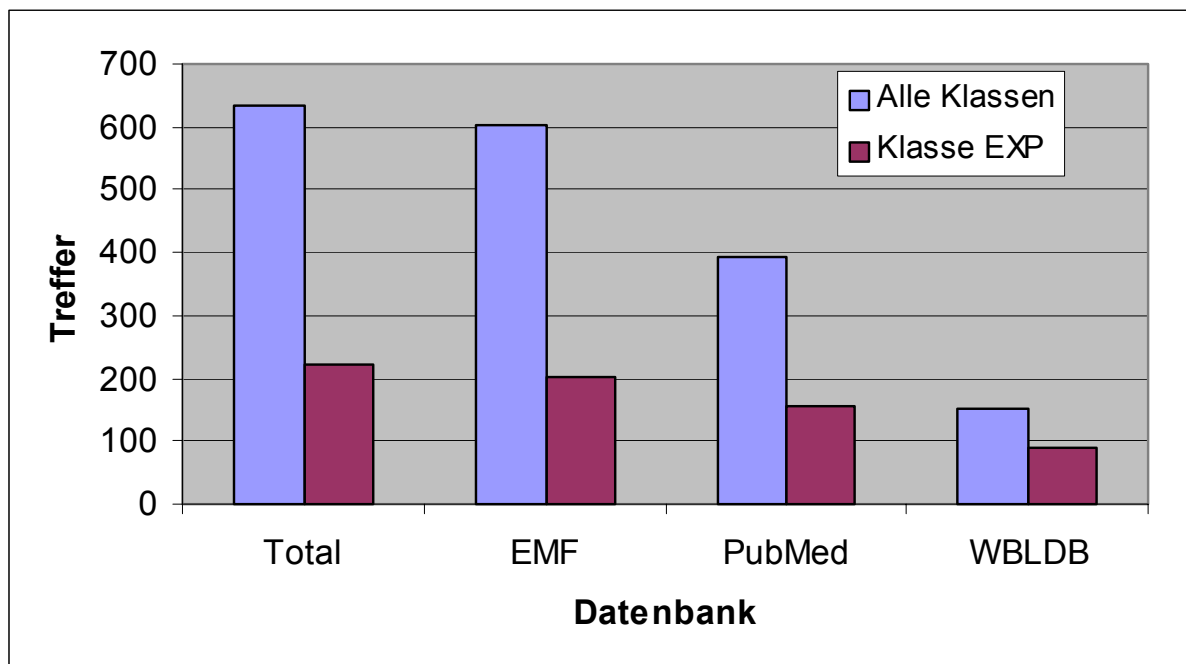


Abbildung 5: Beitrag der Datenbanken zu den insgesamt recherchierten Arbeiten bzw. zu den Publikationen über medizinisch-biologischen Experimente (Werte aus Tabelle 1 und Tabelle 2).

Vergleich mit dem Datenbestand einer Voruntersuchung des IMST

Die im Bericht des IMST aufgeführten 51 Referenzen¹⁰ sind durch die automatische Literaturrecherche vollständig erfaßt worden und in den recherchierten 1139 Arbeiten mit Bezug zu cm- und mm-Wellen enthalten. Zwei Arbeiten (Nr. 14 und Nr. 52) schieden jedoch durch die Selektionskriterien aus, da die Artikel in russischer Sprache veröffentlicht wurden. Referenz Nr. 38 wurde ebenfalls ausselektiert, da es sich um ein Buchbeitrag handelt. Zeitschriftenartikel der Autoren zum gleichen Thema sind jedoch im Gesamtbestand enthalten [Grundler77, Grundler78, Grundler82, Grundler92].

⁹ Das sieht man sofort an Tabelle 1 und Tabelle 2: Die Abdeckung zu den den Qualitätskriterien genügenden Arbeiten liegt zunächst bei 24%, bei den relevanteren biologisch-medizinischen Experimenten bei deutlich höheren 39%!

¹⁰ Das IMST spricht von 52 Arbeiten, jedoch sind die Ref. 4 und Ref. 16 identisch.

Zahl der Veröffentlichungen nach Jahren

Abbildung 6 zeigt die zeitliche Entwicklung der Zahl der erscheinenden Veröffentlichungen nach Jahren. Dabei wird zusätzlich zur Gesamtzahl der Veröffentlichungen auch die Zahl der Veröffentlichungen zu medizinisch-biologischen Experimenten (Zitate der Klasse "EXP") aufgeführt.

Im Mittel erschienen seit 1975 ca. 25 Veröffentlichungen pro Jahr zum Frequenzbereich 3 GHz - 300 GHz, die den hier definierten Qualitätskriterien genügen. Die Gesamtzahl an Publikationen weist Anfang der Achtziger-Jahre die größten Werte auf: es werden bis zu 45 Veröffentlichungen pro Jahr gezählt. Anders als bei der Gesamtmenge kann für die Zahl der Veröffentlichungen zu biologischer und medizinischer experimenteller Forschung (Klasse „EXP“) kein langfristiger Trend angegeben werden. In dieser Klasse erschienen im Mittel nur etwa 10 Veröffentlichungen pro Jahr.

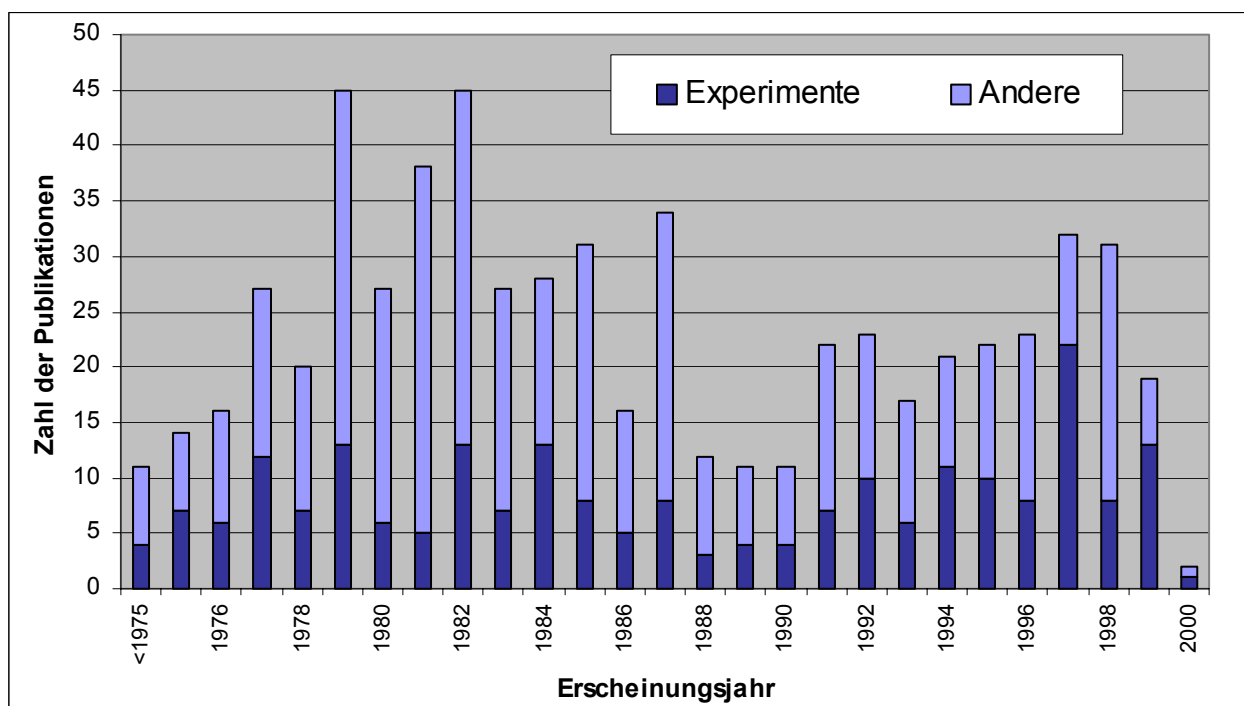


Abbildung 6: Verteilung der Publikationen nach Erscheinungsjahr

Herkunft der Veröffentlichungen (nach Ländern)

Der Beitrag einzelner Nationen zur EMVU-Forschung bei cm- und mm-Wellen läßt sich näherungsweise durch eine Analyse der Nationalitäten der Autoren bestimmen. Das Ergebnis einer solchen Analyse zeigt Abbildung 7. Eindeutig an erster Position sind die USA, die an fast jeder zweiten Arbeit beteiligt waren. In deutlichem Abstand folgen die UdSSR (bzw. ihre Nachfolgestaaten) und einzelne Länder West- und Mitteleuropas. Bei der Analyse ist jedoch zu beachten, daß der Anteil der UdSSR, bzw. der GUS-Staaten durch das Weglassen russischsprachiger Artikel stark reduziert wurde. Insgesamt wurden 317 Arbeiten recherchiert, die in russischer Sprache erschienen sind und dadurch ausselektiert wurden. Hätte man diese mitberücksichtigt, dann würden die UdSSR/ GUS-Staaten statt den USA die Publikationsliste anführen. Der große Unterschied zwischen UdSSR und USA ist daher weniger auf das unterschiedliche Forschungsengagement als auf die hier angewandten Auswahlkriterien zurückzuführen.

Im Gegensatz zu den übrigen Ländern ist die Differenz zwischen der (verbliebenen) Zahl der Gesamtveröffentlichungen und den Veröffentlichungen zu biologisch-medizinischer Forschung für Rußland sehr gering, d.h. wenn eine Veröffentlichung aus Rußland nicht nur in russischer Sprache vorliegt, handelt es sich mit hoher Chance auch um ein Experiment.

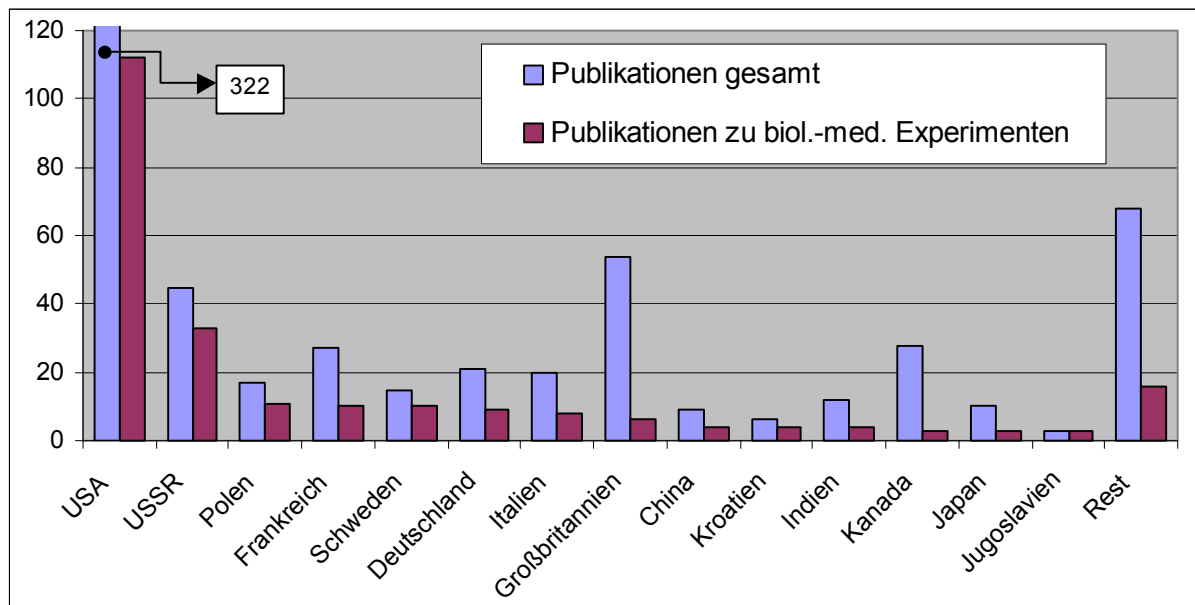


Abbildung 7: Beitrag einzelner Nationen zu den gesamten Veröffentlichungen (helle Balken) bzw. zu den Veröffentlichungen der Klasse EXP (dunkle Balken).

Einteilung in Klassen

Werden die recherchierten Publikationen auf die im vorangegangenen Kapitel definierten "Klassen" verteilt, ergibt sich Abbildung 8. Die meisten Zuordnungen erfolgten zu den Klassen „EXP“ (biologisch-medizinische Experimente) und „MET“ (Methoden, Dosimetrie, Technische Beschreibungen). Ebenfalls stark vertreten sind Übersichtsartikel und Sekundärliteratur („SUR“). Immer noch zahlreich sind Artikel zu den Klassen „THR“ (Therapie), „MEC“ (Mechanismen, Theorie), „EPS“ (Epidemiologie) und „STA“ (Standards, Grenzwerte).

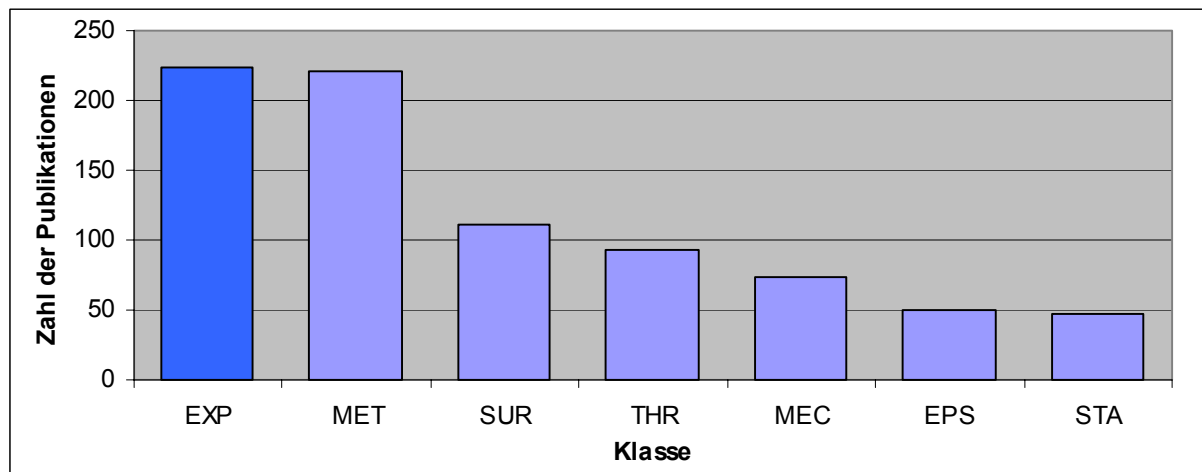


Abbildung 8: Absolute Häufigkeiten, mit der bestimmte Klassen den insgesamt 635 Publikationen zugeordnet wurden.

Jeder Arbeit konnten, falls nötig, auch mehrere Klassen zugeordnet werden; die Summe aller in dem Diagramm aufgeführten Werte ist daher etwas größer als die Zahl der recherchierten Publikationen.

Kategorien der experimentellen Forschung

Eine sicherlich sehr interessante Frage ist, auf welche Themen sich die biologisch-medizinische Forschung verteilt. Hierzu wurden die für Veröffentlichungen der Klasse "EXP" zusätzlich vergebenen Kategorien (zum System der Kategorien siehe Abschnitt „Hauptgruppen, Haupt-Kategorien und Kategorien“) analysiert. Ein Histogramm zur Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Kategorien zeigt Abbildung 9. Einen Schwerpunkt der Forschung in diesem Frequenzbereich bildet sicherlich das Thema Genetik (Kategorie GEN). Stark bearbeitet wurden auch die Themen der Kategorie GRO (Wachstum von Organen und Organismen) sowie Experimente zur Zellfunktion (CEF).

Wichtig bei der Interpretation der Zahlenwerte in Abbildung 9 ist, daß einer Veröffentlichung mehrere Kategorien zugeordnet werden konnten. Im Schnitt wurden (rechnerisch) etwa 1,5 Kategorien pro Publikation in der Klasse „EXP“ vergeben. Bestimmte in Abbildung 9 aufgeführte Kategorien stellen eine Detaillierung von Hauptkategorien dar (z.B. ZNS als genauere Spezifikation von NES).

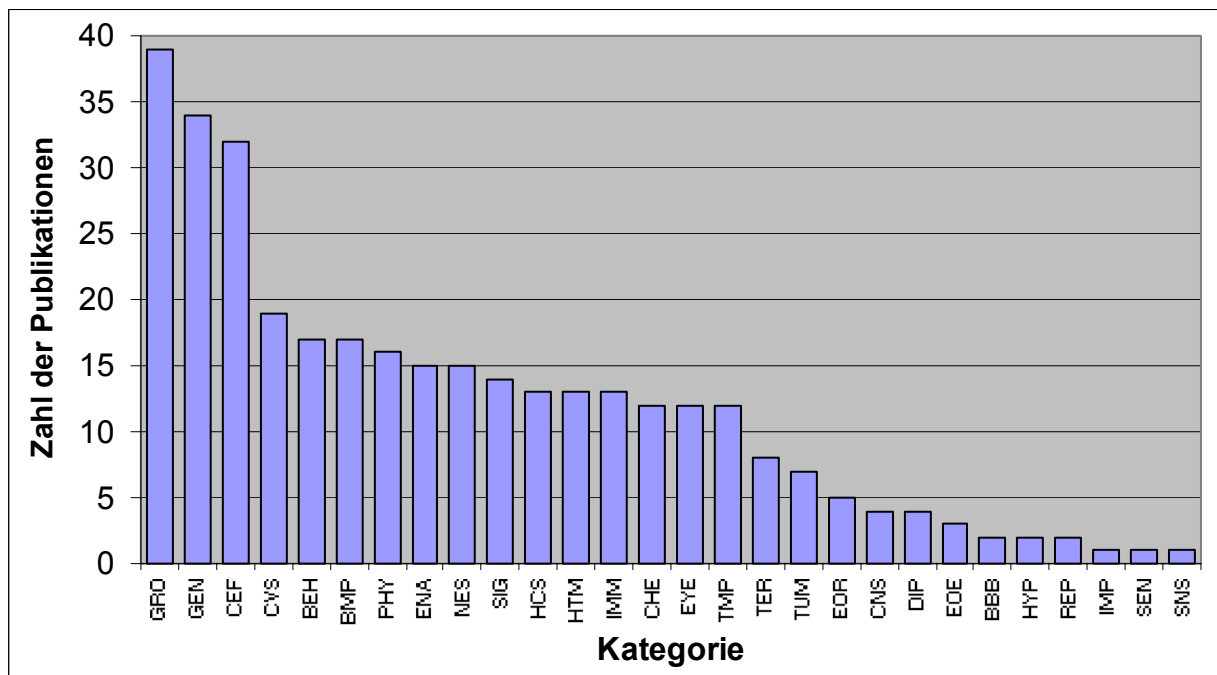


Abbildung 9: Darstellung der absoluten Häufigkeiten, mit der bestimmte Kategorien den Arbeiten der Klasse EXP zugeordnet wurden. Zu beachten ist, daß eine Publikation auch mehreren Kategorien gleichzeitig zugeordnet werden konnte.

Ergebnisse der Auswertung nach biologisch-medizinischen Aspekten

Auf der Grundlage der maschinell und durch die Auswerter erzeugten Einträge in der Excel-Tabelle lassen sich nun – sortiert nach Haupt-Gruppen, Haupt-Kategorien und Kategorien – Zusammenfassungen für die einzelnen Veröffentlichungen schreiben. Wurde durch den Auswerter mehr als nur eine Kategorie für ein Experiment vergeben – was durchaus der Regelfall ist, weil in vielen Experimenten nicht nur ein einzelner Parameter gemessen wird und mehrere Fragen in einem Experiment adressiert werden – wird das jeweilige Experiment bei jeder Kategorie erwähnt, die ihm zugeordnet wurde. Allerdings werden jeweils nur die Parameter diskutiert, die zu der Kategorie gehören, um Wiederholungen zu vermeiden

Die Zusammenfassungen wurden nach einem durchgängig identischen Schema verfaßt, um die Orientierung für den Leser zu erleichtern:

Einführung: Zunächst wird die Anzahl der Experimente in der jeweiligen Kategorie und die Anzahl der Experimente pro Frequenzbereich genannt. Aussagen zur Modulation, zur Stärke der Exposition (Begriffspaar „thermisch/ athermisch“, wobei bewußt qualitative Aussagen gewählt wurden, um den oben genannten unterschiedlichen Verwendungen dieser Begriffe durch die Autoren von Veröffentlichungen Rechnung zu tragen) und zur Expositions-Dauer schließen sich an.

Hinweis: Eine cw-Exposition wird in diesem Text als „kontinuierliches Signal (cw)“ bezeichnet. Sie ist von der „kontinuierlichen Exposition“ zu unterscheiden, die das Gegenteil einer abwechselnden Exposition (z.B. mehrfach Exposition „an“ und „aus“ während des Versuchs) im Sinne von „intermittierend“ darstellt.

Verweis auf andere Kategorien: Experimente, die sich nicht wegen der gemessenen Parameter, sondern nur wegen einer erwähnten Hypothese etc. auf die zu diskutierende Kategorie beziehen, werden hier erwähnt. Details findet man dann in einer anderen Kategorie, auf die explizit verwiesen wird.

Objekte: Die Zahl der „in vivo“- bzw. „in vitro“-Experimente wird genannt. Danach werden die untersuchten biologischen Systeme, also meist die Tierart oder ein Teil eines Organismus, genannt. Schließlich wird erwähnt, welche Teile des biologischen Systems exponiert wurden.

Parameter: Die Meßgrößen oder Parameter, die in den Experimenten der jeweiligen Kategorie untersucht wurden, werden hier genannt.

Beobachtung: Die Ergebnisse der einzelnen Experimente werden vorgestellt. Insbesondere wird auf Effekte der Exposition auf die zuvor genannten Parameter eingegangen. Wenn im Abstract erwähnt, werden auch Informationen über die möglichen Ursachen von Effekten ergänzt.

Ausblick: Abschließend wird auf Besonderheiten hingewiesen, die etwa den Gesamtumfang des Wissens zu einer Kategorie betreffen oder auf Lücken in der Auswahl der Meßparameter (im Vergleich mit anderen Frequenzbereichen) hinweisen.

Hauptgruppe I: Mutation

Mutation (GEN)

Die relevante Literatur zu möglichen Effekten von elektromagnetischen Feldern im Frequenzbereich von 3 GHz bis 100 GHz auf das Erbgut (DNA) stellt mit mehr als 35 Abstracts den größten Anteil der recherchierten Arbeiten dar. Da es sich bei Genetik und Mutation um ein sehr umfassendes Themengebiet handelt, das nicht nur biologisch-medizinisches Expertenwissen, sondern auch physikalische und chemische Fachkenntnisse erfordert, kann im Rahmen dieser Analyse nicht detailliert auf jede Untersuchung und eventuell beobachtete Effekte eingegangen werden. Es erfolgt lediglich ein Überblick zu den Experimenten in Bezug auf die Art der Untersuchung, die Untersuchungsobjekte und die Untersuchungsschwerpunkte:

Bei den durchgeführten Untersuchungen handelt es sich überwiegend um in vitro-Experimente an Zellkulturen. Zu den Untersuchungsobjekten gehörten Bakterien (*Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*), Hefen (*Saccharomyces cerevisiae*), Pilze (*Aspergillus amstelodami*), humane und Rinder-Lymphozyten, Kälber-Thymuszellen, Zellen vom Chinesischen Hamster und Insekten (*Drosophila melanogaster*, *Acricotopus lucides*). Das einzige „in vivo“-Experiment wurde an Mäusen durchgeführt.

Die durchgeführten Experimente zielten auf die biologischen Endpunkte „Genotoxizität“, „Zellvitalität und Zellteilung“ und „Molekulare Biosynthese“. Im Zusammenhang mit „Genotoxizität“ wurden Parameter wie DNA-Schäden, DNA-Reparatur, chromosomale Schäden und phänotypische Mutationen untersucht, zu „Zellvitalität und Zellteilung“ Überlebens-, Wachstums-, und Zellteilungsraten sowie Sporenbildung, zur „molekularen Biosynthese“ DNA-, Protein- und Enzym-Synthese sowie Enzym-Aktivität.

Der Untersuchungsschwerpunkt der recherchierten Arbeiten lag insbesondere auf dem Gebiet der Genotoxizität. Dort dominieren spektroskopische Untersuchungen zur Mikrowellen-Absorption der DNA [Edwards1984, Foster1987, Gabriel1987, 1989; Sagripanti1987, Swicord1982, 1983] im Frequenzbereich von 0,045 GHz bis 18 GHz und Viskositätsmessungen über Konformationsveränderungen im Genom [Belyaev1992, ..., 1996] im Bereich von 41 bis 52 GHz.

Um Informationen über das DNA-Reparatur-System zu erhalten, wurde bei einigen Experimenten das elektromagnetische Feld in Kombination mit zusätzlichen genotoxischen Strahlen oder Substanzen (radioaktive und UV-Strahlen, chemische Agenzien) appliziert.

