

NEWS *letter*



EMVU-Wahrnehmung

- EMF-Portal – Ein Internet-Informationssystem über die Wirkungen elektromagnetischer Felder
- Wie werden wissenschaftliche Ergebnisse zu Risiken in der Bevölkerung wahrgenommen?
- Warum wird gepulsten Signalen eine höhere biologische Relevanz zugemessen?
- Elektrosensibilität/Elektrosensitivität – ein Stresssyndrom?

EMVU und Technik

- Das Forschungsvorhaben miniWatt
- Mobilfunk: Schutz von Personen mit Herzschrittmachern

Forschung

- Wissenschaftlich Publizieren, 2. Teil
- Störung der Reproduktion durch elektromagnetische Felder?
- Kritische Anmerkungen zur REFLEX-Studie
- Neues aus der Wissenschaft

FGF

Forschungsgemeinschaft Funk e.V.



Editorial

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Halbzeit 2005: schon ist die erste Hälfte des Jahres vergangen und die Urlaubszeit steht heran. Zeit aber auch, für die zweite Ausgabe des Newsletters.

Im Mittelpunkt dieser Ausgabe und deshalb gleich an den Anfang gestellt finden Sie unter der Rubrik „EMVU und Wahrnehmung“ die Vorstellung des neuen Informationssystems für Laien und Wissenschaftler des Forschungszentrums für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu) der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen mit dem Titel „EMF-Portal – Ein Internetinformationssystem über die Wirkungen elektromagnetischer Felder“. Diese Datenbank wurde jetzt (Ende Juni 2005) freigeschaltet und steht nun allen Interessierten öffentlich und kostenfrei zur Verfügung.

Nachfolgend lesen Sie, wie in der Bevölkerung die Darstellung von Risiken wahrgenommen und warum gepulsten Signalen eine größere biologische Relevanz zugeschrieben wird. Ein Beitrag zur Elektrosensitivität bzw. Elektrosensibilität beschließt die Rubrik.

Unter „EMVU und Technik“ wird das Forschungsvorhaben miniWatt beschrieben. Inwieweit Mobilfunkwellen einen Einfluss auf Herzschrittmacher ausüben können oder nicht, erfahren sie im Anschluss daran. Mit dem Artikel „Wissenschaftlich Publizieren“ hatten wir im letzten Heft zunächst allgemein in einem ersten Teil über das Thema berichtet. Sie finden nun den zweiten Teil über wissenschaftliche Literaturdatenbanken unter der Rubrik „Forschung“. Hier lesen Sie auch, ob EMF-Felder den Reproduktionsvorgang stören, und einen Beitrag zum Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm. Teilergebnisse aus der REFLEX-

Studie wurden in den vergangenen Wochen oft in den Medien zitiert. Einen kritischen Kommentar zu dieser Studie möchten wir Ihnen daher nicht vorenthalten. Wie gewohnt finden Sie in dieser Rubrik auch wieder „Neues aus der Wissenschaft“ und letztendlich die aktuellen „Nachrichten“ mit einer Tagungsvorschau für das nächste Halbjahr.

Außerdem möchten wir uns herzlich für Ihre Teilnahme an unserer Fragebogenaktion und die darin ausgesprochene überdurchschnittlich gute Bewertung bedanken. Wir nehmen das Lob gerne entgegen. Es bestärkt uns darin, den Newsletter weiterhin so zu gestalten, und gibt unserer Motivation neuen Schwung. Einzelne Verbesserungsvorschläge haben wir zum Anlass genommen, manche „Dinge“ kritischer anzugehen, wie die Lesbarkeit kleiner Grafiken bzw. deren Beschreibung oder eine kürzere Darstellung von Tagungsberichten etc., und geloben Besserung in allen angesprochenen Punkten.

Sollte Ihnen ein Thema besonders am Herzen liegen, scheuen Sie sich bitte nicht, Ihr Anliegen an unsere Redaktion heran zu tragen, für neue Themenvorschläge sind wir stets offen und auch bei der einen oder anderen Frage zu unseren Beiträgen stehen wir gerne zur Verfügung.

Nun wünschen wir Ihnen auch bei dieser Ausgabe wieder viel Spaß beim Lesen, einen hoffentlich sonnigen Sommer und einen erholsamen Urlaub,

herzlichst
Ihr Gerd Friedrich



Inhalt

EMVU-Wahrnehmung

Internet-Informationssystem über die Wirkungen
elektromagnetischer Felder (EMF-Portal)
(Dipl.-Ing. R. Wienert, Dr. S. Drießen)

4

Wie werden wissenschaftliche Ergebnisse
zu Risiken in der Bevölkerung wahrgenommen?
(M. A. Grutsch)

14

Warum wird gepulsten Signalen eine
höhere biologische Relevanz zugemessen?
(biophysikalische Sicht) (L. Haberland)

18

Elektrosensibilität/Elektrosensitivität – ein Stress-
syndrom? (Dipl.-Ing. R. Reichardt, Dr. B. Stöcker)

22

EMVU und Technik

Das Vorhaben miniWatt
(M. Baldauf, W. Sörgel, Prof. Dr. W. Wiesbeck)

26

Schutz von Personen mit Herzschrittmachern in
elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks
(Dr. A. Bahr)

32

Forschung

Wissenschaftlich Publizieren (2. Teil)
(Dr. F. Gollnick)

43

Störung der Reproduktion durch elektromagnetische
Felder? (Dr. I. Ruppe)

50

Kritische Anmerkungen zur Untersuchung von
DNA-Schädigungen im Schlussbericht 2004 der
REFLEX-Studie (Dr. Vijayalaxmi)

58

Rubriken

Neues aus der Wissenschaft (Prof. Dr. R. Glaser)

62

Tagungsvorschau

69

Nachrichten

70

Impressum

72

EMF-Portal – Ein Internet-Information Wirkungen ele

Roman Wienert, Sarah Drießen

Einleitung

Die elektromagnetischen Felder von Funkanwendungen sind in Umwelt, Alltag und Beruf allgegenwärtig und oftmals Gegenstand der öffentlichen Diskussion. Viele Bürgerinnen und Bürger haben Angst vor möglichen (negativen) Wirkungen solcher Felder auf ihre Gesundheit. Im Schlagabtausch von Gegnern und Befürwortern ist es jedoch schwierig, sich ein eigenes Bild über den tatsächlichen Stand des Wissens zu machen und eine eigene Meinung zu bilden.

Wissenschaftliche Studien, die eine wichtige Grundlage zur Bewertung des aktuellen Wissensstands über Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf die Gesundheit des Menschen und die Umwelt sind, könnten Abhilfe beim objektiven Informationsdefizit schaffen. Sie unterliegen jedoch folgender Problematik:

- Sie stehen dem Laien nicht ohne weiteres zur Verfügung und
- sind häufig nicht leicht verständlich;
- oft stehen einzelne Studien im Widerspruch zueinander,
- sie sind meist in internationalen Fachzeitschriften in englischer Sprache abgefasst und
- enthalten eine Fülle von Fachausdrücken, mit denen Wissenschaftler anderer Gebiete wenig und der Laie gar nichts anfangen kann.
- Zudem stehen sie oft in einem großen komplexen Zusammenhang, der umfangreiches Hintergrundwissen erfordert.

Darüber hinaus ist es sehr schwierig und zeitaufwändig, aus den mehr als 10.000 Titeln zählenden und

der ständig wachsenden Literatur zu aktuell diskutierten Themen und wechselnden Fragestellungen entsprechende Publikationen zu finden.

Kurz gesagt: Interessierten Bürgern, Entscheidungsträgern und Multiplikatoren sind wissenschaftliche Informationen nur schwer zugänglich, um sich eine eigene Meinung zu den Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf den Menschen und die Umwelt bilden zu können.

Kompakte, vergleichbare, in deutscher Sprache abgefasste und verständliche Aufbereitungen der Forschungsergebnisse aus den entsprechenden Studien der letzten 25 Jahre gibt es derzeit nur im Rahmen des hier vorgestellten Portals (<http://www.emf-portal.de>), einer Informationsplattform zu den Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf Mensch und Umwelt.

Bei der Entwicklung des EMF-Portals wurde die Vision verfolgt, auch dem Nicht-Experten die Möglichkeit zu bieten, sich über die Umweltverträglichkeit elektromagnetischer Felder zu informieren. Um dies zu erreichen, wurden wissenschaftliche Forschungsergebnisse einzelner Studien verständlich zusammengefasst. Ein „Glossar“, eine „Übersicht über die im Alltag vorkommenden Felder“ und eine „Einführung in die Grundlagen der Wirkungsweise elektromagnetischer Felder“ sind unterstützende Werkzeuge.

Das Internet-Informationssystem besteht aus zwei Modulen: Der Literaturdatenbank, die u. a. von der Forschungsgemeinschaft Funk (FGF) e.V. und der Forschungsstelle für Elektropathologie (FfE) e.V. gefördert wurde und wird, sowie dem sog. EMF-Portal, in das die Literaturdatenbank eingebettet ist. Das EMF-Portal wurde mit Unterstützung des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) entwickelt, um die Inhalte der Literaturdatenbank auf die Informationsbedürfnisse verschiedener Nutzergruppen zugeschnitten anbieten zu können.

System über die elektromagnetischer Felder

Die Informationsangebote im Überblick

Auf der Einstiegsseite des EMF-Portals (Abb. 1) erhält der Nutzer eine Übersicht über die verschiedenen Angebote, die in der Navigationsleiste (links auf der Seite) direkt auswählbar sind und im Folgenden erläutert werden. Zusätzlich ist ein umfangreiches Hilfsangebot verfügbar, das dem Nutzer den Gebrauch der einzelnen Module und Funktionen Schritt für Schritt erklärt (Menüpunkt „Hilfe“).

Die Sprache des Informationsangebots kann mit Hilfe der rechts oben befindlichen Icons zwischen Deutsch und Englisch ausgewählt werden.

Im Zentrum der Seite befindet sich das eigentliche, vom Nutzer ausgewählte Angebot bzw. eine kurze Übersicht über die Angebote beim Einstieg in das EMF-Portal.

Literaturdatenbank – das Kernstück

Das Kernstück des EMF-Portals ist die Literaturdatenbank, in der publizierte wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der bioelektromagnetischen Wechselwirkungen nieder- und hochfrequenter Felder mit dem Organismus gesammelt und in verschiedenen Detailstufen aufbereitet werden. Zu finden sind die Artikel über den Menüpunkt „Publikationssuche“ sowie die Extraktion der in ihnen enthaltenen biologischen, medizinischen und technisch-dosimetrischen Daten in verschiedenen Detailstufen.

Der in deutscher und englischer Sprache vorliegende Extrakt liefert übersichtliche Zusammenfassungen der einzelnen Publikationen. Der interessierte Nutzer kann sich mittels dieser über das Internet zur Verfügung stehenden Daten und Bewertungen einen eigenen Ein-



Abbildung 1: die Einstiegsseite des Informationssystems

druck über die wesentlichen Inhalte und die Qualität der bearbeiteten Publikationen machen, ohne dass ihm die – meist nur in englischer Sprache vorhandenen – wissenschaftlichen Originaltexte vorliegen müssen. Die Extraktion wird von Fachleuten der entsprechenden Disziplinen durchgeführt: zunächst werden die Informationen zur verwendeten *Exposition* aufbereitet, anschließend die medizinisch/biologischen Untersuchungsparameter (*Basisdaten*).

Die Basisdaten (Abb. 2) spiegeln dabei die wesentlichen Inhalte der publizierten Forschungsergebnisse wider und verschaffen dem Leser einen kurzen und präzisen Überblick der Publikation, ohne dass er sich in Details vertiefen müsste. Die Struktur der Basisdaten ist für jeden Artikel identisch, was sowohl einer schnellen Orientierung als auch der Vergleichbarkeit der Studien dient. Der Aufbau gliedert sich dabei wie folgt:

- Bibliographische Angaben
- Ziel der Studie mit fakultativen Hintergrundinformationen
- Endpunkt(e)
- Die wichtigsten Expositionsdaten (auf Wunsch können auch die vollständigen Informationen zur Befeldung abgerufen werden)
- Details zur Methodik (Messparameter und untersuchtes System)
- Hauptergebnis, wie vom Autor der Studie beschrieben
- Zusätzliche Informationen wie Studienmerkmale und Referenzartikel

Basisdaten für den Artikel

"902 MHz mobile phone does not affect short term memory in humans."

"902 MHz Mobiltelefon beeinflusst nicht das Kurzzeitgedächtnis von Menschen."

Van, Hansis C, Ek, M, Ebenberg L, Laine M, Rönkä A, Kivistö M, Hamalainen H, Erchavien in *Bioelectromagnetics* 2004; 25 (3): 452 - 456 ([PubMed Eintrag](#))

Es sind folgende englische Daten zu dieser Untersuchung verfügbar: [\[1\]](#)

Ziel der Studie (li. Autor)

Es sollte die Wirkung eines elektromagnetischen Feldes, wie es von einem 902 MHz Handy ausgestrahlt wird, auf das menschliche Kurzzeitgedächtnis untersucht werden.

Hintergrundweitere Details

Die Studie war eine Wiederholung mit methodologischen Verbesserungen (platzbasierte Untersuchung und Doppelblind-Studie-Design) einer früheren Studie ([Publikation id 4728](#)). Insgesamt führten 64 Testpersonen in zwei unabhängigen Läufen eine Kurzzeitgedächtnis-Aufgabe aus.

Ergebnis

- Magnetfeldstärkezeitpunkt: Kurzzeitgedächtnis

Exposition/Exposition

Eigenschaften	Parameter
902 MHz HF gesteuert (FWD) Expositionsdauer: 60 min	SAR: 988 μ W/kg HF Durchschnittswert (gemessen mit Hilfe eines Phantoms) SAR: 2,07 μ W/kg HF Durchschnittswert

[\[1\]](#) Detailliertes Expositionsparameter (in engl. Sprache) anschauen

Exponiertes System:

Mensch

Expositionsort: Kopf

Methodik

Messparameter

- Magnetfeldstärkezeitpunkt: Kurzzeitgedächtnis, Akute Gedächtnis-Belastung (Leistung in reguliertem Buchstaben-Verbleich-Aufgabe, die Gedächtnis-Belastung reichte von 0 bis 3 Positionen in einer N-Zurück-Aufgabe) (Fraktioniert, Derivativ der Antwort)

Untersuchung am lebenden Organismus

Untersuchungzeitpunkt: während der Beladung

Hauptergebnis der Studie (li. Autor)

Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Leistungsfähigkeit zwischen den beiden Läufen gefunden. Die Autoren konnten die früheren Ergebnisse nicht wiederholen. Das elektromagnetische Feld hatte keine Wirkung auf die Reaktionszeit oder auf die Genauigkeit der Antworten der Testpersonen. Die Unfähigkeit, die früheren Ergebnisse zu wiederholen, könnte durch das Fehlen tatsächlicher Wirkungen des elektromagnetischen Feldes zustande kommen oder die Stärke der Wirkungen ist bei dem genutzten Test am Einzelteilkeits-Niveau.

(Platzbasierte, methodologische Studie, experimentelle Studie, Replikations-/Reproduktionsstudie, Populationsstudie) (Hansis C, Ek, M, Ebenberg L, Laine M, Rönkä A, Kivistö M, Hamalainen H: The effects of electromagnetic field emitted by GSM phones on working memory. in *Neuroreport* 2003; 14 (3): 1841 - 1847 [Link DE1800107](#), Doppelblind-Studie)

[\[1\]](#) Zurück zur Trefferliste

Wird der Artikel anschauen (ID) [18100180](#)

li.

Glossar: Arbeitsgedächtnis, Defekter, Doppelblind-Studien, elektromagnetische Feld, Gedächtnis, gesteuert, Grenzwert, Handy, Kopfhörer, Kurzzeitgedächtnis, Leistung, Mensch, MHz, N-Zurück-Aufgabe, FWD, Bookingschriften, Reproduktionsstudie, SAR, signifikant

Abb. 2: Basisdaten (Hauptmerkmale einer Studie)

News aus der Wissenschaft

Hier werden aktuelle wissenschaftliche Informationen von nationalen und internationalen Organisationen, Gremien und Forschergruppen vorgestellt. Diese Nachrichten sollen nicht in Konkurrenz zu anderen verfügbaren Newstickern treten, sondern beschränken sich auf rein wissenschaftliche Fakten. Dabei liegt der Schwerpunkt auf übergeordneten wissenschaftlichen Themen, die nicht in den einzelnen Publikationen der Literaturdatenbank beschrieben werden (z. B. Meldungen zum Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm).

Grundlagen

Für einen laiengerechten Einstieg in die interdisziplinäre Thematik werden mit den *Grundlagen* umfangreiche Basisinformationen angeboten.

Die angebotenen Themen im Einzelnen:

- Einführung in die physikalischen Grundlagen,
- Elektromagnetische Felder in der Umwelt des Menschen,
- Biologische Wirkungen und
- Grenzwerte.

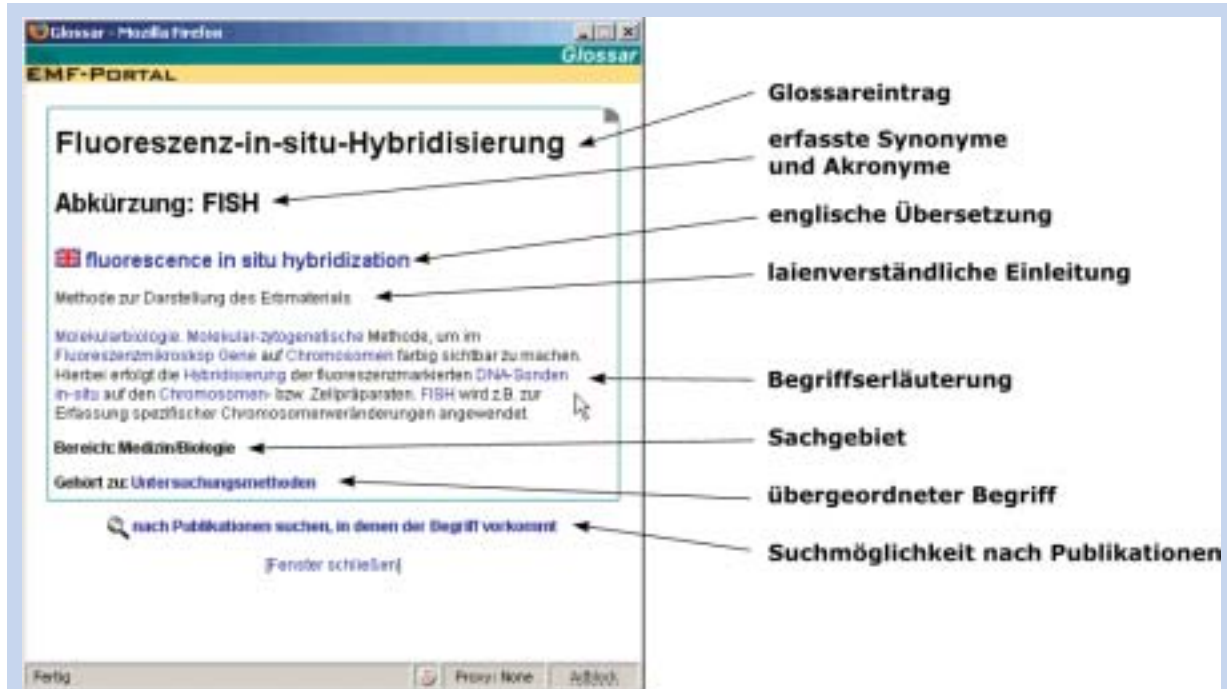


Abbildung 3: Beispiel eines Glossareintrags

Glossar

Das interdisziplinäre Glossar ist ein Lexikon für Fachbegriffe aus dem Gebiet der elektromagnetischen Umweltverträglichkeit in englischer und deutscher Sprache. Da die Forschung in diesem Themengebiet ein weites Spektrum von Fachgebieten wie z. B. Neurophysiologie, Molekularbiologie, Genetik, Epidemiologie, Onkologie, Medizintechnik, Physik, Elektrotechnik und Kommunikationstechnologie umfasst, gibt das Glossar dem unterschiedlich vorinformierten Nutzer die Möglichkeit, für ihn nicht geläufige Begriffe nachzuschlagen. Mit Hilfe des Glossars kann sich selbst ein Laie das wichtigste Hintergrundwissen auf dem Gebiet der biologischen Wirkungen elektromagnetischer Felder aneignen.

Um eine möglichst präzise Nachbildung der Originalarbeit in der Datenbank zu gewährleisten, wurden bei der Extraktion der Basisdaten auch Fachbegriffe verwendet und gleichzeitig in das Glossar übernommen. Daher werden im gesamten Angebot des EMF-Portals die Begriffe, die in das Glossar aufgenommen wurden, automatisch mit den Einträgen im Glossar verlinkt (die blauen Begriffe innerhalb der Basisdaten in Abbildung 2

sind Querverweise zum Glossar; ein Klick darauf öffnet den entsprechenden Glossareintrag mit der Erklärung). Abbildung 3 zeigt ein Beispiel für die vom Glossar angebotenen Erklärungen. Eine *einfache Erläuterung* ermöglicht dem Laien eine erste Einschätzung des Begriffs (Beispiel: Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung – Methode zur Darstellung des Erbmaterials), die *wissenschaftlich ausführliche Erklärung* stellt auch die vom Fachmann gewünschten Hintergrundinformationen zur Verfügung (Beispiel: Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung – Molekularbiologie. Molekular-zytogenetische Methode, um im Fluoreszenzmikroskop Gene auf Chromosomen farbig sichtbar zu machen. Hierbei erfolgt die Hybridisierung der fluoreszenzmarkierten DNA-Sonden in-situ auf den Chromosomen- bzw. Zellpräparaten. FISH wird z. B. zur Erfassung spezifischer Chromosomenveränderungen angewendet). Für die Formulierung der einfachen Erklärung wurden Laien einbezogen, um eine tatsächlich verständliche Erklärung zu erreichen. *Synonyme und Abkürzungen* (Beispiel: FISH) ergänzen die Erklärungen, eine *Klassifizierung* (Beispiel: Medizin/Biologie) und der übergeordnete Begriff (Beispiel: Untersuchungsmethoden) geben

dem Nutzer den Kontext des Terminus an. Das Glossar umfasst derzeit 1650 Einträge jeweils in Deutsch und Englisch, von denen 1400 aus dem Bereich Medizin/Biologie, 240 aus der Technik/Dosimetrie und 50 aus der Epidemiologie stammen. Zur Ergänzung der Einträge sind insgesamt weitere 890 Synonyme und 180 Abkürzungen hinzugefügt worden. Insgesamt 350 Begriffe enthalten zusätzliche laienverständliche Einleitungen.

Datenbank der Feldquellen

Die Datenbank der im Alltag auftretenden Felder nimmt die wichtigsten Parameter und Charakteristika der Felder auf, denen der Mensch in seinem Alltag ausgesetzt ist. In der Datenbank sind derzeit mehr als 100 Feldquellen mit ihren Charakteristika erfasst, sowie über 150 Synonyme.