Hauptgruppe II: Krebs

Tumor-Entstehung und –Entwicklung (TUM)

Zur Kategorie „Tumor-Entstehung und –Entwicklung“ wurde nur eine einzige Arbeit [Dardalhon1979] gefunden. Alle weiteren vorliegenden Untersuchungen über Wirkungen von cm-/mm-Wellen auf die Tumorentstehung und –entwicklung sind der Kategorie „Hyperthermie (HTM)“ zuzuordnen oder es handelt sich um therapeutische Anwendungen (Klasse „THR“), die grundsätzlich von dieser Betrachtung ausgeschlossen sind.

Verweis auf andere Kategorien: [Dardalhon1979] betrachtet in seinem Experiment auch Parameter, die den Kategorien „Teratogenese (TER)“ und „Reproduktives System (REP)“ entsprechen.

[Anderstam1983] versucht in seiner Untersuchung in der Kategorie „Mutation (GEN)“ eine Abschätzung, wieviele Tumorfälle aufgrund seiner Untersuchung maximal auftreten können (1 Fall pro Jahr).

Objekte: Bei dieser Untersuchung handelt es sich um ein „in vivo“-Experiment. Als Untersuchungsobjekt dienten unterschiedliche Entwicklungsstadien der Taufliege „Drosophila melanogaster“, nämlich Eier, Larven, Puppen und adulte Tiere. Die Exposition erfolgte bei 17 GHz und 73 GHz.

Parameter: Die beobachteten Parameter waren Tumor-Inzidenz und –Multiplizität.

Beobachtung: Bei den adulten Fliegen wurde eine geringfügige, aber statistisch signifikante Verringerung der Tumor-Inzidenz und –Multiplizität durch die Exposition mit 17 GHz und 73 GHz festgestellt. Einen thermischen Effekt halten die Autoren für ausgeschlossen.

Ausblick: Es fällt auf, daß in dieser wichtigen Kategorie mit einer Untersuchung praktisch kein wissenschaftliches Datenmaterial existiert. Dies steht z.B. im Kontrast zum Frequenzbereich des Mobilfunks. Arbeiten, die in die Klasse „Therapeutische Anwendung“ eingruppiert wurden, könnten eventuell in eingeschränkter Form einige nützliche Hinweise für die Risiko-Analyse liefern.

Hauptgruppe III: Teratogenese

Teratogenität (TER)

Im Hinblick auf die Teratogenität liegen für den betrachteten Frequenzbereich des elektromagnetischen Feldes 8 Publikationen vor. Dies ist eine kleine Anzahl verglichen mit der großen Zahl von Publikationen zu Messungen unterhalb von 3 GHz. In den 8 Studien wurden Signale mit 13 verschiedenen Trägerfrequenzen verwendet, die über den Bereich von 3 GHz bis 75 GHz nahezu gleichverteilt waren, außer daß bei 6 GHz eine Häufung der Experimente (4 von 12) vorliegt.

In fünf der Veröffentlichungen wurden Experimente bei nur einer Frequenz beschrieben; in den verbleibenden vier Publikationen sind Versuche diskutiert, in denen jeweils 2 bzw. 3 Frequenzen eingesetzt wurden, um eine Frequenzabhängigkeit von möglicherweise auftretenden

Effekten feststellen zu können. Außer bei Experimenten wurden stets kontinuierliche Signale (cw) verwendet; bei einer Frequenz waren die Signale gepulst. Bei einigen Experimenten waren thermische Effekte zweifelsfrei ausgeschlossen; bei den anderen wurden keine Angaben gemacht. Die Untersuchungen erstrecken sich über ein längeres Entwicklungsstadium der Untersuchungsobjekte oder über mehrere Generationen.

Objekte: Alle Untersuchungen wurden entsprechend der Zielsetzung „in vivo“ durchgeführt, und zwar an Ratten [Jensh1994a, 1997], Mäusen [Chiang1987], Obstfliegen (*Drosophila melanogaster*) [Dardalhon1979a], dem gewöhnlicher Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*) [Green1979, Olsen1982, Pickard1979, Whitney1984] und dem Bergkiefer-Käfer (*Dendroctonus ponderosae*) [Whitney1984] Bei allen Experimenten erfolgte eine Ganzkörper-Exposition.

Parameter: Die gemessenen Parameter sind aufgrund der gesamten Randbedingungen relativ heterogen und können, wenn überhaupt, nur bedingt in einem Kontext betrachtet werden.

Die drei Publikationen zu Ratten von [Jensh1984, 1984a, 1997] befassen sich mit Untersuchungen an Ratten, in die Muttertiere, Feten und Nachkommen einbezogen wurden. Hinsichtlich der gemessenen Parameter handelt es sich um recht umfangreiche Untersuchungen. Es wurden u.a. die Körpergewichte der befeldeten Muttertiere sowie die der Feten und Nachkommen in Abhängigkeit von der Zeit verfolgt. Ein weiterer Parameter war der Wurfumfang. Generell wurde nach Abnormalitäten gesucht, u.a. nach Veränderungen bei den Organen (Leber, Niere usw.) und bei den peripheren Blutparametern (Hämatokrit, Hämoglobin usw.). (Anmerkung: Betreffend verhaltensteratologische Messungen, siehe unter „Verhalten, (BEH)“).

[Chiang1987] bestimmt an Mäusen - und zwar an Muttertieren während der gesamten Austragung und an Nachkommen während des 3. - 20 Lebensstags - die Enzymaktivität sowie die Aktivität von Hormonen und Neurotransmittern. Dazu gehörten insbesondere die sukzinate Hydrogenase, monoamide Oxidase, Noradrenalin und Dopamin.

[Dardalhon1979a] beschäftigte sich in seinen Untersuchungen an der Obstfliege (und zwar an wildlebenden und an speziellen Züchtungen mit Tumorneigung) mit der Sterblichkeit und Teratogenität (Anmerkung: Untersuchungen zur Inzidenz und Anzahl von Tumoren, siehe unter "Tumor-Entstehung und -Entwicklung (TUM)“).

In den Studien von [Green1979], [Olsen1982] und [Pickard1979] wurden morphologische und strukturelle Abnormalitäten bei „gewöhnlichen Mehlkäfern“ durch Wirkung von elektromagnetischen Feldern untersucht.

Die Untersuchung von [Whitney1984] befaßt sich wegen der spezifischen Zielsetzung einer großflächige Bekämpfung der Schädlinge „Bergkiefer-Käfer“ und „Gewöhnlicher Mehlkäfer“ mit deren Lebensfähigkeit und Fragen der Teratogenität.

Beobachtungen: In den Untersuchungen von [Jensh1984], [Jensh1984a] und [Jensh1997] bei 6 GHz wurde eine Vielzahl von Effekten beobachtet. So traten statistisch signifikante Verzögerungen im Wachstum der Feten auf, und die Nachkommen wiesen während der ersten 5 Lebenswochen ein erniedrigtes Gewicht und postnatales Wachstum auf. Desweiteren waren verschiedene Organgewichte verändert: Bei den Nachkommen war das Gewicht der Nieren erhöht und bei den weiblichen Nachkommen außerdem das der Leber. Generell traten geschlechtsspezifische Unterschiede bei den Effekten auf. Bei den weiblichen Tieren konnte beispielsweise eine Verminderung der Lernfähigkeit und des Aktivitätsniveaus nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu führte die Befeldung bei den Nachkommen zu einer Erhöhung der Aktivität. Die Autoren ziehen den Schluß, daß es bei 6 GHz Anzeichen gibt, daß eine Exposition zu subtilen langfristigen neurophysiologischen Veränderungen führen kann. Es bleibt

festzustellen, daß die Stichprobenumfänge der doch komplexen Untersuchungen relativ klein waren

Von [Chiang1987] wurde beobachtet, daß bei Mäusen ein gepulstes Feld von 3 GHz zu einer Verminderung der sukzinaten Hydrogenase, der monoamiden Oxidase und zu einer geringeren Produktion von Noradrenalin sowie Dopamin führt. Die Autoren vermuten, daß die Exposition eine subtile Alteration in den Nachkommen zur Folge hat; dabei legt die Art der Effekte nahe, daß durch die Exposition der mitochondriale Elektronentransport behindert wird.

[Dardalhon1979a] zeigte, daß die Exposition mit einem 17 bzw. 73 GHz-Feld bei der Obstfliege zu einer Steigerung der Fertilität führt. Hingegen konnten keine Effekte beim Ausbrüten und bei der Entwicklung von Eiern beobachtet werden. Bei den ausgewachsenen Insekten traten keine teratologischen Effekte auf.

[Green1979] fand, daß beim Mehlkäfer ein 9 GHz-Feld mit zunehmender Leistungsflußdichte zu einer Zunahme struktureller Abnormalitäten führt, wobei eine Art Fenstereffekt besteht. Darüberhinaus wurde eine zunehmende Puppensterblichkeit oberhalb von 800 W/m² beobachtet. Es ergab sich kein Hinweis auf Teratogenese bei 500 W/m². Die Autoren geben an, daß die aufgetretenen teratogenetischen Effekte vermutlich athermischen Ursprungs sind.

Anhand seiner Untersuchungen stellte [Olsen1982] fest, daß eine 1,5-stündige Exposition mit einem 5,95 GHz-Feld bei einer SAR von 208 W/kg Abnormalitäten hinsichtlich der Entwicklung des Mehlkäfers zur Folge hat; bei niedrigeren SAR (≤ 104 W/kg) traten keine Effekte auf. Die Autoren geben an, daß wahrscheinlich ein thermischer Wechselwirkungsmechanismus zu den Abnormalitäten bei der Insektenentwicklung führt.

Die Messungen von [Pickard1979] zeigten ein inkonsistentes Bild. Bei der Frequenz von 5,95 GHz ergaben sich nur bei einer von 6 Kulturen (je 2 Kulturen bei jeder der drei Intensitäten) morphologische Abnormalitäten. Bei der Frequenz von 10,025 GHz wurde dies bei einer von zwei Kulturen, für die die Expositionsbedingungen identisch waren, festgestellt.

Von [Whitney1984] wurde festgestellt, daß sowohl beim Bergkiefer-Käfer als auch beim gewöhnlichen Mehlkäfer eine Exposition (10, 35, 74 GHz) eine reduzierte Lebensfähigkeit sowie eine erhöhte Teratogenität zur Folge hat.

Ausblick: Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß die Ergebnisse sehr heterogen sind und nicht abschließend bewertet werden können. Bis auf zwei Ausnahmen handelt es sich um Studien, die mehr als 15 Jahre zurückliegen, d.h. in jüngerer Zeit wurde überraschenderweise auf dem Gebiet nur wenig geforscht. Es besteht für den betrachteten Frequenzbereich ganz offensichtlich noch ein eminenter Forschungsbedarf zur Teratogenität.

Reproduktives System (REP)

Zum Reproduktiven System wurden 2 Arbeiten durchgeführt. Sie decken Meßfrequenzen bei 6 GHz, 17 GHz und 73 GHz ab. Es werden kontinuierliche Signale (cw) verwendet, die nach Ansicht der Autoren zu keinen thermischen Effekten führten. Während [Dardalhon1979a] eine akute Exposition verwendet, wählt [Jensh1984] eine kurzzeitige und intermittierende (Ganzkörper-) Exposition.

Objekte: Beide Untersuchungen wurden „in vivo“, und zwar an Obstfliegen [Dardalhon1979a] bzw. Ratten [Jensh1984] durchgeführt.

Parameter: [Dardalhon1979a] mißt die Fertilitätsrate, [Jensh1984] Gewicht und Größe von Nachkommen von Ratten

Beobachtung: [Dardalhon1979a] sieht eine Steigerung der Fertilität, [Jensh1984] eine geringe Wachstumsverzögerung der Feten.

Ausblick: Insgesamt ist die Zahl der Untersuchungen zu klein um übergreifende Beobachtungen zu machen. Es sind dementsprechend weitere Untersuchungen abzuwarten.

Wachstum (GRO)

In der Kategorie Wachstum werden Fragen des Wachstums von Zellkulturen und des postnatalen Wachstums (auch des Gewichts) angesprochen.

In dieser Kategorie wurden insgesamt 39 Arbeiten identifiziert. Wichtige Parameter waren das Wachstum und die Entwicklung von *Escherichia coli*, das Keimen und Wachstum von Saatgut, resonantes Wachstum von Hefezellen, die meiotische Zellteilung bei Mäusekeimzellen, das Körpergewicht von Mäusen, das Wachstum von Bakterien im Vergleich konventioneller Erwärmung, die allgemeine Gesundheit während längerer Lebensphasen (oft auch als „lifetime study“ gezeichnet), Überlebensraten von Käfern und Wundheilung

Eine genauere Betrachtung war im Rahmen der zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht möglich.

Hauptgruppe IV: Organische und zelluläre Ebene (Neurologisches und sensorisches System, Verhalten)

Verhalten (BEH)

Zur Frage von Verhaltensänderungen wurden im betrachteten Frequenzbereich 17 Experimente durchgeführt. Dabei wurden Signalfrequenzen unter 10 GHz – mit einer Häufung um 6 GHz verwendet. Nur drei Experimente wurde bei höheren Frequenzen – 42 GHz [Radzievsky1999], 42,2 GHz [Gapeyev1994] bzw. 61,22 GHz [Royavin1997b, 1998] durchgeführt. Die Arbeit von [Gapeyev1994] unterscheidet sich auch insofern von allen anderen, als versucht wurde, durch eine Variation der verwendeten Frequenz die Frequenzabhängigkeit des in dieser Studie gefundenen Effektes auszumessen. Generell werden entweder kontinuierliche Signale (cw) oder sehr kurze Pulse verwendet, wobei mitunter die Parameter Pulsdauer und Leistung pro Puls in einem Experiment variiert werden oder zwischen kontinuierlichen Signalen (cw) und Pulsung verglichen wird. Die Intensität der Signale ist oft so gewählt, daß thermische Effekte nicht ausgeschlossen werden können. Die Dauer der Experimente zielt auf akute oder kurzzeitige Effekte, nur zwei Experimente [Jensh1984a], [Jensh1997] erstrecken sich über mehrere Generationen des verwendeten Untersuchungsobjekts.

Objekte: Die Untersuchungen wurden ausschließlich „in vivo“ durchgeführt (was sich aus der Definition der Kategorie BEH ergibt), und zwar an Maus, Ratte, und Affen sowie an Kreuzspinnen [Liddle1986a] und Einzellern¹¹ [Gapeyev1994]. [Radzievsky1999] und [Bise1978] untersuchen Menschen. Die Untersuchung von [Bruderer1999] an Vögeln darf als Sonderfall betrachtet werden, weil es sich um einen Feldversuch (im biologischen, nicht im elektrotechnischen Sinn) handelt. Bei allen Experimenten ist eine Ganzkörper-Exposition gewählt worden – möglicherweise um keine Einwirkungsmöglichkeit des elektromagnetischen Feldes auf den Körper auszuschließen. Dies gilt nicht für [Royavin1997b, 1998], der Nase

¹¹ Strenggenommen ist die Einordnung von Experimenten an Einzellern in die Kategorie „Verhalten“ natürlich etwas widersinnig. Sie hat sich aber auch anderer Stelle so eingebürgert.

und Kopf bzw. den Rücken von Mäusen, und [Radzievsky1999], der den Brustbereich exponiert. [Bise] setzt Kopf und Torso der Probanden dem hochfrequenten Feld aus.

Parameter: Die gemessenen Parameter sind von sehr unterschiedlicher Art. Zwar gibt es allgemein eine Reihe von häufig angewendeten Tests; der Endpunkt „Verhalten“ bietet allerdings auch die Möglichkeit exotisch anmutende Untersuchungen durchzuführen.

In den Untersuchungen von [d'Andrea1994], [deLorge1980], [deLorge1984] und [Raslear1993] werden Affen oder Ratten in Testbatterien untersucht. Dazu werden akustische oder optische Reize angeboten. Die Tiere antworten durch „richtiges“ oder „falsches“ Drücken von Hebeln und werden im Erfolgsfall durch Futtergaben belohnt. Die Reize werden im Regelfall im Rahmen wiederholter Messungen zunehmend komplizierter – gleichzeitig lernen die Tiere aber auch und adaptieren so auf die Herausforderung. Diese Experimente adressieren deshalb sowohl das Verhalten als auch kognitive Funktionen. Natürlicher Meßparameter ist u.a. die gesamte „erworbene“ Futtermenge.

Die Untersuchung von [Marr1988], bei der Affen bei nur 0 C in einer Testbatterie untersucht werden, stellt einen Sonderfall dar: Statt Futter wird eine Exposition mit Mikrowellen als Belohnung für richtige Reaktionen angeboten, durch die sich das Tier aufwärmen kann.

[Roberti1975] und [Servantie1976] untersuchen die motorische Aktivität, und zwar über die Zeitdauer für das Durchlaufen einer Strecke oder durch Beobachtung (also den subjektiven Eindruck). [Jensh1984a] und [Jensh1997] verfolgen einen ähnlichen Weg: Es wird der Erfolg von Nachkommen von Ratten in Labyrinthen (u.a. „T-Maze“) untersucht.

[Gapayev1994] bestimmt einen auf der Bewegung ermittelten Mobilitäts-Index von Einzellern in einer Nährflüssigkeit; [Quock1994] die Anzahl und die Höhe von Kletterversuchen von Mäusen auf einer Leiter. Dies wird sowohl unter dem Einfluß von elektromagnetischen Feldern als auch in Abhängigkeit von der Konzentration der Chemikalie Chlordiazepoxid gemessen, die entweder den „Mut“ erhöht oder die Kletteraktivität dämpft.

[Liddle1986a] mißt insgesamt 27 geometrische Parameter von Spinnen-Netzen, die Kreuzspinnen unter Verum- oder Sham-Bedingungen woben.

[Royavin1997b, 1998] untersucht den Einfluß von EMF auf die Dauer einer in Mäusen chemisch erzeugten Betäubung bzw. von ebenfalls chemisch induziertem Juckreiz.

[Radzievsky1999] mißt das subjektive Schmerzempfinden (Zeit nach Eintauchen der Hand in ein Kältebad bis Empfindungen "kühl, kalt, sehr kalt, Schmerz, Schmerz, bei dem der Proband seine Hand aus dem Wasser nimmt"). [Bise1978] erfragt das Wohlbefinden der Probanden.

Verweis auf andere Kategorien: In den Experimenten von [Jensh1984a] und [Jensh1997] werden auch Fragen der Teratogenität angesprochen; in allen Experimenten mit Testbatterien und Labyrinthen auch die Kognition.

Beobachtung: [d'Andrea1994], [deLorge1980, 1984] und [Raslear1993] finden einheitlich eine verminderte kognitive Leistungsfähigkeit ab einer gewissen Schwelle der Leistung der Exposition. Auch in Labyrinthen ergibt sich eine geringere Leistungsfähigkeit ([Jensh1994a, 1997]). [Marr1988] findet, daß Affen die Exposition als Belohnung in Form von Wärme nutzen. Die Tiere verspüren also offenbar die Erwärmung und sehen sie als positiv an. Weitergehende EMVU-Fragen sind dadurch nicht angesprochen.

[Roberti1975], [Bruderer1999] und [Liddle1986a] finden keine Effekte; [Servantie1976] beschreibt Verhaltensänderungen, deren Details aber unklar bleiben. [Quock1994] beobachtet,

daß sich Verhaltensänderungen durch Chlordiazepoxid unter dem Einfluß eines elektromagnetischen Feldes nicht einstellen oder – bei starken Expositionen – sogar ins Gegenteil verkehren.

Bemerkenswert ist das Ergebnis von [Gapayev1994]: Der Mobilitätsindex bleibt unabhängig von der Exposition auf dem Niveau der Sham-Versuche. Nur bei einer Pulswiederholrate von 0,1 Hz verringert sich der Mobilitätsindex deutlich. Dieser Effekt wurde dann unter Variation der Frequenz, der Wiederholrate und der Leistungsflußdichte ausgemessen. Es zeigt sich ein resonanz-artiger Verlauf des Ausmaßes der Effekte.

[Royavin1997b] beobachtet eine Verlängerung der Zeitdauer der Betäubung bei gleichzeitiger Exposition; [Royavin1998] eine Verminderungen der „Kratz“-Bewegungen als Reaktion auf Juckreiz.

[Radzievsky1999] stellt fest, daß die Zeit bis zur Empfindung "Schmerz" und die Zeit bis zum Zurückziehen der Hand unter Exposition ansteigt. Individuelle Unterschiede bestehen: bei einigen Probanden sind die Effekte auch umgekehrt oder treten nicht auf.

[Bise1978] nennt pauschal diverse subjektive Verhaltensänderungen.

Ausblick: Für die Interpretation der gefundenen Effekte kommt der Unterscheidung von thermischen und athermischen Effekten besondere Bedeutung zu. Durch die Verwendung von kurzen, energiereichen Pulsen ist diese Begrifflichkeit eventuell auch nicht mehr zielführend. In vielen Fällen kam es den Autoren möglicherweise mehr darauf an, die Problematik kurzer Pulse oder hoher Intensitäten experimentell zu untermauern.

Sensorisches System (SEN)

Alle zum sensorischen System gehörenden Arbeiten – bis auf eine - konnten in die beiden Unterkategorien „Akustisches System (EOE)“ oder „Visuelles System (EYE)“ einsortiert werden. Diese Arbeiten werden deshalb in den zwei folgenden Unterkapiteln separat diskutiert.

Objekte und Parameter: [Blick1997] untersucht im Frequenzbereich von 2,45 GHz bis 94 GHz „in vivo“ an Probanden die Wahrnehmungsschwelle für durch Exposition induzierte Erwärmung im Rückenbereich. Dazu wird jeweils bei einer Frequenz und Intensität für 10 Sekunden exponiert und – falls der Proband noch keine Wahrnehmung signalisiert – nach 50 Sekunden Pause mit einer größeren Intensität fortgefahren. So wird die Schwelle für jede Frequenz bestimmt.

Beobachtung: Es ergaben sich folgende Mittelwerte über alle 15 Probanden: bei 2,45 GHz: 631 +/- 67 W/m, bei 7,5 GHz: 195 +/- 29 W/m², bei 10 GHz 196 +/- 29 W/m², bei 35 GHz: 88 +/- 13 W/m² und bei 94 GHz: 45 +/- 6 W/m² (zum Vergleich: IR Strahlung: 53 +/- 11 W/m²). Die Sensitivität für durch Mikrowellen induzierte Erwärmung steigt monoton mit der Frequenz. Die Unterschiede der Abhängigkeiten "Wahrnehmungsschwelle gegen Frequenz" und "Eindringtiefe gegen Frequenz" zeigen, daß die Veränderungen der Wahrnehmungsschwelle nicht allein über die Eindringtiefe erklärt werden können, sondern ein weiterer Mechanismus involviert sein muß.

Ausblick: Von den sechs Sinnen werden durch die hier recherchierten Arbeiten im wesentlichen zwei untersucht (sehen und hören). Parameter des Geruchs-, Geschmacks- und Tastsinns wurden im Gegensatz nicht untersucht. Wahrnehmungen über den Sinn „fühlen“ werden in einer Untersuchung erfaßt – mit einiger Berechtigung kann auch die Hypersensitivität oder Elektrosensitivität zu diesem Sinn gezählt werden (siehe entsprechende Kategorie „Hypersensitivität (HYP)“.

Akustisches System (EOE)

Zum Ohr wurden im untersuchten Frequenzbereich insgesamt nur 3 Arbeiten gefunden. Sie wurden bei 3 und 5,655 GHz durchgeführt. Die verwendeten Signale sind ausnahmslos pulsmoduliert, wobei sehr kurze Pulse mit großen Amplituden verwendet wurden. Dadurch sind die einzelnen Pulse vergleichsweise sehr energie-reich. Die Exposition war in allen Fällen akut.

Objekte: Die Experimente wurden „in vivo“ an Katzen, Hunden, Meerschweinchen, Chinchillas(!), und Menschen durchgeführt.

Parameter: Meßparameter war die akustische Wahrnehmung der Pulse („Mikrowellen-Hören“), die Hörschwelle für diesen Effekt und sogenannte „evozierte Antworten“, wobei unklar bleibt, ob diese Antworten elektrophysiologisch oder durch Wahrnehmung und Verhalten gemessen werden.

Beobachtung: In allen Untersuchungen wurde „Mikrowellen-Hören“ als Effekt gefunden. Das eigentliche Ziel der Untersuchungen war, einerseits Hörschwellen zu bestimmen [Cain1978, Rissmann1975] und andererseits physikalische Grundlagen des Mikrowellen-Hörens zu erforschen [Olsen1983a].

Als Ursache für des Mikrowellen-Hören wird – auch durch diese Versuche - weiterhin eine direkte Umwandlung von elektromagnetischer in akustische Energie angesehen.

Ausblick: Es muß festgehalten werden, das mit den durchgeführten Untersuchungen keine weitergehenden Fragen zu biologischen Wirkungen von EMF auf das Ohr und die audiologische Sensorik angesprochen wurden.