In der Datenbank werden nur die eigentlichen Kenngrößen der Felder aufgenommen (z. B. ist bei einem stromdurchflossenen Leiter im Haushalt die magnetische Flussdichte entscheidend das elektrische Feld,

obwohl durchaus messbar, ist vernachlässigbar). Dieser Kenngröße wird der maximale Messwert zugewiesen, der an einem frei zugänglichen Ort auftreten kann. Abbildung 4 zeigt die Feldquellenansicht für ein D-Netz-Handy. Mit Hilfe einer Übersichtsgrafik kann das Frequenzspektrum mit den Frequenzen bekannter Quellen in Beziehung gesetzt werden.

Die Nutzung der Informationsangebote im EMF-Portal

Navigation im EMF-Portal

Es gibt zwei verschiedene Möglichkeiten, innerhalb des EMF-Portals zu navigieren.

Für die direkte Nutzung der Angebote ohne konkrete Fragestellung bietet sich das Auswahlmü (Abb. 5) an, das sich auf der linken Seite des Portals befindet. Hiermit können die oben beschriebenen Angebote direkt erreicht und genutzt werden.

Mit Hilfe der Schnellsuche (Abb. 5) können die einzelnen Informationsangebote durchsucht werden, z. B.

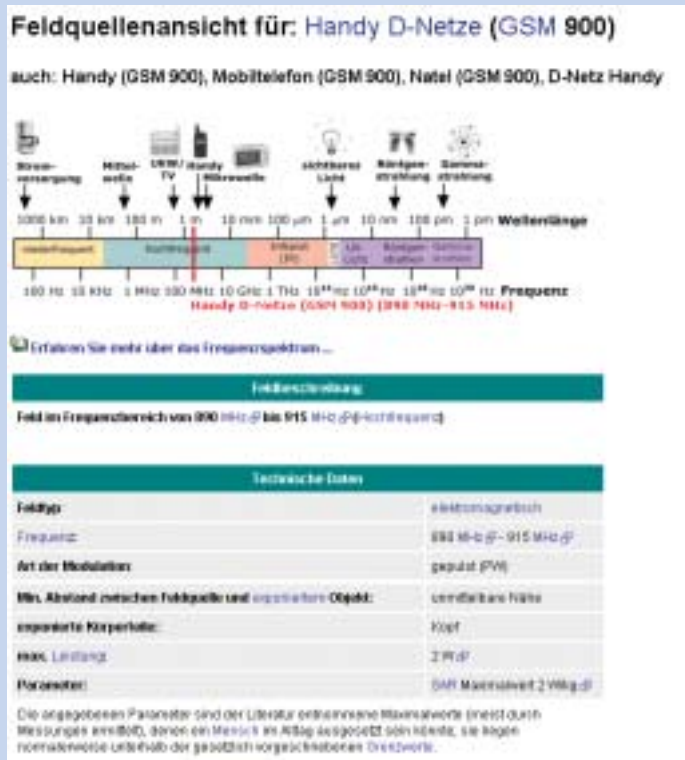


Abbildung 4: Beispieleintrag einer Feldquelle



Abbildung 5: Auswahlmü

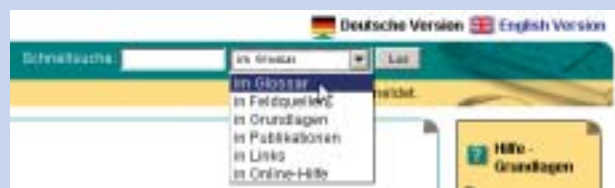


Abbildung 6: Schnellsuche und Sprachumschaltung

nach Glossareinträgen oder Feldquellen. Ebenso wie die Sprachumschaltung (deutsch/englisch) befindet sich die Schnellsuche rechts oben auf der Webseite. Abbildung 7 zeigt in der Mitte das eigentliche Hauptfenster, in dem das gewünschte Informationsangebot angezeigt wird. Im Beispiel ist der Buchstabe A des Glossars zu sehen. Auf der rechten Seite des Web-Angebots ist ein Hilfetext zu sehen, der auf das gerade genutzte Angebot zugeschnitten ist (im Beispiel die Hilfe zum Glossar).

Grundsätzlich werden *alle* in den Informationstexten des Portals verwendeten (Fach-)Begriffe, automatisch mit dem Glossar verlinkt. Abbildung 8 zeigt einen Text, in dem die entsprechenden Begriffe durch Links (blauer Text) zu den Glossareinträgen verweisen. Durch Anwählen öffnet sich dann der entsprechende Eintrag in einem separaten Fenster.

Anwendung – ein Beispiel

Anhand einer beispielhaften Fragestellung soll nun die konkrete Nutzung des Informationssystems erläutert werden. Der Fragesteller sei ein informierter Bürger, der wissen möchte, ob die durch den Mobilfunk genutzten elektromagnetischen Felder Einfluss auf das Verhalten bzw. die Kognition des Menschen nehmen können.

Grundlagen zum Thema Mobilfunk

Mit Hilfe der Schnellsuche (Suchbegriff *Mobilfunk*, Auswahl *Grundlagen*) findet der Anwender einen Text über Mobilfunk in den Grundlagen (Abb. 8), in dem u. a. Aspekte wie Sendeleistung, Funkzellen, Netzplanung und Standortwahl für Antennen erklärt werden. Bei darüber hinausgehendem Bedarf können mit Hilfe des Inhaltsverzeichnisses auch weitere Hintergrundinformationen (z. B. über die physikalischen Gegebenheiten elektromagnetischer Felder, Elektrosensibilität, Grenzwerte etc.) abgerufen werden (Abb. 9).

Glossareinträge zum Thema Mobilfunk und Verhalten

Nächster Anlaufpunkt im Beispiel wäre das Glossar, in dem die noch unbekanntenen Begriffe nachgeschlagen werden können (z. B. Hypersensitivität, SAR).



Abbildung 7: Hauptfenster und Hilfe

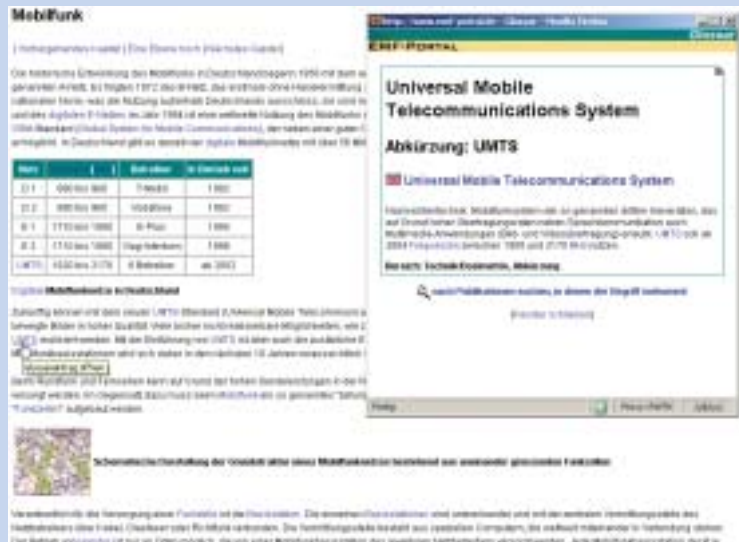


Abbildung 8: Grundlageninformationen mit Glossareintrag UMTS

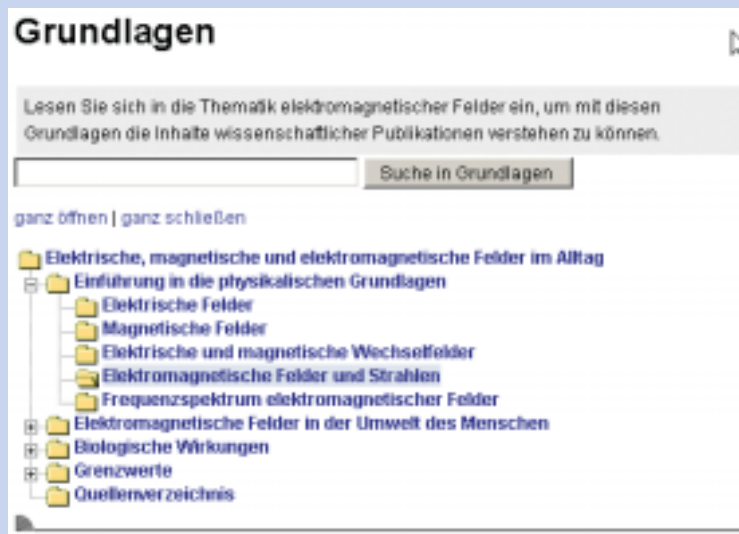


Abbildung 9: Inhalte der Grundlagen

punkte und den Menschen als exponiertes „System“ eingeschränkt. Bei der Detail-Suche muss berücksichtigt werden, dass alleine durch die Einbeziehung der Feldparameter und/oder Hauptmerkmale bereits eine Einschränkung der Suchmenge stattfindet, da nur in den bereits extrahierten Publikationen nach passenden Daten gesucht werden kann. Die Suche nach Artikeln anhand der bibliographischen Daten sucht im gesamten Datenbestand (derzeit ca. 8000 Artikel), durch Suchen in den Feldparametern wird die Suche auf knapp 3000 Artikel reduziert, bei Hinzuziehen der Hauptmerkmale können derzeit die Daten von ca. 1000 Publikationen durchsucht werden.

Ergebnisse der Suchanfragen zum Thema Mobilfunk und Verhalten

Die gefundenen Publikationen werden zunächst als Ergebnisliste ausgegeben. Abbildung 13 zeigt die ersten vier Veröffentlichungen, die zum Thema gefunden wurden. Die Liste enthält zur besseren Übersicht nicht nur die bibliographischen Daten, sondern auch extrahierte Details zur jeweiligen Studie.

Die Liste lässt sich nach folgenden Parametern sortieren (jeweils auf- oder absteigend):

- Genauigkeit (der Fundort der Begriffe lässt auf die Relevanz des Suchergebnisses schließen)
- Publikationstyp (medizinisch/biologische Arbeiten zuerst)
- Journal
- Titel
- Autor
- Jahr

Durch Auswählen (Anklicken) eines Artikels der Ergebnisliste können die jeweiligen Detailinformationen abgerufen werden, wie z. B. die Basisdaten (Abb. 3) oder die detaillierten Expositionsdaten.

Anhand der Ergebnislisten ist es zudem möglich, sich verschiedene Grafiken generieren zu lassen. Abbildung 14 zeigt beispielsweise die Aufschlüsselung des Ergebnisses nach Publikationsjahr.

Perspektiven des Informationssystems

Das EMF-Portal ist bereits auf reges Interesse gestoßen, wie die Zugriffsstatistiken und das Feed-



Abbildung 13: Ergebnisliste

Publikationssuche

Graphische Auswertung der Treffer nach Jahren

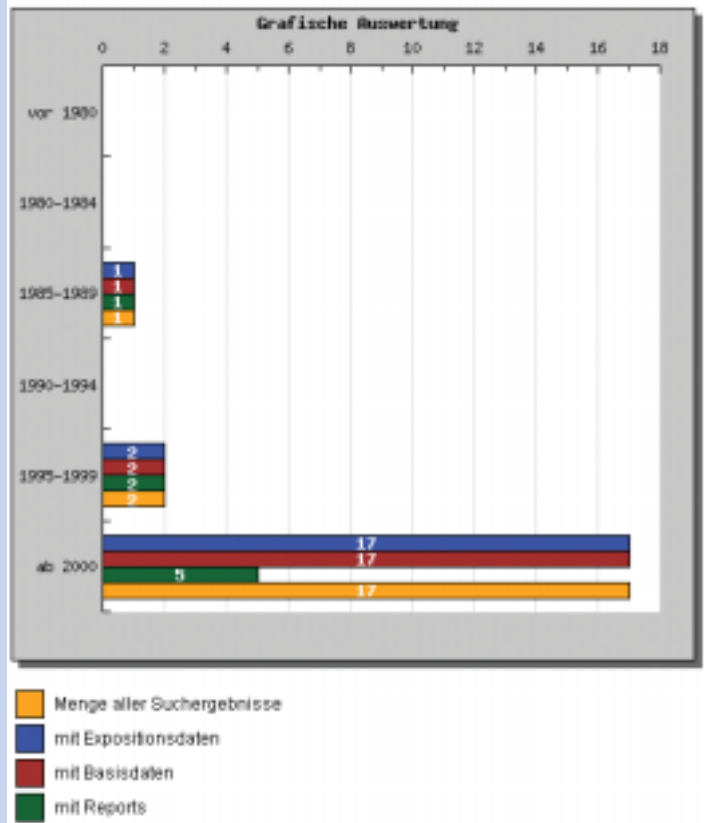


Abbildung 14: Graphische Auswertung nach Jahren

back der Nutzer zeigen. Um den Anforderungen der Nutzer auch in Zukunft gerecht zu werden, muss ein Informationssystem vom Umfang des EMF-Portals und der Literaturlatenbank stetig gepflegt und weiterentwickelt werden. Auf der einen Seite werden immer neue Forschungsergebnisse veröffentlicht und müssen aufgenommen und extrahiert werden, auf der anderen Seite warten noch viele Ideen auf ihre Umsetzung. Um dem Leser einen kleinen Einblick zu geben, mit was er in Zukunft rechnen darf, sollen hier noch einige Ideen vorgestellt werden, deren Umsetzung – sofern personell umsetzbar – bereits geplant ist:

- Hauptsache ist und bleibt der stetige Ausbau und die Pflege der Datengrundlage, d.h. Qualitätssicherung, Recherche und Aufnahme neuer Publikationen, sowie deren Extraktion.
- Bislang lag der Schwerpunkt der Extraktionen auf Publikationen medizinisch/biologischer Arbeiten. Im Rahmen der verfügbaren Ressourcen soll die Erarbeitung und Extraktion epidemiologischer Arbeiten ein nächster Schwerpunkt werden.
- Zusätzlich zu den Basisdaten soll eine sog. *Vollextraktion* entwickelt und zur Verfügung gestellt werden, die ein informationstechnisch vollständiges Abbild der Originalpublikation darstellen wird. Diese Vollextraktionen sollen zunächst für ausgewählte Publikationen (Meilensteine etc.) angeboten werden.
- Aus den Ergebnislisten sollen weitere interaktiv erzeugte Grafiken generiert werden, z.B. in welchen Studien ein Effekt festgestellt wurde und in welchen nicht.
- Bei der weiteren Entwicklung des EMF-Portals soll ein starkes Augenmerk auf die Nutzerfreundlichkeit (Usability) und das „Aussehen“ der Website gelegt werden. Die umfangreichen Texte sollen dabei mit Piktogrammen und Grafiken aufgelockert und aufgewertet werden.

Dipl.-Ing. Roman Wienert und Dr. rer. nat. Sarah Drießen arbeiten am Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu) der RWTH Aachen und sind federführend für das Projekt „EMF-Portal“ verantwortlich.

Die Technik hinter der wie funktionio

Der Nutzer des EMF-Portals hat zwei Suchmöglichkeiten, um die von ihm gewünschten Publikationen zu finden.

Bei der Umsetzung der *Detail-Suche*, die hier nicht erklärt werden soll, handelt es sich um gewöhnliche Algorithmen, die den Suchbedürfnissen angepasst wurden.

Die *einfache Suche* stellt hingegen eine besondere Form der Suchmaschine dar, da die Suchwörter mit dem Glossar und der Datenbank der Feldquellen verknüpft werden. Die technische Funktionsweise soll daher kurz verdeutlicht werden.

Die Abbildung zeigt das Ablaufschema der *einfachen Suche*. Die Suchwörter werden in einen Array¹ geschrieben, dabei werden umklammerte Wörter suchmaschinenkonform als zusammengehörige Wörter behandelt (z. B. „in vitro“). Jedes der Array-Elemente durchläuft anschließend die Suchmaschinenroutine und trägt separat zur Generierung der eigentlichen Datenbankabfrage bei. Die Arrayelemente werden dabei je nach gefundenem Informationsgehalt verschieden behandelt:

- Handelt es sich beim Arrayelement wahrscheinlich um eine Jahresangabe (Bedingung: Zahl und Wertebereich zwischen 1850 und 2006; Zahlen zwischen 70 und 99 werden dabei als 1970 bis 1999 interpretiert), wird das Suchergebnis auf dieses Jahr eingeschränkt (AND year = ...)
- Das in der Abkürzungstabelle gefundene Element wird im weiteren *case sensitive* behandelt, d.h. die Groß-/Kleinschreibung wird berücksichtigt. Alle nicht als Abkürzung erkannten Inhalte werden *case insensitive* behandelt. Diese Einschränkung spielt eine besondere Rolle bei der Volltext-Suche, in der nach Wortfragmenten gesucht werden soll (z. B. RF als Abkürzung für Radiofrequenz (*radio frequency*) würde als Fragment *case insensitive* auch z. B. im Wort Niederfrequenz) vorkommen – dem Gegenteil des gewünschten Ergebnisses).

Suchmaschine – niiert die Suche?

- Das Arrayelement wird daraufhin in den Glossartabellen gesucht: in der eigentlichen Tabelle Glossar, den Synonymen und den ähnlichen Wörtern. Das gefundene Wort wird übersetzt (deutsch-englisch) und mit allen entsprechenden Einträgen, sowie deren übergeordneten Begriffen an die Suchmaschine übergeben. Zudem wird für die Suchanfrage ermittelt, ob es sich um medizinisch/biologische oder technische Begriffe handelt.

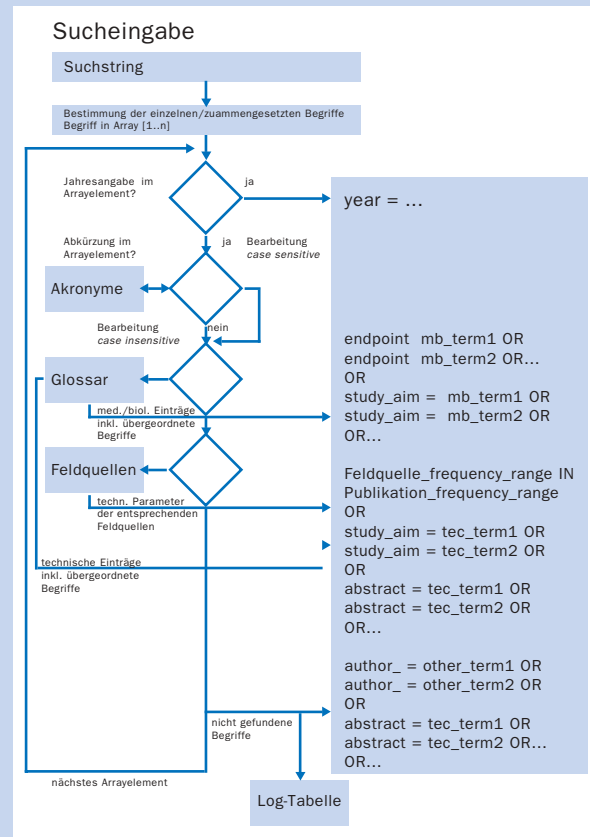
- Findet sich das Arrayelement in der Datenbank der Feldquellen, werden für die weitere Eingrenzung des Suchergebnisses die charakterisierenden technischen Parameter herangezogen.

Schließlich bleiben nur noch Suchwörter übrig, die in keiner der vorhandenen Tabellen gefunden wurden. Diese Begriffe werden mitgeschrieben, um möglicherweise bisher noch fehlende Glossareinträge zu ermitteln.

Nachdem jedes Arrayelement diese Schleife durchlaufen hat, werden die zusammengetragenen Informationen mittels einer UND-Verknüpfung zu einer Datenbankabfrage zusammengesetzt:

Die *medizinisch/biologischen Inhalte* werden untereinander ODER-verknüpft. Für die Suche im Volltextindex werden sämtliche relevanten Glossareinträge und deren übergeordneten Begriffe herangezogen. Für die Suche im eigens erstellten Suchindex, der auf Grundlage der Extraktionen erzeugt wird, reicht die Suche nach dem entsprechenden Schlüsseleintrag bzw. nach den Schlüsseleinträgen der übergeordneten Elemente.

Die *technischen Inhalte* werden zunächst wie die medizinisch/biologischen Inhalte ODER-verknüpft. Zusätzlich wird in den Tabellen mit den Expositionscharakteristika der Studien nach ähnlichen Feldern gesucht, wie diese im Eintrag der Feldquellendatenbank beschrieben werden (z. B.: Der Nutzer sucht nach dem Begriff *Handy*. Zunächst werden die Übersetzungen *cell phone, mobile phone* etc. ermittelt. Anschließend werden die entsprechenden Frequenzangaben aus der



Feldquellendatenbank herangezogen und mit den Frequenzen der in den Publikationen beschriebenen Expositionseinrichtungen verglichen. Schließlich werden auch diese Suchparameter ODER-verknüpft und eine Datenbankabfrage generiert.

Die Inhalte, die nicht zugeordnet werden konnten, werden jeweils als Bedingung angesehen und somit UND-verknüpft.

Der Nutzer hat die Möglichkeit, die durch die Suchmaschine zusammengestellte Datenbankabfrage selbst anzusehen und ggf. daraus zu erkennen, wie sein Ergebnis zustande kam und warum es nicht dem erwünschten/erwarteten entspricht.

Fußnote

¹ Ein Array nimmt beliebige Daten eines einheitlichen Datentyps geordnet im Speicher eines Computers auf. Der Zugriff erfolgt über einen Index. Beispiel: Die Sucheingabe lautet „Handy Verhalten Mensch“, daraus würde folgender Sucharray: Sucharray[1]= „Handy“, Sucharray[2]= „Verhalten“, Sucharray[3]= „Mensch“

Wie werden wissenschaftliche Risiken in der Bevölkerung

Markus A. Grutsch

Es ist ein Trugschluss zu glauben, dass Wissenschaftler und Experten die gleiche Sprache wie Laien sprechen, wenn es um Risikopotenziale neuer Technologien geht. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Ein wesentlicher Punkt ist, dass Experten sich zumeist auf objektive Daten zur Bestimmung des Risikos stützen können, wie z. B. das Schadensausmaß und die Eintrittswahrscheinlichkeit. Laien hingegen ziehen neben diesen Größen auch weitere Kriterien in ihre Risikobewertung mit ein und beurteilen Risiken aus einer gesamtheitlichen Perspektive.

Für die persönliche Risikoeinschätzung ist es entscheidend, ob man ein Risiko als kontrollierbar einstuft oder ob ein Risiko bekannt bzw. man damit vertraut ist. Wichtig für den Laien sind bestimmte wahrgenommene Merkmale von Risiken, wie z. B. die empfundene „Schrecklichkeit“, die mit einem Risiko verbunden wird. Eigene Erfahrungen, Überzeugungen und Weltanschauungen fließen ebenfalls in die persönliche Risikoeinschätzung ein. Auch die Medien können hierzu einen Beitrag liefern. Durch die Berichterstattung von aktuellen Risikoereignissen oder -themen werden diese dem Laien „gedanklich“ verfügbar gemacht. In der Laieneinschätzung des Risikos sind diese Themen dann kognitiv präsent und werden in der Regel auch höher eingeschätzt. Während solche qualitativen Aspekte für Laien eine zentrale Rolle spielen, finden diese in der wissenschaftlichen Risikoabschätzung keine Berücksichtigung. Abbildung 1 fasst zentrale subjektive Kriterien zusammen, die die wissenschaftliche Risikodefinition entscheidend erweitern.

Rolle der Darstellung von Wahrscheinlichkeiten bei der Interpretation von wissenschaftlichen Erkenntnissen

Abgesehen davon, dass Laien und Experten über ein grundlegend anderes Verständnis des Risikobegriffs verfügen, verstehen sie die Informationen über Wahrscheinlichkeiten und Risikokennwerten auch anders. Bestimmte quantitative (Risiko-) Darstellungen werden zum Beispiel von Laien in der Regel kaum oder nur mit Schwierigkeiten verstanden. Darstellungen, in denen die Krebsrate als 1:1.000.000 oder 10^{-6} ausgedrückt sind, finden sich im Alltag äußerst selten und sind deshalb nur schwer zu verstehen. Zudem sind diese statistischen Größen in einen Kontext eingebunden, wodurch weitere Fehlinterpretationen möglich werden, wenn keine angemessene Vermittlung erfolgt. Ein bekanntes Beispiel beschreibt Gigerenzer (2002) mit der Aussage, dass es morgen mit einer Wahrscheinlichkeit von 30 % regnen werde. Bei der Interpretation dieser Aussage stellt sich nun die Frage, auf was sich diese Wahrscheinlichkeitsangabe bezieht. Die dazu befragten Personen legen ein sehr unterschiedliches Verständnis an den Tag: Manche gaben an, dass es in 30 % der *Zeit* regnen wird. Andere glaubten, es werde in 30 % der *Region* regnen, und wieder andere sagten, dass es in der Vergangenheit an 30 % *aller Tage*, die so waren wie der morgige, geregnet hat.

Ein weiteres Problem bei der Interpretation von statistischen Angaben besteht in der richtigen Einschätzung eines Risikos im Hinblick auf die Bezugsgröße: Wenn davon gesprochen wird, dass sich beispielsweise die Krebsrate mit einer alternativen Therapieform um 20% verringert, mag dies beachtlich sein. Doch müssten für eine eingehende Interpretation dieser Aussage die Referenzzahlen mitgeliefert werden,

Wissenschaftliche Ergebnisse zu Risiko wahrgenommen?

an denen der „Erfolg“ dieser neuen Behandlung – im Vergleich zur herkömmlichen Behandlung – bewertet werden kann. So macht es einen Unterschied, ob die Referenzzahl der ins Kalkül gezogenen Krebsfälle 10 oder 1000 beträgt. Somit wäre der Erfolg jeweils unterschiedlich zu beziffern, hier mit 8, dort mit 800 Fällen. Eine andere Möglichkeit, Wahrscheinlichkeiten zu kommunizieren, stellen verbale Beschreibungen dar. Aber auch hier zeigen sich Probleme, denn verbale Wahrscheinlichkeitsangaben („möglicherweise“ „selten“ etc.) werden oft als zu vage eingeschätzt und sind in ihrer Interpretation durch den Kontext leicht zu beeinflussen. So wird beispielsweise der Aussage „häufig ins Kino gehen“ ein anderer Zahlenwert zugeordnet als „häufig die USA besuchen“ (Newstead & Collis, 1987). Verbale Beschreibungen werden ebenfalls bei der Darstellung des wissenschaftlichen Erkenntnisstandes über Risiken eingesetzt. Dies spielt vor allem auch bei sogenannten „undeutlichen“ Risiken – also wenn die gegenwärtige Evidenzlage kein eindeutiges (Risiko-)Bild zeichnen kann – eine zentrale Rolle. Beispiele hier sind der Mobilfunk oder die Biotechnologie.

Ein gutes Beispiel für Fehlinterpretationen bei verbalen Beschreibungen von unterschiedlichen wissenschaftlichen Risikobefundlagen zeigt die Studie von Thalmann (2005). Darin konnte sie zeigen, dass verbale Beschreibungen der Befundlage bzw. der Beweiskraft von Laien anders verstanden bzw. interpretiert wurden als dies von Experten beabsichtigt war. Verbale Ausdrücke wie „konsistenter Hinweis“ oder „Verdacht“ sind mehrdeutig und kontextabhängig. Sie führen also zu großen individuellen Unterschieden in ihrer Interpretation und stehen im starken Konflikt zu alltagsprachlichen und oft unscharfen Verwendungen dieser Ausdrücke.

Rolle der Darstellung von Unsicherheit bei der Interpretation von wissenschaftlichen Erkenntnissen

Bei der Interpretation von wissenschaftlichen Erkenntnissen stellt die Darstellung von Unsicherheit im wissenschaftlichen Wissen einen strittigen Punkt dar. Viele Fragen sind noch offen, und nur wenige empirische Studien tragen zur Klärung bei. Die Experten teilen sich in zwei Lager. Die einen vermuten, dass die Nennung von Unsicherheit über Risikopotenziale die Öffentlichkeit verunsichert und Empörung und Sorgen unter den Menschen auslöst. Untersuchungen haben gezeigt, dass Laien solche wissenschaftlichen Unsicherheitsangaben auch als Zeichen von Inkompetenz und Unehrlichkeit seitens der Wissenschaftler erachten (Johnson & Slovic, 1995; Johnson, 2003). Andere sind der Auffassung, dass sich mit dem Nennen von Unsicherheit durchaus das Vertrauen in den Kommunikator (beispielsweise in eine Behörde) erhöht (MacGregor, Slovic & Morgan 1994; McMahan, Witte & Meyer, 1998). Neueste Ergebnis-



Abbildung 1: Wahrscheinlichkeit und Schadensausmaß – erweitert um subjektive Kriterien bei der Risikoeinschätzung durch Laien

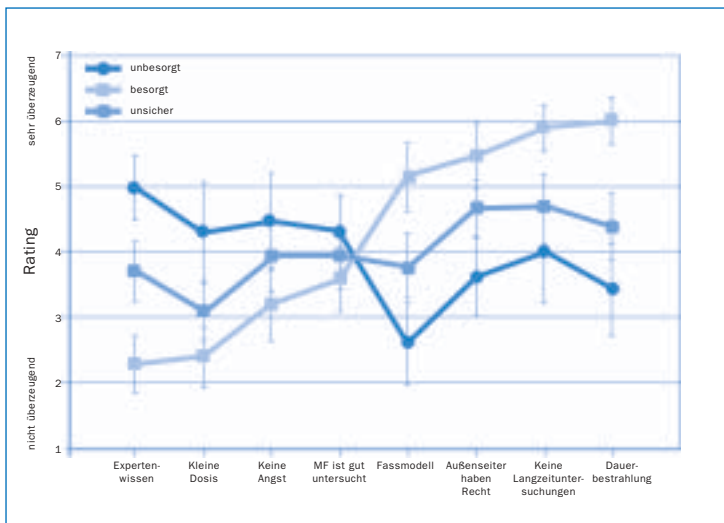


Abbildung 2: Gruppenunterschiede in der Einschätzung der Überzeugungskraft von Pro- und Contra-Risiko-Argumenten (Schütz & Wiedemann, 2004)

se haben gezeigt, dass die Wahrnehmung von Risiken bzw. Risikoinformationen stark von den bestehenden persönlichen Überzeugungen und Einstellungen gegenüber dem jeweiligen Thema (Mobilfunk, Gentechnik, etc) abhängt. Darüber hinaus nehmen Informationen zum Risikokommunikator (ob nun ein Vertreter der Behörde, der Industrie oder einer Nichtregierungsorganisation als Kommunikator agiert) Einfluss auf die Interpretation der Unsicherheit bzw. des Risikos (Kuhn, 2000).

Rolle von Überzeugungen bei der Interpretation von wissenschaftlichen Erkenntnissen

Wie auch bereits in der Einleitung angesprochen, spielen Überzeugungen bei der Wahrnehmung von Risiken eine wichtige Rolle. Im Zusammenhang mit der Interpretation von wissenschaftlichen Erkenntnissen ist die Tatsache interessant, dass Überzeugungen eine Filterfunktion zukommt, die etwa die Empfänglichkeit von Informationen beeinflussen. Das zeigen unsere Studien zur Bewertung der Überzeugungskraft von Risikoargumenten (Schütz & Wiedemann, 2004; Grutsch & Thalmann, 2004). Hier wurden Personen Pro-Risiko- und Contra-Risiko-Argumente zur Einschät-

zung deren Überzeugungskraft vorgelegt. Die Ergebnisse präsentieren ein eindeutiges Bild: Personen, die im Hinblick auf Mobilfunkrisiken besorgt oder davon überzeugt sind, dass der Mobilfunk schädlich ist, erachten jene Argumente als schlagkräftiger, die auf die Schädlichkeit des Mobilfunks hinweisen. Personen, die aber von der Diskussion um die Risiken des Mobilfunks unberührt sind und sich keine weiteren Gedanken über die mögliche Schädlichkeit des Mobilfunks machen, bevorzugen Argumente, die die Risiken als gering einstufen oder ausklammern. Nun gibt es noch eine weitere Personengruppe, die sich noch keine Meinung zu den möglichen Risiken gebildet hat: die Unsicheren. Diese Personen liegen in ihren Bewertungen zwischen den anderen Personengruppen. In Abbildung 2 sind die Einschätzungen nach den „Einstellungsgruppen“ dargestellt; dabei stellen die ersten vier Argumente Contra-Argumente dar. Die restlichen sind Pro-Risiko-Argumente (Wortlaut siehe Anhang¹).

Die Rolle des Informationsrahmens für die Interpretation von wissenschaftlichen Erkenntnissen

Eine Risikoinformation wird nur selten „faktisch“ dargestellt. Denken wir an die Medien, deren täglich Brot es ist, „Stories“ zu liefern. Die Kommunikation von Risiken kann sich dem ebenfalls nicht entziehen. Risikoinformationen sind nicht selten in Geschichten gepackt, die ein „objektives“ Risiko je nach Inszenierung in ein unterschiedliches Licht rücken. So macht es einen Unterschied, ob der Verursacher eines Chemieunfalls als „rücksichtsloser Konzern mit minimalen Sicherheitsauflagen“ oder als „ein über die gängigen Sicherheitsstandards hinaus agierendes lokales Kleinunternehmen“ charakterisiert wird (Wiedemann, Clauberg & Schütz, 2003). Ähnliches findet sich in der Risikomobilfunkdebatte, in der die Fronten zwischen Befürwortern und Gegnern festgefahren sind: Informationen über potenzielle Risiken sind oftmals einseitig „gerahmt“. So sprechen die Befürworter im Umgang mit den potenziellen Mobilfunkgefahren von „Sicherheitsmanagement“, während radikale Kritiker von „Gefahrenabwehr“ sprechen (Thalmann, Grutsch, Bernhard & Wiedemann, 2004). Kurzum: Das gleiche Bild, zwei verschiedene „Rahmen“.

Zusammenfassung

Abschließend ist festzuhalten, dass bei der Interpretation von wissenschaftlichen Erkenntnissen zu Risiken verschiedene Kriterien eine Rolle spielen. Zum einen werden Risiken unterschiedlich bewertet, da Laien und Experten sich auf verschiedene Bewertungskriterien beziehen. Zum anderen werden zentrale Merkmale von Risiken häufig aufgrund von Heuristiken, d. h. vereinfachten Interpretations- und Schlussfolgerungsregeln, falsch interpretiert. Neben diesen kognitiven Beurteilungsfehlern spielen aber auch andere Faktoren, wie beispielsweise Überzeugungen, bei der Interpretation von wissenschaftlichen Erkenntnissen eine kritische Rolle. Überzeugungen wirken wie Filter, die bestimmte, überzeugungskonforme Informationen durchsickern lassen, sodass nur bestimmte Informationsaspekte für eine Bewertung „zugelassen“ werden. Eine solche Filterung kann zudem durch bestimmte Informationsdarstellungen gefördert werden. Ein Beispiel hierfür stellt der Kontext dar, in den eine Information eingebettet ist.

Für die Vermittlung von wissenschaftlichen Erkenntnissen heißt das nun, dass das Wissen um Verzerrungen und Fehlinterpretationen miteinbezogen werden muss, um eine faire Kommunikation zu ermöglichen. Bei der Entwicklung von Risikoinformationen sollte das Wissen aus der Risikokommunikationsforschung mit einbezogen werden, um eine evidenzbasierte Darstellung von wissenschaftlichem Wissen zu ermöglichen und diese effektiv zu kommunizieren.

Markus A. Grutsch, Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik (MUT), Forschungszentrum Jülich GmbH

Literatur

- Gigerenzer, G. (2002). *Reckoning with risk. Learning to live with uncertainty*. London: Penguin.
- Grutsch, M.A. & Thalmann, A.T. (2004). Vor was zittern die Polen? Eine Risikowahrnehmungsstudie in Polen unter besonderer Berücksichtigung des Mobilfunks. *Arbeiten zur Risiko-Kommunikation*, 87. Forschungszentrum Jülich: MUT.
- Johnson, B.B. (2003). Further notes on public Response to uncertainty in risks and science. *Risk Analysis*, 23 (4): 781-789.
- Johnson, B.B. & Slovic, P. (1995). Presenting uncertainty in health risk assessment: Initial studies of its effects on risk perception and trust. *Risk Analysis*, 15 (4): 485-494.
- Kuhn, K.M. (2000). Message format and audience values: Interactive Effects of uncertainty information and environmental attitudes on perceived risk. *Journal of Environmental Psychology*, 20: 41-51.
- Newstead, S.E. & Collis, J.M. (1987). Context and the interpretation of quantifiers of frequency. *Ergonomics*, 30: 1447-1462.
- MacGregor, D.G., Slovic, P. & Morgan, M.G. (1994). Perception of risk from electromagnetic fields: A psychometric evaluation of a risk-communication approach. *Risk Analysis*, 14 (5), 815-828.
- McMahan, S., Witte, K. & Meyer, J. (1998). The perception of risk messages regarding electromagnetic fields: Extending the extended parallel process model to an unknown risk. *Health Communication*, 10 (3), 247-259.
- Schütz, H. & Wiedemann, P.M. (2004). Mobile Ängste: Gruppenspezifische Rezeption von Risikoargumenten beim Mobilfunk. *Strahlenschutz-Praxis*, 10 (4), 8-14.
- Thalmann, A.T. (2005). *Risiko Elektromog - Wie ist das Wissen in der Grauzone zu kommunizieren?* Weinheim: Beltz PVU.
- Thalmann, A.T., Grutsch, M.A., Bernhard, M. & Wiedemann, P.M. (2004). Pilotstudie zur Entwicklung eines Bewertungsansatzes für Mobilfunk-Informationen. *Arbeiten zur Risiko-Kommunikation*, 88. Forschungszentrum Jülich: Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik.
- Wiedemann, P.M., Clauberg, M. & Schütz, H. (2003) Understanding amplification of complex risk issues: the risk story model applied to the EMF-case. In N. Pidgeon, R.E. Kasperson & P. Slovic (Hrsg.), *The Social Amplification of Risk* (S. 286-305). Cambridge: University Press

Fußnoten

¹ Die warnenden Argumente:

Der Mobilfunk ist eine neue Technik. Es gibt noch keine Langzeituntersuchungen über zehn Jahre und mehr. Deswegen ist beim Mobilfunk besondere Vorsicht geboten (Abkürzung: *Keine Langzeituntersuchungen*).

Wenn Menschen dauernd einer Strahlung ausgesetzt sind, so kann dies über die Zeit zu Gesundheitsrisiken führen. Handymasten senden im 24-Stundenbetrieb. Deswegen ist der Mobilfunk ein Risiko (*Dauerbestrahlung*).

Wenn man sich überlegt, wie Umweltschadstoffe auf den Menschen wirken, so kann man sich den Menschen als ein Fass vorstellen, das langsam mit Schadstoffen aufgefüllt wird. Irgendwann kann auch ein kleiner Beitrag, z. B. Elektromog durch Mobilfunk, das Fass zum Überlaufen bringen. Und deswegen ist Mobilfunk ein Risiko (*Fassmodell*).

Es gab immer wieder Fälle, da haben wissenschaftliche Außenseiter – die sich gegen die herrschende wissenschaftliche Meinung stellten – Recht mit ihren Risikoeinschätzungen gehabt. Das kann auch beim Mobilfunk der Fall sein. Deswegen kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Mobilfunk ein Risiko ist (*Außenseiter*).

Die entwarnenden Argumente:

Menschen haben schon immer vor neuen Technologien Angst gehabt. So hat man nach der Erfindung des Telefons geglaubt, dass das Telefonieren gesundheitsschädlich ist. Später hat sich dies als falsch erwiesen. Deswegen ist das Neusein allein noch kein Grund für Befürchtungen. Das gilt auch für den Mobilfunk (*Angst vor Neuem*).

Nur international renommierte Experten, die in anerkannten Gremien zusammenarbeiten, verfügen über das Fachwissen, um die Risiken des Mobilfunks einschätzen zu können. Diese Gremien kommen zu dem Schluss, dass es keinen begründeten Verdacht auf ein Risiko gibt. Deswegen ist Mobilfunk gesundheitlich unbedenklich (*Expertenwissen*).

Es gibt ungefähr 30.000 wissenschaftliche Arbeiten zu biologischen Wirkungen von elektromagnetischen Feldern. Mehr als bei anderen neuen Techniken. Deswegen kann man sagen, dass der Mobilfunk gut untersucht ist (*Gut untersucht*). Bei der Risikobewertung ist die Dosis – d. h. welcher Menge oder welcher Intensität eines Schadstoffes der Mensch ausgesetzt ist – entscheidend. Die Dosis kann so gering sein, dass kein Risiko mehr besteht. Anwohner von Handymasten sind sehr geringen elektromagnetischen Feldern ausgesetzt. Deswegen geht von den Handymasten kein Risiko aus (Abk.: Kleine Dosis).

Warum wird gep eine höhere biologisc

Lutz Haberland

Ein Versuch der Beurteilung
der Fragestellung
aus biophysikalischer Sicht

Hochfrequente elektromagnetische Felder werden – um mit ihnen Informationen übertragen zu können niederfrequent moduliert. Diese Modulationen liegen bei heutigen Mobilfunkanwendungen im Bereich von wenigen Hertz (Hz) bis einigen Kilohertz (kHz): beim GSM-Mobilfunk sind es unter anderem 217 Hz, die Mobilgeräte des TETRA-Systems (für Behörden und Sicherheitsdienste) besitzen eine Modulation bei 17,65 Hz. Biologische Prozesse laufen auf Zeitskalen ab, die vom Nanosekundenbereich ($ns = 10^{-9} s$) bis zu Jahren reichen, einige auch mit Zeitkonstanten ähnlich der Pulsdauer der Modulationen von Mobilfunksystemen. Eine Vielzahl dieser Prozesse, unter anderem im Gehirn (Stichwort EEG), ist zudem mit der Entstehung von niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern verbunden. Ist es somit nicht plausibel, einen Einfluß von Mobilfunk-Modulationen auf biologische Systeme zu erwarten?

Leider, oder besser zu unserem Glück, ist die Sache nicht ganz so einfach. Vergegenwärtigen wir uns zuerst die verschiedenen Arten von Modulationen (Abb. 1). Bei der **Amplitudenmodulation (AM)** wird die Stärke (die Amplitude) des hochfrequenten, sinusförmigen Trägersignals im Takt des niederfrequenten Signals variiert, d. h. ein niederfrequentes Feld, das die zu übertragende Information enthält, wird mit dem hochfrequenten Feld zusammengeführt. Ein Spezialfall der Modulation ist die **Pulsmodulation (PM)**, hier wird das hochfrequente Feld immer wieder ein- und ausgeschaltet, was zu einem Rechtecksignal führt. Die **Frequenzmodulation (FM)** zeichnet sich dadurch aus, dass die Amplitude des Feldes konstant bleibt bzw. nur wenig schwankt, sich dafür jedoch die Frequenz ändert, je nach aufmoduliertem niederfrequenten Si-

Welchen Stellenwert haben elektromagnetische Signale in der Biologie? Ihre Relevanz zugemessen?

Signal mehr oder weniger stark. Als letzte grundsätzliche Modulationsart sei noch die **Phasenmodulation** erwähnt (oft auch mit **PM** abgekürzt, oder mit **PSK**, von „Phase Shift Keying“ – Phasenumtastung). Vereinfacht ausgedrückt wird der hochfrequente Wellenzug zur Modulation an bestimmten Stellen um 90° , 180° oder 270° versetzt fortgeführt. Die konkreten Modulationen der heutigen Kommunikationssysteme sind meist eine Mischung aus mehreren dieser Grundmodulationen.

Wie wirken solche Felder nun im biologischen System? Lassen wir zuerst die Modulation beiseite und betrachten das reine hochfrequente Signal, eine periodische, sinusförmige Schwingung zwischen elektrisch und magnetisch positiven und negativen Werten. Sie wirkt, indem sie Kräfte auf die im Körper vorhandenen Ladungen ausübt, die in ihren Bewegungen dem Feldverlauf zu folgen versuchen und dadurch in Schwingung geraten. Ladungen können Ionen sein, aber auch Dipole (wie Wasser) oder Multipole (wie z. B. Proteine). Je höher die Frequenz wird, desto geringer wird die Amplitude der Schwingung, da die Teilchen aufgrund ihrer Trägheit dem Feldverlauf nicht mehr folgen können. Sie „vibrieren“ selbst nur noch um ihren Mittelpunkt. Die Teilchen „reiben“ dabei an den Nachbarmolekülen, wodurch Wärme entsteht, der Hauptmechanismus der Wechselwirkung Feld-Teilchen, besonders im hier betrachteten MHz- und GHz-Bereich.

Widmen wir uns jetzt der niederfrequenten Modulation. Damit diese im Körper wirksam werden kann, muß sie vom hochfrequenten Signal abgekoppelt – demoduliert werden, erst dann ist sie für ihn „sichtbar“. Es existieren verschiedene Möglichkeiten, wie eine solche Demodulation stattfinden kann.