Visuelles System (EYE)

11 Untersuchungen wurden zum Organ Auge gefunden. Sie wurden überwiegend im Bereich um 3 GHz [Appleton1975, Hirsch1977, Paulsson1979] und um 10 GHz [McAfee1979, 1983; Munemori1982, 1984]; ferner bei 24 GHz, 34 GHz und 60 GHz durchgeführt. Neben der Exposition mit kontinuierlichen Signalen (cw), spielen gepulste Signale mit kurzen Pulsen eine wichtige Rolle. Die Intensität der Exposition ist in vielen Fällen so gewählt worden, daß thermische Effekte untersucht werden konnten. Die Expositionsdauer wurde meist so gewählt, daß vornehmlich akute und kurzfristig auftretende Effekte detektierbar sind.

Objekte: Mehrheitlich sind „in vivo“-Untersuchungen an Kaninchen [Hirsch1977, Kues1999] oder Affen [Kues1999, McAfee 1979, 1983, 1985], seltener an Mäusen oder Hunden anzutreffen; „in vitro“-Experimente werden an optischen Nerven von Flußkrebse („crayfish“) [Munemori1982, 1984] durchgeführt. Bei den „in vivo“-Untersuchungen wird oft nur das Gesicht oder sogar nur ein Auge (das andere als Kontrolle) exponiert.

Parameter: Die Suche nach pathologischen Veränderungen, die durch normale Beobachtung, Mikroskopie oder Elektronen-Mikroskopie festgestellt werden können, steht im Zentrum der meisten Untersuchungen. Im Detail interessiert man sich für Katarakte (Linsentrübungen), Entzündungen im Auge, Veränderungen der Blutgefäße im Auge und ähnliches. Ein ganz anderer Weg wird bei den „in vitro“-Untersuchungen von [Munimori1982, 1984] eingeschlagen: Einzelne Nervenzellen des optischen Systems werden in Hohlleitern exponiert, und die elektrische Spontan-Aktivität der Nervenzellen wird mit Parametern wie „Spike“-Häufigkeit und – Amplitude gemessen. Diese Untersuchungen wird unter „NES- Nervensystem“ weiter diskutiert.

Darüberhinaus werden in Kombination mit den beschriebenen Parametern teilweise auch andere Tests, speziell mit Blutproben, durchgeführt.

Beobachtung: Hinsichtlich der Frage der Linsentrübung werden widersprüchliche Ergebnisse berichtet: Teilweise werden Katarakte gefunden, teilweise nicht. Als Ursache stehen in jedem Fall thermische Effekte an prominenter Stelle. Gleichzeitig bedarf es genauerer Analysen der Expositionsbedingungen als sie hier vorgenommen werden können, um die Frage zu erörtern, ob bestehende Grenzwerte durch die gefundenen Effekte tangiert werden.

Ausblick: Festzuhalten bleibt auf jeden Fall, daß Experimente zur Physiologie des Auges und zur visuellen Wahrnehmung offenbar bislang nicht durchgeführt wurden. Hierfür bieten sich insbesondere Experimente mit Probanden an. Im Gegensatz zu den hier ausschließlich durchgeführten Tierexperimenten hätten solche Versuche eine unmittelbare Relevanz für den Menschen.

Nervensystem (NES)

Für die Untergliederung der Kategorie „Nervensystem (NES)“ stehen mit „Zentrales Nervensystem (CNS)“, „Vegetatives Nervensystem (VNS)“, „Somatisches Nervensystem (SNS)“, „Signalverarbeitung (SIG)“ und „Blut-Hirn-Schranke (BBB)“ fünf Unterkategorien zur Verfügung. Aus praktischen Gründen werden nachfolgend die drei erstgenannten gemeinsam in einem Abschnitt diskutiert. Im Gegensatz dazu werden die Unterkategorien „Signalverarbeitung (SIG)“ und „Blut-Hirn-Schranke (BBB)“ separat ausgewertet.

Zusammenfassende Betrachtung von zentralem, vegetativem und somatischem Nervensystem (CNS, VNS, SNS)

Im untersuchten Frequenzbereich wurden insgesamt vier Experimente zum Nervensystem gefunden, die alle bei Frequenzen bis 10 GHz (inklusive) durchgeführt wurden. Alle Untersuchungen fallen unter „Zentrales Nervensystem CNS“ [Bise1978, Pu1997, Teng1996, Thuroczy1994]; eine Untersuchung [Teng1996] auch unter „Somatisches Nervensystem SNS“. Zuordnungen zum „Vegetativen Nervensystem VNS“ konnten nicht vorgenommen werden.

Für einige Experimente sind keine Angaben über die Modulation der Signale verfügbar; es darf aber geschlossen werden, daß es sich um kontinuierliche Signale (cw) handelt, die damit eindeutig dominieren. Kurze energiereiche Pulse stellen den zweiten bevorzugten Signaltyp dar [Bise1978, Teng1996]. Nur in einem Fall [Thuroczy1994] wurde (u.a.) eine Amplitudenmodulation verwendet. Bei den meisten Experimenten wird nur je eine Intensität der Exposition verwendet (außer [Thuroczy1994]). Mit äußerst geringen Intensitäten arbeitet [Bise1978], der Leistungsflußdichten von 10^{-8} bis 10^{-10} Watt pro Quadratmeter – im Gegensatz zu mindestens 0,1 Watt pro Quadratmeter in anderen Experimenten – angibt.

Die Exposition ist bis auf wenige Ausnahmen so gewählt, daß (nur) akute Effekte untersucht werden können. Im Gegensatz dazu exponiert [Pu1997] für eine Woche mit täglich einer Stunde.

Verweis auf andere Kategorien: Die Arbeiten von [Michaelsen1977, Mickley1997, Radziszewski1986] stellen eine Sondergruppe dar:

[Radziszewski1986] beobachtet nach einer kurzen Exposition von 5 bis 45 min für ein bis zwei Tage. und sieht Änderungen an Gewebeschnitten von Nervengewebe von Würmern, die mit der Dauer und Intensität der Exposition zunehmen. [Mickley1997] untersucht das Gehirn und sieht eine höhere Konzentrationen von Glukose-Abbauprodukten in verschiedenen Regi-

onen des Gehirns, findet aber auch, daß das Ausmaß bei konventioneller Erwärmung bei gleicher Temperatur im Vergleich zur (ebenfalls erhöhten) Temperatur unter Exposition im Ausmaß identisch ist. Beide Experimente fallen hinsichtlich der gemessenen Parameter nicht in diese Kategorie, wurden aber in dieser Zusammenstellung wegen des gemessenen Objekts (Nervengewebe) aufgenommen

Von [Michaelsen1977] wird eine Hypothese zu einem Wirkungsmechanismus aufgestellt, die sich auf Veränderungen des sympathischen und para-sympathischen Nervensystems bezieht. Entsprechend den gemessenen Parametern wird das Experiment unter „Kardiovaskuläres System (CVS)“ und „Tumor-Entstehung und -Entwicklung (TER)“ diskutiert

Objekte: Alle vier Untersuchungen wurden „in vivo“ durchgeführt und zwar an Mäusen [Pu1997], Ratten [Thuroczy1994], Kaninchen [Teng1996] und am Menschen [Bise1978].

[Teng1996] untersucht somato-sensorisch evozierte Potentiale, die am Cortex abgeleitet werden anhand von Parametern, die sich als „in vitro“-Experiment auch im Abschnitt „Signalverarbeitung (SIG)“ wiederfinden, nämlich Gesamtintensität bzw. Amplitude und Latenz des Aktionspotentials von Zellen. Die anderen Experimente sind hinsichtlich der untersuchten Parameter umfangreicher: [Bise1978], [Pu1997] und [Thuroczy1994] messen das EEG, aber auch das Wohlbefinden und kognitive Funktionen bzw. Parameter des endokrinen Systems bzw. die Körpertemperatur und kardiovaskuläre Parameter. Die nicht zum Nervensystem gehörenden Parameter dieser Untersuchungen werden separat unter den jeweiligen Kategorien diskutiert.

Das Experiment von [Bise1978] zielt vornehmlich auf die Feldwahrnehmbarkeit und auf die Entdeckung von Organen oder Strukturen im Körper, die eine Detektion von elektromagnetischen Feldern ermöglichen. Die hier diskutierten Parameter sind dagegen in seinem Experiment sekundär.

Parameter: [Teng1996] untersucht somato-sensorisch evozierte Potentiale, die am Cortex abgeleitet werden. Dabei werden Parameter gemessen, die sich auch bei den Experimenten der Kategorie „Signalverarbeitung (SIG)“, dann aber als „in vitro“-Experimente finden lassen, nämlich Gesamtintensität bzw. Amplitude und Latenz des Aktionspotentials von Zellen.

Die anderen Experimente sind hinsichtlich der untersuchten Parameter umfangreicher: [Bise1978], [Pu1997] und [Thuroczy1994] messen das EEG, aber auch das Wohlbefinden und kognitive Funktionen bzw. Parameter des endokrinen Systems bzw. die Körpertemperatur und kardiovaskuläre Parameter. Die nicht zum Nervensystem gehörenden Parameter dieser Untersuchungen werden separat unter den jeweiligen Kategorien diskutiert. Das Experiment von [Bise1978] zielt vornehmlich auf die Feldwahrnehmbarkeit und auf die Entdeckung von Organen oder Strukturen im Körper, die eine Detektion von elektromagnetischen Feldern ermöglichen. Die hier zu diskutierenden Parameter, die spektrale Intensitäten des EEG, sind dagegen in seinem Experiment eigentlich sekundär.

Beobachtung: [Teng1996] ordnet Änderungen in Amplitude und Latenz der Aktionspotentiale in seinem Experiment thermischen Effekten zu. [Pu1997] beobachtet eine Verringerung der EEG-Leistung und sieht die Ursache in der gleichzeitig konstatierten Verringerung der ATP-Konzentration im Gehirn als Maß der verfügbaren Energie. [Thuroczy1994] sieht ebenfalls Änderungen der EEG-Aktivität, allerdings in unterschiedlicher Ausprägung je nach Frequenzbereich. Er differenziert je nach Intensität der diversen verwendeten Expositionen. Deshalb spricht er sowohl von thermischen als auch von nicht-thermischen Effekten der Exposition auf die Aktivität des Gehirns. [Bise1978] sieht Veränderungen der Alpha-Komponente des EEG. Dieser Effekt tritt nur bei speziellen Frequenzen auf, was mit einem speziellen Absorptions-

verhalten und Quanteneffekten von Proteinen im Gehirn in Verbindung gebracht wird. Die Ergebnisse sind im Vergleich mit den anderen Experimenten ungewöhnlich – nicht zuletzt wegen der extrem geringen Intensität der Exposition.

Ausblick: Die umfangreiche Arbeit von [Thuroczy1994] und die Arbeit von [Pu1997] bieten sich wegen der gefundenen Ergebnisse für eine nähere Betrachtung an. Im Fall von [Bise1978] empfiehlt sich eine skeptische Durchsicht der Originalarbeit.

Signalverarbeitung (SIG)

Im untersuchten Frequenzbereich wurden insgesamt 14 Experimente zur Signalverarbeitung gefunden. Vier Arbeiten wurden bei Frequenzen bis 10 GHz (inklusive) [Liu1982, Munemori1982, 1984; Pakhomov1991], eines bei 11 GHz und 28 GHz [Pozela1987] und drei bei Frequenzen über 50 GHz [Alekseev1997, Khramov1991, Kolosova1998] durchgeführt. [Pakhomov1997, 1997a, 1997b, 1998a] arbeitet bei 41,34 GHz und bei Frequenzen zwischen 40 und 52 GHz.

Für ein Experiment wurde keine Frequenz angegeben [Yamaura1967]. Bei [Seaman1977] ist unklar, ob ein Teil der Experimente bei 1,5 oder bei 15 GHz durchgeführt wurde.

Für einige Experimente sind keine Angaben über die Modulation der Signale verfügbar; es darf aber geschlossen werden, daß es sich um kontinuierliche Signale (cw) handelt, die damit eindeutig dominieren. Kurze energiereiche Pulse werden von [Khramov1991] verwendet. Die verwendeten Intensitäten führen bei vielen Experimenten – durchaus gewollt – zu Erwärmungen.

Die Exposition wurde jeweils so gewählt, daß (nur) akute Effekte untersucht werden können. Im Gegensatz dazu exponiert [Kolosova1998] über fünf Monate und adressiert damit Langzeit-Effekte.

Objekte: Insgesamt 13 Experimente wurden „in vitro“ durchgeführt. Dabei dominieren Untersuchungen an einzelnen Nervenzellen von Fröschen [Pakhomov1997, 1997a, 1997b, 1998a], von Flußkrebse [Yamaura1967, Khramov1991, Munemori1982, 1984], aber auch Nervenzellen von Schnecken [Alekseev1997, Seaman1997], Würmern [Pakhomov1991], Herzmuskel vom Frosch [Pozela1987] und Zellen der Grünalgen [Liu1982] werden untersucht.

Den „in vitro“-Experimenten steht eine Untersuchung „in vivo“ gegenüber. Sie wurde an Ratten [Kolosova1998] durchgeführt.

Parameter: Bei den „in vitro“-Experimenten werden elektrophysiologische Parameter gemessen, wie etwa Ruhe-Potentiale, Spike-Raten der Spontanaktivität oder elektrisch evozierte Aktionspotentiale bzw. ebenso hervorgerufene Muskelspannungen. [Kolosova1998] untersucht „in vivo“ Parameter, die sich auch bei den zuvor beschriebenen „in vitro“-Experimenten finden lassen, nämlich Gesamtintensität bzw. Amplitude und Latenz des Aktionspotentials von Zellen. Dabei werden von [Kolosova1998] die Zellen zuvor geschädigt und die „Heilung“ dieser Schädigung betrachtet. Der Versuch muß dennoch nicht als „klinische oder therapeutische Anwendung“ aus dieser Betrachtung genommen werden.

Beobachtung: Es ist zunächst bemerkenswert, daß in allen 12 Untersuchungen außer bei [Liu1982] Effekte von elektromagnetischen Feldern auf die untersuchten elektrophysiologischen Parameter gefunden wurden.

Allerdings ordnen fast alle Experimentatoren die Ergebnisse thermischen Effekten zu. Dies gründet sich einerseits auf die meist hohen Intensitäten der Exposition, besonders aber auf gemessene Temperatur-Erhöhungen in den Proben oder sogar auf gleiche Befunde nach Exposition mit Wärmestrahlung oder anderes induzierter Erwärmung.

Demgegenüber berichtet [Munimori1982, 1984] in der früheren der beiden Veröffentlichungen über Effekte bei geringen Intensitäten.

Besonders interessant sind die Arbeiten von Fröschen [Pakhomov1997, 1997a, 1997b, 1998a], bei denen elektrisch evozierte Aktionspotentiale untersucht werden: Die Amplitudenverhältnisse der Antworten auf einen konditionierenden und einen nachfolgenden Test-Reiz sind z.B. in kleinen Frequenzintervallen verändert. Dies wird als athermischer Resonanzeffekt interpretiert. Die gesamte weitere Versuchsreihe dient dann der näheren Charakterisierung der gefundenen Effekte.

[Pozela1987] sieht Veränderungen der Muskelspannung von Herzmuskeln.

[Kolosova1998] findet nach einem Zeitraum von fünf Monaten, daß sich vor Versuchsbeginn erzeugte Schäden, die sich in einer verringerten Gesamtintensität des Aktionspotentials widerspiegeln, durch Exposition in stärkerem Maß normalisieren als in der Kontrollgruppe.

Ausblick: Schon aufgrund des Umfangs der Untersuchungen, aber auch wegen der Exposition mit geringen Intensitäten bieten sich die Arbeiten von [Pakhomov1997, 1997a, 1997b, 1998a] für eine nähere Betrachtung an. Dies gilt auch für [Munimori1982, 1984] wegen der gefundenen Dosis-Wirkung-Beziehung.

Insgesamt wird diese Kategorie von „in vitro“-Untersuchungen dominiert. Gleichzeitig ist erkennbar, daß die untersuchten Parameter auch über „in vivo“-Experimente erfaßt werden können. Damit ist sichergestellt, daß die Relevanzfrage im Nachgang der „in vitro“-Arbeiten tatsächlich geklärt werden kann.

Blut-Hirn-Schranke (BBB)

Es wurden zwei Arbeiten zur Blut-Hirn-Schranke gefunden. [Paulsson1979] und [Neilly1986] führte sie als „in vivo“-Untersuchung bei 3,1 bzw. 3,15 GHz durch.

[Paulsson1979] exponiert das Auge oder den ganzen Körper mit gepulsten Signalen hoher Intensität. [Neilly1986] verwendete (wahrscheinlich) kontinuierliche Signale (cw). Die Intensität war ebenfalls außerordentlich hoch (30000 W/m^2); allerdings wurde nur die linke Hirnhälfte exponiert. Beide Untersuchungen zielen auf akute Veränderungen; [Paulsson1979] untersucht auch nach kurzzeitiger Exposition auftretende Effekte.

Objekte: [Paulsson 1979] mißt an Kaninchen. [Neilly1986] führte sein Experiment an Ratten durch, die vor dem Versuch betäubt, auf eine konstante Temperatur gebracht und mit Ethanol infusiert wurden.

Parameter: Von [Neilly1986] wurde die rektale Temperatur gemessen. Außerdem wurde in einem unabhängigen Vergleichsexperiment die Hirntemperatur bestimmt. Veränderungen der Blut-Hirn-Schranke wurden mittels Färbetechnik, Präparation von Gewebeschnitten und Begutachtung der Schnitte untersucht. [Paulsson1979] identifiziert pathologische Veränderungen der Retina und der Blut-Hirn-Schranke durch Elektronen-Mikroskopie.

Beobachtung: Die Hirn-Temperatur ist gegenüber der Sham-Gruppe als Folge der Exposition deutlich erhöht, während die rektale Temperatur konstant bleibt. Die Hirntemperatur wird durch höhere Konzentrationen von Ethanol in den Versuchstieren gesenkt, was nach [Neil-

ly1986] ein bekannter Effekt des Ethanol ist. Es zeigen sich Veränderungen der Blut-Hirn-Schranke, die um so drastischer ausfallen je höher die Hirntemperatur ist. Durch die Variation der Ethanol-Konzentration kann dieser Effekt als thermisch identifiziert werden.

[Paulsson1979] sieht zwar degenerative Effekte an der Retina (die ohne Elektronen-Mikroskopie nicht detektierbar gewesen wären), aber keine Veränderungen der Blut-Hirn-Schranke.

Ausblick: Bei weiteren Experimenten zur Blut-Hirn-Schranke, die auf die Detektion möglicher athermischer Effekte zielen, muß der Temperaturfrage unbedingt Beachtung geschenkt werden.

Hauptgruppe V: Organische und zelluläre Ebene (außer neurologisches und sensorisches System, Verhalten)

Kardiovaskuläres System (CVS)

Die meisten der insgesamt 17 Experimente wurden bei Frequenzen zwischen 3 GHz und 10 GHz (9 Experimente u.a. [Frei1989, 1990, 1992], [Jauchem1984, 1988]) bzw. bei 35 GHz [Frei1995], [Jauchem1997], [Kalns2000], [Ryan1997, 1997a], einzelne Experimente bei 11 GHz und 28 GHz [Pozela1987], 42 GHz [Radziewsky1999] und 94 GHz [Jauchem1999] durchgeführt. Vier Autoren nutzten gepulste Signale, typisch 1-2 µs lang mit Wiederholraten von 250-1000 Hz oder sowohl kontinuierliche (cw) als auch gepulste Signale. Die Mehrzahl der Experimente wurde ausschließlich mit kontinuierlicher Exposition durchgeführt. Anders als bei anderen Kategorien werden hier die Intensitäten der Exposition oft so hoch gewählt, daß nicht nur thermische Effekte auftreten. Sie stehen vielmehr im Zentrum der Untersuchungen. Im Gegensatz dazu adressieren [Liu1976] und [Thuroczy1994] athermische Intensitätsbereiche.

Objekte: Bis auf zwei Untersuchungen ([Liu1979] und [Pozela1987]) wurden alle Experimente „in vivo“ durchgeführt, was wegen der Kategorie „CVS“ nicht weiter verwundert. Die Objekte der Untersuchungen waren fast immer Ratten, meist männliche oder weibliche Sprague-Dawley Ratten. Im Gegensatz dazu untersuchen [Liu1976] und [Pozela1987] Frösche, [Michaelson1977] Hunde und [Radziewsky1999] Menschen. Meist wurde das gesamte Objekt exponiert, außer bei [Liu1976], der Herzen von Fröschen „in vivo“ und „in vitro“ untersucht und bei [Pozela1987]. [Michaelson1977] und [Thuroczy1994] exponieren den Kopf, [Radziewsky1999] den Brustbereich.

Parameter: Herzfrequenz, Blutdruck in den Arterien und die Atemfrequenz wurden – wie bei dieser Kategorien nicht anders zu erwarten – in praktisch jedem Experiment gemessen. In vielen Experimenten wurde zusätzlich die Temperatur an verschiedenen Stellen des Körpers bestimmt, etwa unter der Haut nahe beim Sender, an der dem Sender abgewandten Seite des Körpers, oder rektal, also im Darm (als Maß für die Körperkerntemperatur). Dabei dienten diese Messungen im Regelfall nicht allein der Temperaturkontrolle, sondern stellten eine wesentliche Zielgröße dar [Frei1989, 1990, 1992, 1995; Jauchem1984, 1988, 1997, 1999; Michaelson1977, Ryan1997, 1997a]

[Thuroczy1994] mißt bei Experimenten vornehmlich das EEG, REG u.ä. und nur nebenbei die Herzfrequenz. Auch bei [Radziewsky1999] ist die Messung von Herzfrequenz und Blutdruck sekundär. [Liu1976] betrachtet hingegen ausschließlich die Herzfrequenz. [Pozela1987]

bestimmt die elektrisch evozierte Kontraktion von Herzmuskelstücken. [Kalns2000] untersucht die Konzentration von 3-Nitrotyrosin in verschiedenen Organen.

Beobachtung: Tiere wurden in den Experimenten von [Frei1989, 1990, 1992; Jauchem1984, 1988, 1997; Michaelson1977, Ryan1997] so lange exponiert, bis der damit verbundene Temperaturanstieg zu Reaktionen des Kreislaufs, etwa in Form von Veränderungen der Herzfrequenz, des Blutdrucks u.ä. führte. Diese Änderungen waren zunächst reversibel, was durch eine intermittierende Exposition mit dazwischenliegenden „Abkühlphasen“ festgestellt wurde. Ab einer gewissen Grenze des Energieeintrags führt die Exposition zum Zusammenbruch des Kreislaufs [Frei1995, Jauchem1988, 1997, 1999; Ryan1997; 1997a], der als Element der Thermoregulation aktiviert wurde. Es tritt der Tod der Versuchstiere ein. In den einzelnen Studien wurde auch festgestellt, daß auch eine lokale Temperaturerhöhung zum Kreislaufzusammenbruch führen kann, obgleich die Körperkerntemperatur kaum tangiert ist.

[Posela1997] sieht Änderungen im Kontraktionsverhalten von Frosch-Herzmuskeln. Die mechanische Spannung der exponierten Muskeln fällt zunächst leicht, steigt dann um 20-50%, um nach der Exposition wieder auf den Startwert abzusinken. Der Autor identifiziert so einen athermischen Effekt. [Thuroczy1994] kann bei seinen Experimenten bei geringen Intensitäten keinen Effekt feststellen. Dies gilt auch für [Liu1976].

Ausblick: Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt bei der Interaktion von Temperaturanstieg und Verhalten des Kreislaufs. Dadurch spielen Experimente bei athermischen Intensitäten nur eine nachgeordnete Rolle. Dies könnte den Blick auf wichtige Erkenntnisse bislang verstellt haben.

Endokrines System (END)

Zum Hormonsystem wurden keine Experimente im hier betrachteten Frequenzbereich gefunden.

Hämopoetisches System (HCS)

Im untersuchten Frequenzbereich wurden insgesamt 13 Arbeiten zum blutbildenden System gefunden. Je eine Arbeit wurde bei 3 GHz [Shao1989], 3,3 GHz [Kossler1981], 9,31 GHz [McAfee1985], bei 24 GHz [Michaelson1971], bei 34 GHz [Rotkovska1993], bei 51,5 GHz [Litvinov1994] und bei 42,19 bzw. 53,53 GHz [Kouzmanova1997] durchgeführt. Bei 53,57 GHz arbeitet [Kuzmanova1994]. [Jensh1984, 1997] mißt bei 6 GHz, [Liddle1980, 1986] bei 9 GHz. [Petersen1979] verwendet den Frequenzbereich von 12,5 bis 18 GHz. Offensichtlich wurde kein spezieller Frequenzbereich durch die Experimentatoren bevorzugt.