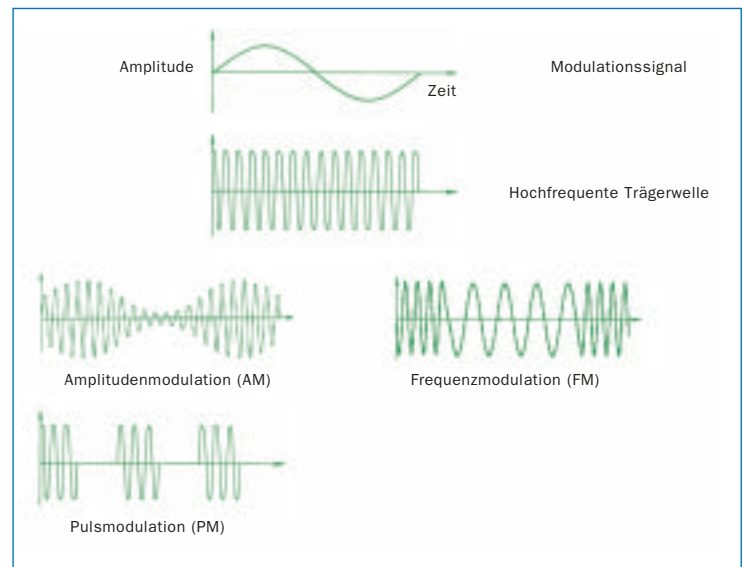


Abb. 1 Die grundsätzlichen Modulationsarten

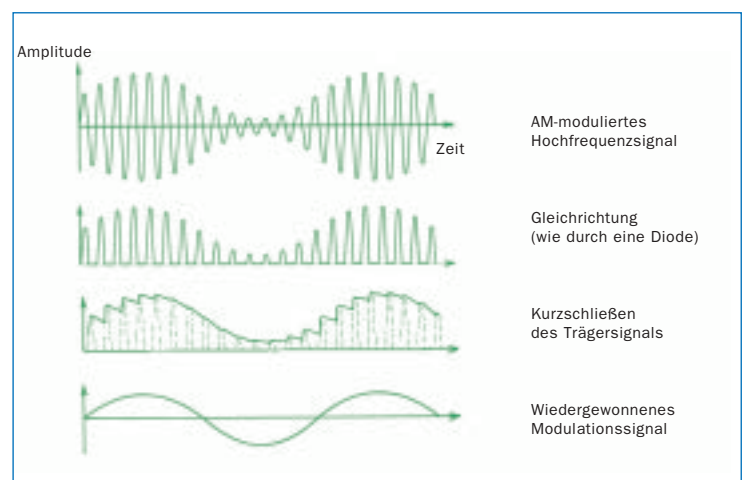


Abb. 2 Elektrische Demodulation am Beispiel der Amplitudenmodulation (AM)

Als erste sei die

- **elektrische Demodulation** beschrieben: Sie bedeutet, dass ein der Hochfrequenz aufmoduliertes elektrisches Signal seine Ursprungsform in Frequenz und Amplitude zurückerhält. Dafür ist ein nichtlineares Element notwendig, was heißt, dass das Ausgangssignal sich nicht proportional zum Eingangssignal verhält. In unserem Fall der elektrischen Demodulation wird das modulierte Signal gleichgerichtet, d. h. es kann nur die positive oder negative Halbwelle ab einer bestimmten Schwellenspannung passieren. In der Elektronik wird dafür normalerweise eine Diode verwendet. Durch nachgeordnete Kondensatoren und Widerstände (sogenannte RC-Glieder) wird das hochfrequente Trägersignal kurzgeschlossen und man erhält das niederfrequente Modulationssignal (Abb. 2).

In der Biologie ist die Zellmembran als nichtlineares Element bekannt und sie besitzt auch die Eigenschaften eines RC-Gliedes – nur fehlen ihr die besonderen Diodencharakteristika, die eine Gleichrichtung bewirken könnten. Es gibt zwar Vorstellungen dazu, nur treffen diese nicht auf den betrachteten Frequenzbereich zu: Jiri Silny beschreibt in seiner Übersichtsbrochure zu Wirkungsmechanismen gepulster Funkwellen [Silny 2004] den selektiven Transport von Ionen durch Membrankanäle aufgrund der anziehenden bzw. abstoßenden Wirkung einer positiven bzw. negativen Halbwelle auf eine Ionenart, was nach einer bestimmten Zeit zu einem Ladungsüberschuss dieser Ionen in der Zelle führt und damit eine selbständige Erregung bewirken kann: ein Gleichrichtereffekt ähnlich wie bei einer Diode. Da jedoch die Zeit für den Durchgang der Ionen durch die Membran 10^{-3} bis 10^{-6} Sekunden beträgt, die Dauer einer Halbwelle im Mobilfunkbereich aber nur ca. 10^{-8} bis 10^{-10} ist, wird dieser Mechanismus als zu träge und daher als unwahrscheinlich für den betrachteten Frequenzbereich angesehen.

Eine rein mathematische Betrachtung der Membran als Gleichrichter unter moduliertem Hochfrequenzeinfluss wurde kürzlich von Iftekhar Ahmed auf einem Workshop in Zürich vorgestellt [Ahmed and Excell 2005, siehe auch den Bericht zum COST

281-Workshop im FGF- Newsletter Nr. 1/2005: Haberland 2005]. Die Autoren fanden auch eine analytische Lösung des Problems, es gibt aber bislang keine Hinweise dafür, dass ihren Annahmen eine biologische Realität zugrunde liegt.

Somit wird nach derzeitigem Wissensstand eine direkte elektrische Demodulation als unmöglich angesehen, so dass die niederfrequenten Modulationen auch keine direkten Wirkungen auf die niederfrequenten Felder und Ströme im Körper ausüben können.

- **Die thermische Demodulation** beruht auf dem Wirkungsmechanismus hochfrequenter Felder durch Anregung von Teilchenschwingungen Wärme im Körper zu erzeugen. Ist das Feld z. B. pulsmoduliert, wird auch nur während der Pulse der Körper erwärmt. Interessant wird es, wenn die Amplitude der Pulse hoch im Verhältnis zu ihrem zeitlichen Mittelwert ist, also wenn die Pulslänge sehr kurz im Vergleich zum zeitlichen Pulsabstand ist (geringes Tastverhältnis). Die dabei erreichten Puls-Feldstärken können die für die durchschnittliche Feldstärke geltenden Grenzwerte um das Vielfache übersteigen (ohne daß die durchschnittliche Feldstärke an die Grenzwerte heranreicht). Die Folge ist eine kurzzeitige Erwärmung, die allerdings aufgrund der unterschiedlichen aber charakteristischen dielektrischen Eigenschaften der Körperbestandteile unterschiedlich stark auftritt (Wasser wird z. B. schneller erwärmt als Knochen). Die mit der Erwärmung einhergehende Ausdehnung kann zu regelrechten thermoelastischen Wellen im Körper führen, die mit der Pulsdauer korrelieren. Diese Phänomene werden als die Ursache des vielzitierten Mikrowellenhörens angesehen. Anwendungen, die solche Pulse generieren, sind vor allem das Radar und UWB-(Ultra Wideband) Pulse. In den Grenzwertempfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICNIRP; siehe [SSK 1999]) sind diese Wirkungen berücksichtigt: Pulsmodulationen, die mindestens das 32fache der durchschnittlichen Feldstärke bzw. mind. das 1000fache der mittleren Leistungsflussdichte erreichen, werden gesondert geregelt. Für Mobilfunkgeräte sind solche Höreffekte nicht möglich: die maximalen gemessenen

Feldstärken von Handys (Tastverhältnis bei GSM ist 1:8) bewegen sich im Bereich von etwa 10 bis 100 V/m und die Pulslänge bei GSM beträgt $577\mu\text{s}$, das Mikrowellenhören wurde jedoch erst ab Feldstärken von ca. 2 kV/m und Pulslängen kleiner als $30\mu\text{s}$ beobachtet.

- Eine Art von **mechanischer Demodulation** wirkt über die Polarisierbarkeit biologischer Membranen durch elektrische Felder. Bei genügend hohen Feldstärken gepulster Hochfrequenzfelder werden so starke Kräfte während der Pulsdauer induziert, dass sich z. B. Löcher (Poren) in Zellmembranen bilden - der sogenannte „electrical breakdown“. Da die dafür nötigen Feldstärken im kV/m- bis MV/m-Bereich liegen und damit oberhalb der Grenzwerte, soll diese Demodulationsart hier nicht weiter behandelt werden.

Es existieren eine Anzahl weiterer Vorstellungen zu Demodulationsmöglichkeiten in biologischen Systemen, die auch unterhalb der Grenzwerte wirken sollen, doch konnte bislang keine bewiesen werden. Verwiesen werden soll hierzu auf einen Artikel von Kenneth Foster und Michael Repacholi, sowie dessen deutsche Aufarbeitung durch Roland Glaser [Foster and Repacholi 2004, Glaser 2004].

Besonders umstritten ist weiterhin der Einfluss modulierter Hochfrequenzfelder auf Kalzium-Ionen. In den 1970er und 1980er Jahren hatten mehrere Arbeitsgruppen mit etwas unterschiedlichem Versuchsdesign einen erhöhten Kalzium-Ausstrom aus Gehirngewebe gemessen – insbesondere bei um die 16 Hz-modulierten Feldern (nahe der Modulation der TETRA-Handgeräte). Neuere Ansätze, diese Versuche mit verbesserten Methodiken zu wiederholen (allerdings mit anderen Trägerfrequenzen) konnten keinen (Demodulations-)Effekt finden. Erklärungsversuche, wie diese Felder demoduliert werden könnten, bezogen sich meist auf Resonanzphänomene an Rezeptorbindungsstellen und Kanälen von Membranen. Sie scheiterten jedoch an der Nichtberücksichtigung der Störungen solcher Phänomene durch das thermische Rauschen und die Dämpfung durch das umgebende Medium. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Demodulations-Mechanismen im biologischen System existieren – allerdings sind die bekannten Wirkungen durch

die geltenden Grenzwerte abgedeckt. Trotzdem gibt es eine Reihe von Studien, die von modulations-spezifischen biologischen Effekten auch unterhalb der Grenzwerte berichten, in den meisten Fällen allerdings noch nicht repliziert - gute Übersichten finden sich bei Rainer Meyer und den Ergebnissen des diesjährigen COST 281-Workshop in Zürich zum Thema Modulation [Meyer 1998, Meyer 2003, Haberland 2005]. Gibt es einen bislang unbekanntem Demodulations-Mechanismus oder sind die erwähnten Studien fehlerhaft? Dieser Frage gehen eine Reihe von derzeit laufenden Forschungsprojekten nach. Erwähnt seien hier das Deutsche Mobilfunkforschungsprogramm, das sich im Mechanismus-Teil auch mit möglichen Demodulationen beschäftigt (siehe [Gimsa et al. 2003]), und das Britische „Mobile Telecommunications and Health Research“-Programm, dessen Fokus unter anderem auf spezifischen Effekten des TETRA-Systems liegt. Eine endgültige Antwort auf die Frage nach eventuellen modulationsspezifischen Wirkungen unterhalb der Grenzwerte steht also noch aus.

Lutz Haberland ist Biophysiker an der Universität Rostock und arbeitet als wissenschaftlicher Berater für die Forschungsgemeinschaft Funk.

Literatur

- Ahmed and Excell: Is a Rectifying Junction Essential for Demodulation of Modulated Waveforms in Tissue? Vortrag auf COST 281-Workshop in Zürich, Schweiz, 18. 2. 2005, http://www.cost281.org/documents.php?node=96&dir_session=
- Foster and Repacholi: Biological Effects of Radiofrequency Fields: Does Modulation Matter? *Radiation Research* 162, 2004, 219-225
- Glaser: Spielen Modulationen eine Rolle bei biologischen Effekten hochfrequenter Felder? *FGF-Newsletter* 4/2004, 18-22
- Haberland: Kurzbericht COST 281-Workshop "Do sinusoidal versus non-sinusoidal waveforms make a difference?" *FGF-Newsletter* 1/2005, 4-8
- Meyer: In vitro und in vivo Studien zu biologischen Wirkungen von hochfrequenten Feldern. 1998, <http://www.fgf.de/fup/themen/biologie.html>
- Meyer: *In vitro*-Studien zu biologischen Wirkungen hochfrequenter Felder aus den Jahren 1997 bis 2002. Edition Wissenschaft 20, 2003
- Silny: Gepulste Funkwellen. Wirkungsmechanismen gepulster Mikrowellen im Organismus. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 2004, <http://www2.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt3/funkwellen/pulswellen.pdf>
- SSK: Deutsche Übersetzung der „Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz).“ der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Berichte der Strahlenschutzkommission 23, 1999

Elektrosensibilität / Elek Ein Stre

Regina Reichardt

Existiert eine besondere Sensitivität gegenüber elektromagnetischen Feldern (EMF), d. h. können Menschen diese Felder sinnlich wahrnehmen oder die Anwesenheit „erfahren“? Was hat man unter dem Begriff „Elektrosensibilität“ zu verstehen? Leiden bestimmte Menschen unter dem Einfluss von EMF oder ist alles nur Einbildung als Folge von Furcht vor eben diesen Wellen? Handelt es sich dabei um ein besonderes Talent, ist dies ein Nutzen oder gar ein Fluch? In vielen Labors wird mit wissenschaftlichen Mitteln dieser Frage nachgegangen.

Unabhängig von sonstigen Erkenntnissen und Untersuchungen und nachdem auch andere bereits zu Wort gekommen sind, soll im nachfolgenden Beitrag das Thema Elektrosensibilität und ihre Varianten aus der Sicht einer Frau dargestellt werden, die täglich den Umgang mit den Betroffenen pflegt und auch entsprechende Untersuchungen hierzu durchführen ließ.

Zunächst einige einleitende Worte:

Thematiken rund um die „EMVU“ (Elektro-Magnetische Verträglichkeit in bezug auf die Umwelt) sind zur Zeit in aller Munde. Zu verstehen hat man darunter die Wirkung elektromagnetischer Wellen auf die Umwelt und auf den Menschen - populär auch als „Elektrosmog“ bezeichnet. Missverständlich ist bei letztgenanntem aber, das im Gegensatz zum Smog der Elektrosmog bei Abschalten des Senders nicht länger vorhanden ist. Nun lässt aber die Tatsache, dass diese Wellen sowohl nicht spürbar als auch unsichtbar sind, ihre technische „Natur“ nicht leicht zu durchschauen ist, sie erst seit rund 100 Jahren genutzt und auch noch künstlich erzeugt werden, manche Laien zu Spekulationen hinreißen, andere zu Ablehnung, Verdächtigungen und Befürchtungen. Von Nutzern gepriesen, von den anderen gefürchtet, weil sie zudem meist stärker sind als die natürlich vorkommenden Felder, sie zusätzlich auftreten (zitiert wird oft die Allegorie vom überlaufenden Fass), man ihnen selten ausweichen kann und so „ungeschützt“ ausgeliefert ist. Dass die „Wirkung“ auch positiv sein kann, interessiert wenig in der öffentlichen Diskussion, teilweise ist sie auch selbstverständlich. Manchmal werden viele positive Eigenschaften aber auch nur hinein interpretiert – ebenso wie viele negative. Tatsache aber ist, dass sie aus unserem Leben nicht mehr ausblendbar sind. Elektromagnetische Wellen werden neben der öffentlichen Kommunikation seit langem in den unterschiedlichsten Bereichen eingesetzt: Polizei, Feuerwehr oder Ärzte nutzen sie als Funkdienste



elektrosensitivität EMV-Syndrom?

für ihre Aufgaben. Ebenso wird wohl kaum jemand auf Radio und Fernsehen verzichten wollen. Aber auch in der Medizin findet die Einwirkung von EMF auf Gewebe und Knochen ärztliche Anwendungsfelder: In der Diagnostik wie der Heilung kommen elektromagnetische Wellen unterschiedlichster Frequenz und Stärke zum Einsatz.

Und das ist auch der springende Punkt: Entscheidend bei der Betrachtung, ob und inwiefern elektromagnetische Wellen Wirkung zeigen können, ist vor allem die Frage, wo diese wirken, mit welcher Intensität und bei welcher Frequenz. Hier muss nach Höhe der Feldstärke, Einwirkungsdauer etc. und Wirkungsmechanismen unterschieden werden. Man kann z. B. die sich gegenseitig störende Beeinflussung von Maschinen (als EMV bezeichnet) nicht als Beweis für eine vermutete Beeinträchtigung oder gar Gefährdung von elektromagnetischen Wellen auf Mensch und Umwelt heranziehen; frei nach dem Gedanken „Wenn schon die Maschine beeinflusst wird, wie intensiv (und gefährlich) muss dann erst der Einfluss auf den Menschen sein“. Andererseits darf eine solche Beeinflussung nicht a priori ausgeschlossen oder wegen eines gewissen Nutzens ein Lebewesen (der Mensch) einer eventuellen Gefährdung ausgesetzt werden. Aus diesem Grund gibt es seit Jahrzehnten Untersuchungen um eventuelle gesundheitliche Auswirkungen elektromagnetischer Wellen (u. a. siehe hierzu auch im Anschluss unser Beitrag in diesem Heft von Frau Dr. Ruppe zur Reproduktion bei EMF-Exposition) und für die Festlegung von entsprechenden Grenzwerten.

Diversen Studien zufolge kann der psychologische Effekt, der mit dem verstärkten Ausbau und den neuen Funktechnologien einhergeht, aber so stark sein, dass die bloße Anwesenheit von Funkgeräten oder -masten, Ängste oder sogar Beeinträchtigungen der Gesundheit und Schmerzen hervorrufen kann, auch wenn diese (noch) gar nicht in Betrieb sind (Newsletter 4/2004, Frau Dr. Kaul „Angst vor den Pulsen beim Mobilfunk“).

Andererseits werden immer wieder Menschen zitiert, die von sich behaupten, „elektrosensibel“ zu sein, dass heißt, elektromagnetische Felder „spüren“ zu können, und teilweise auch unter dieser Wirkung zu leiden. Auch hierzu gibt es verschiedene Studien und Untersuchungen, die diese Behauptungen nachzuweisen versuchen. Ein interessantes Thema – für die Betroffenen nach eigenen Aussagen allerdings meistens ein leidiges. Für uns Grund genug, um dies zu einem Thema im Newsletter zu machen und eine Fachfrau zu befragen: Frau Dr. Birgit Stöcker vom Verein für Elektrosensible e. V. München, der seit 1989 existiert und in dieser Zeit rund 3000 Betroffene beraten und zum Teil über Jahre begleitet hat, berichtet aus ihrer eigenen Erfahrung – nach 15 Jahren Arbeit mit betroffenen Elektrosensiblen und nach Erwerb eines umfangreichen Erfahrungswissens durch Studieren umfangreicher Literatur und diversen Pilotstudien mit Ärzten und Umweltlabors, Ministerien, Bundesämtern, Politikern und Wissenschaftlern. Sie gibt im folgenden ihre Einschätzung zu diesem Thema wieder.

Birgit Stöcker

„Nach dem heutigen Stand der Diskussion sieht der Verein die **Elektrosensibilität** (engl. Hypersensitivity) in der Hauptsache als ein Stress-Syndrom, gekennzeichnet durch erhöhte Sympathikus-Aktivität, verstärkte Aktionspotenziale, Ausschüttung von Stressfaktoren (wie Freie Radikale, Adrenalin, Noradrenalin, Histamin, Cholesterin und andere). Dass heißt, es stellt sich nicht die Frage: „Wie verarbeitet der Einzelne die elektromagnetische Strahlung?“, sondern: „Wie geht der Kranke bzw. der Gesunde mit Stress um?“ Entsprechend der individuellen Toleranz gegenüber diesen Stressfaktoren leiden Betroffene an unspezifischen Symptomen, wie Schwindel, Kopfschmerzen, chronischer Müdigkeit, Schlaflosigkeit, Meniërschen Anfällen und sogar Epilepsie. Oder sie klagen über schwankenden Blutdruck, Atemnot, Herzrhythmusstörungen bis hin zum Herzinfarkt. Da diese Probleme nach Abschalten der elektromagnetischen Quelle nach Berichten der Betroffenen in der Regel zurückgehen, sprechen wir von einem Frühwarnsystem des Körpers, welches nicht unterschätzt werden sollte.

Die Diagnostik der Elektrosensibilität ist meiner Meinung nach sehr einfach, da Stressfaktoren labormedizinisch gemessen werden können. Wenn nötig, kann durch eine in-vivo- bzw. in-vitro-Provokation mit elektromagnetischen Feldern (z. B. durch ein 15-Minuten-Gespräch mit einem Handy oder DECT-Telefon) die Kausalität zwischen EMF und der Ausschüttung dieser Faktoren hergestellt werden. Therapeutisch hat die Schulmedizin genügend anzubieten mit Betablockern, Calcium-Antagonisten, Calciumkanalblockern, Antiepileptika sowie die Naturheilkunde durch Vitamine, Nahrungsergänzungsmittel, Homöopathika und andere Mittel.

In Fällen des Verdrängens dieses Stressphänomens (eventuell auch durch direkte elektromagnetische Ursache) kann es früher oder später zu Schädigungen (**Elektroschädigungen** (engl. Electro-injuries)), kommen – mit einem hohen Anteil an den Zivilisationserkrankungen der Moderne. Dazu zählen insbesondere Veränderungen im Nerven- und Hormonsystem, Herz/Kreislauf-Effekte, Wirkungen auf die Immunität, Stö-

rungen des Eiweiß-, Fett-, Kohlenhydrat- und Mineralstoffwechsels, Zellvermehrung (Krebs) sowie genetische Folgen. Eine solche so genannte „Strahlenkrankheit“ ist in der Regel irreversibel, sie tritt nicht nur bei Elektroempfindlichen auf, sondern kann, ohne dass die Belastung spürbar ist, alle in der Gesellschaft treffen.

Diagnostik und Therapie richten sich nach den vorliegenden Symptomen. Die Provokation mit EMF kann Kausalität nachweisen, beispielsweise durch Messung von Blutdruckveränderungen oder Immunmodulation. Klarheit schafft heute vor allem der Gentest. Trotzdem sind die medizinischen Zusammenhänge oft nur schwer zu erkennen, da es sich bei Umwelt- und Zivilisationserkrankungen in der Regel um einen Synergismus von Vielfachbelastungen handelt. Dabei beobachten wir folgendes (siehe Grafik Seite 25).

Als ein anderes Problem ist meines Erachtens die **Elektrosensitivität** (engl. Hypersensitivity) zu sehen, nämlich als sensorische Störung im Sinne einer verstärkten Wahrnehmung von EMF. Hier liegen bereits neurologische/neuropathische Vorschäden zugrunde; z. B. der Zustand nach einer Meningitis, Borreliose oder Multiple Sklerose; Fälle eines Hirnstamm-Syndroms, Hirntumors oder durchgemachten Schädelbruchs.

Zur Diagnostik bedarf es dabei eines umfangreichen neurologischen Check-ups, wobei die Sensitivität sich in der Regel aus dem Krankheitsbild ergibt. Auf eine in-vivo-Provokation sollte bei solchen Patienten verzichtet werden. Die Therapie entspricht der diagnostizierten Grunderkrankung. Kann eine Heilung nicht erfolgen, gilt es die Reizleitungen zu dämpfen (z. B. durch Lexotanil). Ein neues Phänomen ist die **Elektro-Allergie** (engl. Electro-allergy), die vor allem bei jungen Menschen als Frequenzsensibilität auftritt. Hier liegt in der Regel nicht die klassische Anamnese einer ansteigenden Umwelt-erkrankung vor (wie Schwermetall-Intoxikation, Allergie, chemische Sensibilität, Elektro-Empfindlichkeit und -Schädigung), sondern hier reagieren Personen auf einzelne Frequenzen, mit denen sie hauptsächlich Kontakt hatten, beispielsweise diejenigen des ständig benutzten Handys. Dagegen zeigen sie meist keine veränderte Reaktion gegenüber Computern oder Niederfrequenzgeräten.