Bei den Experimenten wurde überwiegend eine Exposition mit kontinuierlichen Signalen (cw) gewählt; im Gegensatz dazu arbeiten [McAfee1985], [Liddle1980, 1986] und [Peterson1979] mit kurzen, energiereichen Pulsen und [Kouzmanova1997] mit frequenzmodulierten Signalen der Bandbreiten 50 und 100 MHz. Zusätzlich zur Exposition mit elektromagnetischen Feldern verwendet [Kouzmanova1997] auch ionisierende Strahlung.

[Rotkovska1993] verwendet geringe Leistungsflußdichten von $0,2 \text{ W/m}^2$, die von einem kommerziellen Radargerät erzeugt werden; die Leistungsflußdichten der anderen Experimente sind typischerweise 2 bis 4 Größenordnungen darüber. Neben akuten Expositionen treten auch kurzzeitige [Jensh1984, 1997; Liddle 1980, 1986; Rotkovska1993] und chronische Applikationen [Kossler1981, McAfee1985] auf, die sich auf 3 bzw. 8 Monate erstrecken.

Verweis auf andere Kategorien: Die Experimente von [Kuzmanova1994] und [Kouzmanova1997] (Anmerkung: es handelt sich dabei um ein und denselben Experimentator) erfaßt kurzzeitige Effekte, befaßt sich aber nicht direkt mit dem „Blutbildenden System“, sondern mit dem Stoffwechsel von roten Blutkörperchen.

Objekte: Die Experimente werden vornehmlich „in vivo“ an Mäusen, Ratten, Affen und Hunden durchgeführt. Im Gegensatz dazu führen [Litvinov1994] und [Peterson1979] „in vitro“-Experimente durch: dazu wird das Blut von Kaninchen und Menschen [Litvinov1994, Peterson1979] untersucht.

Parameter: Die gemessenen Parameter sind zunächst der Erfassung des „Blutbildes“ zuzurechnen: So werden die Zahl der Leukozyten, Erythrozyten und sog. Blutplättchen sowie die Konzentration von Hämatokrit, Hämoglobin und Hämagglutinin u.ä. bestimmt [Jensh1984, 1997; Kossler1981, Liddle1980, 1986; McAfee1985, Peterson1979, Piana1981, Roskovska1993, Shao1989]. [Litvinov1994] untersucht die Änderungen der optischen Brechzahl mittels Interferenz an verdünnten Blutproben, [Kouzmanova1997] die Zahl der Myelozyten, die aus dem Knochenmark von Tieren gewonnen wurden.

Beobachtung: [Peterson1979] stellt eine drastisch veränderte Hämoglobin-Konzentration in Blutproben von Kaninchen in Abhängigkeit von der durch die Exposition erzeugten Temperaturerhöhung fest. Gleiche Beobachtungen ergeben sich bei „konventioneller“ Erwärmung. Im Gegensatz dazu verändert sich die Hämoglobin-Konzentration bei menschlichem Blut selbst bei Temperaturerhöhungen von 12° C nicht. [Litvinov1994] sieht Änderungen der Eigenschaften von menschlichem Blut, konkret der optischen Brechzahl. Dies kann auch auf rein physikalischen Ursachen beruhen, etwa einer Änderung der molekularen Struktur des Wassers im Blut oder in der Umgebung von Partikeln im Blut.

[Roskovska1993] sieht eine reduzierte Zahl von Leukozyten und Granulozyten bei Mäusen. [McAfee1985] findet signifikante Veränderungen der Zahl der roten und weißen Blutkörper bei chronisch exponierten Affen, [Kossler1981] keine Änderungen bei chronischer Exposition von Mäusen, die allerdings bei erheblich geringerer Intensität durchgeführt wurden. Auch [Jensh1984, 1997] sieht bei Experimenten zur Teratogenität keine Veränderung von Hämatokrit- und Hämoglobin-Werten.

Ungewöhnlich ist die Beobachtung von [Kouzmanova1997]: Die Zahl von Myelozyten ist unter Exposition bei 42,19 und 53,53 GHz leicht erhöht und bei Exposition mit ionisierender Strahlung drastisch reduziert. Wird vor der Exposition mit ionisierender Strahlung ein elektromagnetisches Feld appliziert, ist die Reduktion der Zahl der Myelozyten weitaus geringer als bei reiner Exposition mit ionisierender Strahlung. [Kouzmanova1997] diskutiert deshalb einen schützenden Effekt einer Exposition mit Millimeter-Wellen.

[Shao1989] berichtet von einer Aktivierung des Immunsystems, die sich in gesteigerten Hämagglutinin-Werten als Antwort auf die Injektion fremder Blutzellen (und der Exposition) ergibt.

Das berichtet auch [Liddle1980, 1986]: Bei seinem ersten Experiment bei höheren Intensitäten der Exposition (Leistungsflußdichte 100 W/m²) ist der Hämagglutinin-Wert höher nach Exposition. Rote und weiße Blutkörperchen, Hämoglobin, Hämatokrit ändern sich nicht. Bei um einen Faktor 10 verringerter Intensität der Exposition sieht [Liddle1986] dann keine Unterschiede zwischen exponierter und schein-exponierter Gruppe.

Immunsystem (IMM)

Von den insgesamt 13 Experimenten wurden die meisten im Bereich 3 GHz bis 10 GHz durchgeführt. [Rotkovska1993] arbeitet bei 34 GHz, [Korpan1994] bei 37 GHz, [Logani1999] bei 42,2 GHz und 53,6 GHz, [Rojavin1997] bei 61,22 GHz und [Fesenko1999] sowie [Novoselova1999] breitbandig zwischen 8,15 GHz und 18 GHz. [Kouzmanova1997] wählt als Expositionsfrequenz fast identische Frequenzen wie [Logani1999], exponiert aber zusätzlich mit ionisierender Strahlung.

In mehr als der Hälfte der Experimente werden kontinuierliche Signale (cw) genutzt, die von [Fesenko1999, Korpan1994, Kossler1981, Rojavin1997, Rotkovska1993] intermittierend über mehrere Tage appliziert werden. Auch alle Experimente mit gepulster Exposition (typische Pulsbreite 1 μ s) [Liddle1980, 1986; Shao1989, Veyret1991] werden intermittierend durchgeführt. Eher ungewöhnlich sind frequenz-modulierte Signale [Kouzmanova1997]. Die Expositions-Intensitäten waren so gewählt, daß sie sich überwiegend im athermischen Bereich bewegen.

Anmerkung: Die Abstracts zu dieser Kategorie sind hinsichtlich der Qualität oft deutlich schlechter als in anderen Kategorien. Es kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, daß dies auch mit der Qualität der Veröffentlichung selber korrespondiert. Die nachfolgende Zusammenfassung ist aber mit größeren Unschärfen als in den anderen Kategorien behaftet.

Objekte: Fast alle Experimente wurden „in vivo“ durchgeführt, außer die Arbeiten von [Dasdag1998, Rojavin1997] und mutmaßlich von [Fesenko1999, Novoselova1999]. In allen Untersuchungen wurde an Tieren experimentiert: Außer Kaninchen [Korpan1994, Szmi-gielski1975] und Ratten [Dasdag1998, Kouzmanova1997] werden ausschließlich Mäuse eingesetzt. Allgemein wurde eine Ganz-Körper-Exposition gewählt, nur [Korpan1994] exponiert Wunden in der Haut von Kaninchen, während [Rojavin1997] den Bereich um die Nase von Mäusen den höchsten Intensitäten aussetzt.

Parameter: Häufige Parameter sind die Zahl von Makrophagen, T-Lymphozyten, T-Zellen oder IgM- bzw. IgG-Antikörpern. Eine Ausnahme ist [Korpan1994], der die Schnelligkeit der Wundheilung von septischen und aseptischen Wunden betrachtet. Diese Arbeit liegt im Grenzbereich zu medizinischen Anwendungen, wurde aber hier wegen der verwendeten immunologischen Tests mitbetrachtet.

Neben der Exposition mit elektromagnetischen Feldern werden in vielen Experimenten auch Untergruppen gebildet, in denen Infektionen erzeugt oder Expositionen und Scheinexpositionen mit Chemikalien durchgeführt werden. Durch diese Präparierungen soll das Immunsystem offensichtlich vor eine Herausforderung gestellt werden. Man betrachtet dann die Auswirkung von EMF auf diese dynamische Situation.

Beobachtungen: In fast allen Experimenten werden Veränderungen des Immunsystems durch die Exposition festgestellt. In den meisten Fällen wird dessen Aktivierung beschrieben [Dasdag1998, Fesenko1999, Kossler1981, Kouzmanova1997, Liddle1980, Novoselova1999, Rojavin1997, Shao1989], in wenigen Fällen von seiner Schwächung [Rotkovska1993]. [Veyret1991] sieht in Experimenten mit amplitudenmodulierten Signalen in Abhängigkeit von der Modulationsfrequenz eine Stärkung oder auch Schwächung der Immunantwort. Nur [Kossler1981] und [Liddle1986] finden keine Effekte.

In zwei Experimenten zeigt [Liddle1980, 1986], daß ein bei einem SAR-Wert von ca. 4 W/kg gefundener Effekte bei 0,4 W/kg nicht mehr auftritt. [Kouzmanova1997] berichtet über die schützende Wirkung einer EMF-Exposition vor Schäden durch ionisierende Strahlung. Nach

[Rojavin1997] gleicht die Exposition die die Immunantwort unterdrückende Chemikalie Cyclophosphamid aus.

Ausblick: Es ist augenfällig, daß in fast allen Experimenten Effekte der Exposition auf das Immunsystem berichtet werden und zugleich die Qualität der Abstracts auffällig gering ist. Für ein genaueres Bild sind die Originalveröffentlichungen in diesem Fall nötig. Außerdem kann es hier hilfreich sein, einen Experten nach einer Einschätzung zu den untersuchten Parametern und den berichteten Effekten zu befragen.

Zell-Funktion (CEF)

Für die Betrachtung der Zell-Funktion steht neben der Kategorie „CEF“ auch die Unterkategorie „Membranfunktion und Ionenkonzentration (BMP)“ zur Verfügung. Letztere stellt eine Untermenge von „Zell-Funktion (CEF)“ dar. Experimente, die unter „BMP“ fallen werden nachfolgend nicht mehr unter „CEF“ diskutiert, um eine doppelte Betrachtung zu vermeiden.

Zell-Funktion (CEF) ohne „BMP“

In dieser Kategorie werden in 25 Experimenten Fragen der Beeinflussung der Zellfunktion angesprochen, die sich nicht direkt auf Membran-Funktionen oder Ionen-Konzentrationen beziehen (die gehören in die Unterkategorie „Membranfunktion und Ionenkonzentration (BMP)“).

Typisch sind Experimente zur Virus-Vermehrung unter Exposition, Kolonie-Bildung von *Escherichia coli* Bakterien, zur Dynamik von Mikrotubuli, Virulenz von Bakterien, zur Protein- und ATP-Synthese, zur ATP-Konzentration, zu Konformationsänderungen bei Chromatin, zur Aminosäuren-Konzentration in Zellen und zu elektrokinetischen Eigenschaften von Zellkernen.

Eine genauere Betrachtung dieser heterogenen Kategorie war im Rahmen der zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht möglich.

Membranfunktion und Ionenkonzentration (BMP)

Es wurden 17 Experimente zur Membranfunktion und Ionenkonzentration von Zellen gefunden. Zwei Arbeiten wurden zwischen 3 und 4 GHz durchgeführt [Liu1979, 1982; Szmi-gelski1977b], weitere fünf bei Frequenzen bis 10 GHz [Cleary1982, dInzeo1988, Morozov1995, Sandblom1991, Yova1984] und eine Arbeit (u.a.) bei 35 GHz [Melnick1982]. [Gokhale1985] arbeitete bei sehr verschiedenen Frequenzen, u.a. im Bereich 5 bis 11 GHz. [Petersen1979] verwendet den Frequenzbereich von 12,5 bis 18 GHz. Fünf Arbeiten wurden bei Frequenzen über 40 GHz bis zu 75 GHz durchgeführt [Alekseev1995, 1999; Geletyuk1995, Kazbekov1987, Melnick 1982].

Die meisten Untersuchungen wurden mit kontinuierlichen Signalen (cw) durchgeführt; [Sandblom1991] und [Petersen1979] arbeitet hingegen mit gepulsten Signalen, [Alekseev1995, Cleary1992, Gokhale1985, Liu1982] verwenden sowohl kontinuierliche (cw) als auch gepulste Signale und [Liu1982] zusätzlich auch amplitudenmodulierte Signale. Die Intensitäten der Exposition sind regelmäßig so gewählt worden, daß Temperaturerhöhungen nicht zu vermeiden waren; allerdings heißt das nicht, daß athermische oder nicht-thermische Effekte in diesen Experimenten nicht adressiert werden können. In den Experimenten werden ausschließlich akute Effekte untersucht.

Verweis auf andere Kategorien: Von [Kuzmanova1994] wird eine Hypothese zu einem Wirkungsmechanismus aufgestellt, der sich auf Ladungsänderungen auf der Zelloberfläche und damit der Membran bezieht. Das Experiment wird unter „Zell-Funktion (CEF)“ diskutiert. Ähnlich ist es bei [Belyaev1992c], der die Membran als Ort einer elektromagnetischen Verstärkung sieht (Details unter „Mutation (GEN)“).

Objekte: Die Experimente wurden überwiegend „in vitro“ durchgeführt. Nur [Morozov1995] arbeitet „in vivo“. Bei [Kazbekov1987] wurde teilweise unter „in vitro“- , teils unter „in vivo“- Bedingungen gearbeitet, wobei allerdings die vorliegenden Informationen eine klare Trennung nicht zulassen. Ein Spezifikum der Kategorie „Membranfunktion und Ionenkonzentration“ sind Experimente bei denen mit künstlichen Membranen gearbeitet wird. Sie wurden durchgängig sowohl dieser Kategorie als auch der Kategorie „Physikalische Experimente (PHY)“ zugeordnet.

Bei den „in vitro“-Experimenten im engeren Sinn wurde überwiegend an einzelnen Zellen gearbeitet, die pflanzlichen [Gokhale1985, Liu1982], menschlichen [Szmigelski1977] oder tierischen Ursprungs sind. „in vivo“ wurde mit Bakterien gearbeitet [Kazbekov1987, Morozov1995]. Dabei ist generell auffällig, daß keine Präferenz auf einem bestimmten Objekt erkennbar ist – was der Universalität der Zellmembran und ihrer fundamentalen Eigenschaften auch entspricht. Die Objekte – seien es einzelne Zellen oder ganze Organismen – wurden komplett dem elektromagnetischen Feld ausgesetzt.

Parameter: Wie erwartet, treten bei den verschiedenen Experimenten immer wieder gleiche Meßparameter auf, ohne daß allerdings alle diese Parameter in jedem Experiment gemessen wurden. In vielen Experimenten wurden Ströme über der Membran gemessen, aus denen dann teilweise auch die Kapazität und Leitfähigkeit der Membran berechnet wurde. Differenzierungen ergeben sich durch die Erfassung bestimmter Ionen, etwa als Kalzium- oder Kalium-Ionenströme. Bei entsprechender Zeitauflösung ist zusätzlich die Öffnungszeit und – wahrscheinlich von Ionenkanälen einer Messung zugänglich. [Liu1979] erfaßt neben anderen Parametern die osmotische Stabilität von Membranen; [Morozov1995] die Permeabilität der Zellmembran. [Gokhale1985, Liu1982] messen (u.a.) das Ruhepotential der Membran.

Beobachtung: Bis auf die Untersuchungen von [Gokhale1985, Liu1982] zum Membranpotential an Algen und [Liu1979] zum Kalium-Efflux, zur Permeabilität für Hämoglobin und zur osmotischen Stabilität wurden in allen Experimenten Effekte des elektromagnetischen Feldes gefunden.

[Alekseev1999] sieht bei seinen Experimenten bei unterschiedlichen (thermischen) Expositionsbedingungen Effekte auf Kalzium- und Kalium-Ionenströme. [Kazbekov1987] findet dies bei Kalium- und Wasserstoff-Ionen, kann aber vergleichbare Ergebnisse auch mit konventioneller Erwärmung erzeugen. Die gilt auch für [Peterson1979], der drastisch veränderte Kalium-Konzentration in Blutproben von Kaninchen in Abhängigkeit von der durch die Exposition erzeugten Temperaturerhöhung feststellt. Gleiche Beobachtungen ergeben sich bei „konventioneller“ Erwärmung. Im Gegensatz dazu verändert sich die Hämoglobin-Konzentration bei menschlichem Blut selbst bei Temperaturerhöhungen von 12° C nicht.

[Melnick1982] findet Effekte auf den Kalzium-Ionenstrom bei Mitochondrien erst bei thermisch wirkender Exposition. Auch [Cleary1982] sieht Änderungen des Kalzium-Efflux bei Blut-Suspensionen, ohne allerdings thermische Effekte als Erklärung für ausreichend anzusehen. [Morozov1995] vergleicht Expositionen mit elektromagnetischen Feldern und konventionell zugeführter Wärme und interpretiert größere Effekte unter EMF-Exposition als einen nicht-thermischen Anteil.

[Gelelyuk1995] betrachtet einzelne Ionenkanäle und sieht eine Verringerung der Öffnungswahrscheinlichkeit. Der Effekt wird vom Autor als athermisch angesehen. Auch [dInzeo1988] untersucht spezielle Ionenkanäle. Auch er sieht neben anderen athermischen Effekten eine Reduktion der Öffnungswahrscheinlichkeit und schließt Fehlermöglichkeiten zugleich aus.

[Szmigielski1977] findet eine reduzierte Thymidin- und Glycin-Aufnahme der Zellen. Außerdem wird der Einfluß von toxisch auf die Zell-Membran wirkenden Stoffen (Digitonin, bestimmte Bakterien) durch EMF verstärkt. Beides mag aber an Temperaturerhöhungen liegen.

Bei den physikalischen Modellsystemen für Membranen treten bei [Yova1984] Änderungen der Durchlässigkeit der Membran auf. [Sandblom1991] sieht eine Reduktion der Lebenszeit von Ionenkanälen, die zwar in der Größenordnung liegt, wie sie für thermische Effekte erwartet wird. Anhand der Kinetik der Bildung der Kanäle berichten die Autoren aber einen zusätzlichen athermischen Effekt. [Alekseev1995] sieht bei hinsichtlich der verwendeten Expositionen sehr breit angelegten Studie Änderungen der Kapazität und Leitfähigkeit der Membranen, die reversibel ist. Diese Effekte werden auf thermische Wirkungen zurückgeführt. Insbesondere wird Wert auf die Feststellung gelegt, daß keine Resonanzen gefunden wurden.

Ausblick: Bei den „biologischen“ Systemen ist die Untersuchung bei geringen Intensitäten der Exposition bislang nachrangig betrachtet worden. Hier könnte mit Messungen an Modellmembranen gleichgezogen werden, die mehrheitlich athermische Effekte suggerieren, aber grundsätzlich mit dem Mangel behaftet sind, ein biologisches System nur nachzubilden. Hier gilt es, dieselben Parameter auch am biologischen System zu messen.

Enzymaktivität (ENA)

In dieser Kategorie wurden insgesamt 15 Arbeiten identifiziert. Eine genauere Betrachtung war im Rahmen der zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht möglich.

Morphologie & Pathologie (EOR)

Von den insgesamt 5 Experimenten wurden die meisten im Bereich 3 GHz bis 10 GHz durchgeführt. [Rotkovska1993] arbeitet bei 34 GHz. Bei allen Experimenten werden kontinuierliche Signale (cw) genutzt, die akut [Pickard1979], kurzzeitig [Jensh1997, Radziszewski1986, Rotkovska1993] oder kurzzeitig bis chronisch [Jensh1994a] appliziert wurden.

Objekte: Alle Experimente wurden „in vivo“ durchgeführt. In allen Untersuchungen wurde an Tieren experimentiert: Außer Ratten [Jensh 1994a, 1997] wurden Mäuse [Rotkovska1993], Würmer [Radziszewski1986] und Puppen des Mehlkäfers [Pickard1979] verwendet. Allgemein wurde eine Ganz-Körper-Exposition gewählt.

Parameter: Es wurden – wie üblich – der ganze Körper, Organe oder Gewebeschnitte auf sichtbare Veränderungen überprüft.

Beobachtungen: [Rodkovska1993] sieht keine Veränderungen an Hornhaut des Auges. Im Gegensatz dazu stellt [Radziszewski1986] Veränderungen des Gewebes fest (die aber auch thermisch hervorgerufen sein könnten). [Pickard1979] berichtet von morphologischen Abnormalitäten und hält teratogene Effekte für denkbar. [Jensh1994a, 1997] berichtet von keinen morphologischen Veränderungen an Organen.

Ausblick: Die hier zusammengetragenen Experimente lassen die Frage von morphologischen oder pathologischen Effekten durch eine Exposition ungeklärt.

Hauptgruppe VI: Andere Effekte

Hyperthermie (HTM)

Die 12 Experimente dieser Kategorie sind im Rahmen dieser Untersuchung nicht relevant, weil medizinische Anwendungen beschrieben werden.

Temperatur (TMP)

12 Experimente, bei denen eine Temperaturmessung nicht zur Kontrolle oder zur Klärung experimenteller Randbedingungen eingesetzt wurde, sondern hinsichtlich des Umfangs der Messungen oder ihrer Interpretation der Parameter „Temperatur“ eine zentrale Bedeutung hat, werden in dieser Kategorie erfaßt.

Diese Kategorie ist im Rahmen dieser Untersuchung nicht vordringlich relevant, weil hier Effekte beschrieben werden, die erst deutlich oberhalb der bestehenden Grenzwerte einsetzen. Außerdem wurden alle Experimente, die in diese Kategorie fallen, bereits in anderen Kategorien, meist „Kardiovaskuläres System CVS“, beschrieben.

Elektrosensitivität (HYP)

[Harvalik1978] untersucht an 13 Probanden mit sehr breitbandigen Messungen zwischen 40 MHz und 6 GHz die Fähigkeit ein elektrisches Feld wahrzunehmen (und zwar in Form eines „Müdigkeitsempfindens“. Dazu wird die Expositionsintensität vom „Mikrowatt“- bis in den „Milliwatt“-Bereich erhöht. Alle Probanden sind in der Lage die Exposition zu spüren. Werden der Kopf oder die Nieren mit Metall von dem sehr fokussierten Strahlungsbereich der Antenne abgeschirmt, verschwindet der Effekt. Deshalb nimmt [Harvalik1978] an, daß magnetische Sensoren in diesen Organen existieren.

Sollte diese Untersuchung auf einem vernünftigen wissenschaftlichen Niveau durchgeführt worden sein, sind entsprechende Hinweise nicht in das Abstract integriert worden.

Implantate (IMP)

In der einzigen im untersuchten Frequenzbereich gefundenen Arbeit berichtet [Bonney1973] von den Auswirkungen einer gepulsten 3 GHz-Exposition auf Herzschrittmacher. Details liegen wegen des fehlenden Abstract-Textes nicht vor.

Chemie (CHE)

Die 12 Arbeiten dieser Kategorie sind nicht vordringlich relevant. Eine Arbeit adressiert Mikrowellen-Chemie: [Zijlstra1995], bei der Reaktionsprodukte nach einer Exposition in einem Mikrowellenofen betrachtet werden.

[Daralhon1985] betrachtet Parameter der dielektrischen Absorption und der Dynamik von Flüssigkeiten, [Edwards1984, Foster1987, Gabriel1987a, 1989, Swicord1982, 1983a; Takashima1984] untersuchen die Mikrowellenabsorption von DNA, [Foster1984] für wässrige Lösungen.

[Sagripanti1987] sieht im Zusammenhang mit DNA-Doppelstrangbrüchen einen Einfluß von Kupfer-Ionen.

Die Untersuchung von [Fesenko1995a] ist vielleicht die ungewöhnlichste in diesem Frequenzbereich: [Fesenko1995a] exponiert ein Kulturmedium bei 42,25 GHz, das danach als Nährboden für eine Zell-Kultur dient (Vero-Zellen aus Nieren von Affen). An diesen Zellen

wird die Ionenkanal-Öffnungswahrscheinlichkeit unter verschiedenen Randbedingungen gemessen: Das Kulturmedium nimmt durch die Exposition neue Eigenschaften an ("solution memory"), die für 10 bis 15 min anhält. Es handelt sich um ein rein chemisches Experiment, das ein biologisches System als Meßprobe nutzt, aber zugleich eine biologische Relevanz hat.

Physik (PHY)

Es liegen 15 Arbeiten in dieser Kategorie vor. Davon ist die Arbeit von Sit'ko [ko1998] die einzige, die nicht auch in andere Kategorien einsortiert wurde: Sit'ko mißt das Absorptionsverhalten und – gemäß Abstract – auch Mikrowellen-Emissionen von „some objects“. Nur die Originalarbeit kann hier zu einem Urteil über dieses Experiment führen.