Wie uns die Darstellung des Elektrosensibilitätsproblems zeigt, sind die biologischen Effekte in den letzten Jahrzehnten völlig falsch eingeschätzt worden. Durch die steigende Technologisierung und vor allem durch die Einführung des Mobilfunks ist jedoch Bewegung in die Bewertung dieser Auswirkungen gekom-

men. Ordnet man nun die biologischen Effekte aus weltweit Tausenden von Studien in diese dargestellte Verteilung ein, ergibt sich nach meiner Erkenntnis ein völlig logisches elektromagnetisches Syndrom.“

*Dr. Birgit Stöcker, Verein für Elektrosensible e.V., München
Dipl.-Ing. Regina Reichardt, Forschungsgemeinschaft Funk, Bonn*

ibm... ss-Syndrom



Das Vorhaben miniW

Michael Baldauf,
Werner Sörgel und
Werner Wiesbeck

Die individuelle mobile Kommunikation bestimmt seit den 90er Jahren in starkem Maße unser Kommunikationsverhalten. Neben Quellen, denen die Kollektivbevölkerung aufgrund von regionalen und überregionalen Netzen ausgesetzt ist, nehmen die Immissionen im Privatbereich durch Produkte der persönlichen Kommunikation wie DECT, WLAN, Bluetooth usw. stetig zu. Während ein Großteil der Bevölkerung die neuen Kommunikationstechniken intensiv nutzt, besteht aber auch eine gewisse Verunsicherung bezüglich der gesundheitlichen Auswirkungen von Hochfrequenzanwendungen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert nicht nur die Entwicklung von neuen Technologien, sondern leistet ebenfalls einen Beitrag zur Technikfolgenabschätzung, indem gezielt Projekte aus dem Bereich EMVU gefördert werden. Der nachfolgende Beitrag gibt einen Einblick in das Vorhaben miniWatt.

Überblick

Das BMBF hat von Januar 2002 bis März 2003 das Vorhaben „Alternative Funkssysteme mit minimaler Strahlungsleistungsdichte im digitalen Rundfunk, Mobilfunk und drahtlosen LANs“ (kurz: miniWatt) finanziert. Das mit ca. 1,1 Mio Euro geförderte Projekt war in sieben Arbeitsbereiche mit insgesamt 38 Teilprojekten untergliedert. An dem Forschungsvorhaben waren elf Universitätsinstitute, drei Industrieunternehmen, vier mittelständische Unternehmen sowie ein unabhängiges Forschungsinstitut beteiligt. Ziel des Vorhabens war eine umfassende Untersuchung des Potenzials zur Senkung der Exposition durch technische, strukturelle und organisatorische Maßnahmen beim digitalen Rundfunk, Mobilfunk und bei WLANs.

Stand der Technik

Die heutigen Mobilfunksysteme, die der breiten Bevölkerung zur Verfügung stehen, nutzen digitale Modulationsarten. Analoge Systeme werden momentan noch für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) genutzt. Beim terrestrischen Rundfunk existieren derzeit analoge und digitale Verteilungsstrategien. Digitale Techniken erlauben aufgrund der besseren Datensicherungsmaßnahmen den Einsatz niedrigerer Sendeleistungen. Dadurch wird prinzipiell eine Senkung der Exposition im Vergleich zu analogen Übertragungstechniken möglich. Andererseits nimmt die Nutzung des elektromagnetischen Spektrums gerade in den Bereichen des Mobilfunks und der Heimvernetzung zu, so dass hierdurch die Zahl der Feldquellen ansteigt.

Die heute zur Verfügung stehenden Techniken sind so konzipiert, dass eine Dekodierung der Signale möglich ist, solange die erforderlichen Qualitätskriterien des Signals im Vergleich zu Störeinflüssen (SINR) erfüllt sind. Um Interferenzen zu minimieren werden zudem keine unnötig hohen Sendeleistungen verwendet, d.h. die Empfindlichkeiten der Geräte werden voll ausgeschöpft. Rückkanalfähige Systeme (wie z.B. Mobilfunk) besitzen des Weiteren Mechanismen zur Sendeleistungsregelung, die Emissionen auf das Maß reduzieren, das für eine sichere Verbindung erforderlich, bzw. im Rahmen der Spezifikationen möglich ist.

Effizienzsteigerung

Der zentrale Ansatzpunkt für eine umfassende Senkung der Emission ist eine Steigerung der Effizienz durch Nutzung nicht erschlossener Ressourcen (z. B. Raumdiversität). Das heißt ein ideales System ist so zu entwerfen, dass die Energie, welche erforderlich ist um ein Nutzbit in einer geforderten Zeit (Datenra-

te) sicher zu übertragen, minimiert wird. Das Minimum muss unter Berücksichtigung von bestimmten Randbedingungen (erlaubter Spektralbereich, Kosten...) gefunden werden. So kann es beispielsweise sein, dass durchaus höhere Effizienzen, und damit geringere Emissionen, möglich wären bei Verwendung einer anderen Arbeitsfrequenz, die aber nicht für die Nutzung freigegeben ist. Aufwändigere Techniken sind in der Regel mit höheren Kosten verbunden, welche eine wirtschaftliche Einführung neuer Technologien verhindern können.

Um die Effizienz eines Funksystems zu steigern, können verschiedene einzelne Parameter des Systems oder das ganze System verändert werden. Daher wurden, im Rahmen des Vorhabens miniWatt, zusammengehörige Techniken entsprechend zusammengefasst (siehe Tabelle 1).

Referenzmodelle

Um die verschiedenen Maßnahmen hinsichtlich ihres Einsparpotenzials an Sendeleistung bewerten zu können, wurde jedem Teilprojekt ein geeignetes Referenzmodell zugrunde gelegt. Für die Systeme WLAN, PAN, Mobilfunk (GSM und UMTS) sowie digitales Fernsehen wurden Parametersätze definiert, im Hinblick derer die untersuchten Techniken zu vergleichen sind.

Ergebnisse

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse des Vorhabens dargestellt. Der vollständige Abschlussbericht ist unter [1] zu finden.

Intelligente Antennensysteme

Aus mehreren Antennen bestehende Systeme können durch eine Überlagerung der von den verschiedenen Einzelantennen abgestrahlten Signalanteile zur

AP 1	Bandspreizverfahren
AP 2	Raum-Zeit-Signalverarbeitung
AP 3	Alternative Frequenzbereiche
AP 4	Selbstorganisierende Netze, Algorithmen und Protokolle
AP 5	Alternative Netze
AP 6	Standardkonforme Entwicklungen beim Mobilfunk
AP 7	Standardkonforme Entwicklungen beim Digitalen Rundfunk

Tabelle 1: Arbeitspakete im Vorhaben miniWatt.

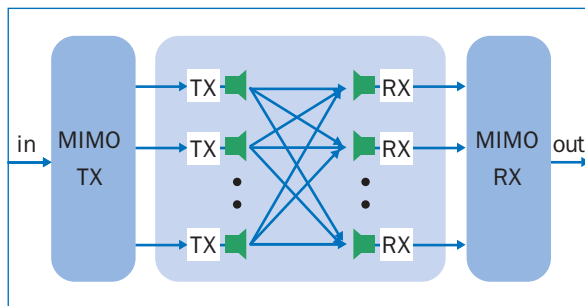


Bild 1: Schematische Darstellung eines MIMO-Mehrantennensystems.

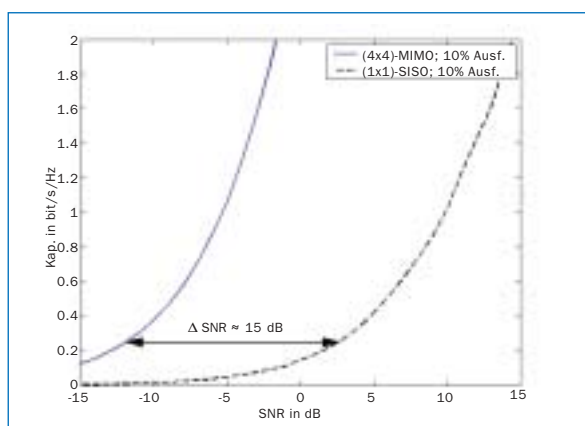


Bild 2: 10% Ausfall-Kapazitäten für eine klassische Antennenkonfiguration von einer Sende- und einer Empfangsantenne (SISO-System) und einem MIMO-System bestehend aus vier Sende- und Empfangsantennen in einem Rayleigh Kanal [2]. Im dargestellten Fall ergibt sich eine mögliche Sendeleistungsreduktion von ca. 15 dB (Faktor 32).

Ausbildung einer Gesamtrichtcharakteristik führen, die von der eines Einzelelementes abweicht. Hierdurch kann die elektromagnetische Energie an dem gewünschten Raumbereich des Empfängers konzentriert werden, während sie gleichzeitig an anderen Orten reduziert wird. Da dies adaptiv geschehen kann, ist eine Ausrichtung auf verschiedene Teilnehmerstandorte leicht möglich. Man spricht hierbei von (ggf. adaptivem) Beamforming. Die Strahlformung kann ausgenutzt werden um die Sendeleistung abzusenken. MIMO-Systeme (Multiple Input – Multiple Output), die über mehrere Antennen auf der Sende- und Empfangsseite verfügen, gehen einen Schritt weiter. Unter Ausnutzung der Diversität, beispielsweise des Raumes, sind die Signale an den einzelnen Empfangsantennen unkorreliert. Die in der Empfängerumgebung verfügbare Leistung wird besser genutzt, insbesondere können kurzzeitige Signaleinbrüche stark vermindert werden. Des Weiteren ist es möglich über verschiedene Antennen unterschiedliche Informationen parallel zu übertragen, die am Empfänger geeignet kombiniert werden. Ein derartiges MIMO-System ist schematisch in Bild 1 dargestellt.

Die Kapazität eines MIMO-Systems ist eine Zufallsvariable und hängt von der Realisierung des Funkkanals ab. Daher wird bei der Angabe von Kapazitäten die Übertragungskapazität angegeben, die in einem bestimmten Prozentsatz der Fälle nicht erreicht wird. Diese Kapazität wird üblicherweise als Ausfall-Kapazität (engl. outage capacity) bezeichnet. Bild 2 zeigt, dass bei einem Mehrantennensystem (durchgezogene, blaue Linie) eine bestimmte Ausfall-Kapazität bei einem deutlich geringeren Signal-zu-Rauschverhältnis erreicht werden kann als bei der üblichen Konfiguration mit einer Empfangsantenne (gestrichelte, schwarze Linie). Die Einsparungen der Sendeleistungen sind im Wesentlichen abhängig von der erforderlichen Übertragungskapazität (in bit/s/Hz), der Antennenanzahl auf Sende- bzw. Empfangsseite sowie dem vorliegenden Funkkanal. Einsparungen um etwa eine Größenordnung sind aber durchaus realistisch. Allerdings sind geeignete Signalverarbeitungsmechanismen zumindest auf der Empfangsseite, bei bestimmten MIMO-Übertragungsverfahren auch auf der Sendeseite, er-

forderlich um einen entsprechenden Kapazitätsgewinn bzw. eine Sendeleistungsreduktion zu erhalten. Diese Technik steht mittlerweile vor der Einführung beim Mobilfunk. Sie ist jedoch auch für andere Übertragungen, z. B. Rundfunk, nutzbar.

Neuartige Netzstrukturen

Eine Veränderung der Netzstruktur der Sendeeinrichtungen hat, aufgrund der notwendigen Parameteranpassungen für die Sendeanlagen, einen unmittelbaren Einfluss auf die Emission. Im Rahmen des Vorhabens miniWatt wurden u. a. Multi-hop-Systeme betrachtet, bei denen das Funksignal von einem Endgerät über mehrere verschiedene andere Endgeräte (ggf. inaktiver) Teilnehmer zu einer Basisstation gelangt (Bild 3). Wegen der kurzen Distanz zum nächsten Endgerät wird für den Nutzer mit dem Verbindungswunsch die Verwendung einer erheblich kleineren Sendeleistung möglich. Nähere Untersuchungen haben aller-

dings gezeigt, dass bei vielen Hops der Verwaltungsaufwand sehr stark zunimmt, wodurch gleichzeitig die Effizienz sinkt. Es kann daher unter Umständen keine zuverlässige Verbindung gewährleistet werden. Zudem ist das Vorhandensein anderer verfügbarer Endgeräte in der Umgebung erforderlich, die ihrerseits wieder zu Quellen werden.

Durch die Verkleinerung des Versorgungsgebietes kann die Emission deutlich gesenkt werden. Im Falle von zellularen Netzen (Mobilfunk) spricht man dann von Zellteilung (Bild 4). Die Beschränkung der Versorgung auf jeweils kleinere Gebiete erlaubt bei Rundfunknetzen ebenfalls eine Senkung der Sendeleistung. Da bei Mobilfunkzellen die maximale Nutzeranzahl pro Basisstation beschränkt ist, sind die Vorteile beim Mobilfunk wegen der gleichzeitigen Kapazitätserhöhung durch die Zellteilung größer als beim Rundfunk.

Beim digitalen terrestrischen Fernsehen (DVB-T) könnte durch den Ersatz des Versorgungsziels „portable



Bild 3: Reduktion der Sendeleistung durch Verwendung multi-hop-fähiger Endgeräte. Aufgrund geringer Distanzen zu einem benachbarten Endgerät wird nur eine kleine Sendeleistung benötigt.

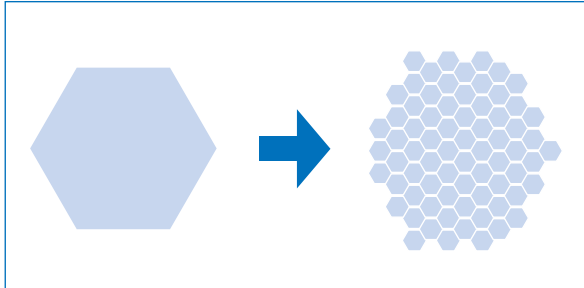


Bild 4: Eine Zellteilung verkleinert das zu versorgende Gebiet. Dadurch kann die Sendeleistung reduziert und die Kapazität gesteigert werden.

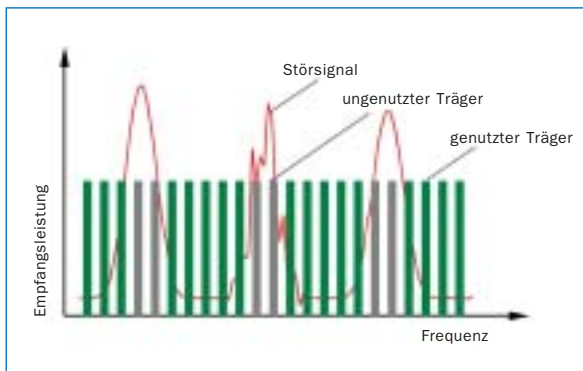


Bild 5: Durch Verzicht auf die Übertragung von Trägern, welche am Empfänger nicht korrekt decodiert werden können, kann Sendeleistung eingespart werden.


indoor“, das eine Versorgung mit Rundfunkdiensten im Kerngebiet innerhalb des Hauses im Erdgeschoss vorsieht, durch die Forderung, dass die erforderliche Feldstärke nur außerhalb des Hauses in Dachhöhe erreicht wird, die Emission deutlich reduziert werden. Unter Verwendung einer Dachantenne, die einen Gewinn von etwa 10 dB aufweist, ließe sich so die erforderliche Sendeleistung insgesamt um den Faktor 1000 (30 dB) bis 10000 (40 dB) absenken. Eine dichtere Netzstruktur würde darüber hinaus zu einer weitergehenden Emissionsreduktion führen.

Hochfliegende Plattformen bzw. Satelliten zeichnen sich durch eine sehr homogene Leistungsdichteverteilung am Boden aus. Insbesondere für Rundfunksysteme ohne Rückkanal, bei denen zudem große Flächen mit einer endlichen Anzahl von Programmen versorgt werden sollen, bietet sich diese Art der Versorgung auch in Anbetracht der Kosten an. Die Exposition aufgrund von Satelliten zur Rundfunkübertragung ist im Vergleich zum terrestrischen Fernsehen, trotz der um Größenordnungen höheren Programmvielfalt, deutlich kleiner.

Innovative Signalverarbeitungstechniken

Mehrträgerverfahren verwenden zur Übertragung von Informationen verschiedene Trägerfrequenzen aus einem vorgegebenen Frequenzbereich. Derartige Techniken besitzen den Vorteil, dass die Möglichkeit besteht, zur Übertragung von Signalen nur diejenigen Trägerfrequenzen zu nutzen, bei denen eine geringe Übertragungsdämpfung auftritt bzw. die am Empfänger in ausreichend hoher Qualität empfangen werden können. Ein hierfür geeignetes Verfahren ist beispielsweise OFDM (orthogonal frequency division multiplex). Durch adaptives „Bit-loading“ werden hierbei Informationen nur auf den Frequenzen übertragen, die auch am Empfänger wieder dekodiert werden können (Bild 5). Simulationen im Rahmen des Vorhabens miniWatt haben gezeigt, dass durch den Einsatz eines adaptiven Bit-loadings die erforderliche Sendeleistung typischerweise um ca. 1,5 dB (Faktor 1,4) gesenkt werden kann.

Eine weitere Möglichkeit der Emissionsreduzierung ist eine geeignete Störunterdrückung (Interference



Cancellation). Hierbei können am Empfänger vorhandene Informationen über die störenden Signale genutzt werden, um die Störeinflüsse zu reduzieren. Auf diese Weise kann die erforderliche Sendeleistung verkleinert werden.

Darüber hinaus kann durch die Verwendung höherer Datenkompressionen die Emission ebenfalls abgesenkt werden. Da für die Übertragung eine kleinere Übertragungsrate (in bit/s), und damit eine kleinere Übertragungskapazität, erforderlich ist, kann die Sendeleistung reduziert werden.

Alternative Frequenzbereiche

Im Rahmen des Vorhabens miniWatt wurde das Potenzial einer Sendeleistungsreduktion durch die Verwendung von alternativen Frequenzbereichen analysiert.

Die bei niedrigeren Übertragungsfrequenzen vorhandene kleinere Ausbreitungsdämpfung erlaubt eine Reduktion der Sendeleistung. Würden beispielsweise für UMTS-Dienste anstatt der üblichen Frequenzen um 2 GHz Frequenzen im Bereich um 450 MHz (früheres C-Band) verwendet, so ließe sich die Sendeleistung um ca. 14 dB (Faktor 25) senken.

Als Alternative zur Verwendung von Frequenzen im GHz-Bereich für einige Anwendungen innerhalb des Hauses (z. B. WLAN, Bluetooth, Funkkopfhörer) könnten teilweise Infrarotsender eingesetzt werden. Die biologischen Auswirkungen von Infrarotstrahlung sind geklärt und sind durch den üblichen Einsatz von IR-Fernbedienungen bzw. IrDA-Schnittstellen in der Bevölkerung akzeptiert. Zudem sind die Komponenten äußerst preiswert verfügbar. Da die Übertragung praktisch Sichtverbindung voraussetzt sind die Anwendungsmöglichkeiten entsprechend begrenzt.

Sowohl die Übertragung per Schallwellen als auch die Möglichkeit der induktiven Übertragung erwies sich als nicht effizient.

Weitere Informationen

Zum Vorhaben miniWatt hat der Projektträger des Vorhabens, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), eine Broschüre erstellt, diese kann unter [3] herunter geladen werden. Der Gesamtbe-

richt ist über den Katalog (OPAC) der TIB/UB Hannover [1] verfügbar.

Aktuelles Forschungsvorhaben miniWatt II

Anknüpfend an die Ergebnisse des Vorhabens miniWatt werden seit April dieses Jahres systematisch Leistungsdichten, spezifische Absorptionsraten und die Pulshaltigkeiten der verschiedensten Dienste analysiert und verglichen. Das laufende Vorhaben trägt den Titel „Minimierung der Immission zukünftiger Funkdienste“ (kurz: miniWatt II) und wird gemeinsam vom BMBF und BMU gefördert.

Im Gegensatz zum abgeschlossenen Vorhaben miniWatt, bei dem die Emission im Vordergrund stand, soll das Hauptaugenmerk nun auf die Immission gerichtet sein. Mit Wissenschaftlern, welche über ein breites Fachwissen auf dem Gebiet der Biomedizin verfügen, sollen darüber hinaus Immissionen umfassend bewertet werden.

Die Ergebnisse können u. a. einen wichtigen Beitrag zur immissionsoptimierten Funknetzplanung liefern. Des Weiteren soll die Geräteindustrie in die Lage versetzt werden, ganzheitlich optimierte Lösungen zur Senkung der Exposition umzusetzen.

Danksagung

Wir bedanken uns beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (Zuwendungsgeber), dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (Projektträger), sowie bei allen beteiligten Kollegen für die gute Zusammenarbeit.

Michael Baldauf und Werner Sörgel sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Höchstfrequenztechnik und Elektronik (IHE) der Universität Karlsruhe (TH).

Prof. Dr. Werner Wiesbeck ist Institutsleiter des Instituts für Höchstfrequenztechnik und Elektronik (IHE) der Universität Karlsruhe (TH) und Projektleiter der Vorhaben miniWatt und miniWatt II.

Literatur

- [1] <http://www.tib-hannover.de>, Katalog OPAC, Suchbegriffe: Alternative Funksysteme, miniWatt (ca. 27 MB)
- [2] M.A. Baldauf, Th. Fügen, C. Kuhnert, Th. Schäfer, C. Waldschmidt, W. Wiesbeck, „Expositionsreduzierung in zellularen Mobilfunknetzen unter Verwendung intelligenter Antennensysteme“, Elektromagnetische Verträglichkeit, EMV 2004, pp. 523-530, Düsseldorf, 2004
- [3] http://www.dlr.de/pt_it/kt/miniwatt_broschuere.pdf (ca. 3,6 MB)

Schutz von Personen in elektromagnetischen Feldern des

Achim Bahr



Einleitung

In diesem Projekt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit [10] wurde untersucht, inwiefern Personen mit Herzschrittmachern und Defibrillatoren durch elektromagnetische Felder des heutigen GSM Mobilfunks, DECT, UMTS, Power Line Communication und Induktionsfunktanlagen beeinträchtigt werden. Ziel der Studie im Bereich UMTS war eine präventive Folgenabschätzung über elektromagnetische Störungen von Herzschrittmachern und Defibrillatoren insbesondere im Hinblick auf die dort verwendeten Modulationsarten und die Häufung von Feldquellen durch die Mehrfachnutzung von Standorten. Die theoretisch und experimentell ermittelten Ergebnisse wurden in einem weiteren Schritt in praktischen Versuchen mit freiwilligen Probanden verifiziert.

Im Rahmen dieses Beitrags werden die Ergebnisse zur Störbeeinflussung von Herzschrittmachern durch GSM und UMTS Mobilfunksignale vorgestellt. Die Untersuchung der Fragestellung erfolgt gemäß Bild 1 anhand der „strukturierten Methode“, die eine Kombination von zwei Teilmodellen darstellt. Zum einen beinhaltet das Kopplungsmodell den Mechanismus der Transformation eines elektromagnetischen Feldes außerhalb des Körpers in eine Störspannung am Eingang des Implantates. Das Verträglichkeitsmodell gibt an, ab welcher Störspannung mit einem Fehlverhalten des Implantates zu rechnen ist. Das Zusammenführen der beiden Teilmodelle ermöglicht eine qualifizierte Beurteilung der Beeinflussung der Implantate in elektromagnetischen Hochfrequenzfeldern. Die strukturierte Methode wurde bereits in verschiedenen Studien im Auftrag der Forschungsgemeinschaft Funk zur Untersuchung dieser Fragestellung erfolgreich eingesetzt (u. a. [6][7]).

mit Herzschrittmachern Mobilfunks

Die Untersuchung des Kopplungsmodells erfolgt auf der Basis von numerischen Simulationen mit der Methode der finiten Differenzen im Zeitbereich. Das Verträglichkeitsmodell wird anhand von Störfestigkeitsmessungen ermittelt. Hierzu werden verschiedene Mobilfunkstörsignale durch geeignete HF-Quellen erzeugt und dem zu testenden Implantat leitungsgebunden zugeführt.

Aufbau und Funktionsweise von Herzschrittmachern

Ein Herzschrittmacher ist ein implantierbarer elektrischer Impulsgeber, der für eine normale Herzschlagfolge sorgt. Der Aufbau eines Herzschrittmachers ist in Bild 2 wiedergegeben.

Die HSM-Elektronik bestehend aus einem Stimulator- und Analyseteil ist zusammen mit einer langlebigen Batterie in einem biokompatiblen Metallgehäuse un-

tergebracht. Über eine oder mehrere Elektroden, die mit dem Herzen verbunden sind, werden elektrische Impulse zur Stimulation zum Herzen geleitet und ggf. ein vorhandenes Herzsignal wahrgenommen.

Herzschrittmacher können je nach Stimulationsort in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden:

- Einkanalschrittmacher, die nur im Vorhof (Atrium) oder der Herzkammer (Ventrikel) stimulieren/wahrnehmen,
 - Mehrkanalschrittmacher, die sowohl im Vorhof als auch in der Herzkammer stimulieren/wahrnehmen.
- Außerdem wird unterschieden zwischen unipolaren und bipolaren Schrittmachern:
- Unipolare Schrittmacher benutzen das Herzschrittmachergehäuse als einen Pol und die Herzschrittmacherelektrode als Gegenpol, der Stimulationsstrom fließt also zwischen zwei räumlich entfernten Punkten.

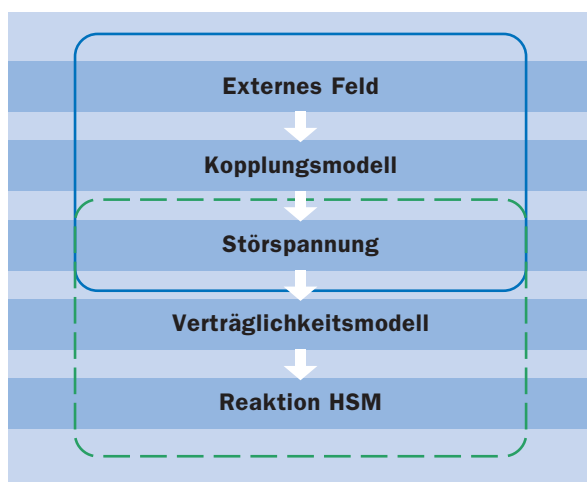


Bild 1: Das Zusammenwirken von Kopplungsmodell und Verträglichkeitsmodell sowie die Bedeutung der Störspannung am Eingang des Implantates.



Bild 2: Aufbau eines Herzschrittmachers.

- Bipolare Schrittmacher benutzen i.a. eine koaxiale Elektrodenanordnung, wobei der Stimulationsstrom nur zwischen Innen- und Außenleiter direkt im Herzen fließt. Moderne Ausführungen können aber auch wahlweise unipolar betrieben werden.

Stand der Normung

Zum Schutz von Personen mit aktiven elektronischen Implantaten ist bis September 2005 noch die Norm DIN EN 50061/A1 (VDE 0750 Teil 9/A1):1996-07 [2] anwendbar. Die DIN EN 50061/A1 ist dabei für die HSM-Hersteller unverbindlich weil nicht harmonisiert. Sie umfasst nur einen eingeschränkten Frequenzbereich von 20 Hz bis 30 MHz. Darüber hinaus sind die entscheidenden Störfestigkeitsanforderungen nur optional, d. h. bei Nichteinhaltung genügt ein Hinweis im Manual.

Die Norm EN 45502-2-1:2003-09 ist im September 2003 auf europäischer Ebene verabschiedet worden [4] und ersetzt die Norm DIN EN 50061/A1, wobei die entscheidenden Störfestigkeitsanforderungen nicht mehr umgehbar sind.

Inhalt dieser europäischen Norm sind neben Störschwellen für das statische Magnetfeld (als einzige äußere Feldgröße zur Sicherstellung der Funktion

von Reedkontakten im HSM!) gerätebezogene Störschwellen der Spannung am Geräteanschluss (HSM-Eingang) im Frequenzbereich von 16 Hz bis 450 MHz. Zur Störfestigkeitsprüfung werden die Störspannungen über R-C-Netzwerke an den HSM-Eingang angelegt, d. h. sie haben keinen erkennbaren Bezug auf die von außen auf den HSM-Träger einwirkenden Felder. Im Frequenzbereich 450 MHz bis 3 GHz nimmt die Norm Bezug auf den amerikanischen Standard ANSI/AAMI PC69 [1]. Der ANSI-Standard sieht in diesem Frequenzbereich gestrahlte Störfestigkeitsmessungen vor, wobei der Herzschrittmacher in Anlehnung an die reale Implantationssituation in einem flüssigkeitsgefüllten Phantom mit dem elektromagnetischen Feld eines Dipols exponiert wird.

Der deutsche Normentwurf E DIN VDE 0848-3-1 (VDE 0848 Teil 3-1):2002-05 [3] soll bestehende Lücken zur Sicherheit von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern schließen. Durch die Unterscheidung in Einkopplung und Störfestigkeit lassen sich beide Teilaspekte unabhängig voneinander betrachten. Der Normentwurf enthält daher Umrechnungsverfahren, die den Zusammenhang zwischen der an einer implantierten Elektrode indu-

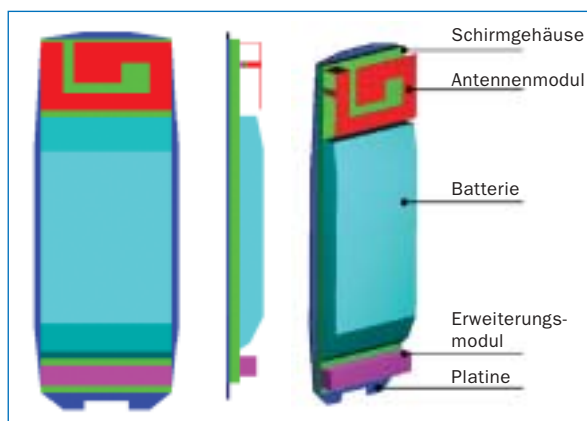


Bild 3: Verwendetes Mobiltelefon mit integrierter Antenne für GSM 900.

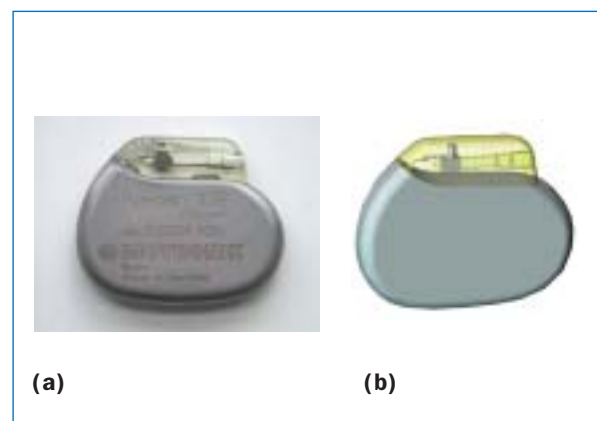


Bild 4: Moderner unipolarer Herzschrittmacher (a) und Simulationsmodell (b).

zierten Leerlaufspannung und den sie hervorruhenden äußeren Feldern beschreiben. Die Geräte selbst werden deshalb in 3 Spannungs-Störfestigkeitsklassen eingeteilt:

- Angemessen störfeste Geräte, deren Träger sich gefahrlos dort aufhalten kann, wo der Aufenthalt der Allgemeinbevölkerung uneingeschränkt zulässig ist und wo nicht auf das lokale oder kurzzeitige Überschreiten der Referenzwerte nach EG/519/1999 [11] hingewiesen wird.
- Eingeschränkt störfeste Geräte, deren Träger gewisse Warnhinweise und Bekanntmachungen speziell für Herzschrittmacherträger beachten müssen.
- Störemfindliche Geräte, deren Schutz nur durch einzelfallbezogene Maßnahmen gewährleistet werden kann.

Auf der Grundlage dieser Klassifizierung könnte in Zukunft einem genau benennbaren Kreis von HSM-Trägern Sicherheit in EMF gewährleistet werden. Voraussetzung ist aber, dass die HSM-Hersteller zukünftig ihre Geräte entsprechend der Störfestigkeitsklasse kennzeichnen. Außerdem müssten auch die Felderzeuger die Bereiche kennzeichnen, in denen die für die Klassifizierung maßgeblichen Feldstärken überschritten werden.

Bei der Beurteilung des beruflichen Einsatzes von HSM-Trägern an EMF-Arbeitsplätzen ist unbedingt zu beachten, dass die Klassifizierung in „Angemessen störfeste Geräte“ nur für Felder gilt, deren Feldstärken unterhalb der Referenzwerte der EU-Ratsempfehlung EG/519/1999 liegen. Die dort festgelegten Feldstärkewerte können an Arbeitsplätzen deutlich überschritten werden, so dass in diesen Fällen immer eine Einzelfallbeurteilung erfolgen muss.

Die Herausgabe des Entwurfs E DIN VDE 0848-3-1 (VDE 0848 Teil 3-1):2002-05 hat eine Flut von bisher noch nicht abgearbeiteten Einsprüchen ergeben. Die HSM-Hersteller wenden sich gegen die Deklarationspflicht der Störfestigkeitsklasse und viele Felderzeuger gegen die Kennzeichnungspflicht bei Überschreitung der Referenzwerte der EU-Ratsempfehlung.

Von deutscher Seite wurde das Normungsvorhaben 0848-3-1 im damaligen TC 211 bei CENELEC als neues Normungsvorhaben eingebracht. Da die erforderliche Anzahl von Mitgliedsstaaten an einer Mitarbeit nicht interessiert war, wurde das Arbeitsvorhaben beendet. Im Jahr 2004 wurde aktuell ein New Work Item Proposal zum Thema aktive Implantate bei CENELEC eingebracht. Dieses Vorhaben wird weiterverfolgt und im Rahmen der TC106X als Nachfolger der TC 211 behandelt.

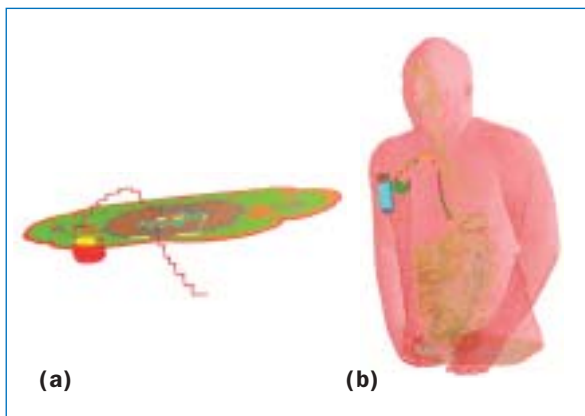


Bild 5: Lage des Herzschrittmachers im Körpermodell bei rechtspektoraler Implantation. Ansicht mit transversaler Ebene des Körpermodells (a) und Ansicht mit transparenter Körperoberfläche und Mobiltelefon im Brustbereich (b).

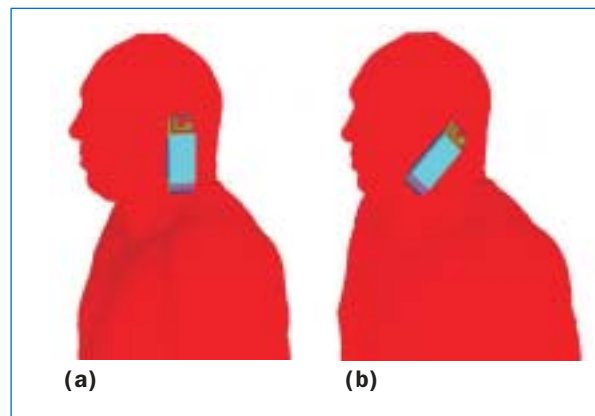


Bild 6: Lage des Mobiltelefons an der linken Kopfseite: senkrechte Orientierung (a) und realistische Telefonposition (b).

	Aktuelle Simulationen	
Körpermodell	Inhomogenes, anatomisches Körpermodell (AFRL) mit 40 verschiedenen Gewebearten	Schichtenmodell des menschlichen Körpers mit Haut, Fett- und Muskelgewebe
HSM-Modell	Detailliertes Modell orientiert an einem kommerziellen Modell	Einfaches HSM-Modell
Implantation	Rechtspektoral anhand der anatomischen Details des Körpermodells	Ebene Lage des HSM und der Elektrode im Schichtenmodell des Körpers
Feldquelle im Nahfeld	Modell eines Mobiltelefons mit integrierter Antenne	Dipol

Tabelle 1: Unterschiede in den Simulationsmodellen [6]

Numerische Untersuchung des Kopplungsmodells

Das Kopplungsmodell beschreibt den Zusammenhang zwischen den elektromagnetischen Feldern, die von einer Feldquelle (z. B. einem mobilen Endgerät) emittiert werden und der Störspannung am Herzschrittmachereingang unter Berücksichtigung einer realen Implantationssituation. Als Expositionsszenarien werden berücksichtigt:

- Endgerät in verschiedenen Abständen vor der Brust,
- Endgerät in Telefonierposition (am rechten und linken Ohr),
- Exposition im Fernfeld einer Basisstationsantenne.

Modellbildung

Das Endgerätemodell basiert auf einem Mobiltelefon mit integrierter Antenne. Bild 3 zeigt die verwendete Mobiltelefonplattform mit der Antenne für GSM 900. Für GSM 1800 und UMTS werden veränderte, jeweils dem Frequenzbereich angepasste Antennen eingesetzt.

Bild 4 zeigt das Foto des modellierten unipolaren Herzschrittmachers und das entsprechende Simulationsmodell. Gezeigt ist das metallische Gehäuse mit

dem dielektrischen Verbindungskopf (Header). Im Header befindet sich der Elektrodenanschluss für eine unipolare Elektrode. Die Modellierung des Herzschrittmachergehäuse erfolgt als ideal leitfähiges Volumen. Zur Untersuchung des Kopplungsmodells wird der Herzschrittmacher in rechtspektoraler Implantationsweise in das Körpermodell des US-amerikanischen Air-Force-Research-Laboratory [9] eingebracht. Das Modell basiert auf dem „Visible-Human“-Datensatz und liegt in einer räumlichen Auflösung von 1 mm vor. Das Modell unterscheidet ca. 40 verschiedene Gewebearten. Die dielektrischen Eigenschaften der biologischen Gewebe werden mit Hilfe des parametrischen Modells von Gabriel [5], das im Frequenzbereich von 10 Hz bis 100 GHz verwendbar ist, bestimmt. Die Implantationstiefe des Herzschrittmachers beträgt 5 mm, Bild 5 zeigt Ansichten des in das Körpermodell integrierten Herzschrittmachers.

Das Mobiltelefon wird gemäß Bild 5b mit paralleler Ausrichtung zum Herzschrittmacher vor der Brust positioniert. Damit ergibt sich ein minimaler Abstand von 5,5 cm zwischen Herzschrittmachergehäuse und Mobiltelefon.

Bild 6 zeigt die Positionierung des Mobiltelefons am Kopf. Es werden zwei Konfigurationen untersucht: (a)

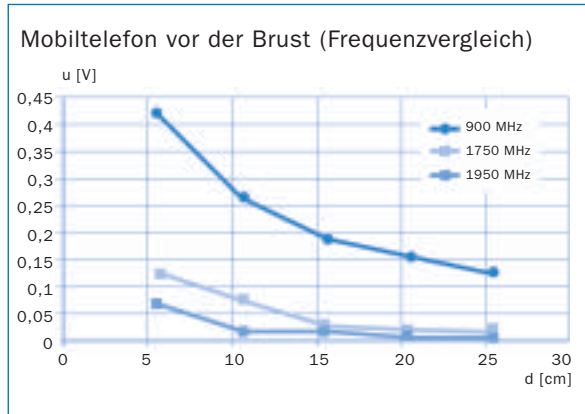


Bild 7: Grafische Darstellung der Störspannung (Amplitude) für verschiedene Abstände und Frequenzen zwischen Herzschrittmachergehäuse und Mobiltelefon vor der Brust ($P = 1 \text{ W}$).

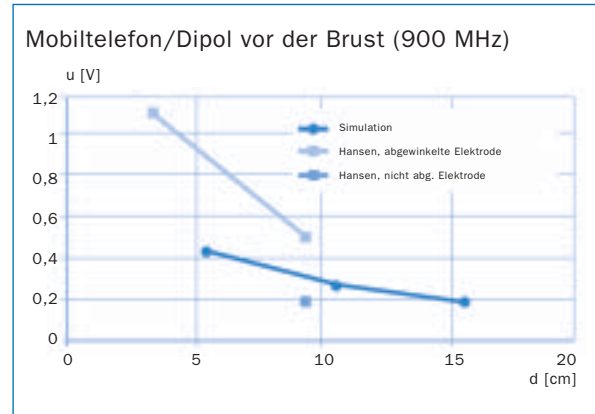


Bild 8: Vergleich der ermittelten Störspannung für verschiedene Abstände zwischen Herzschrittmachergehäuse und Mobiltelefon vor der Brust mit den Ergebnissen in [6] für eine Frequenz von 900 MHz.

Die Telefonachse ist parallel zur Körperachse orientiert. (b) Das Telefon befindet sich in einer realistischen Telefonierposition.

Ergebnisse

In Bild 7 sind die Ergebnisse für das Expositionsszenario „Mobiltelefon vor der Brust“ für die Frequenzen 900 MHz, 1750 MHz und 1950 MHz dargestellt. Es wird deutlich, dass die Störspannung für 900 MHz mehr als 10 dB höher ist als für die beiden übrigen Frequenzen.

Diese Ergebnisse sollen vor dem Hintergrund von Literaturergebnissen [6] eingehender diskutiert werden. Bei der Bewertung der Ergebnisse muss beachtet werden, dass zwischen der untersuchten Anordnung in [6] und der hier untersuchten Konfiguration einige wesentliche Unterschiede bestehen. Diese Unterschiede sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Bild 8 zeigt für die Nahfeldexposition, dass die aktuellen Simulationsergebnisse bei Benutzung eines detaillierten Körpermodells trotzdem in der gleichen Größenordnung liegen wie die Ergebnisse in [6] bei Verwendung eines vereinfachten Schichtenmodells des menschlichen Körpers. Bild 8 verdeutlicht aber auch die zu erwartende Variation der Störspannung auf-

grund der Variation des Abstands zwischen Feldquelle und Herzschrittmacher, der Implantationsweise des Herzschrittmachers und der Art der Feldquelle.

In Bild 9 sind die Ergebnisse für das Szenario „Mobiltelefon am Ohr“ für die Frequenzen 900 MHz, 1750 MHz und 1950 MHz dargestellt. Es zeigt sich, dass die maximal auftretenden Störspannungen um mehr als 20 dB unterhalb der Störspannungen für das Expositionsszenario „Mobiltelefon vor der Brust“ liegen. Falls die Strahlungsquelle weit vom Herzschrittmacherträger entfernt ist wie zum Beispiel bei einer Basisstation, kann unter Vernachlässigung von Umgebungseinflüssen vereinfachend eine homogene ebene Welle zur Beschreibung der räumlichen Feldverteilung angenommen werden. In Bild 10 sind die Ergebnisse der Berechnungen mit einer horizontal und einer vertikal orientierten homogenen ebenen Welle der Amplitude $E = 1 \text{ V/m}$ grafisch dargestellt. Auch hier zeigt sich, dass die höchsten Störspannungen im 900 MHz Frequenzbereich auftreten.

Störfestigkeitsmessungen

Die leitungsgebundenen Messungen werden für 88 explantierte Herzschrittmacher ohne Änderung der vor-eingestellten Empfindlichkeit durchgeführt. Der Zeit-

raum der Markteinführung der Geräte deckt die Jahre 1980-2003 ab. 5 Herzschrittmarker sind bipolar programmiert, die übrigen werden mit unipolarer Wahrnehmung betrieben.

Störsignale

Für die beiden GSM Varianten bei 900 MHz und 1800 MHz werden die in Bild 11 gezeigten gepulsten HF-Träger als Störsignale definiert. Die Pulslänge der Bursts beträgt 550 ms.

Die Einhüllende gemäß Bild 11a tritt bei einer aktiven Gesprächsverbindung zwischen Mobilteil und Basisstation auf und wird als GSM-Störsignal 1 definiert. Während Gesprächspausen kann das Mobilteil bzw. die Basisstation im DTX-Modus senden. Hierbei wird aus Gründen der Energieersparnis und der Interferenzminimierung der jeweilige Sender über längere Zeiträume abgeschaltet. Dieses DTX-Signal wird als GSM-Störsignal 2 definiert und ist in Bild 11b wiedergegeben.

Bei GSM-Basisstationen ist zu beachten, dass auf dem ersten Kanal in allen acht Zeitschlitz mit der maximalen Sendeleistung gesendet wird. Hierbei sind die beiden ersten Zeitschlitz für Signalisierungszwecke reserviert, die Zeitschlitz drei bis acht können für Verbindungen mit einem Mobilteil belegt werden.

Falls keine Verbindung mit einem Mobilteil existiert, werden Dummy Bursts gesendet. Damit ergibt sich das in Bild 11c dargestellte GSM-Störsignal 3.

Neben den bisher erwähnten GSM-Signalformen, die hauptsächlich bei einer Gesprächsverbindung auftreten, existieren spezielle GSM-Datensignale in Form von HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) oder GPRS (General Packet Radio Services). Voraussetzung sind HSCSD- oder GPRS-fähige Endgeräte und Mobilfunknetze.

Bei HSCSD können zur Erhöhung der Datenrate mehrere Zeitschlitz belegt werden. Dies kann getrennt für den Uplink und Downlink erfolgen. Als Beispiel für ein derartiges Signal ist in Bild 11d das GSM-Störsignal 4 dargestellt.

Für UMTS werden zwei QPSK-modulierte Störsignale definiert, deren Einhüllende in Bild 12 gezeigt sind. Das UMTS-Störsignal 1 ist Teil des in [8] vorgeschlagenen UMTS-Testsignals zur Durchführung bioelektromagnetischer Experimente. Das Endgerät sendet auf höchster Leistungsstufe in einem schlecht versorgten Gebiet. Typisch sind die in Bild 12a gezeigten Pegelschwankungen um 3 dB.