[Olsen1983a] bestimmt den Schalldruck im Kopf von Katzen und Meerschweinchen (über ein chirurgisch implantiertes Mikrofon) und mißt die Signalform des Schallsignal bei Expositionen, die beim Menschen Mikrowellen-Hören erzeugen. [Alekseev1995, Sandblom1991, Yova1984] erzeugen Lipid-Doppelschichten als Modell einer biologischen Membran (Detail in der Kategorie „Membranfunktion und Ionenkonzentration (BMP)“).

Die Arbeiten von [Daralhon1985, Edwards1984, Foster1984, 1987; Gabriel1987a, 1989, Sagripanti1987, Swicord1982, 1983a; Takashima1984, VanZandt1982] wurden bereits unter der Kategorie „Chemie (CHE)“ kurz erwähnt. Die untersuchten Parameter liegen im Grenzbereich zwischen Physik und Chemie und sollen hier nicht wiederholt werden.

Insgesamt ist die Relevanz dieser Kategorie – isoliert für sich – gering.

Diskussion & Ausblick

Allgemeines

EMVU-Datenbanken und ihre Bedeutung: Für die Risiko-Analyse und Risiko-Kommunikation, für die Identifizieren von Lücken im wissenschaftlichen Kenntnisstand und für die Durchführung von Forschungsprojekten ist eine möglichst genaue Kenntnis des wissenschaftlichen Sachstandes zur EMVU unerlässlich. Dieser Sachstand dokumentiert sich im wesentlichen in wissenschaftlichen Veröffentlichungen in Journalen, Büchern, auf Tagungen etc. Aufgrund dieser Diversifizierung der Veröffentlichungsmedien, wegen des globalen Charakters der Forschung und schließlich auch bedingt durch die Anzahl von Veröffentlichungen ist ein Überblick ohne zusätzliche technische Hilfsmittel nicht möglich. In elektronischen Datenbanken werden Veröffentlichungen in Form von Zitaten zusammengetragen.

Vollständigkeit von Datenbanken: Um ihrem Anspruch und Zweck gerecht zu werden, muß man von Datenbanken zunächst verlangen, daß sie für ihren Zielbereich (nahezu) komplett sind. Von den drei hier betrachteten Datenbanken wird dem nur die EMF-Databse gerecht. Dennoch zeigte sich im Rahmen dieser Analyse, daß auch dieser Datenbank Einträge in der Größenordnung von 5 % fehlen, die durch PubMed hinzugefügt werden können. Somit stellt erst die Zusammenführung der Inhalte der einzelnen Datenbanken eine adäquate Basis für diese Analyse des Wissensstands dar.

Bedeutung der Wiederauffindbarkeit: Es ist – nicht zuletzt wegen des damit verbundenen Arbeitsaufwands – naheliegend, daß beim Aufbau einer Datenbank zunächst (und in manchen Fällen sogar auf Dauer) die Stückzahl der Einträge die wesentliche Kenngröße ist. Spätestens dann, wenn die Zahl der Einträge so groß geworden ist, daß ein Ausdrucken der Datenbank und Lesen der Datenbank nicht mehr praktisch möglich ist (das gilt für alle drei hier als Basis der Analyse verwendeten Datenbanken), kommt der „Rückgewinnung“ der Daten aus der Datenbank eine entscheidende Bedeutung zu. Es müssen dabei von den Datenbanken Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden, um die folgenden Aufgaben von wachsender Komplexität zu lösen:

- Daten finden, die der Anwender kennt oder zu denen ein Kontext in Form eines Stichwortes bekannt ist (Lösung: Volltextsuche)
- Daten finden, die der Anwender nicht kennt, und sicherstellen, daß keine Daten übersehen werden (Lösung: Zerlegung der Datenbank in ein vollständiges, ggf. hierarchisches System von Kategorien; ggf. mehrere derartige Systeme entsprechend dem Kenntnisstand und der Interessenlage der Anwender)
- Nur diejenigen Daten präsentieren, die für den Anwender relevant sind (Lösung: unbekannt!)

Realisierung der Wiederauffindbarkeit: Während die Volltextsuche in allen drei Datenbanken realisiert ist, finden sich Systeme von Kategorien nur in der PubMed und der WBLDB. Das System der PubMed ist aber für EMVU-Fragen deutlich zu unspezifisch und durch gewachsene Veränderungen teilweise inkonsistent. Die „Profile“ der WBLDB können – einen entsprechenden Umbau der Datenbank vorausgesetzt – in Zukunft in ein konsistentes System von Kategorien übergehen. Heute können sie diesem Zweck nicht dienen (die Profile waren dafür auch nicht gedacht). Bei der Auswahl von relevanten Daten unterstützen die EMF-Databse und die PubMed den Anwender nicht. Die WBLDB verfolgt im Gegensatz da-

zu das Ziel, dem Anwender nur qualitativ hochwertige Informationen zur Verfügung zu stellen. Deshalb werden vordringlich Arbeiten aus Journalen in der Datenbank zitiert, die einem Begutachtungsprozeß durch Fachleute unterlagen.

Filterung nach Relevanz und damit verbundene Fehler: Bei jeder Filterung nach Relevanz kommt der Bestimmung des (mutmaßlichen) Anwenderwunschs und der Umsetzung dieses Wunschs in der Datenbank eine entscheidende Bedeutung zu. Weil der Anwender nicht mehr den gesamten Datensatz präsentiert bekommt, auf den ein Suchbegriff paßt, dürfen die fehlenden Artikel für den jeweiligen Anwender nicht mehr von Bedeutung sein. Fast immer muß schon in der Frühphase der Entwicklung einer Datenbank eine entsprechende Auswahl der Daten getroffen werden (vgl. WBLDB) bzw. die Strukturen dafür angelegt werden. Die Erfolgs- oder Trefferquote einer Datenbank wird dann auch von den unausgesprochenen Folgen dieser Entscheidungen abhängen und kann später meist nur noch mit gewaltigem Aufwand korrigiert werden (Beispiel für eine unausgesprochene Randbedingung bei der WBLDB: Ergebnisse, die in peer-review-Journalen veröffentlicht werden, müssen tatsächlich – nicht eben nur mutmaßlich – besser als andere sein. Ob das tatsächlich so ist, wird erst beim Bewertungsprozeß der WBLDB beantwortet werden können).

Es muß aber festgehalten werden, daß die Filterung nach Relevanz im Grunde eine unabdingbare Voraussetzung für eine moderne Datenbank ist. Wegen der allgegenwärtigen „Informationsflut“ werden andere Datenbanken zu reinen „Write Only“-Datenbanken, aus denen ein Anwender keinen Nutzen ziehen kann. Konzepten, wie sie in der WBLDB umgesetzt werden, gehören die Zukunft.

Anforderungen an Gutachten zum Kenntnisstand zur EMVU: Um den Kenntnisstand zur EMVU im allgemeinen oder auf einem speziellen Teilgebiet einer Begutachtung zu unterziehen, ist – unabhängig von den drei oben genannten oder auch anderen Zwecken – stets eine auf dem Teilgebiet vollständige Datenbank (oder –Basis) notwendig. Außerdem muß die Frage der Wiederauffindbarkeit der Daten gelöst werden. Schließlich ist sicherzustellen, daß dem Leser des Gutachtens die Möglichkeit eingeräumt wird, jeden einzelnen Schritt der Analyse nachvollziehen und in seiner Qualität einschätzen zu können. Dieser Transparenz kommt bei allen Gutachten zur EMVU entscheidende Bedeutung zu, weil die Schlußfolgerungen, die neben der Analyse notwendiger Teil jedes Gutachtens sind, per se subjektiven Charakter haben und nur dann vom Leser akzeptiert werden, wenn der subjektive Teil des Gutachtens auf einem vertrauenserweckenden Fundament ruht.

Status quo von Gutachten zur EMVU: Übliche Gutachten zum Kenntnisstand zur EMVU – insbesondere auch namhafter Experten - vernachlässigen die notwendige Transparenz der Datenbasis meist: Entweder wird das „Data-Mining“ überhaupt nicht beschrieben und der die Basis bildende Datensatz nicht verfügbar gemacht, oder es werden in einer Literaturliste diejenigen Arbeiten präsentiert, die „Gnade“ vor dem Gutachter und im Text Erwähnung fanden. Für den Leser ist meist nicht nachvollziehbar, ob fehlende Arbeiten dem Gutachter unbekannt waren oder aus anderen Gründen nicht Erwähnung fanden.

Daten-Reduktion: Für ein Gutachten zum Kenntnisstand zur EMVU ist die Durchsicht der Literatur anhand der Original-Veröffentlichungen notwendig (im Gegensatz zu einer Analyse, wie sie im Rahmen dieser Arbeit vorgenommen wurde). Dazu ist selbst bei geübten Fachleuten mindestens ein halber Arbeitstag pro Veröffentlichung anzusetzen. Die Durchsicht des ge-

samten Datenbestandes ist also praktisch unmöglich¹². Selbst in einem eingeschränkten Frequenzbereich mit einigen hundert Veröffentlichungen ist sie in den seltensten Fällen durchführ- und bezahlbar. Realistischerweise muß auch bei Gutachten mit dem Umfang von einigen hundert Veröffentlichungen eine Auswahl der näher zu betrachtenden Arbeiten möglichst früh erfolgen. Wir schlagen deshalb – insbesondere vor dem Hintergrund der bei dieser Arbeit gewonnenen Erfahrungen - vor, diesen unvermeidlichen Selektionsprozeß konsequent, offen und nachvollziehbar, in mehreren fein aufeinander abgestuften Schritten durchzuführen:

- Stufe 1: Gesamtdatenbestand zusammentragen (ohne Zitate aufzunehmen, die eine zu geringe Detailtiefe aufweisen – wie Konferenzabstracts)
- Stufe 2: Selektion nach Relevanz (im Rahmen dieser Analyse: Beschränkung auf den Frequenzbereich 3 GHz bis 100 GHz und auf biologisch-medizinische Experimente)
- Stufe 3: Auswertung der Abstracts und Eingruppierung in biologische Kategorien
- Stufe 4: Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse der Stufe 3
- Stufe 5: Identifikation von Kategorien oder einzelnen Arbeiten, die – aufgrund eines Relevanz-Kriteriums - eine Durchsicht der Originalarbeit erfordern
- Stufe 6: Bewertung der Originalarbeit
- Stufe 7: Gutachten zum Kenntnisstand auf dem jeweiligen Gebiet (inklusive Veröffentlichung des Datenbestandes auf Stufe 2 und einer genauen Erläuterung aller Arbeiten der einzelnen Stufen)

Diskussion der Ergebnisse dieser Arbeit

Wir haben die im vorstehenden Abschnitt zur Datenreduktion genannten Stufen 1 bis 4 konsequent abgearbeitet. Dabei hat sich gezeigt, daß die Methode praktisch anwendbar ist und eine ausreichende Informationsmenge für den Identifikationsschritt in Stufe 5¹³ anhand der Abstracts zur Verfügung steht. Wir werden diese Methodik bei ähnlichen Zielsetzungen wieder verwenden.

An Transparenz und Nachvollziehbarkeit ist unsere Methode anderen überlegen. Sie verfügt darüberhinaus über eine günstige Aufwand-Nutzen-Relation – einerseits durch die schrittweise Datenreduktion (es wird nichts Unnötiges in den nächsten Verarbeitungsschritt „mitgeschleppt“), andererseits durch die Programmunterstützung in den Stufen 1 und 2. Eine kontinuierliche Verfolgung eines Kenntnisstands und insbesondere seiner Veränderung ist aus unserer Sicht nur mit diesem Verfahren möglich.

„Data-Mining“ im Rahmen dieser Analyse: Die Inhalte von drei verschiedenen Datenbanken wurden programmgestützt zusammengeführt. Gleichzeitig wurde durch die Definition und Anwendung eines generellen Relevanzkriteriums (keine Konferenz-Abstracts und Proceedings) einer unsinnigen Vergrößerung der Datenbasis entgegengewirkt. Die insgesamt 16.703 Artikel stellen die beste, verfügbare Basis für Analysen dieser Art dar. Ein wichtiger Vorteil für zukünftige Arbeiten ist, daß die Datenbasis durch den Einsatz von Programmen leicht auf einen aktuellen Stand gebracht werden kann und Informationen über den gesamten Frequenzbereich enthält. Deshalb können Analysen auch in anderen Frequenzbereichen und „Updates“ der Analysen schnell durchgeführt werden. Im Rahmen dieser Analyse wird dem Auftraggeber eine Teilmenge dieser Datenbasis zum Frequenzbereich 3 GHz bis 100 GHz als

¹² Der Gesamt-Datenbestand umfaßt mehr als 16.000 Veröffentlichungen. Eine Durchsicht erfordert (sehr konservativ abgeschätzt) mithin 8.000 Arbeitstage oder 40 Arbeitsjahre. Auch die Kosten sind bei üblichen Stundensätzen von 200 DM weit über 10 Mio. DM.

¹³ Stufe 5 ist nicht Teil dieses Auftrages der Forschungsgemeinschaft Funk

Excel-Datenbank zur Verfügung gestellt. **Ergebnis:** Der Auftraggeber erhält die derzeit vollständigste Datenbank in diesem Frequenzbereich.

Auswertung der Abstracts und Eingruppierung in biologische Kategorien: Für den Auftraggeber wurde ein universell einsetzbares System von biologischen Kategorien entwickelt und angewendet. Daten aus Abstracts wurden gesammelt. Dabei konnten wegen des beschränkten Umfangs des Auftrags nicht alle Arbeiten vollständig ausgewertet werden. Wir empfehlen dies ggf. durch einen unabhängigen Dritten durchführen zu lassen und so auch die Gesamtmethodik einer Evaluierung zu unterziehen.

Ergebnis: Veröffentlichungen im Frequenzbereich 3 GHz bis 100 GHz liegen in einem systematischen System von biologischen Kategorien vor.

Zusammenfassung der Ergebnisse der Stufe 3: Kurze zusammenfassende Darstellungen zu den einzelnen Veröffentlichungen der jeweiligen Kategorien wurden erstellt. Sie vermitteln einen Eindruck von der untersuchten Thematik, von den Ergebnissen und von dem Umfang der bisherigen Forschung. Sie legen weitere Schritte für die weitere Auswertung oder im Hinblick auf Forschungslücken nahe, ohne selber subjektiv zu sein.

Ausblick auf weitere Schritte: Wir halten es für sinnvoll, die von uns entwickelte Methodik mit anderen Methoden der Risiko-Analyse zur EMVU zu vergleichen. Eine Evaluierung der Methodik durch Anwendung in einem anderen Frequenzbereich ist wünschenswert. Auch die Betrachtung der Intensität der Exposition im Hinblick auf die Aspekte „thermisch / athermisch“ bedarf einer genaueren Betrachtung. Dies sollte im Rahmen einer separaten Untersuchung geschehen.

Quellen

Nachfolgend sind alle 223 Veröffentlichungen aufgeführt, die biologisch-medizinische Experimente im Frequenzbereich 3 GHz bis 100 GHz betreffen und deshalb in dieser Analyse Verwendung fanden, mit ihren wichtigsten bibliographischen Informationen aufgeführt:

- Abadir1979 ENHANCEMENT OF IONIZING RADIATION EFFECT ON THE TESTS OF RATS BY MICROWAVE OR ULTRASOUND-INDUCED HYPERTHERMIA.
Abadir R, Harman J, Fahim M
J Med 10 (1-2):1-12, 1979
- Aichmann1984 ON THE NONTHERMAL MICROWAVE RESPONSE OF DROSOPHILA MELANOGASTER.
Aichmann H, Nimtz G, Denhofer L, Frucht A-H
IEEE Trans Microw Theory Tech 32(8):888-891, 1984
- Akdag1999 EFFECT OF CHRONIC LOW-INTENSITY MICROWAVE RADIATION ON SPERM COUNT, SPERM MORPHOLOGY, AND TESTICULAR AND EPIDIDYMAL TISSUES OF RATS.
Akdag MZ, Celik MS, Ketani A, Nergiz Y, Deniz M, Dasdag S
Electro Magnetobiol 18(2):133-145, 1999
- Akoev1995 RECEPTION OF LOW-INTENSITY MILLIMETER-WAVE ELECTROMAGNETIC RADIATION BY THE ELECTRORECEPTORS IN SKATES.
Akoev GN, Avelev VD, Semenkov PG
Neuroscience 66 (1):15-7, 1995
- Alekseev1995 MILLIMETER MICROWAVE EFFECT ON ION TRANSPORT ACROSS LIPID BILAYER MEMBRANES.
Alekseev SI, Ziskin MC
Bioelectromagnetics 16 (2):124-31, 1995
- Alekseev1997 MILLIMETER WAVES THERMALLY ALTER THE FIRING RATE OF THE LYMNAEA PACEMAKER NEURON.
Alekseev SI, Ziskin MC, Kochetkova NV, Bolshakov MA
Bioelectromagnetics 18 (2):89-98, 1997
- Alekseev1999 EFFECTS OF MILLIMETER WAVES ON IONIC CURRENTS OF LYMNAEA NEURONS.
Alekseev SI, Ziskin MC
Bioelectromagnetics 20 (1):24-33, 1999
- Alipov1993 EXPERIMENTAL JUSTIFICATION FOR GENERALITY OF RESONANT RESPONSE OF PROCARYOTIC AND EUCARYOTIC CELLS TO MM WAVES OF SUPERLOW INTENSITY.
Alipov YeD, Belyaev IYa, Kravchenko VG, Polunin VA, Shcheglove VS
Physic of the Alive 1(1):72-80, 1993
- Anderstam1983 STUDIES OF POSSIBLE GENETIC EFFECTS IN BACTERIA OF HIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS.
Anderstam B, Hamnerius Y, Hussain S, Ehrenberg L
Hereditas 98 (1):11-32, 1983

- Appleton1975 INVESTIGATION OF SINGLE-EXPOSURE MICROWAVE OCULAR EFFECTS AT 3000 MHZ.
Appleton B, Hirsch SE, Brown PV
Ann N Y Acad Sci 247:125-34, 1975
- Arcangeli1980 EFFECTIVENESS OF MICROWAVE HYPERTHERMIA COMBINED WITH IONIZING RADIATION: CLINICAL RESULTS ON NECK NODE METASTASES.
Arcangeli G, Barni E, Cividalli A, Mauro F, Morelli D, Nervi C, Spano M, Tabocchini A
Int J Radiat Oncol Biol Phys 6(2):143-148, 1980
- Averbeck1976 MICROWAVES ACTION IN PROCARYOTIC AND EUCARYOTIC CELLS AND A POSSIBLE INTERACTION WITH X-RAYS (SYMPOSIUM SUMMARY).
Averbeck D, Dardalhon M, Berteaud A-J
J Microw Power 11(2):143-144, 1976
- Barsoum1982 THE VACUOLAR POTENTIAL OF CHARACEAN CELLS SUBJECTED TO ELECTROMAGNETIC RADIATION IN THE RANGE 200-8,200 MHZ.
Barsoum YH, Pickard WF
Bioelectromagnetics 3 (4):393-400, 1982
- Belyaev1992 EXISTENCE OF SELECTION RULES ON HELICITY DURING DISCRETE TRANSITIONS OF THE GENOME CONFORMATIONAL STATE OF E. COLI CELLS EXPOSED TO LOW-LEVEL MILLIMETRE RADIATION.
Belyaev IYa, Shcheglov VS, Alipov YeD
Bioelectrochem Bioenerg 27(3):405-411, 1992
- Belyaev1992b CHROMOSOME DNA AS A TARGET OF RESONANT INTERACTION BETWEEN ESCHERICHIA COLI CELLS AND LOW-INTENSITY MILLIMETER WAVES
Belyaev IY, Alipov YD, Shcheglov VS
Electro Magnetobiol 11 (2):97 - 108, 1992
- Belyaev1992c RESONANCE EFFECT OF MICROWAVES ON THE GENOME CONFORMATIONAL STATE OF E. COLI CELLS.
Belyaev IYa, Alipov YeD, Shcheglov VS, Lystsov VN
Z Naturforsch [C] 47:621-627, 1992
- Belyaev1993 REGULARITIES OF SEPARATE AND COMBINED EFFECTS OF CIRCULARLY POLARIZED MILLIMETER WAVES ON E. COLI CELLS AT DIFFERENT PHASES OF CULTURE GROWTH.
Belyaev IYa, Shcheglov VS, Alipov YeD, Radko SP
Bioelectrochem Bioenerg 31:49-63, 1993
- Belyaev1993a EVIDENCE FOR DEPENDENCE OF RESONANT FREQUENCY OF MILLIMETER WAVE INTERACTION WITH ESCHERISCHIA COLI K12 CELLS ON HAPLOID GENOME LENGTH
Belyaev IY, Alipov YD, Polunin VA, Shcheglov VS
Electro Magnetobiol 12 (1):39 - 49, 1993
- Belyaev1994 COOPERATIVE RESPONSE OF ESCHERICHIA COLI CELLS TO THE RESONANCE EFFECT OF MILLIMETER WAVES AT SUPER LOW INTENSITY.
Belyaev IYa, Alipov YD, Shcheglov VS, Polunin VA, Aizenberg OA
Electro Magnetobiol 13(1):53-66, 1994
- Belyaev1994a RESONANCE EFFECT OF LOW-INTENSITY MILLIMETER WAVES ON THE CHROMATIN CONFORMATIONAL STATE OF RAT THYMOCYTES.
Belyaev IYa, Kravchenko VG
Z Naturforsch [C] 49(5-6):352-358, 1994

- Belyaev1996 RESONANCE EFFECT OF MILLIMETER WAVES IN THE POWER RANGE FROM $10(-19)$ TO $3 \times 10(-3)$ W/CM² ON ESCHERICHIA COLI CELLS AT DIFFERENT CONCENTRATIONS [SEE COMMENTS]
Belyaev IY, Shcheglov VS, Alipov YD, Polunin VA
Bioelectromagnetics 17 (4):312-21, 1996
- Berteaud1975 [THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION OF WAVELENGTH IN THE MILLIMETER RANGE ON BACTERIAL GROWTH]
Berteaud AJ, Dardalhon M, Rebeyrotte N, Averbeck D
C R Acad Sci Hebd Seances Acad Sci D 281 (12):843-6, 1975
- Bigio1993 MICROWAVE ABSORPTION SPECTROSCOPY OF DNA.
Bigio IJ, Gosnell TR, Mukherjee P, Safer JD
Biopolymers 33(1):147-150, 1993
- Bigu-del-Blanco1977a EFFECTS OF LOW-LEVEL MICROWAVE RADIATION ON GERMINATION AND GROWTH RATE IN CORN SEEDS.
Bigu-Del-Blanco J, Bristow JM, Romero-Sierra C
Proc IEEE 65(7):1086-1088, 1977
- Bini1978 ANALYSIS OF THE EFFECTS OF MICROWAVE ENERGY ON ENZYMATIC ACTIVITY OF LACTATE DEHYDROGENASE (LDH).
Bini M, Checcucci A, Ignesti A, Millanta L, Rubino N, Camici G, Manao G, Ramponi GJ
J Microw Power 13(1):95-99, 1978
- Bise1978 LOW POWER RADIO-FREQUENCY AND MICROWAVE EFFECTS ON HUMAN ELECTROENCEPHALOGRAM AND BEHAVIOR.
Bise W
Physiol Chem Phys 10 (5):387-98, 1978
- Blackman1975 EFFECTS OF NONIONIZING ELECTROMAGNETIC RADIATION ON SINGLE CELL BIOLOGIC SYSTEMS.
Blackman CF, Benane SG, Weil CM, Ali JS
Ann N Y Acad Sci 247:352-366, 1975
- Blick1997 THRESHOLDS OF MICROWAVE-EVOKED WARMTH SENSATIONS IN HUMAN SKIN.
Blick DW, Adair ER, Hurt WD, Sherry CJ, Walters TJ, Merritt JH
Bioelectromagnetics 18 (6):403-9, 1997
- Bonney1973 EVALUATION OF EFFECTS OF THE MICROWAVE OVEN (915 AND 2450 MHZ) AND RADAR (2810 AND 3050 MHZ) ELECTROMAGNETIC RADIATION ON NONCOMPETITIVE CARDIAC PACEMAKERS.
Bonney CH, Rustan PL Jr, Ford GE
IEEE Trans Biomed Eng 20 (5):357-64, 1973
- Brown1990 MICROWAVE EFFECT UPON CHLORPROMAZINE-INHIBITED KIDNEY ATPASE.
Brown HD, Chattopadhyay SK
Cancer Biochem Biophys 11(4):317-320, 1990
- Brown1991 OUABAIN INHIBITION OF KIDNEY ATPASE IS ALTERED BY 9.14 GHZ RADIATION.
Brown HD, Chattopadhyay SK
Bioelectromagnetics 12 (3):137-43, 1991

- Brown1991a EM-FIELD EFFECT UPON PROPERTIES OF NADPH-CYTOCHROME P-450 REDUCTASE WITH MODEL SUBSTRATES.
Brown HD, Chattopadhyay SK
Cancer Biochem Biophys 12 (3):211-5, 1991
- Brown1992 EM-FIELD EFFECT UPON PROPERTIES OF NADPH-CYTOCHROME P-450 REDUCTASE WITH MODEL SUBSTRATES.
Brown HD, Chattopadhyay SK
Cancer Biochem Biophys 12(3):211-215, 1992
- Bruderer1999 BEHAVIOUR OF MIGRATING BIRDS EXPOSED TO X-BAND RADAR AND A BRIGHT LIGHT BEAM
Bruderer B, Peter D, Steuri T
J Exp Biol 202 (Pt 9) ():1015-22, 1999
- Brunkard1985 KU AND K-BAND IRRADIATION OF GIANT ALGAL CELLS: THE ABSENCE OF DETECTED BIOEFFECTS AT 100 W/M².
Brunkard KM, Pickard WF
IEEE Trans Biomed Eng 32 (8):617-20, 1985
- Bush1981 EFFECTS OF MILLIMETER-WAVE RADIATION ON MONOLAYER CELL CULTURES. III. A SEARCH FOR FREQUENCY-SPECIFIC ATHERMAL BIOLOGICAL EFFECTS ON PROTEIN SYNTHESIS.
Bush LG, Hill DW, Riazi A, Stensaas LJ, Partlow LM, Gandhi OP
Bioelectromagnetics 2 (2):151-9, 1981
- Cain1978 MAMMALIAN AUDITORY RESPONSES TO 3.0 GHZ MICROWAVE PULSES.
Cain CA, Rissmann WJ
IEEE Trans Biomed Eng 25(3):288-293, 1978
- Carney1968 EFFECT OF MICROWAVES AT X-BAND ON GUINEA-PIG SKIN IN TISSUE CULTURE. 2. EFFECT OF THE RADIATION ON SKIN BIOCHEMISTRY.
Carney SA, Lawrence JC, Ricketts CR
Br J Ind Med 25 (3):229-34, 1968
- Carney1970 EFFECT OF MICROWAVES AT X-BAND ON GUINEA-PIG SKIN IN TISSUE CULTURE. 3. EFFECT OF PULSED MICROWAVES ON SKIN RESPIRATION AND BIOCHEMISTRY.
Carney SA, Lawrence JC, Ricketts CR
Br J Ind Med 27 (1):72-6, 1970
- Chattopadhyay1992 MIXED FUNCTION OXIDASE DEMETHYLASE AND DEALKYLASE ACTIVITY IN AN ELECTROMAGNETIC FIELD.
Chattopadhyay SK, Brown HD
Cancer Biochem Biophys 13 (1):51-5, 1992
- Chiang1984 EFFECTS OF MICROWAVE EXPOSURE AT VARIOUS POWER DENSITIES ON MITOCHONDRIAL MARKER ENZYMES IN MOUSE BRAINS.
Chiang H, Yao GD, Zhou S
J Bioelectr 3(3):361-366, 1984
- Chiang1987 EFFECTS OF PULSED MICROWAVE RADIATION PRE- AND POST-NATALLY ON THE DEVELOPING BRAIN IN MICE.
Chiang H, Yao GD
J Bioelectr 6(2):197-204, 1987

- Cleary1982 EFFECTS OF X-BAND MICROWAVE EXPOSURE ON RABBIT ERYTHROCYTES.
Cleary SF, Garber F, Liu LM
Bioelectromagnetics 3 (4):453-66, 1982
- Corelli1977 EFFECTS OF 2.6-4.0 GHZ MICROWAVE RADIATION ON E-COLI B.
Corelli JC, Gutmann RJ, Kohazi S, Levy J
J Microw Power 12(2):141-144, 1977
- dAmbrosio1995 GENOTOXIC EFFECTS OF AMPLITUDE-MODULATED MICROWAVES ON HUMAN LYMPHOCYTES EXPOSED IN VITRO UNDER CONTROLLED CONDITIONS
D'Ambrosio G, Lioi MB, Massa R, Scarfi MR, Zeni O
Electro Magnetobiol 14 (3):157 - 164, 1995
- dAndrea1994 RHESUS MONKEY BEHAVIOR DURING EXPOSURE TO HIGH-PEAK-POWER 5.62-GHZ MICROWAVE PULSES.
D'Andrea JA, Thomas A, Hatcher DJ
Bioelectromagnetics 15 (2):163-76, 1994
- Dardalhon1979 DETERMINATION OF A THERMAL EQUIVALENT OF MILLIMETER MICROWAVES IN LIVING CELLS.
Dardalhon M, Averbeck D, Berteaud AJ
J Microw Power 14(4):307-312, 1979
- Dardalhon1979a MICROWAVE EFFECTS IN DROSOPHILA MELANOGASTER.
Dardalhon M, Berteaud AJ, Averbeck D
Radioprotection 14(3):145-159, 1979
- Dardalhon1981 STUDIES ON POSSIBLE GENETIC EFFECTS OF MICROWAVES IN PRO-CARYOTIC AND EU-CARYOTIC CELLS.
Dardalhon M, Averbeck D, Berteaud AJ
Radiat Environ Biophys 20 (1):37-51, 1981
- Dardalhon1985 THERMAL ASPECTS OF BIOLOGICAL EFFECTS OF MICROWAVES IN SACCHAROMYCES CEREVISIAE
Dardalhon M, Averbeck D, Berteaud AJ, Ravary V
Int J Radiat Biol 48 (6):987 - 996, 1985
- Dardanoni1985 MILLIMETER-WAVE EFFECTS ON CANDIDA ALBICANS CELLS
Dardanoni L, Torregrossa MV, Zanforlin L
J Bioelectricity 4 (1):171 - 176, 1985
- Dasdag1998 EFFECTS OF MICROWAVES ON THE PHAGOCYTTIC ACTIVITY OF VARIOUSLY TREATED RAT MACROPHAGES.
Dasdag S, Oflazoglu H, Kelle M, Akdag Z
Electro Magnetobiol 17(2):185-194, 1998
- Deficis1976 EFFECT OF ELECTROMAGNETIC ENERGY ON THE FORMATION OF TRIGLYCERIDES: FREQUENCY INFLUENCE (SYMPOSIUM SUMMARY).
Deficis A, Dumas JC, Laurens S, Plurien G
J Microw Power 11(2):137-138, 1976
- DeLorge1980 OBSERVING RESPONSES OF RATS EXPOSED TO 1.28- AND 5.62-GHZ MICROWAVES
De Lorge JO, Ezeil CS
Bioelectromagnetics 1 (2):183 - 198, 1980
- deLorge1984 OPERANT BEHAVIOR AND COLONIC TEMPERATURE OF MACACA MULATTA

- EXPOSED TO RADIO FREQUENCY FIELDS AT AND ABOVE RESONANT FREQUENCIES.
de Lorge JO
Bioelectromagnetics 5 (2):233-46, 1984
- Detlavs1996 EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECTS OF RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS ON ANIMALS WITH SOFT TISSUE WOUNDS.
Detlavs I, Dombrovska L, Turauska A, Shkirmante B, Slutskii L
Sci Total Environ 180 (1):35-42, 1996
- Dhahi1982 LACK OF MUTAGENIC EFFECTS ON CONIDIA OF ASPERGILLUS AMSTELODAMI IRRADIATED BY 8.7175-GHZ CW MICROWAVES.
Dhahi SJ, Habash RW, Al-Hafid HT
J Microw Power 17 (4):345-51, 1982
- dInzeo1988 MICROWAVE EFFECTS ON ACETYLCHOLINE-INDUCED CHANNELS IN CULTURED CHICK MYOTUBES.
D'Inzeo G, Bernardi P, Eusebi F, Grassi F, Tamburello C, Zani BM
Bioelectromagnetics 9 (4):363-72, 1988
- Dutta1979 LACK OF MICROBIAL GENETIC RESPONSE TO 2.45-GHZ CW AND 8.5-9.6-GHZ PULSED MICROWAVES.
Dutta SK, Nelson WH, Blackman CF, Brusick DJ
J Microw Power 14(3):275-280, 1979
- Dutta1980 CELLULAR EFFECTS IN MICROBIAL TESTER STRAINS CAUSED BY EXPOSURE TO MICROWAVES OR ELEVATED TEMPERATURES.
Dutta SK, Nelson WH, Blackman CF, Brusick DJ
J Environ Pathol Toxicol 3(5/6):195-206, 1980
- Edwards1984 RESONANT MICROWAVE ABSORPTION OF SELECTED DNA MOLECULES.
Edwards GS, Davis CC, Saffer JD, Swicord ML
Phys Rev Lett 53(13):1284-1287, 1984
- Edwards1985 MICROWAVE-FIELD-DRIVEN ACOUSTIC MODES IN DNA.
Edwards GS, Davis CC, Saffer JD, Swicord ML
Biophys J 47(6):799-807, 1985
- Fesenko1995 CHANGES IN THE STATE OF WATER, INDUCED BY RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS.
Fesenko EE, Gluvstein AY
FEBS Lett 367 (1):53-5, 1995
- Fesenko1995a PRELIMINARY MICROWAVE IRRADIATION OF WATER SOLUTIONS CHANGES THEIR CHANNEL-MODIFYING ACTIVITY.
Fesenko EE, Geletyuk VI, Kazachenko VN, Chemeris NK
FEBS Lett 366 (1):49-52, 1995
- Fesenko1999 MICROWAVES AND CELLULAR IMMUNITY. I. EFFECT OF WHOLE BODY MICROWAVE IRRADIATION ON TUMOR NECROSIS FACTOR PRODUCTION IN MOUSE CELLS.
Fesenko EE, Makar VR, Novoselova EG, Sadovnikov VB
Bioelectrochem Bioenerg 49 (1):29-35, 1999

- Finger1983 A 5.8-GHZ OPHTHALMIC MICROWAVE APPLICATOR FOR TREATMENT OF CHOROIDDAL MELANOMA.
Finger PT, Packer S, Svitra P, Paglione RW, Albert DM, Chess J
IEEE MTT-S Intl Microw Symp Digest:177-179, 1983
- Foster1984 MICROWAVE DIELECTRIC ABSORPTION OF DNA IN AQUEOUS SOLUTION.
Foster KR, Stuchly MA, Kraszewski A, Stuchly SS
Biopolymers 23(3):593-599, 1984
- Foster1987 RESONANCES IN THE DIELECTRIC ABSORPTION OF DNA?
Foster KR, Epstein BR, Gealt MA
Biophys J 52(3):421-425, 1987
- Frei1989 THERMOREGULATORY RESPONSES OF RATS EXPOSED TO 9.3-GHZ RADIOFREQUENCY RADIATION.
Frei MR, Jauchem JR, Heinmets F
Radiat Environ Biophys 28 (1):67-77, 1989
- Frei1990 FIELD ORIENTATION EFFECTS DURING 5.6-GHZ RADIOFREQUENCY IRRADIATION OF RATS.
Frei MR, Jauchem JR, Price DL, Padilla JM
Aviat Space Environ Med 61 (12):1125-9, 1990
- Frei1992 THERMOREGULATORY RESPONSES OF RATS EXPOSED TO 9.3-GHZ MICROWAVES: A COMPARISON OF E AND H ORIENTATION.
Frei MR, Jauchem JR
Physiol Chem Phys Med NMR 24 (1):1-10, 1992
- Frei1995 SUSTAINED 35-GHZ RADIOFREQUENCY IRRADIATION INDUCES CIRCULATORY FAILURE.
Frei MR, Ryan KL, Berger RE, Jauchem JR
Shock 4 (4):289-93, 1995
- Fucic1992 X-RAYS, MICROWAVES AND VINYL CHLORIDE MONOMER: THEIR CLASTOGENIC AND ANEUGENIC ACTIVITY, USING THE MICRONUCLEUS ASSAY ON HUMAN LYMPHOCYTES
Fucic A, Garaj-Vrhovac V, Skara M, Dimitrovic B
Mutat Res 282 (1):265 - 271, 1992
- Furia1986 EFFECT OF MILLIMETER-WAVE IRRADIATION ON GROWTH OF SACHAROMYCES CEREVISIAE.
Furia L, Hill DW, Gandhi OP
IEEE Trans Biomed Eng 33 (11):993-9, 1986
- Gabriel1987a MICROWAVE ABSORPTION IN AQUEOUS SOLUTIONS OF DNA.
Gabriel C, Grant EH, Tata R, Brown PR, Gestblom B, Noreland E
Nature 328(6126):145-146, 1987
- Gabriel1989 DIELECTRIC BEHAVIOR OF AQUEOUS SOLUTIONS OF PLASMID DNA AT MICROWAVE FREQUENCIES.
Gabriel C, Grant EH, Tata R, Brown PR, Gestblom B, Noreland E
Biophys J 55(1):29-34, 1989

- Gapeyev1994 RESONANCE EFFECTS OF A LOW-INTENSITY MODULATED EXTREMELY HIGH FREQUENCY FIELD. CHANGE IN THE MOTOR ACTIVITY OF THE UNICELLULAR PROTOZOA PARAMECIUM CAUDATUM.
Gapeyev AB, Chemeris NK, Fesenko YY, Khramov RN
Biophysics 39(1):73-81, 1994
- Gapeyev1996 MODIFICATION OF THE ACTIVITY OF MOUSE PERITONEAL NEUTROPHILS ON EXPOSURE TO MILLIMETRE WAVES IN THE NEAR AND FAR ZONES OF THE EMITTER.
Gapeyev AB, Safronova VG, Chemeris NK, Fesenko YeYe
Biophysics (Engl Transl Biofizika 41(1):205-219) 41(1):219-234, 1996
- Gapeyev1997 INHIBITION OF THE PRODUCTION OF REACTIVE OXYGEN SPECIES IN MOUSE PERITONEAL NEUTROPHILS BY MILLIMETER WAVE RADIATION IN THE NEAR AND FAR FIELD ZONES OF THE RADIATOR
Gapeyev AB, Safronova VG, Chemeris NK, Fesenko EE
Bioelectroch Bioener 43 (2):217 - 220, 1997
- Gapeyev1998 MODIFICATION OF PRODUCTION OF REACTIVE OXYGEN SPECIES IN MOUSE PERITONEAL NEUTROPHILS ON EXPOSURE TO LOW-INTENSITY MODULATED MILLIMETER WAVE RADIATION
Gapeyev AB, Yakushina VS, Chemeris NK, Fesenko EE
Bioelectroch Bioener 46 (2):267 - 272, 1998
- Garaj-Vrhovac1990 THE EFFECT OF MICROWAVE RADIATION ON THE CELL GENOME
Garaj-Vrhovac V, Horvat D, Koren Z
Mutat Res 243 (2):87 - 93, 1990
- Garaj-Vrhovac1991 THE RELATIONSHIP BETWEEN COLONY-FORMING ABILITY, CHROMOSOME ABERRATIONS AND INCIDENCE OF MICRONUCLEI IN V79 CHINESE HAMSTER CELLS EXPOSED TO MICROWAVE RADIATION
Garaj-Vrhovac V, Horvat D, Koren Z
Mutat Res 263 (3):143 - 149, 1991
- Garaj-Vrhovac1992 THE CORRELATION BETWEEN THE FREQUENCY OF MICRONUCLEI AND SPECIFIC CHROMOSOME ABERRATIONS IN HUMAN LYMPHOCYTES EXPOSED TO MICROWAVE RADIATION IN VITRO
Garaj-Vrhovac V, Fucic A, Horvat D
Mutat Res 281 (3):181 - 186, 1992
- Geletyuk1995 DUAL EFFECTS OF MICROWAVES ON SINGLE CA(2+)-ACTIVATED K+ CHANNELS IN CULTURED KIDNEY CELLS VERO.
Geletyuk VI, Kazachenko VN, Chemeris NK, Fesenko EE
FEBS Lett 359 (1):85-8, 1995
- Gokhale1984 THE ABSENCE OF SIGNIFICANT SHORT-TERM ELECTROMAGNETIC BIOEFFECTS IN GIANT ALGAL CELLS EXPOSED TO CW AND PULSE-MODULATED X-BAND BURSTS.
Gokhale AV, Brunkard KM, Pickard WF
IEEE Trans Microw Theory Tech 32(8):795-797, 1984
- Gokhale1985 EVIDENCE THAT CHARACEAN MEMBRANE TRANSPORT IS NOT SIGNIFICANTLY ALTERED BY INCIDENT ELECTROMAGNETIC RADIATION.
Gokhale AV, Pickard WF
Radiat Res 102(3):300-306, 1985

- Gos1997 EXTREMELY HIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS AT LOW POWER DENSITY DO NOT AFFECT THE DIVISION OF EXPONENTIAL PHASE SACCHAROMYCES CEREVISIAE CELLS.
Gos P, Eicher B, Kohli J, Heyer WD
Bioelectromagnetics 18 (2):142-55, 1997
- Green1979 INTENSITY OF MICROWAVE IRRADIATION AND THE TERATOGENIC RESPONSE OF TENEBRIO MOLITOR.
Green DR, Rosenbaum FJ, Pickard WF
Radio Sci 14(6S):165-171, 1979
- Grundler1977 RESONANT GROWTH RATE RESPONSE OF YEAST CELLS IRRADIATED BY WEAK MICROWAVES.
Grundler W, Keilman F, Froehlich H
Phys Letters 62A(6):463-466, 1977
- Grundler1978 NONTHERMAL EFFECTS OF MILLIMETER MICROWAVES ON YEAST GROWTH.
Grundler W, Keilmann F
Z Naturforsch [C] 33(1/2):15-22, 1978
- Grundler1982 RESONANT-LIKE DEPENDENCE OF YEAST GROWTH RATE ON MICROWAVE FREQUENCIES.
Grundler W, Keilman F, Putterlik V, Strube D
Br J Cancer Suppl 45(5):206-208, 1982
- Grundler1992 INTENSITY- AND FREQUENCY-DEPENDENT EFFECTS OF MICROWAVES ON CELL GROWTH RATES.
Grundler W
Bioelectrochem Bioenerg 27(3):361-365, 1992
- Harvalik1978 ANATOMICAL LOCALIZATION OF HUMAN DETECTION OF WEAK ELECTROMAGNETIC RADIATION: EXPERIMENTS WITH DOWSERS.
Harvalik ZV
Physiol Chem Phys 10(6):525-534, 1978
- Henneberg1980 [THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL INFRARED RADIATION AND MICROWAVES UPON MUCOPOLYSACCHARIDES, PROTAMINE SULPHATE, AND MUCIN IN VIRUS-INFECTED ORGAN CULTURES (AUTHOR'S TRANSL)]
Henneberg G, Heller S, Jordanski H
Zentralbl Bakteriol [A] 246 (2):167-83, 1980
- Hershberger1978 MICROWAVE TRANSMISSION THROUGH NORMAL AND TUMOR CELLS.
Hershberger WD
IEEE Trans Microw Theory Tech 26(8):618-619, 1978
- Hirsch1977 EFFECTS OF REPEATED MICROWAVE IRRADIATIONS TO THE ALBINO RABBIT EYE.
Hirsch SE, Appleton B, Fine BS, Brown PV
Invest Ophthalmol Vis Sci 16 (4):315-9, 1977
- Hossain1982 COMPARISON OF BACTERIAL GROWTH TO HIGH-INTENSITY MICROWAVE EXPOSURE AND CONVENTIONAL HEATING.
Hossain MA, Dutta SK
Bioelectromagnetics 3 (4):471-4, 1982

- Jauchem1984 HEART RATE CHANGES DUE TO 5.6-GHZ RADIOFREQUENCY RADIATION: RELATION TO AVERAGE POWER DENSITY.
Jauchem JR, Frei MR, Heinmets F
Proc Soc Exp Biol Med 177 (3):383-7, 1984
- Jauchem1985 EFFECTS OF DRUGS ON THERMAL RESPONSES TO MICROWAVES.
Jauchem JR
Gen Pharmacol 16(4):307-310, 1985
- Jauchem1987 COMMENTS ON MODIFICATION OF HEART FUNCTION WITH LOW INTENSITY ELECTROMAGNETIC ENERGY. RESPONSE TO JAUCHEM AND FREI'S COMMENTS (LETTERS).
Jauchem JR, Frei MR, Frey AH, Eichert ES 3rd
J Bioelectr 6(2):219-221, 1987
- Jauchem1988 THERMAL RESPONSES TO 5.6-GHZ RADIOFREQUENCY RADIATION IN ANESTHETIZED RATS: EFFECT OF CHLORPROMAZINE.
Jauchem JR, Frei MR, Heinmets F
Physiol Chem Phys Med NMR 20(2):135-143, 1988
- Jauchem1997 EFFECTS OF ESMOLOL ON 35 GHZ MICROWAVE-INDUCED LETHAL HEAT STRESS.
Jauchem JR, Ryan KL, Lovelace JD, Frei MR
J Auton Pharmacol 17 (3):165-73, 1997
- Jauchem1999 CARDIOVASCULAR AND THERMAL RESPONSES IN RATS DURING 94 GHZ IRRADIATION.
Jauchem JR, Ryan KL, Frei MR
Bioelectromagnetics 20 (4):264-7, 1999
- Jensh1984 STUDIES OF THE TERATOGENIC POTENTIAL OF EXPOSURE OF RATS TO 6000-MHZ MICROWAVE RADIATION. I. MORPHOLOGIC ANALYSIS AT TERM.
Jensh RP
Radiat Res 97 (2):272-81, 1984
- Jensh1984a STUDIES OF THE TERATOGENIC POTENTIAL OF EXPOSURE OF RATS TO 6000-MHZ MICROWAVE RADIATION. II. POSTNATAL PSYCHOPHYSIOLOGIC EVALUATIONS.
Jensh RP
Radiat Res 97 (2):282-301, 1984
- Jensh1997 BEHAVIORAL TERATOLOGIC STUDIES USING MICROWAVE RADIATION: IS THERE AN INCREASED RISK FROM EXPOSURE TO CELLULAR PHONES AND MICROWAVE OVENS?
Jensh RP
Reprod Toxicol 11 (4):601-11, 1997
- Kalns2000 OXIDATIVE STRESS PRECEDES CIRCULATORY FAILURE INDUCED BY 35-GHZ MICROWAVE HEATING.
Kalns J, Ryan KL, Mason PA, Bruno JG, Gooden R, Kiel JL
Shock 13 (1):52-9, 2000
- Kazbekov1987 EFFECTS OF MICROWAVE IRRADIATION ON SOME MEMBRANE-RELATED PROCESSES IN BACTERIA.
Kazbekov EN, Vyacheslavov LG
Gen Physiol Biophys 6(1):57-64, 1987
- Khramov1991 MILLIMETER-WAVE EFFECTS ON ELECTRIC ACTIVITY OF CRAYFISH

- STRETCH RECEPTORS.
Khramov RN, Sosunov EA, Koltun SV, Ilyasova EN, Lednev VV
Bioelectromagnetics 12 (4):203-14, 1991
- ko1998 EXPERIMENTAL STUDY OF MM-RANGE RADIATION FROM CERTAIN OBJECTS.
Sit'ko SP, Skripnik Yu A, Yanenko AF
Phys Alive 6(1):15-18, 1998
- Kolosova1996 EFFECT OF LOW-INTENSITY MILLIMETER WAVE ELECTROMAGNETIC RADIATION ON REGENERATION OF THE SCIATIC NERVE IN RATS.
Kolossova LI, Akoev GN, Avelev VD, Riabchikova OV, Babu KS
Bioelectromagnetics 17 (1):44-7, 1996
- Kolosova1998 EFFECT OF LOW-INTENSITY MILLIMETER-RANGE ELECTROMAGNETIC IRRADIATION ON THE RECOVERY OF FUNCTION IN LESIONED SCIATIC NERVES IN RATS.
Kolossova LI, Akoev GN, Ryabchikova OV, Avelev VD
Neurosci Behav Physiol 28 (1):26-30, 1998
- Korpan1994 CONTINUOUS MICROWAVE ENHANCES THE HEALING PROCESS OF SEPTIC AND ASEPTIC WOUNDS IN RABBITS.
Korpan NN, Resch KL, Kokoschinegg P
J Surg Res 57 (6):667-71, 1994
- Korpan1995 CLINICAL EFFECTS OF CONTINUOUS MICROWAVE FOR POSTOPERATIVE SEPTIC WOUND TREATMENT: A DOUBLE-BLIND CONTROLLED TRIAL.
Korpan NN, Saradeth T
Am J Surg 170(3):271-276, 1995
- Koschnitzke1983 A NON-THERMAL EFFECT OF MILLIMETER WAVE RADIATION ON THE PUFFING OF GIANT CHROMOSOMES.
Koschnitzke C, Kremer F, Santo L, Quick P, Poglitsch A
Z Naturforsch [C] 38 (9-10):883-6, 1983
- Kossler1981 [EFFECT OF LOW-INTENSITY MICROWAVE RADIATION ON BODY WEIGHT, SPONTANEOUS ACTIVITY AND BLOOD VALUES IN MICE IN A LONG-TERM EXPERIMENT]
Kossler F, Lange F, Kupfer J, Rothe R
Z Gesamte Hyg 27 (1):44-7, 1981
- Kouzmanova1997 EFFECTS OF IONIZING AND NONIONIZING RADIATION ON RAT HEMOPOIESIS.
Kouzmanova N, Ivanov S, Nankova V, Traykov L
Electro Magnetobiol 16(2):161-168, 1997
- Kues1999 ABSENCE OF OCULAR EFFECTS AFTER EITHER SINGLE OR REPEATED EXPOSURE TO 10 MW/CM(2) FROM A 60 GHZ CW SOURCE.
Kues HA, D'Anna SA, Osiander R, Green WR, Monahan JC
Bioelectromagnetics 20 (8):463-73, 1999
- Kuzmanova1994 EFFECTS OF EXTREMELY HIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS ON ELECTROPHORETIC MOBILITY AND ATP CONTENT IN RAT ERYTHROCYTES.
Kuzmanova M, Ivanov S, Nankova V, Markov M
Bioelectrochem Bioenerg 35(1-2):53-56, 1994
- La1999 DIFFERENT EFFECTS OF MICROWAVE ENERGY AND CONVENTIONAL HEAT ON THE ACTIVITY OF A THERMOPHILIC BETA-GALACTOSIDASE FROM BA-