Zusätzlich wird das UMTS-Störsignal 2 definiert, dessen Wiederholfrequenz im Sinne eines worst case im Bereich der natürlichen Herzfrequenz liegt. Das in

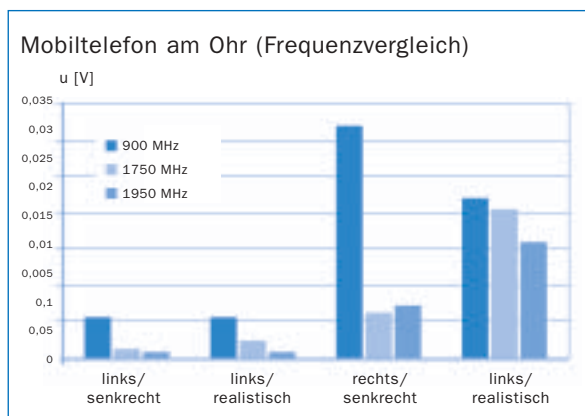


Bild 9: Grafische Darstellung der Störspannung (Amplitude) für verschiedene Positionen des Mobiltelefons am rechten und linken Ohr des Benutzers bei 900 MHz, 1750 MHz und 1950 MHz ($P = 1 \text{ W}$).

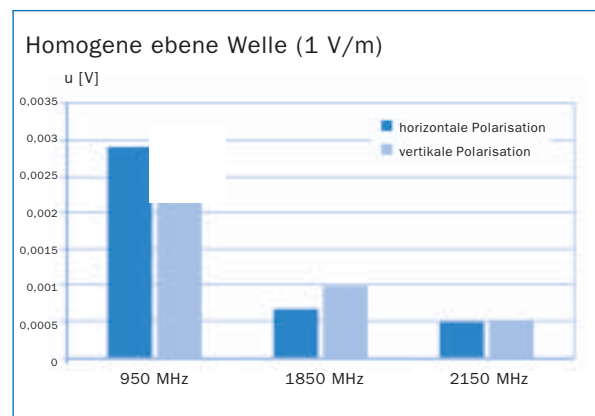


Bild 10: Grafische Darstellung der Störspannung (Amplitude) bei frontalem Einfall einer homogenen ebenen Welle (HEW, $E = 1 \text{ V/m}$).



Bild 12b dargestellte UMTS-Störsignal 2 besitzt eine Periodendauer von 700 ms, wobei die Leistung in einem Bereich von 30 dB schwankt. Dieses Signal könnte in gut versorgten Bereichen mit periodisch angeordneten Hindernissen auftreten, durch die sich ein Mobilfunkteilnehmer hindurchbewegt.

Messaufbau

Der in Bild 13a gezeigte Messaufbau erlaubt die Zuführung leitungsgebundener Störsignale verschiedener Mobilfunkstandards, ggf. simulierter Herzsignale sowie die Messung des Herzschrittmacherverhaltens unter verschiedenen Bedingungen.

Der Messplatz setzt sich aus den folgenden Komponenten zusammen:

- HSM mit Adapteranschlusskabel auf eine koaxiale Leitung,
- EKG-Signalgenerator gemäß [4],
- Störsignalerzeugung mittels HF-Quelle und Modulationsquelle,
- Koppelnetzwerk zur Einkopplung der Störsignale und zur Signaltrennung der Herzschrittmachersignale, Störsignale und EKG-Signale,
- Geräte zur Aufbereitung und Anzeige der getrennten Signale,

- PC zur Aufzeichnung und Auswertung der Signale mittels geeigneter Software.

Alle Geräte sind untereinander synchronisiert und über ein Bussystem mit dem PC verbunden. Damit ist eine weitgehende Automatisierung möglich, was eine zügige Messung der Eigenschaften erlaubt.

Das Blockschaltbild des Messaufbaus ist in Bild 13b gezeigt. Zur Erzeugung der GSM-Störsignale wird ein amplitudengetasteter CW-Generator eingesetzt. Für UMTS-Störsignale kommt ein Vektorsignalgenerator zum Einsatz, der mit geeigneten UMTS-Testsignalfolgen moduliert wird. Für Kombinationsmessungen wird ein fest eingestelltes UMTS-Signal mit einem GSM-Störsignal mit variabler Amplitude überlagert.

Messablauf

Vor und nach den eigentlichen Störfestigkeitsmessungen erfolgt ein Funktionstest des zu untersuchenden Herzschrittmachers zur Feststellung von eventuellen Geräteausfällen. Die Störfestigkeitsmessungen erfolgen für die zwei Fälle EKG-Signal vorhanden/EKG-Signal nicht vorhanden, wobei jeweils der Störleistungspegel in 1 dB Schritten geändert wird. Die Messung ist beendet, wenn eine Störung des Herzschrittmachers detektiert wird oder der maximale Störleistungspegel erreicht ist.

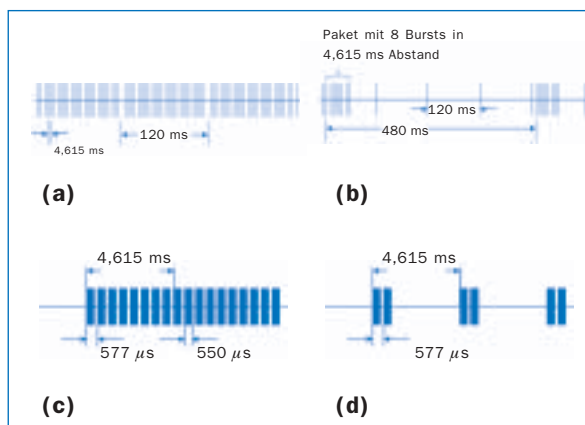


Bild 11: Schematische Darstellung der GSM-Störsignale 1-4 als gepulste Träger.

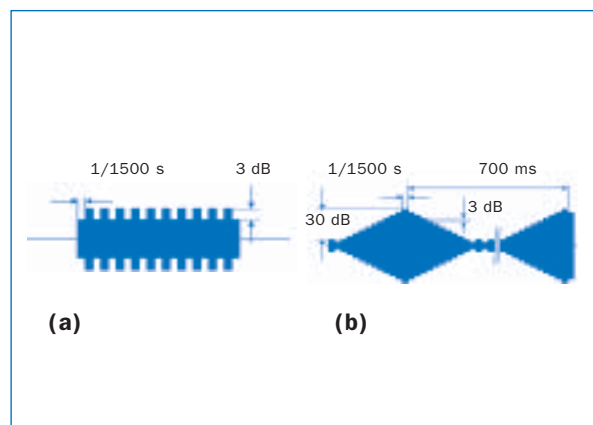


Bild 13: Schematische Darstellung des UMTS-Störsignals 1 (a) und UMTS-Störsignals 2 (b) mit schneller Leistungsregelung.

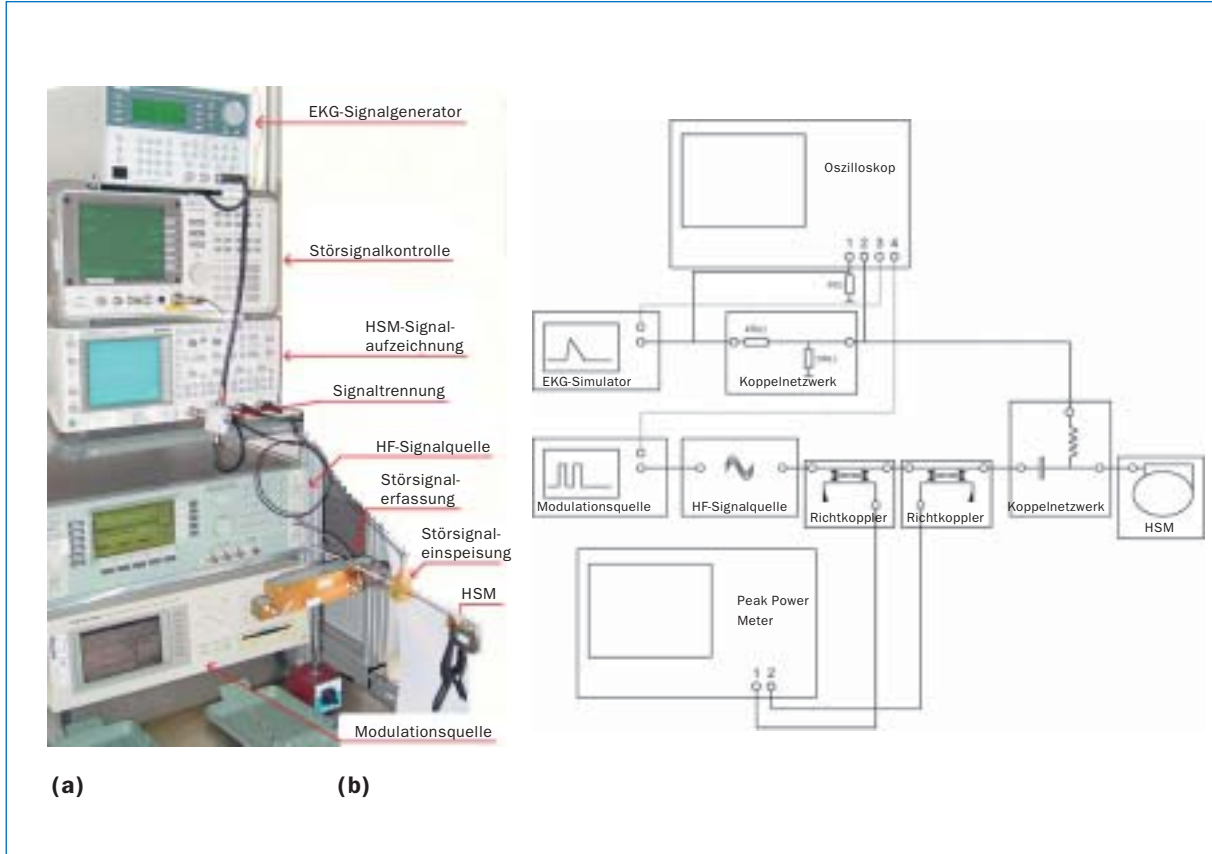


Bild 13: Messaufbau (a) und Prinzipschaltbild (b) zur Ermittlung des Einflusses von Störsignalen auf den HSM.

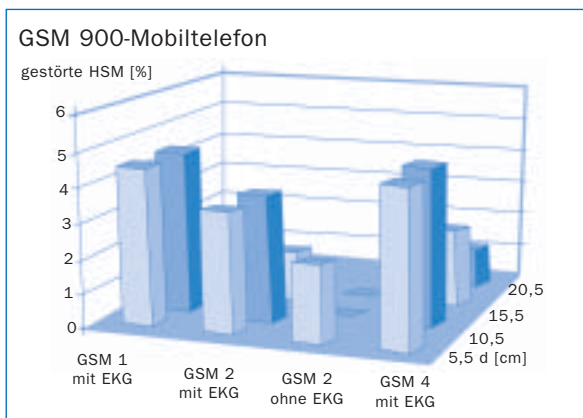


Bild 14: Gestörte Herzschrittmacher bei Exposition mit einem GSM900-Mobiltelefon, das vor der Brust des Benutzers platziert ist, als Funktion des Abstands zwischen Herzschrittmachergehäuse und Mobiltelefon mit dem verwendeten Störsignal als Parameter.

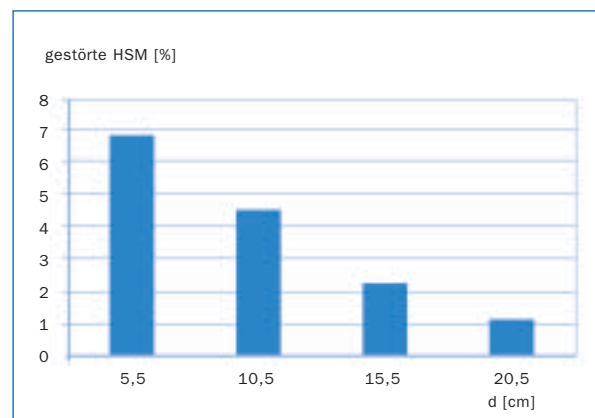



Bild 15: Gestörte Herzschrittmacher bei Exposition durch ein GSM900-Mobiltelefon, das vor der Brust des Benutzers platziert ist, als Funktion des Abstands zwischen Herzschrittmachergehäuse und Mobiltelefon.



pegel erreicht ist, ohne dass eine Beeinflussung aufgetreten ist.

Eine Herzschrittmarkerstörung wird definiert für die beiden Fälle EKG-Signal vorhanden/nicht vorhanden:

1 EKG-Signal vorhanden

In diesem Fall ist der Herzschrittmarker gestört, wenn es trotz der Inhibierungsimpulse zu einer oder mehreren Impulsabgaben während des Beobachtungszeitraums kommt.

2 EKG-Signal nicht vorhanden

In diesem Fall ist der Herzschrittmarker gestört, wenn die regelmäßige detektierte Impulsfrequenz um mehr als 10 % von der Grundfrequenz des Herzschrittmarkers während des Beobachtungszeitraums abweicht.

Zusammenführung von Kopplungsmodell und Störfestigkeitsmessungen

Auf eine separate Darstellung der Ergebnisse der Störfestigkeitsmessungen wird verzichtet. Statt dessen erfolgt direkt eine Gesamtbewertung unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Kopplungsmodells.

Es zeigt sich, dass die achtundachtzig untersuchten Herzschrittmarker mit Ausnahme einer Exposition durch GSM-Mobiltelefone im 900 MHz-Bereich nicht gestört werden können. Störungen sind insbesondere bei GSM1800- und UMTS-Mobiltelefonen nicht zu erwarten. Für GSM- und UMTS-Basisstationen können Störungen bei Einhaltung der Referenzwerte für die Allgemeinbevölkerung nach EG/519/1999 [11] generell ausgeschlossen werden.

Eine Überlagerung von GSM- und UMTS-Störsignalen führt nicht zu einer Änderung des Störverhaltens der Herzschrittmarker. Dies bedeutet, dass eventuelle Störungen ausschließlich durch GSM-Mobiltelefone bei 900 MHz verursacht werden.

Bei der Exposition durch GSM900-Mobiltelefone sind in einer realen Telefoniersituation, bei der das Endgerät am Kopf des Benutzers positioniert ist, keine Störungen zu erwarten. Hierbei spielt es keine Rolle, auf welcher Kopfseite sich das Endgerät befindet.

Bei der Exposition durch GSM900-Mobiltelefone können vereinzelt Störungen auftreten, wenn das Endgerät vor der Brust des Benutzers auf der Herzschritt-

macherseite positioniert wird. Bild 14 zeigt die in diesem Fall gestörten Geräte als Funktion des Abstands zwischen Herzschrittmarkergehäuse und Mobiltelefon mit dem untersuchten Störsignal als Parameter. Sämtliche gestörten Herzschrittmarker sind älteren Datums und vor mindestens zehn Jahren erstmalig in Verkehr gebracht worden. In Bild 15 sind die bei Exposition durch ein GSM900-Mobiltelefon gestörten Herzschrittmarker – bei Berücksichtigung aller GSM-Störsignale – als Funktion des Abstands zwischen Herzschrittmarker und Mobiltelefon aufgeführt. Wie zu erwarten, nimmt die Anzahl der gestörten Herzschrittmarker mit wachsendem Abstand ab.

Probandenuntersuchungen

Zur Validierung der durchgeführten Simulationen und leitungsgebundenen Messungen werden abschließend insgesamt 8 Probanden mit dem Herzschrittmarkertyp Sorin Elect XS Plus untersucht. Die Festlegung auf den Schrittmachertyp erfolgt anhand der leitungsgebundenen Störfestigkeitsmessungen, bei denen sich dieser Herzschrittmarker als empfindlich herausgestellt hat. Außerdem handelt es sich bei diesem Herzschrittmarker um ein Gerät aus dem aktuellen Vertriebsprogramm des Herstellers.

Die Untersuchung fand in der Inneren Abteilung I, Unstrut-Hainich-Kreiskrankenhaus, Mühlhausen statt. Die Empfindlichkeit der Herzschrittmarker beträgt in allen Fällen 2 mV und wird je nach Bedarf vor Beginn der Untersuchung umprogrammiert. Zwei Herzschrittmarker sind unipolar und sechs Herzschrittmarker bipolar programmiert. Die Testergebnisse werden anhand einer fortlaufenden 3-Kanal-EKG-Aufzeichnung ermittelt. Als Mobilfunkgeräte kommen die Modelle G60 von Panasonic und U15 von Siemens zum Einsatz. Die Geräte werden mit dem Basisstationssimulator CMU200 von Rohde & Schwarz bei maximaler Ausgangsleistung betrieben und werden bei den Messungen direkt vor dem Herzschrittmarker des Probanden positioniert. Hierzu wird das GSM-Gerät G60 bei 900 MHz im Kanal 38 betrieben, wobei die GSM-Störsignale 1 und 2 verwendet werden. Das Gerät U15 sendet im UMTS-Betrieb auf dem Kanal 9750. Der Betrieb erfolgt mit dem UMTS-Störsignal 1 – wobei die



Pegelschwankung aufgrund der schnellen Leistungsregelung bei 2 dB liegt – und einem UMTS-Störsignal ohne Leistungsregelung.

Es zeigt sich, dass bei 50 % der untersuchten Probanden Herzschrittmacherstörungen bei Verwendung des GSM900-Mobiltelefons auftreten, bei UMTS werden keinerlei Störungen beobachtet. Für GSM900 treten die Störungen sowohl bei bipolarer als auch bei unipolarer Programmierung auf. Außerdem kann festgehalten werden, dass sich die GSM900-Störungen auf Stimulationen bei Vorliegen eines natürlichen EKGs konzentrieren. In einem Fall wird aber auch eine ausbleibende Stimulation bei Vorliegen eines Herzschrittmacher-EKGs als Störung beobachtet. In sämtlichen Fällen verschwindet die Störung, wenn das Mobiltelefon wenige Zentimeter vom Herzschrittmacher entfernt wird.

Die beobachteten Störungen bei 50 % der untersuchten Probanden zeigen, dass sich der Herzschrittmacher für das untersuchte Störszenario im Grenzbereich zwischen gestörtem und ungestörtem Betrieb befindet. Das Störverhalten hängt dann im wesentlichen von den physiologischen Gegebenheiten ab, insbesondere der Implantationstiefe des Herzschrittmachers.

Dass sich dabei die beobachteten Störungen auf GSM900 konzentrieren und für UMTS keinerlei Störungen auftreten, entspricht exakt den Ergebnissen aus Kopplungsmodell und leitungsgebundenen Störfestigkeitsmessungen.

Dr. Achim Bahr, IMST GmbH, Kamp-Lintfort

Literatur

- [1] ANSI/AAMI PC69:2000. Active implantable medical devices—Electromagnetic compatibility—EMC test protocols for implantable cardiac pacemakers and implantable cardioverter defibrillators.
- [2] DIN EN 50061/A1 (VDE 0750 Teil 9/A1):1996-07. Sicherheit implantierbarer Herzschrittmacher – Schutz gegen elektromagnetische Störungen; Deutsche Fassung EN 50061:1998/A1:1995.
- [3] E DIN VDE 0848-3-1 (VDE 0848 Teil 3-1):2002-05. Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern – Teil 3-1: Schutz von Personen mit aktiven Körperhilfsmitteln im Frequenzbereich 0 Hz bis 300 GHz.
- [4] EN 45502-2-1:2003. Active Implantable Medical Devices – Part 2-1: Particular requirements for active implantable medical devices intended to treat bradyarrhythmia (cardiac pacemakers).
- [5] S. Gabriel, R. W. Lau, C. Gabriel. The dielectric properties of biological tissue: III. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues. *Phys. Med. Biol.*, 2271-2293, 1996.
- [6] V. Hansen, T. Vaupel. Numerische Berechnung der Eingangsimpedanz von Herzschrittmachern durch einen externen Dipol am Herzschrittmachereingang erzeugten Störspannung. Newsletter Edition Wissenschaft der Forschungsgemeinschaft Funk e.V., 9-22, 1996.
- [7] H.-J. Meckelburg, K. Jahre; K. Matkey. Störfestigkeit von Herzschrittmachern im Frequenzbereich 30 kHz bis 2,5 GHz. Newsletter Edition Wissenschaft der Forschungsgemeinschaft Funk e.V., 1-43, 1996.
- [8] J. Streckert, H. Ndoumbè Mbonjo Mbonjo, A. Bitz, V. Hansen. Ein UMTS-Testsignal für bio-elektromagnetische Experimente. Newsletter 3 01 der Forschungsgemeinschaft Funk e.V., 11-17, 2001.
- [9] URL: <http://www.brooks.af.mil/AFRL/HED/hedr/hedr.html>, 1999.
- [10] URL: <http://www.bmwabund.de/Navigation/Wirtschaft/Telekommunikation-und-Post/mobilfunk.did=65474.html>, 2005.
- [11] Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz) – (1999/519/EG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 30.07.1999, L 199/59- L 199/70.

Wissenschaftlich Publizieren

2. Teil: Wissenschaftliche (EMF-) Literaturdatenbanken

Frank Gollnick

Der erste Teil dieses Beitrags in der letzten Ausgabe des „Newsletters“ beschäftigte sich allgemein mit dem Vorgang des wissenschaftlichen Publizierens und mit der Einstufung von Veröffentlichungen naturwissenschaftlichen Inhalts. Es wurde dargestellt, dass nicht alles, was äußerlich wie eine wissenschaftliche Publikation aufgemacht ist, auch den hierfür gültigen Qualitätskriterien entspricht. Allerdings scheint das gängige Verfahren der Veröffentlichung wissenschaftlicher Resultate auch teilweise überkommen und reformbedürftig zu sein. Im vorliegenden Beitrag wird der Frage nachgegangen, wo überall wissenschaftliche Literatur über die Erforschung der Wirkung elektromagnetischer Felder (EMF) auf Natur, Umwelt und Gesundheit zu finden ist und dort systematisch durchsucht werden kann.



Wenn es um die aktuelle Anzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen über die Erforschung von EMF-Wirkungen geht, werden bei Vorträgen, in Medienartikeln und in sonstigen Schriftstücken immer wieder Zahlen genannt, bei denen man sich fragt, wo die Autoren sie eigentlich hernehmen. Und so unterschiedlich wie die Quellen, aus denen das Wissen um solche Publikationen geschöpft wird, so unterschiedlich sind auch die verbreiteten Zahlen. Oft könnte man glauben, dass einer nur vom anderen abschreibt, und so geistern zum Teil utopisch hohe oder viel zu kleine Zahlen herum – oftmals wiederholt durch Presse, Internet oder Wortbeiträge. Je nach dem, auf welcher Seite man steht, werden die Zahlen wissenschaftlicher Publikationen zu bestimmten EMF-Themen nicht selten als Argumentationshilfen für oder gegen den Mobilfunk (und andere Funkanwendungen) an sich, den Wert oder Unsinn hierzu eingesetzter Forschungsgelder oder als Schlachtross im Kampf um die Beibehaltung oder Absenkung der Gesundheitsschutz-Grenzwerte ins Feld geführt. Die Quelle des Wissens wird bei solchen Zahlenspielen vielfach nicht genannt.