- CILLUS ACIDOCALDARIUS.
La Cara F, Scarfi MR, D'Auria S, Massa R, d'Ambrosio G, Franceschetti G, Rossi M, De Rosa M
Bioelectromagnetics 20 (3):172-6, 1999
- Liburdy1985 MICROWAVE-STIMULATED DRUG RELEASE FROM LIPOSOMES.
Liburdy RP, Magin RL
Radiat Res 103 (2):266-75, 1985
- Liddle1980 ALTERATION OF CIRCULATING ANTIBODY RESPONSE OF MICE EXPOSED TO 9-GHZ PULSED MICROWAVES.
Liddle CG, Putnam JP, Ail JS, Lewis JY, Bell B, West MW, Lewter OH
Bioelectromagnetics 1 (4):397-404, 1980
- Liddle1986 CIRCULATING ANTIBODY RESPONSE OF MICE EXPOSED TO 9-GHZ PULSED MICROWAVE RADIATION.
Liddle CG, Putnam JP, Lewter OH, West M, Morrow G
Bioelectromagnetics 7 (1):91-4, 1986
- Liddle1986a EFFECT OF 9.6-GHZ PULSED MICROWAVES ON THE ORB WEB SPINNING ABILITY OF THE CROSS SPIDER (ARANEUS DIADEMATUS).
Liddle CG, Putnam JP, Lewter OL, Lewis JY, Bell B, West MW, Stead A
Bioelectromagnetics 7 (1):101-5, 1986
- Litvinov1994 MILLIMETER WAVE EFFECT ON BLOOD PLASMA SOLUTION
Litvinov GS, Gridina NY, Dovbeshko GI, Berezhinsky L, Lisitsa MP
Electro Magnetobiol 13 (2):167 - 174, 1994
- Liu1976 THE INSENSITIVITY OF FROG HEART RATE TO PULSE MODULATED MICROWAVE ENERGY.
Liu LM, Rosenbaum FJ, Pickard WF
J Microw Power 11(3):225-232, 1976
- Liu1979 EFFECTS OF MICROWAVE RADIATION ON ERYTHROCYTE MEMBRANES.
Liu LM, Nickless FG, Cleary SF
Radio Sci 14(6S):109-115, 1979
- Liu1982 INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF CONTINUOUS-WAVE, PULSE- AND AMPLITUDE- MODULATED MICROWAVES ON SINGLE EXCITABLE CELLS OF CHARA CORALLINA.
Liu LM, Garber F, Cleary SF
Bioelectromagnetics 3 (2):203-12, 1982
- Logani1996 CONTINUOUS MILLIMETER-WAVE RADIATION HAS NO EFFECT ON LIPID PEROXIDATION IN LIPOSOMES.
Logani MK, Ziskin MC
Radiat Res 145 (2):231-5, 1996
- Logani1998 MILLIMETER WAVES AT 25 MW/CM² HAVE NO EFFECT ON HYDROXYL RADICAL-DEPENDENT LIPID PEROXIDATION.
Logani MK, Ziskin MC
Electro Magnetobiol 17(1):67-73, 1998

- Logani1999 MILLIMETER WAVES ENHANCE DELAYED-TYPE HYPERSENSITIVITY IN MOUSE SKIN.
Logani MK, Yi L, Ziskin MC
Electro Magnetobiol 18(2):165-176, 1999
- Lu1999 "ULTRAWIDE-BAND ELECTROMAGNETIC PULSES INDUCED HYPOTENSION IN RATS [CORRECTED AND REPUBLISHED IN PHYSIOL BEHAV 1999 SEP;67(3):753-61]"
Lu ST, Mathur SP, Akyel Y, Lee JC
Physiol Behav 65 (4-5):753-61, 1999
- Magin1980 THERMAL DESTRUCTION OF THE CANINE PROSTATE BY HIGH INTENSITY MICROWAVES.
Magin RL, Fridd CW, Bonfiglio TA, Linke CA
J Surg Res 29 (3):265-75, 1980
- Mahmoud1989 BIOLOGICAL EFFECTS ON SWINE AND PRIMATES DUE TO POWER FREQUENCY AND RADIO FREQUENCY RADIATION.
Mahmoud AA, McAfee RD, Bishop RR
Electric Power Systems Research 17(1):29-34, 1989
- Manikowska1979 EFFECTS OF 9.4 GHZ MICROWAVE EXPOSURE ON MEIOSIS IN MICE.
Manikowska E, Luciani JM, Servantie B, Czerski P, Obrenovitch J, Stahl A
Experientia 35(3):388-390, 1979
- Marr1988 MICROWAVES AS REINFORCING EVENTS IN A COLD ENVIRONMENT.
Marr MJ, de Lorge JO, Olsen RG, Stanford M
Prog Clin Biol Res 257:219-34, 1988
- Mason1997 AMINO ACID CONCENTRATIONS IN HYPOTHALAMIC AND CAUDATE NUCLEI DURING MICROWAVE-INDUCED THERMAL STRESS: ANALYSIS BY MICRODIALYSIS.
Mason PA, Escarciga R, Doyle JM, Romano WF, Berger RE, Donnellan JP
Bioelectromagnetics 18 (3):277-83, 1997
- McAfee1979 ABSENCE OF OCULAR PATHOLOGY AFTER REPEATED EXPOSURE OF UNANESTHETIZED MONKEYS TO 9.3 GHZ MICROWAVES.
McAfee RD, Longacre A, Bishop RR, Elder ST, May JG, Holland MG, Gordon R
J Microw Power 14(1):41-44, 1979
- McAfee1983 ABSENCE OF DELETERIOUS EFFECTS OF CHRONIC MICROWAVE RADIATION ON THE EYES OF RHESUS MONKEYS.
McAfee RD, Ortiz-Lugo R, Bishop R, Gordon R
Ophthalmology 90 (10):1243-5, 1983
- McAfee1985 SAFETY OF 9.3-GHZ MICROWAVE RADIANT HEATING FOR POSSIBLE CALORIC SUPPLEMENT AND MEDICAL TREATMENT.
McAfee RD, Ortiz-Lugo R, Bishop R, Gordon R
J Microw Power Electromagn Energy 20 (1):13-6, 1985
- Melnick1982 EFFECTS OF MILLIMETER WAVE IRRADIATION ON ATP SYNTHESIS AND CALCIUM TRANSPORT IN MITOCHONDRIA.
Melnick RL, Rubenstein CP, Birenbaum L
Radiat Res 89 (2):348-60, 1982

- Michaelson1971 RESPONSE OF THE DOG TO 24,000 AND 1285 MHZ MICROWAVE EXPOSURE.
Michaelson SM, Howland JW, Deichmann WB
IMS Ind Med Surg 40 (5):18-23, 1971
- Michaelson1977 CENTRAL NERVOUS SYSTEM RESPONSES TO MICROWAVE-INDUCED HEATING.
Michaelson SM
Neurosci Res Program Bull 15(1):98-100, 1977
- Mickley1997 BRAIN HYPERTHERMIA ALTERS LOCAL CEREBRAL GLUCOSE UTILIZATION: A COMPARISON OF HYPERTHERMIC AGENTS.
Mickley GA, Cobb BL, Farrell ST
Int J Hyperthermia 13 (1):99-114, 1997
- Moore1979 LOW-INTENSITY MICROWAVE RADIATION AND THE VIRULENCE OF AGROBACTERIUM TUMEFACIENS STRAIN B6.
Moore HA, Raymond R, Fox M, Galsky AG
Appl Environ Microbiol 37(1):127-130, 1979
- Morozov1995 EFFECTS OF MICROWAVE RADIATION ON BACTERIA ESCHERICHIA COLI B/R AND ESCHERICHIA COLI B(S-1).
Morozov II, Petin VG, Dubovick BV
Electro Magnetobiol 14(2):149-153, 1995
- Munemori1982 EFFECTS OF LOW-LEVEL MICROWAVE RADIATION ON THE EYE OF THE CRAYFISH.
Munemori J, Ikeda T
Med Biol Eng Comput 20 (1):84-8, 1982
- Munemori1984 BIOLOGICAL EFFECTS OF X-BAND MICROWAVE RADIATION ON THE EYE OF THE CRAYFISH.
Munemori J, Ikeda T
Med Biol Eng Comput 22(3):263-267, 1984
- Neilly1986 INTERACTION OF ETHANOL AND MICROWAVES ON THE BLOOD-BRAIN BARRIER OF RATS.
Neilly JP, Lin JC
Bioelectromagnetics 7 (4):405-14, 1986
- Novoselova1999 MICROWAVES AND CELLULAR IMMUNITY. II. IMMUNOSTIMULATING EFFECTS OF MICROWAVES AND NATURALLY OCCURRING ANTIOXIDANT NUTRIENTS.
Novoselova EG, Fesenko EE, Makar VR, Sadovnikov VB
Bioelectrochem Bioenerg 49 (1):37-41, 1999
- Olsen1982 CONSTANT-DOSE MICROWAVE IRRADIATION OF INSECT PUPAE.
Olsen RG
Radio Sci 17(5S):145S-148S, 1982
- Olsen1983a MICROWAVE-INDUCED PRESSURE WAVES IN MAMMALIAN BRAINS.
Olsen RG, Lin JC
IEEE Trans Biomed Eng 30 (5):289-94, 1983

- Osepchuk1997 "COMMENTS ON "RESONANCE EFFECT OF MILLIMETER WAVES IN THE POWER RANGE FROM 10^{-19} TO 3×10^{-3} W/CM² ON ESCHERICHIA COLI CELLS AT DIFFERENT CONCENTRATIONS," BELYAEV ET AL., BIOELECTROMAGNETICS, 17:312-321 (1996) [COMMENT]"
Osepchuk JM, Petersen RC
"Bioelectromagnetics 18 (7):527-8; discussion 529, 1997"
- Pakhomov1991 ABSENCE OF NON-THERMAL MICROWAVE EFFECTS ON THE FUNCTION OF GIANT NERVE FIBERS
Pakhomov AG, Dubovick BV, Kolupayev VE, Pronkevich AN
J Bioelectricity 10 (1 - 2):185 - 203, 1991
- Pakhomov1997 ROLE OF FIELD INTENSITY IN THE BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF MILLIMETER WAVES AT A RESONANCE FREQUENCY
Pakhomov AG, Pol HK, Mathur SP, Akyel Y, Campbell CBG
Bioelectroch Bioener 43 (1):27 - 33, 1997
- Pakhomov1997a SEARCH FOR FREQUENCY-SPECIFIC EFFECTS OF MILLIMETER-WAVE RADIATION ON ISOLATED NERVE FUNCTION.
Pakhomov AG, Prol HK, Mathur SP, Akyel Y, Campbell CB
Bioelectromagnetics 18 (4):324-34, 1997
- Pakhomov1997b FREQUENCY-SPECIFIC EFFECTS OF MILLIMETER-WAVELENGTH ELECTROMAGNETIC RADIATION IN ISOLATED NERVE.
Pakhomov AG, Prol HK, Mathur SP, Akyel Y, Campbell CBG
Electro Magnetobiol 16(1):43-57, 1997
- Pakhomov1998a A PILOT STUDY OF THE MILLIMETER-WAVELENGTH RADIATION EFFECT ON SYNAPTIC TRANSMISSION.
Pakhomov AG, Prol HK, Akyel Y
Electro Magnetobiol 17(2):115-125, 1998
- Pakhomova1997 EFFECT OF MILLIMETER WAVES ON UV-INDUCED RECOMBINATION AND MUTAGENESIS IN YEAST
Pakhomova ON, Pakhomov AG, Akyel Y
Bioelectroch Bioener 43 (2):227 - 232, 1997
- Paulsson1977 THE EFFECTS OF MICROWAVE RADIATION ON MICROTUBULES AND AXONAL TRANSPORT.
Paulsson LE, Hamnerius Y, McLean WG
Radiat Res 70 (1):212-23, 1977
- Paulsson1979 RETINAL DAMAGE EXPERIMENTALLY INDUCED BY MICROWAVE RADIATION AT 55 MW/CM².
Paulsson LE, Hamnerius Y, Hansson HA, Sjostrand J
Acta Ophthalmol (Copenh) 57(2):183-197, 1979
- Peterson1979 AN INVESTIGATION OF THE THERMAL AND ATHERMAL EFFECTS OF MICROWAVE IRRADIATION ON ERYTHROCYTES.
Peterson DJ, Partlow LM, Gandhi OP
IEEE Trans Biomed Eng 26(7):428-436, 1979
- Pickard1979 DEVELOPMENTAL EFFECTS OF MICROWAVES ON TENEBRIO: INFLUENCES OF CULTURING PROTOCOL AND OF CARRIER FREQUENCY.
Pickard WF, Olsen RG
Radio Sci 14(6S):181-185, 1979
- Porcelli1997 NON-THERMAL EFFECTS OF MICROWAVES ON PROTEINS: THERMOPHILIC

- ENZYMES AS MODEL SYSTEM.
Porcelli M, Cacciapuoti G, Fusco S, Massa R, d'Ambrosio G, Bertoldo C, De Rosa M, Zappia V
FEBS Lett 402(2-3):102-106, 1997
- Pozela1987 CONTRACTION OF FROG MYOCARDIUM IN NON-UNIFORM ELECTROMAGNETIC FIELD.
Pozela J, Narusevicius E, Pauza A, Mikalauskas K
Gen Physiol Biophys 6 (4):321-6, 1987
- Pu1997 THE EFFECTS OF 3000-MHZ MICROWAVE IRRADIATION ON ELECTROENCEPHALIC ENERGY AND ENERGY METABOLISM IN MOUSE BRAIN
Pu JS, Chen J, Yang YH, Bai YQ
Electro Magnetobiol 16 (3):243 - 247, 1997
- Quock1994 INFLUENCE OF MICROWAVE EXPOSURE ON CHLORDIAZEPOXIDE EFFECTS IN THE MOUSE STAIRCASE TEST.
Quock RM, Klauenberg BJ, Hurt WD, Merritt JH
Pharmacol Biochem Behav 47 (4):845-9, 1994
- Radziewsky1999 SUPPRESSION OF PAIN SENSATION CAUSED BY MILLIMETER WAVES: A DOUBLE-BLINDED, CROSS-OVER, PROSPECTIVE HUMAN VOLUNTEER STUDY.
Radziewsky AA, Rojavin MA, Cowan A, Ziskin MC
Anesth Analg 88 (4):836-40, 1999
- Radziszewski1986 CYTOPHYSIOLOGICAL STUDY OF MICROWAVE EFFECTS UPON AN INVERTEBRATE NERVOUS SYSTEM: LIGHT- AND ELECTRON-MICROSCOPIC ANALYSIS - A PRELIMINARY REPORT.
Radziszewski E, Dhainaut-Courtois N
Biol Cell 56(1):67-67, 1986
- Rai1994 ADDITIONAL EVIDENCE OF STABLE EMF-INDUCED CHANGES IN WATER REVEALED BY FUNGAL SPORE GERMINATION.
Rai S, Singh UP, Mishra GD, Singh SP, Samarketu
Electro Magnetobiol 13(3):253-259, 1994
- Rai1999 PHYSIOLOGIC EFFECT OF 50-HZ EMF-INDUCED NUTRIENT SOLUTION ON A CYANOBACTERIUM, NOSTOC MUSCORUM.
Rai S, Garg TK, Singh JB, Kumar D, Singh BN
Electro Magnetobiol 18(2):177-184, 1999
- Raslear1993 TEMPORAL BISECTION IN RATS: THE EFFECTS OF HIGH-PEAK-POWER PULSED MICROWAVE IRRADIATION.
Raslear TG, Akyel Y, Bates F, Belt M, Lu ST
Bioelectromagnetics 14 (5):459-78, 1993
- Ray1990 PHYSIOLOGICAL CHANGES IN RATS AFTER EXPOSURE TO LOW LEVELS OF MICROWAVES.
Ray S, Behari J
Radiat Res 123 (2):199-202, 1990
- Rissmann1975 MICROWAVE HEARING IN MAMMALS.
Rissmann WJ, Cain CA
Natl Electron Cong Proc 30:239-244, 1975

- Roberti1975 PRELIMINARY INVESTIGATIONS OF THE EFFECTS OF LOW-LEVEL MICRO-WAVE RADIATION ON SPONTANEOUS MOTOR ACTIVITY IN RATS.
Roberti B, Heebels GH, Hendriex JC, de Greef AH, Wolthuis OL
Ann N Y Acad Sci 247:417-24, 1975
- Roberts1983 MICROWAVES AND NEOPLASIA IN MICE: ANALYSIS OF A REPORTED RISK.
Roberts NJ Jr, Michaelson SM
Health Phys 44 (4):430-3, 1983
- Rojavin1995 EFFECT OF MILLIMETER WAVES ON SURVIVAL OF UVC-EXPOSED ES-CHERICHIA COLI.
Rojavin MA, Ziskin MC
Bioelectromagnetics 16 (3):188-96, 1995
- Rojavin1997 IN VIVO EFFECTS OF MILLIMETER WAVES ON CELLULAR IMMUNITY OF CYCLOPHOSPHAMIDE-TREATED MICE.
Rojavin MA, Tsygankov AY, Ziskin MC
Electro Magnetobiol 16(3):281-292, 1997
- Rojavin1997b ELECTROMAGNETIC MILLIMETER WAVES INCREASE THE DURATION OF ANAESTHESIA CAUSED BY KETAMINE AND CHLORAL HYDRATE IN MICE.
Rojavin MA, Ziskin MC
Int J Radiat Biol 72(4):475-480, 1997
- Rojavin1998 ANTIPRURITIC EFFECT OF MILLIMETER WAVES IN MICE: EVIDENCE FOR OPIOID INVOLVEMENT.
Rojavin MA, Cowan A, Radziewsky AA, Ziskin MC
Life Sci 63(18):PL251-PL257, 1998
- Rotkovska1993 EVALUATION OF THE BIOLOGICAL EFFECTS OF POLICE RADAR RAMER 7F.
Rotkovska D, Moc J, Kautska J, Bartonickova A, Keprtova J, Hofer M
Environ Health Perspect 101(2):134-136, 1993
- Ryan1996 DOES NITRIC OXIDE MEDIATE CIRCULATORY FAILURE INDUCED BY 35-GHZ MICROWAVE HEATING ?
Ryan KL, Frei MR, Berger RE, Jauchem JR
Shock 6(1):71-76, 1996
- Ryan1997 ADMINISTRATION OF A NITRIC OXIDE DONOR DOES NOT AFFECT HYPOTENSION INDUCED BY 35-GHZ MICROWAVE HEATING.
Ryan KL, Lovelace JD, Frei MR, Jauchem JR
Methods Find Exp Clin Pharmacol 19 (7):455-64, 1997
- Ryan1997a AGE DOES NOT AFFECT THERMAL AND CARDIORESPIRATORY RESPONSES TO MICROWAVE HEATING IN CALORICALLY RESTRICTED RATS.
Ryan KL, Walters TJ, Tehrani MR, Lovelace JD, Jauchem JR
Shock 8(1):55-60, 1997
- Ryan1997b CIRCULATORY FAILURE INDUCED BY 35 GHZ MICROWAVE HEATING: EFFECTS OF CHRONIC NITRIC OXIDE SYNTHESIS INHIBITION.
Ryan KL, Frei MR, Jauchem JR
Shock 7 (1):70-6, 1997
- Saffer1992 MICROWAVE-SPECIFIC HEATING AFFECTS GENE EXPRESSION.
Saffer JD, Profenno LA
Bioelectromagnetics 13 (1):75-8, 1992
- Sagripanti1987 MICROWAVE EFFECTS ON PLASMID DNA.

- Sagripanti JL, Swicord ML, Davis CC
Radiat Res 110 (2):219-31, 1987
- Sandblom1991 THE EFFECT OF MICROWAVE RADIATION ON THE STABILITY AND FORMATION OF GRAMICIDIN-A CHANNELS IN LIPID BILAYER MEMBRANES.
Sandblom J, Theander S
Bioelectromagnetics 12 (1):9-20, 1991
- Sarkar1994 EFFECT OF LOW POWER MICROWAVE ON THE MOUSE GENOME: A DIRECT DNA ANALYSIS.
Sarkar S, Ali S, Behari J
Mutat Res 320 (1-2):141-7, 1994
- Saunders1981 THE EFFECT OF ACUTE FAR FIELD EXPOSURE AT 2.45 GHZ ON THE MOUSE TESTIS.
Saunders RD, Kowalczyk CI
Int J Radiat Biol Relat Stud Phys Chem Med 39 (6):587-96, 1981
- Scarfi1996 GENOTOXIC EFFECTS OF MITOMYCIN-C AND MICROWAVE RADIATION ON BOVINE LYMPHOCYTES
Scarfi MR, Lioi MB, D'Ambrosio G, Massa R, Zeni O, Di Pietto R, Di Bernardino
Electro Magnetobiol 15 (2):99 - 107, 1996
- Seaman1977 EFFECTS OF MICROWAVE RADIATION ON APLYSIAN GANGLION CELLS.
Seaman RL
Neurosci Res Program Bull 15(1):45-48, 1977
- Servantie1976 COMPARATIVE STUDY OF THE ACTION OF THREE TYPES OF MICROWAVE FIELDS UPON THE BEHAVIOR OF THE WHITE RAT (SYMPOSIUM SUMMARY).
Servantie B, Gillard J, Servantie AM, Obrenovitch J, Bertharion G, Perrin JC, Creton BJ
J Microw Power 11(2):145-146, 1976
- Shao1989 THE EFFECTS OF MICROWAVES ON THE IMMUNE SYSTEM IN MICE
Shao BJ, Chiang H
J Bioelectricity 8 (1):1 - 10, 1989
- Shcheglov1997 POWER-DEPENDENT REARRANGEMENT IN THE SPECTRUM OF RESONANCE EFFECT OF MILLIMETER WAVES ON THE GENOME CONFORMATIONAL STATE OF ESCHERICHIA COLI CELLS.
Shcheglov VS, Belyaev IYa, Alipov YeD, Ushakov VL
Electro Magnetobiol 16(1):69-82, 1997
- Shckorbatov1998 MICROWAVE IRRADIATION INFLUENCES ON THE STATE OF HUMAN CELL NUCLEI.
Shckorbatov YG, Grigoryeva NN, Shakhbazov VG, Grabina VA, Bogoslavsky AM
Bioelectromagnetics 19 (7):414-9, 1998
- Staniszewska1982 RECESSION OF CHANGES IN DIELECTRIC PARAMETERS OF SELECTED RAT TISSUES CAUSED BY SINGLE EXPOSURE TO PULSE MICROWAVE RADIATION. I. EXPERIMENTAL RESULTS.
Staniszewska MA, Terlecki J
Stud Biophys 91(2):155-161, 1982

- Stensaas1981 EFFECTS OF MILLIMETER-WAVE RADIATION ON MONOLAYER CELL CULTURES. II. SCANNING AND TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY. Stensaas LJ, Partlow LM, Bush LG, Iversen PL, Hill DW, Hagmann MJ, Gandhi OP *Bioelectromagnetics* 2 (2):141-50, 1981
- Swicord1982 MICROWAVE ABSORPTION OF DNA BETWEEN 8 AND 12 GHZ. Swicord ML, Davis CC *Biopolymers* 21(12):2453-2460, 1982
- Swicord1983a CHAIN-LENGTH-DEPENDENT MICROWAVE ABSORPTION OF DNA. Swicord ML, Edwards GS, Sagripanti JL, Davis CC *Biopolymers* 22(12):2513-2516, 1983
- Szmigielski1975 ACUTE STAPHYLOCOCCAL INFECTIONS IN RABBITS IRRADIATED WITH 3-GHZ MICROWAVES. Szmigielski S, Jeljaszewicz J, Wiranowska M *Ann N Y Acad Sci* 247:305-11, 1975
- Szmigielski1975a KARYOMETRIC OBSERVATIONS OF WISH CELL CULTURES IRRADIATED WITH 3 GHZ MICROWAVES. Szmigielski S, Luczak M, Wiranowska M *Folia Histochem Cytochem (Krakow)* 13 (3-4):151-9, 1975
- Szmigielski1975b AUTORADIOGRAPHIC ANALYSIS OF PROTEIN SYNTHESIS AND MEASUREMENTS OF NUCLEAR VOLUME IN WISH CELL CULTURES IRRADIATED WITH 3 GHZ ELECTROMAGNETIC RADIATION. Szmigielski S, Luczak M *Phys Med Biol* 20 (3):825-33, 1975
- Szmigielski1976 EFFECT OF MICROWAVES COMBINED WITH INTERFERON AND/OR INTERFERON INDUCERS (POLY I-POLY C) ON DEVELOPMENT OF SARCOMA 180 IN MICE (SYMPOSIUM SUMMARY). Szmigielski S, Luczak M, Bielec M, Janiak M, Kobus M, Stewart WE 2nd, de Clercq E *J Microw Power* 11(2):174-175, 1976
- Szmigielski1977 ENHANCED CYTOTOXIC EFFECT OF HYPERTHERMIA (43 C) FOR COLCEMIDE-TREATED NORMAL AND SV40-TRANSFORMED CELLS GROWN IN VITRO. Szmigielski S, Kobus M, Janiak M *Arch Geschwulstforsch* 47(5):396-399, 1977
- Szmigielski1977a IN VITRO AND IN VIVO INHIBITION OF VIRUS MULTIPLICATION BY MICROWAVE HYPERTHERMIA. Szmigielski S, Luczak M, Janiak M, Kobus M, Laskowski B, De Clercq E, De Somer P *Arch Virol* 53(1/2):71-77, 1977
- Szmigielski1977b EFFECT OF MICROWAVE RADIATION ON CELLS TREATED WITH MEMBRANE-INJURING SUBSTANCES. Szmigielski S, Kobus M, Janiak M, Rytko J *Exp Pathol* 13(6):296-301, 1977
- Szmigielski1977c INHIBITION OF TUMOR GROWTH IN MICE BY MICROWAVE HYPERTHERMIA, STREPTOLYSIN S AND COLCEMIDE. Szmigielski S, Pulverer G, Hryniewicz W, Janiak M *Radio Sci* 12(6S):185-199, 1977

- Szmigielski1978 INHIBITION OF TUMOR GROWTH IN MICE BY MICROWAVE HYPERTHERMIA, POLYRIBOINOSINIC-POLYRIBOCYTIDYLIC, AND MOUSE INTERFERON.
Szmigielski S, Bielec M, Janiak M, Kobus M, Luczak M, De Clercq E
IEEE Trans Microw Theory Tech 26(8):520-522, 1978
- Takashima1984 DIELECTRIC BEHAVIOR OF DNA SOLUTION AT RADIO AND MICROWAVE FREQUENCIES (AT 20 C).
Takashima S, Gabriel C, Sheppard RJ, Grant EH
Biophys J 46(1):29-34, 1984
- Tanner1982 THE EFFECTS OF CHRONIC EXPOSURE TO VERY LOW INTENSITY MICROWAVE RADIATION ON DOMESTIC FOWL
Tanner JA
J Bioelectricity 1 (2):195 - 205, 1982
- Tao1987 "COMMENT ON ""RESONANT MICROWAVE ABSORPTION BY DISSOLVED DNA"" (LETTER)."
Tao NJ, Lindsay SM, Rupprecht A
Phys Rev Lett 59(4):518, 1987
- Tchao1977 EFFECT OF HIGH FREQUENCY RADIATION ON THE TANNING PROCESS IN THE COLEOPTERA TENEBRIONID MOLITOR.
Tchao YH, Huet C, Lenoir-Rousseaux JJ
C R Acad Sci [D] (Paris) 284(16):1589-1592, 1977
- Teng1996 NO NONTHERMAL EFFECT OBSERVED UNDER MICROWAVE IRRADIATION OF SPINAL CORD.
Teng J, de Tournai DC, Duhamel F, Vander Vorst A
IEEE Trans Microw Theory Tech 44(10 pt. 2):1942-1948, 1996
- Thuroczy1994 SIMULTANEOUS RESPONSE OF BRAIN ELECTRICAL ACTIVITY (EEG) AND CEREBRAL CIRCULATION (REG) TO MICROWAVE EXPOSURE IN RATS.
Thuroczy G, Kubinyi G, Bodo M, Bakos J, Szabo LD
Rev Environ Health 10 (2):135-48, 1994
- Tuengler1979 SEARCH FOR MILLIMETER MICROWAVE EFFECTS ON ENZYME OR PROTEIN FUNCTIONS.
Tuengler P, Keilmann F, Genzel L
Z Naturforsch [C] 34(1/2):60-63, 1979
- Ushakov1999 COMBINED EFFECTS OF CIRCULARLY POLARIZED MICROWAVES AND ETHIDIUM BROMIDE ON E. COLI CELLS.
Ushakov VL, Shcheglov VS, Belyaev IY, Harms-Ringdahl M
Electro Magnetobiol 18(3):233-242, 1999
- VanZandt1982 ABSORPTION OF MICROWAVE RADIATION BY DNA DOUBLE HELIX IN A-QUO.
Van Zandt LL, Kohli M, Prohofsky EE
Biopolymers 21(7):1465-1468, 1982
- Veyret1991 ANTIBODY RESPONSES OF MICE EXPOSED TO LOW-POWER MICROWAVES UNDER COMBINED, PULSE-AND-AMPLITUDE MODULATION.
Veyret B, Bouthet C, Deschaux P, de Seze R, Geffard M, Jousset-Dubien J, le Diraison M, Moreau JM, Caristan A
Bioelectromagnetics 12 (1):47-56, 1991

- Webb1976 EFFECTS OF MICROWAVES ON NORMAL AND TUMOR CELLS AS SEEN BY LASER-RAMAN SPECTROSCOPY (SYMPOSIUM SUMMARY).
Webb SJ
J Microw Power 11(2):138, 1976
- Whitney1984 SOME RESULTS ON LOW-LEVEL MICROWAVE TREATMENT OF THE MOUNTAIN PINE BEETLE AND THE DARKLING BEETLE.
Whitney HS, Kharadly MMZ
IEEE Trans Microw Theory Tech 32(8):798-803, 1984
- Yamaura1967 SUPER-HIGH FREQUENCY ELECTRIC FIELD AND CRUSTACEAN GANGLI-ONIC DISCHARGES.
Yamaura I, Chichibu S
Tohoku J Exp Med 93 (3):249-59, 1967
- Yova1984 CHANGES IN LIPOSOMES PERMEABILITY INDUCED BY GRAMICIDIN D AFTER MICROWAVE IRRADIATION.
Yova D, Loukas S, Boudouris G
IEEE Trans Microw Theory Tech 32(8):891-893, 1984

Anhang

Anhang A: Verwendete Datenbanken und Vorgehensweise bei der Recherche

Kurzbeschreibung der Datenbanken

1. EMF-Datenbank von Information Ventures: Die EMF-Datenbank wird von der Firma Information Ventures erstellt und vermarktet. Sie enthält eine breit angelegte Sammlung an Literatur speziell zum Thema „Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder“. Neben Beiträgen zu wissenschaftlichen Fachzeitschriften enthält die Datenbank auch Konferenzbeiträge, sowie eine Auswahl an (öffentlich zugänglichen) Forschungsberichten und Monographien. Üblicherweise wird zu jedem Eintrag von Information Ventures ein Abstract generiert, in dem sich die wesentlichen Aussagen des Artikels wiederfinden. Die von Information Ventures selbst verfassten Zusammenfassungen sind i.a. viel ausführlicher als die ursprünglichen Abstracts der Autoren und enthalten sehr oft auch ausführliche dosimetrischen Angaben.

Bei den Aufnahmekriterien verfolgt Information Ventures das Prinzip „Masse statt Klasse“, d.h. die umfassende Abdeckung der Literatur genießt Vorrang vor Kriterien wie Qualität und Informationsgehalt. Mit dieser Strategie verhält sie sich genau komplementär zur FEMU-Datenbank, die sich von vornherein auf (wissenschaftlich) relevante Artikel beschränken möchte. Diese unterschiedlichen Strategien erklären auch die großen Unterschiede, was die Zahl von Datensätzen betrifft.

2. Wissensbasierte Literaturdatenbank von FEMU: Bei der WBLDB handelt es sich um eine wissensbasierte Datenbank, d.h. neben den rein bibliographischen Daten stehen wissenschaftlich-fachliche Aussagen zu Themen wie z.B. „Zielsetzung und Design des Versuchs“, Expositionsbedingungen sowie eine Bewertung der „Qualität“ des Artikels im Mittelpunkt.

Die WBLDB ist aber momentan noch im Aufbau und nur für einen geringen Teil der Einträge liegen solche Zusatzinformationen bereits vor. Weil nur vollständige und damit bewertbare Artikel aus wissenschaftlichen Fachzeitschriften aufgenommen werden, ist die Relevanz der enthaltenen Einträge durchgehend hoch. Aufgrund der Tatsache, dass sich die Datenbank noch im Aufbaustadium befindet, ist die Abdeckung noch nicht vollständig. Bisher wurden die wichtigsten Fachzeitschriften ab ca. 1980 erfasst.

3. PubMed Datenbank der National Library of Medicine, USA: Die PubMed-Datenbank wird vom „National Center for Biotechnology Information (NCBI)“ bereitgestellt. Sie bietet den Zugang zu bibliographischen Informationen verschiedener Datenbanken, wie MEDLINE, PreMEDLINE, HealthSTAR und enthält ebenfalls von den Zeitschriftenverlagen beigezeichnete Zitate. Bei weitem die wichtigste Quelle von PubMed ist die MEDLINE-Datenbank mit über 10 Millionen Zitaten aus mehr als 4000 biomedizinischen Zeitschriften. Die zeitliche Abdeckung der Datenbank reicht vom Jahr 1966 bis heute.

Vergleich der Inhalte

Die folgende Tabelle soll einen Eindruck vom Umfang und vom Informationsgehalt der verwendeten Datenbanken liefern. Während die grundlegenden bibliographischen Informationen in allen Datenbanken enthalten sind, werden in unterschiedlichem Maße noch zusätzliche Informationen bereitgestellt.

Inhalt	EMF-Database	WBLDB	PubMed
Anzahl Zitate (Stand Januar 2000)	26122 (ca. 15000 ohne Konferenzbeiträge)	3271	> 10 Mio.
Abgedeckte Gebiete	Biologische und medizinische Wirkungen elektromagnetischer Felder	Biologische und medizinische Wirkungen elektromagnetischer Felder	Biologische und medizinische Forschung allgemein
Art der Zitate	Zeitschriftenbeiträge, Konferenzbeiträge, Bücher und Berichte	Fast ausschließlich Beiträge in referierten Fachzeitschriften	Überwiegend Artikel in referierten Fachzeitschriften

Bibliografische Informationen	EMF-Database	WBLDB	PubMed
Titel	+	+	+
Autoren	+	+	+
Organisation	+	-	+
Quelle	+ ⁽¹⁾	+	+
Typ der Publikation	(-) ⁽²⁾	(-) ⁽²⁾	+
Sprache	+	-	+
Herkunftsland	(+) ⁽²⁾	-	(+) ⁽²⁾

Fachliche Informationen	EMF-Database	WBLDB	PubMed
Wissenschaftliche Einordnung des Untersuchungsthemas	-	(+) (z. T. der Profilzuordnung entnehmbar)	+ (gut dokumentiertes System von MeSH ⁽⁵⁾ - Termen)
Abstract	+ (eigene Inhaltsangabe)	(+) (teilweise durch Verweis auf PubMed-ID)	+ (Abstract des Autors)
Expositionsart	(-) ⁽³⁾	(-) ⁽⁴⁾	(-) ⁽³⁾
Typ der Untersuchung	-	(-) ⁽⁴⁾	+
Biologische Modelle	-	(-) ⁽⁴⁾	+

(1) Nicht in strukturierter Form enthalten.

(2) Keine explizite Angabe, kann aus anderen Informationen entnommen werden.

(3) Keine explizite Angabe, kann teilweise dem Abstract entnommen werden.

(4) Geplant, aber noch nicht verfügbar.

(5) MeSH = „Medical Subject Headings“, ausführliches und katalogisiertes medizinisches Schlagwortsystem.

Tabelle 3: Informationsgehalt und Umfang der benutzten Datenbanken im Vergleich.

Informationsextraktion

1. EMF-Datenbank: Bereits beim Export der Datensätze wurden alle Beiträge von Konferenzen, Symposien, Workshops etc. ausgeschlossen. Die folgende Abfrage leistet das mit ausreichender Genauigkeit:

```
(leg 2000[year of publication] NOT (meeting[Title] or (sympos?[Citation] or worksho?[Citation] or proceedin?[Citation] or conferenc?[Citation] or congress[citation] or „annual review of research on biological“[citation] or colloquium[citation])))
```

Obige Suche lieferte immer noch stattliche 14937 Treffer (EMF V.3.2.4, Januar 2000). Die Daten wurden über die „Export“-Funktion des Suchprogramms „Ominsearch“ als ASCII-Text exportiert, mit dem Programm „EMCEquery“ wieder eingelesen und in ein von EXCEL und verschiedenen Datenbankprogrammen importierbares „tab“-separiertes ASCII-Format umgewandelt.

2. FEMU-Datenbank: Das Herunterladen der FEMU-Einträge erfolgte mit dem Programm EMCEQuery (Befehl IMPORT_FEMU). Das Programm generiert einen Pseudo-Suchterm, mit dem alle Datensätze ausgewählt werden (z.B. „NOT xyz“ als Eintrag unter Schlüsselwort). Da immer nur zehn Einträge gleichzeitig angezeigt werden, erfolgt der Download über eine Schleife, in der jeweils zehn Einträge mit fortlaufendem Index abgefragt werden.

3. MedLine/PubMed: Aufgrund des breiten Themenfeldes, das durch die PubMed-Datenbank abgedeckt wird und durch die große Zahl an Einträgen, kommt der Vorselektion der relevanten Zitate eine sehr große Bedeutung zu.

Bei der hier verwendeten Abfrage orientierte man sich an den „MeSH“-Begriffen (MeSH: Medical Subject Headings), die für jeden Eintrag vergeben werden. Durch die Zunahme des Unterbegriffs „adverse effects“ und „radiation effects“ wurde die Suche weiter eingeeengt. Die verwendeten Suchausdrücke lauteten:

1. ("Electricity" [MESH] OR "Magnetics" [MESH] OR "Electromagnetic Fields" [MESH] OR "Microwaves" [MESH] OR "Radio Waves" [MESH] OR "Radar" [MESH]) AND ("adverse effects" [Subheadings])
2. (("cellular" OR "mobile") AND phone) AND "radiation effects" [Subheadings])

Obige Suche ergab insgesamt 4140 Treffer. Die verwendete Suche ist eher restriktiv, alternativ hätte man statt nach „adverse effects“ z.B. auch nach „therapeutic use“ suchen können. Da alle Artikel zu „adverse effects“ ebenfalls dem Subheading „therapeutic use“ zugeordnet sind, erhält man damit sehr viel mehr Treffer (etwa doppelt so viele). Bei einer stichprobenartigen Durchsicht der Differenz zwischen „therapeutic use“ und „adverse effects“ fanden sich allerdings keine Artikel mit unmittelbarem Bezug zur EMVU. Die meisten Zitate betrafen Fachgebiete wie „Transkranielle Magnetstimulation“ und Hyperthermie-Behandlungen mit Mikrowellen. Die zusätzliche Suche nach „radiation effects“ erwies sich jedoch als sinnvoll und erbrachte einige zusätzliche Treffer, allerdings auch eine Erhöhung der Zahl irrelevanter Zitate.

Anhang B: Klassifizierungssystem

Klassen

Entsprechend ihres Typs wurden die Veröffentlichungen zunächst in verschiedene Klassen eingeteilt. Dabei wurden die folgenden Bezeichnungen vergeben:

Klasse	Beschreibung	FEMU-Profil
EXP	Veröffentlichungen, die Ergebnisse experimenteller biologischer bzw. klinischer Forschung schildern.	viele ^(*)
EPS	Veröffentlichungen zu epidemiologischen Studien, und Fallstudien.	EPS
MET	1. Veröffentlichung die sich primär mit der technischen Beschreibung von Untersuchungsmethoden und Untersuchungstechniken befassen, bzw. neue Methoden und Techniken vorstellen. 2. Alle Veröffentlichungen zu dosimetrischen und meßtechnischen Fragestellungen.	
MEC	Veröffentlichungen, die sich primär mit der Untersuchung möglicher Wirkmechanismen befassen (z. B. theoretische Arbeiten oder die Diskussion von experimentellen Arbeiten im Hinblick auf einen bestimmten Wirkmechanismus).	MEC
SUR	Übersichtsartikel und Sekundärliteratur	SUR
THR	Veröffentlichungen zur Anwendung von hypothetischen oder bekannten Wirkungen von EMF für diagnostische und therapeutische Zwecke.	
XXX	Arbeiten, bei denen kein Bezug zur EMVU erkennbar ist, die aber bei der Computer-gestützten Suche als relevant identifiziert wurden („false positives“).	

Abbildung 10: System der Klassen. Anmerkung: ^(*) Alle FEMU-Profile, die biologischen oder medizinischen Fachausdrücken entsprechen.

Haupt-Kategorien und Kategorien

Die Hauptkategorien und Kategorien dienen der Sortierung der Veröffentlichungen nach biologisch-medizinischen Kriterien. Dieses Klassifizierungsschema ist im Abschnitt „Hauptgruppen, Haupt-Kategorien und Kategorien“ näher beschrieben. Genaue Hinweise, wann welche Kategorie auszuwählen sind, werden in der Anlage I: Beschreibung der Felder der Excel-Datenbank und Hinweise für Auswerter“ gegeben.

Haupt-Kategorie I: Mutation

Kategorie	Beschreibung	FEMU-Profil
GEN	genetische (phänotypische) Veränderungen; DNA-Schäden (z.B. Basenaustausch, DNA-Strangbrüche); chromosomale Schäden (strukturelle Veränderungen, Mikrokern-Bildung, Schwester-Chromatid-Austausch, usw.); DNA-Reparatur, resonante Absorption von DNA, und andere	GEN

Haupt-Kategorie II: Krebs

Kategorie	Erklärung	FEMU-Profil
TUM	In vivo-Studien zum Auftreten von gutartigen oder bösartigen Tumoren sowie Untersuchung von Mechanismen im Zusammenhang mit Krebs-Induktion und Tumorpromotion. In vitro-Studien zur Zell-Transformation (Umwandlung normaler Zellen zu Tumorzellen)	CVV, CVT

Haupt-Kategorie III: Teratogenese, Reproduktive Effekte und Wachstum

Kategorie	Erklärung	FEMU-Profil
TER	Teratogenese nach Exposition des Embryos oder Fetus (pränataler Tod; schwere strukturelle Abnormalitäten; Tod von Neugeborenen; stark gehemmte geistige Entwicklung; Wachstumsverzögerungen; Krebsanstieg nach "in Uterus-Exposition".	TER
REP	Reproduktive Endpunkte nach Exposition des Reproduktiven Systems (Sterilität; Effekte auf reproduktive Organe und den reproduktiven Zyklus; Effekte auf die embryonale und fetale Entwicklung)	IPA
GRO	Wachstum von Zellkulturen. Postnatales Wachstum (auch Gewicht)	GRO

Haupt-Kategorie IV: Organische und zelluläre Ebene (Neurologisches und Sensorisches System und Verhalten)

Kategorie	Erklärung	FEMU-Profil
BEH	Verhalten	BEH
SEN	Sensorische Organe (Ohr, Auge, Schmerzempfinden, Geruch, Tastsinn etc.)	EOE, EYE
NES	Neurologisches System (z.B. Nerven, Gehirn, Rückenmark, chemische oder elektrische Signalübertragung) inkl. Blut-Hirn-Schranke.	CNS, EPP, (NPN), (EMU)

Jeder dieser Kategorien können zusätzliche, detailliertere Unterbegriffe zugeordnet werden:

Unter-Kategorien für das Sensorische System (SEN):

Kategorie	Erklärung	FEMU-Profil
EOE	Akustisches System (inkl. Mikrowellenhören)	EOE
EYE	Visuelles System	EYE
„NN“	Schmerzempfinden	
„NN“	Geruchssinn	
„NN“	Tastsinn	

Unter-Kategorien für das Nervensystem (NES):

Kategorie	Erklärung	FEMU-Profil
BBB	Blut-Hirn-Schranke (evtl. Verweis auf CVS)	BBB
CNS	Zentrales Nervensystem	CNS
VNS	Vegetatives Nervensystem	
SNS	Somatisches Nervensystem	
SIG	Signalübertragung und -verarbeitung bei isolierter Neuronen, kleineren Neuronenverbänden und Pflanzen	

V. Organische und zelluläre Ebene (außer IV)

Kategorie	Erklärung	FEMU-Profil
CVS	Kardiovaskuläres System (z. B. Blutgefäße, Endothelzellen)	CVS
END	Endokrines System	END, MEL
HCS	Hämoopoetisches System (z. B. blutbildende Organe, Blutzellen-Entwicklung/-Erhaltung)	HCS
IMM	Immunsystem (z. B. Zell-Typen)	IMM

Wenn die Untersuchung auf kein spezifisches Organ/Zellsystem hin ausgerichtet wurde oder die Ergebnisse eine über das untersuchte Organsystem hinausgehende Relevanz für die Funktionsfähigkeit von Zellen und Organen besitzen, können zusätzlich die folgenden Kategorien zugeordnet werden:

Kategorie	Erklärung	FEMU-Profil
BMP	Beeinflussung von Membranfunktionen und Ionenkonzentrationen	BMP, CAL
CEF	Beeinflussung der Zellfunktion	CEF
ENA	Enzym-Aktivität	ENA
EOR	Morphologische und pathologische Befunde	EOR

VI Andere Effekte

Kategorie	Erklärung	FEMU-Profil
HTM	Thermische Schädigung von Zellgewebe, Therapeutische Anwendungen der Hyperthermie (u.a. für medizinische Zwecke)	HTM
TMP	Temperatureffekte und Temperaturänderungen	
HYP	Elektrosensibilität	HYP
IMP	Wirkungen auf Implantate und Herzschrittmacher, Störbeeinflussung med. Geräte	IMP, CPM, IMD
CHE	Chemisches Experiment (z.B. Mikrowellen-Chemie)	
PHY	Physikalisches Experiment (z.B. Modellmembranen)	

Anlagen

Anlage I: Beschreibung der Felder der Excel-Datenbank und Hinweise für Auswerter

Die Excel-Datei „Erläuterungen.xls“ enthält Informationen, wie die Abstracts der Veröffentlichungen auszuwerten und in die Excel-Datenbank einzutragen sind.

Anlage II: Abstracts der betrachteten Arbeiten

Die bibliografischen Informationen und Abstracts der für diese Analyse relevanten Veröffentlichungen liegen in Datei-Form vor. Dabei entspricht jeweils eine Datei einer kompletten Kategorie, d.h. in der Datei sind alle Veröffentlichungen in alphabetischer Reihenfolge (nach Autorennamen) enthalten, die der Kategorie zugeordnet wurden.

Die Dateinamen repräsentieren in den ersten drei Stellen die Klasse, dann folgt nach einem Bindestrich die Kategorie (wieder drei Stellen), also beispielsweise „EXP-TER.rtf“ für alle Abstracts der Veröffentlichungen von biologisch-medizinischen Experimenten zur Teratogenität.

Ein zweiter Satz von Dateien enthält zusätzlich die Informationen, die vom Auswerter aus den Abstracts gewonnen wurden, in strukturierter und übersichtlicher Form (Dateinamen wie vorstehend, aber mit dem Abhängsel „-details“ zwischen Namen und Extension (z.B. „EXP-TER-details.rtf“).

Anlage III: Excel-Datenbank der Veröffentlichungen von biologisch-medizinischen Forschungsergebnissen im Bereich 3 GHz bis 300 GHz

Diese Excel-Datenbank „FGF-cm-mm.xls“ enthält alle Informationen, die programmgestützt aus den Datenbankeinträgen der EMF-Database, der PubMed und der WBLDB zusammengetragen wurden. Darüberhinaus enthält sie die Einträge der Auswerter.

Die Tabelle ist hinsichtlich der Spalte „Reference“, also dem Eintrag mit dem die Veröffentlichungen in diesem Text zitiert werden, sortiert.

Hinweis: Die Tabelle ist sehr groß und kann deshalb nicht sinnvoll als Ganzes ausgedruckt werden. Es bietet sich im Gegensatz dazu an, die Filterfunktionen von Excel zu nutzen und insbesondere nach den „Kategorien“ zu filtern. Dann können die Tabelleninhalte jeweils auf wenigen Seiten dargestellt werden.