Sammeln von Wissen früher und heute

Vor noch nicht allzu langer Zeit, vor den Zeiten des Internets und der Datenbanken, waren allein die Wissenschaftler – Hochschulprofessoren, Assistenten, Doktoranden – jeweils die Hüter eines bestimmten


Teils des gesammelten Wissens, und zwar in Form persönlicher Literatursammlungen. Jeder Wissenschaftler begann früher oder später, in eine bestimmte Richtung zu forschen und sich mehr und mehr auf ein Thema zu konzentrieren, sich zu spezialisieren. Hierzu ist heute wie früher entscheidend, dass man möglichst gut und möglichst komplett den wissenschaftlichen Zusammenhang kennt, in dem die eigene Forschungsrichtung stattfindet. Da hierzu wissenschaftliche Publikationen dienen, ist es unabdingbar, sich möglichst früh und dann kontinuierlich einen Überblick über aktuell veröffentlichte und frühere Fachpublikationen zu seinem Fachgebiet zu verschaffen und bestenfalls alle zu lesen. Vor der genannten Zeit des virtuellen Datenaustauschs war dies nur durch Sammeln von einzelnen Fachartikeln in gedruckter Form oder von Büchern sowie durch den persönlichen Besuch von Bibliotheken und ein dortiges Literaturstudium möglich. In den naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen war es üblich, sich durch den gegenseitigen Austausch von „Sonderdrucken“ (einzelne wissenschaftliche Artikel als gedruckter Auszug aus Fachzeitschriften, ausgetauscht durch Anforderung per standardisierter Postkarte) oder später vermehrt durch Ablichtung mit dem Kopierer Literatursammlungen anzulegen, die bei einem gestandenen Professor leicht 5000 oder 8000 Einzelartikel zu einem mehr oder weniger eng umgrenzten Wissensgebiet zählen konnten. Kartons oder Schuber mit geballtem Wissen füllten die Regalreihen in den Arbeitszimmern der wissenschaftlichen Experten. Daneben wurde eine Papierkartei geführt, später ersetzte der Computer zumindest schon einmal diese Kartei. Heute haben elektronische PDF- (Portable Document Format-)Dokumente oder eingescannte Einzelartikel die Papierkopien weitgehend ersetzt. Man drückt sich nur zum besseren Lesen das gerade Nötige aus. Aussehen und Format der Originalpublikationen sind indes noch genauso oder ähnlich wie im letzten und vorletzten Jahrhundert.

So wundert es nicht, dass man früher einen echten Experten mit seiner Literatursammlung und seinem hieraus und aus der eigenen Forschung erworbenen Wissen aufsuchen bzw. einladen musste, wollte man eine fundierte Auskunft zu einem bestimmten Problem in einer bestimmten Fachrichtung bekommen.

Nur an wenigen Stellen war solch spezielles Wissen gesammelt, und der fachliche Stellenwert dieser Persönlichkeiten war dementsprechend hoch. Man bekam Meinungen einzelner Persönlichkeiten mit einem enormen fachlichen Hintergrund, aber eben Einzelmeinungen. Heutzutage ist es durch die elektronischen Medien im Prinzip wesentlich leichter, Wissen zu sammeln, zu orten, zu sondieren und wissenschaftliche Literatur zu durchforsten. Es ist die Zeit der *wissenschaftlichen (Literatur-)Datenbanken*. Doch nur der richtige Umgang mit diesen Datenbanken, ihre möglichst freie Verfügbarkeit und an erster Stelle natürlich das nötige Verständnis der darin gefundenen Inhalte garantieren, dass das gegenwärtige Wissen zu einem bestimmten Problem jetzt wirklich leichter verfügbar wird. Die bloße Stichwortsuche und das Auszählen der gefundenen wissenschaftlichen Artikel mit positiven oder negativen Befunden ersetzen noch nicht das fundierte Urteil eines wirklichen Fachexperten mit jeder Menge Hintergrundwissen. Die leichtere Verfügbarkeit von Wissen hat dazu geführt, dass sich viele an der Suche nach der Wahrheit bei dem hier interessierenden Problem der Schädlichkeit oder Unschädlichkeit schwacher elektromagnetischer Felder beteiligen. Nicht immer sind hierbei wirkliche Experten am Werk, welche die Materie sozusagen „von innen“, aus eigener Forschungserfahrung kennen. Dass das Zusammenspiel zwischen publik gemachtem Wissen in Form von Literaturdatenbanken und einem wirklichen öffentlichen Wissenschaftsverständnis noch ziemlich am Anfang steht, davon zeugt die anhaltend in weiten Teilen unsachlich geführte öffentliche Debatte in der bereits erwähnten EMF-Grenzwertdiskussion. Es zeigen sich aber Entwicklungen, die Hoffnung auf mehr Wissenschaftsverständnis machen. Hierzu im Weiteren mehr.

Wo erhält man wissenschaftliche Ergebnisse der EMF-Forschung aus erster Hand?

Verlässliche, nachvollziehbare wissenschaftliche Ergebnisse aus erster Hand findet man, was naturwissenschaftliche Forschung betrifft, *nur* in den sogenannten „peer-reviewed“ *Originalpublikationen*, wobei es auch hier schon gewisse Abstufungen gibt (vergleiche Teil 1 dieses Artikels im FGF-Newsletter 1/



2005 [1]). Frei verfügbar erhält man, vor allem im Internet als elektronisches Dokument, oft nur die pure Kurzzusammenfassung einer solchen Originalpublikation („Abstract“), bestehend aus Titel, Autor(en), Erscheinungsdaten und knapper Inhaltswiedergabe, aber leider nicht die vollständige Publikation (siehe auch hierzu [1]). Mit dem entsprechenden, inhaltlich identischen „Abstract“ beginnt auch immer die zugehörige Originalpublikation. Daneben werden, ebenfalls in Form von „Abstracts“, die Inhaltswiedergaben von *Tagungsbeiträgen* (Vorträge oder Poster) veröffentlicht. Diese sind zwar ebenfalls zitierfähig, können aber an den Erscheinungsdaten eindeutig als solche erkannt werden und gelten wissenschaftlich nur als vorläufige Mitteilung mit geringem Stellenwert. Sie dienen dem Vorab-Austausch wissenschaftlicher Information unter den Forschern, meist bevor die Resultate einer Studie vollständig sind oder vollständig ausgewertet bzw. abgesichert sind. Sie werden aber in Literaturverzeichnissen von Originalpublikationen bisweilen mit aufgeführt. Leider werden solche „Abstracts“ oft von nicht sachkundigen Autoren oder Vortragenden mit den „Abstracts“ der Originalpublikationen gleichwertig in einen Topf geworfen, was wissenschaftlich betrachtet aber keinen Sinn macht. Nur das Erscheinungsbild ist, bis auf die Unterschiede bei den Erscheinungsdaten, praktisch identisch. Den näheren Inhalt von Tagungsbeiträgen kann man entweder nur auf den Tagungen selbst erfahren oder gelegentlich in einem speziellen Tagungsband („Proceedings“) zu der betreffenden Veranstaltung nachlesen. Solche Tagungsbände sind bisweilen im Nachhinein schwer erhältlich (manchmal nur auf der Tagung selbst), wenn sie nicht zum Beispiel als Sonderband einer regulären Fachzeitschrift erscheinen, was ebenfalls vorkommt. Oft enthalten die „Proceedings“ aber wiederum nur die gesammelten „Abstracts“ der Tagungsbeiträge, was dann weniger hilft, bei größeren Kongressen (im Gegensatz zu kleineren sogenannten „Workshops“) aber nicht anders zu machen ist. In neuerer Zeit werden vollständige Tagungsbeiträge auch vermehrt im Internet, zum Beispiel auf den Internetseiten zu der jeweiligen Tagung, zur Verfügung gestellt. Es ist zunächst festzuhalten, dass man bei einer gründlichen Recherche aus urheberrechtlichen Grün-

den und vor allem wegen der kommerziellen Interessen der wissenschaftlichen Verlage nur selten frei und daher meist nur mit größerem Kosten- oder Zeitaufwand an die eigentlich hierzu unabdingbare, *vollständige wissenschaftliche Information* kommt. Nicht selten werden beim Kauf eines einzelnen vollständigen Artikels im PDF-Format direkt bei den Verlagen 30 \$ und mehr fällig. Alternativ kommt die althergebrachte Anforderung eines „Sonderdrucks“ beim Hauptautor einer Publikation selbst infrage (der allerdings heute oft durchaus die Möglichkeit zur schnellen Lieferung in elektronischer Form hat) oder die Bestellung einer elektronischen Kopie gegen relativ geringe Gebühr in einer Zentralbibliothek (beispielsweise [2], dort derzeit 4 bis 14 Euro pro Artikel inklusive Urheberrechtsabgaben). Letzteres erfordert aber den höchsten Zeitaufwand, denn die Zentralbibliotheken haben bei neuer Literatur (auf die es oft besonders ankommt) eine Verzögerungsfrist von einigen Wochen, bis die Artikel eingestellt, erfasst und elektronisch verfügbar gemacht werden. Hinzu kommt eine gewisse Bearbeitungszeit. Es besteht auch die Möglichkeit, in den Bibliotheken selbst die betreffenden Fachzeitschriften kurz auszuleihen und an Ort und Stelle Kopien der gewünschten Artikel anzufertigen. Studenten bekommen bei den letztgenannten Beschaffungsarten gewisse (auch finanzielle) Vorteile eingeräumt. Unter anderem führt dieses System unter dem Strich dazu, dass sich die Wahrnehmung wissenschaftlicher Information, hier aus der EMF-Forschung, weitgehend auf „Abstracts“ oder gefilterte Sekundärinformation (Berichte, Zusammenfassungen) beschränkt, zumindest was den Bereich außerhalb der aktiven Forschung betrifft (also Medien, interessierte Öffentlichkeit, öffentliche Stellen, Verbände, etc.). Als *gravierendes Manko* kommt dabei hinzu, dass sich bei stichprobenartigen Auswertungen ernstzunehmende Hinweise ergaben, die auf eine oft mangelhafte Übereinstimmung zwischen „Abstracts“ und dem eigentlichen Inhalt der Publikationen oder Tagungspräsentationen hindeuten [3], [4], [5]. Bieten wissenschaftliche Literaturdatenbanken in dieser Situation einen Königsweg zwischen kommerzialisierter Veröffentlichung von vollständigen Forschungsergebnissen und oft nur reduziertem frei (und schnell) verfügbarem

Wissen? Hierzu muss man sich das derzeit vorhandene Angebot an Literaturdatenbanken, die (ausschließlich oder teilweise) wissenschaftliche Literatur aus dem EMF-Bereich beinhalten, genauer anschauen.

Relevante Informationssysteme für wissenschaftliche EMF-Literatur

Es stehen zur Zeit sechs Literaturdatenbanken zur Verfügung, die sich *ausschließlich* Inhalten aus der EMF-Forschung widmen. Drei davon sind im Internet frei verfügbar, drei werden kommerziell betrieben bzw. sind Teil eines kommerziellen Informationspakets. Daneben existiert für das hier interessierende Gebiet die sehr umfangreiche, frei zugängliche Datenbank „PubMed“ mit biomedizinischen Inhalten jeglicher Unterdisziplinen, in der sich der größte Teil der Zitate aus den anderen sechs Datenbanken als kleine Teilmenge wiederfindet. Jede dieser Datenbanken hat ihre eigenen Vorzüge, Nachteile und besonderen Merkmale, welche hier anhand einer tabellarischen Übersicht näher betrachtet werden können (**Abbildung 1**, siehe Seiten 48 und 49). Man erkennt, dass die Inhalte in Umfang und Qualität eine sehr weite Spanne abdecken. Die Schwerpunkte sind sehr unterschiedlich gesetzt, wie Vollständigkeit, Aktualität, Abgrenzung wissenschaftlich/nicht wissenschaftlich, Durchsuchbarkeit, Mehrsprachigkeit, Verständlichkeit für Nicht-Wissenschaftler, Zugänglichkeit oder das Einbringen von Expertenwissen. So ist zum Beispiel die Datenbank „ELMAR“ des Schweizer BUWAL vor allem auf Aktualität und durch knappe Aufbereitung verständlich gemachte Information aus wissenschaftlicher Literatur (auch für Nicht-Fachleute) ausgerichtet. Dies kostet Zeit und Geld und gelang bisher für (immerhin) gut 700 Titel – bei freier Zugänglichkeit. Dagegen legt die kommerziell für einen eingeschränkten Nutzerkreis betriebene amerikanische „EMF-Database“ von Information Ventures mit über 30,000 redaktionell angereicherten Titeln den Schwerpunkt auf möglichst vollständige Information aus der gesamten EMF-Forschungslandschaft, ohne dabei zwischen höherer und niedrigerer Qualität der wissenschaftlichen Information zu unterscheiden. Abstracts von Vorträgen auf Tagungen werden genauso behandelt wie hochrangige wissenschaftliche Publikationen. Aktualität spielt hier eher eine untergeordnete Rol-

le. Am Rande wird obendrein klar, dass ohne finanziellen Einsatz (entweder durch Sponsoren und öffentliche Gelder zum freien Betrieb oder durch kommerziellen Betrieb für einen begrenzten Nutzerkreis) keine solcher Datenbanken einen wirklichen Wert erlangen kann.

Welche EMF-Literaturdatenbank ist nun die beste?

Nach dem genaueren Betrachten der tabellarischen Übersicht mit den verfügbaren Informationssystemen wird klar, dass man eine solche Frage eigentlich nur rhetorisch stellen kann. Zu unterschiedlich dürften die Anforderungen der Nutzer an solche Informationsangebote sein, zu unterschiedlich sind die Ansätze und Absichten der Datenbank-Anbieter. Dennoch werden gewisse Schnittmengen der anfallenden Bedürfnisse nach Meinung des Autors in manchen Informationssystemen besser bedient als in anderen. So kommen die kostenlos verfügbaren Systeme dem Gedanken möglichst wenig abgeschlossenen, möglichst frei verfügbaren, offen diskutierbaren und frei vermittelbaren Wissens sicher am meisten entgegen. Wenn dies dann noch mit einem gewissen Maß an eingebrachter Unterstützung zum Verständnis der grundsätzlich recht unzugänglichen Materie versehen ist (ohne populistisch Meinungen vorzugeben oder zu beeinflussen), dann ist der Weg zu einem allgemein leichteren (und nicht verdrehten) Wissenschaftsverständnis bereits ein ganzes Stück weit geebnet. Hierbei kann die verständliche Extraktion wesentlicher Inhalte aus den komplizierten wissenschaftlichen Publikationen besser helfen als die reine Gesamtbewertung durch (womöglich einzelne) Experten. Flankierend sind Expertenmeinungen – am besten aus Expertenteams – natürlich umso wertvoller, je mehr sie sich auf methodische Details aus ihren jeweiligen Fachdisziplinen beziehen und weitgehend hierauf beschränken. Gesamtbewertungen durch einen einzelnen Experten dagegen sind, selbst wenn es sich um einen wirklichen Fachexperten auf dem betreffenden Gebiet handelt, immer subjektiv geprägt und sind so leicht allgemeiner Kritik ausgesetzt. Die Ansätze, die im „EMF-Portal“ des Femu Aachen (siehe ausführlichen Artikel im vorliegenden Heft, Seite 4ff.) und in der Datenbank „ELMAR“ des BUWAL verwirklicht wurden, kommen dem genannten Ziel – bei

leider noch nicht ganz überzeugender zahlenmäßiger Bearbeitung – enorm weit entgegen. Die biomedizinische Datenbank „PubMed“ des NCBI wird daneben mit ihrer fast „amtlichen“ Lückenlosigkeit und Kompetenz nach wie vor unersetzlich bleiben und als Basis dienen. Andere Portale, Metasuchmaschinen und Literatur-Bestelldienste bieten den professionell oder sonstwie näher mit der Materie Befassten wertvolle weitere Dienste, gehen aber für viele, die nur an den Gesamtzusammenhängen interessiert sind, schon ein Stück zu weit. Kritisieren kann man in der gegenwärtigen Situation die oft vorhandenen Überschneidungen an ähnlicher oder sogar gleicher Information in den verschiedenen (frei zugänglichen) EMF-Literaturdatenbanken. Man könnte als Außenstehender meinen, es handle sich um eine Art Wettlauf, wer die beste Datenbank, das beste Portal kreierte hat und wer damit den größten Nutzerkreis erobern kann. Dies kann nicht im Sinne der Informationssuchenden sein und könnte schnell zum reinen Selbstzweck werden. Es entwickelt sich im Bereich der EMF-Forschung momentan geradezu ein „Dschungel“ an Informationsangeboten, sie werden immer weiter diversifiziert (und werden dabei gleichzeitig hoch redundant) und lösen sich dadurch für unerfahrene Nutzer in einer „grauen Masse“ auf. Für den informationssuchenden Laien wird es dadurch auch immer schwerer, zwischen seriösen und unseriösen bzw. auch zwischen guten und schlechten, neutralen und einseitigen Informationsangeboten zu unterscheiden. Sinnvoller wäre es, wenn die Schwerpunkte unter den seriösen Akteuren einmal zentral (zum Beispiel von der WHO) und mit höherer Trennschärfe aufgeteilt würden. Dazu wäre es nötig, dass die schon vorhandenen Anbieter seriöser EMF-Information miteinander kommunizieren und die Aktivitäten von höherer Stelle gebündelt werden. Der Benutzer wüsste dann zum Beispiel von vorn herein: Wenn ich die Datenbank der WHO benutze, finde ich diese Informationen, wenn ich das „EMF-Portal“ benutze, finde ich jene Informationen und bei „ELMAR“ wiederum solche Informationen. Dies natürlich mit einer sinnvollen Verlinkung untereinander, die für den Nutzer transparent sein müsste. Zudem sollte viel klarer sein, an wen sich das jeweilige Informationsangebot richtet (national/international, Öffentlichkeit/Fachkreise, gesundheitliche/technische Aspekte, etc.). Der

vorliegende Beitrag ist ein erster Versuch, Verständnis für solche Möglichkeiten der Verbesserung zu entwickeln und zudem als Basis dafür eine erste Übersicht über das vorhandene Angebot zu liefern.

Dr. rer. nat. Frank Gollnick ist Biologe und war lange Zeit Mitarbeiter im Physiologischen Institut II der Universität Bonn. Er ist nun als wissenschaftlicher Berater für die FGF tätig.

Literatur/Internet-Links

- [1] Gollnick, F., 2005. Wissenschaftlich Publizieren. 1. Teil: Was sind wissenschaftliche Publikationen? FGF Newsletter 1/2005, 51-59.
- [2] ZB MED (Deutsche Zentralbibliothek für Medizin), <http://www.zbmed.de/>
- [3] Pitkin R.M., Branagan M.A., Burnmeister L.F., 1999. Accuracy of data in abstracts of published research articles. JAMA 281:1110-1111.
- [4] Siebers R., 2000. How accurate is data in abstracts of research articles?. N. Z. J. Med. Lab. Sci. 54:22-23
- [5] Callahan, M.L., Wears, R.L., Weber, E.J., Barton, C., Young, G., 1998. Positive-outcome bias and other limitations in the outcome of research abstracts submitted to a scientific meeting. JAMA 280:254-257.
- [6] <http://www.emf-portal.de>, Femu (Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit) im Universitätsklinikum der RWTH Aachen.
- [7] http://www10.who.int/peh-emf/emfstudies/IEEEdata_base.cfm, WHO (World Health Organization, "Weltgesundheitsorganisation") mit Sitz in Genf.
- [8] http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_nis/auswirkungen/literatur/, BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) mit Sitz in Bern.
- [9] <http://infoventures.com/emf/database/>, Information Ventures, Inc. mit Sitz in Philadelphia, USA.
- [10] <http://www.rs-inc.com/>, Resource Strategies, Inc., „Gateway Information Services“ mit den Bereichen „RF Gateway“ und „ELF Gateway“, hier speziell betrachtet: „RF Gateway“ für den Bereich der Funkanwendungen. Informationsdienst mit Sitz in Madison, USA.
- [11] <http://rfsciencefaqs.com>, Rfsciencefaqs.com, eingetragene Firma mit Sitz in London.
- [12] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez>, NCBI (National Center for Biotechnology Information, "Staatliches Zentrum für Information in der Biotechnologie") mit Sitz in Washington, DC.
- [13] <http://www.doaj.org>, DOAJ (Directory of Open Access Journals, "Verzeichnis frei zugänglicher Fachzeitschriften"), ein als Projekt betriebener Dienst der „Lund University Libraries“, Universität Lund, Schweden.
- [14] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/gquery/gquery.fcgi>, Entrez (The Life Sciences Search Engine, "Die Suchmaschine für die Naturwissenschaften"), betrieben vom NCBI, siehe [12].
- [15] <http://www.medpilot.de>, MedPilot, ein Service der ZB MED (Deutsche Zentralbibliothek für Medizin) und des DIMDI (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information), beide mit Sitz in Köln. Gefördert durch DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) und BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung).
- [16] <http://www.sciencegateway.org>, Internetportal mit rein wissenschaftlichen Inhalten einer freien anonymen „Gruppe von Wissenschaftlern aus Europa und Nordamerika“, die nicht näher bezeichnet wird.
- [17] <http://scholar.google.com>, Google Inc. mit Hauptsitz in Mountain View, USA. Abzweig der bekannten Internetsuchmaschine „Google“, dabei eingeschränkt auf wissenschaftliche und technische Inhalte, aber mit ähnlicher Funktionsweise.

(EMF)-Datenbank Anbieter Verweis	gegen wärtige Anzahl Titel	Zeitraum	Kosten	Sprache	Abstracts	auch Tagungsbeiträge u. sonstige Nicht-Originalliteratur	Suche: Expositionsparameter	Suche: biol./med. Parameter	Bearbeitungen/ Inhaltsextraktion durch Fachexperten	Besonderheiten
Frei verfügbare, reine EMF-Literaturdatenbanken										
EMF-Portal Femu, RWTH Aachen (D) [6]	> 8.000 > 2.500 zu Hochfrequenzfeldern	1980 => und Auswahl relevanter älterer Publikationen	frei	Deutsch + Englisch (erweiterbar)	ja (Original, über Link)	nein	Volltextsuche in DB + Detaillierte Deskriptorensuche nach Signalart	Volltextsuche in DB + Detaillierte Deskriptorensuche	ja	Extraktion wichtiger Daten in „Fact-sheets“ läuft. Zur Zeit für > 1000 Titel vorhanden. Umfangreiche Zusatzinformationen (Glossar, Feldquellendatenbank, etc.). Extrahierte Information wahlweise in mehreren Detaillierungsgraden. Grafische Aufarbeitung der gefundenen Treffer.
WHO Int. EMF Research Database (Citation List) WHO (CH) [7]	2.470	1949 =>	frei	Englisch	nein	nein	Deskriptoren für 6 Frequenzbereiche	Detaillierte Deskriptoren für Studientypen	nein (vorgesehen durch IEEE-Kommission)	Vorgesehener Kommentar der IEEE-Kommission fehlt in den meisten Fällen.
ELMAR BUWAL (CH) [8]	710	HF: 2000 => NF: 2002 => und Auswahl einiger älterer Publikationen	frei	Deutsch	ja (Kopie d. Originals, wenn verfügbar)	ja	Volltextsuche in DB + Deskriptorensuche nach Anwendungsbe-reichen, nicht nach Signalart	Volltextsuche in DB + Deskriptorensuche nach Zielgrößen und Studientypen	ja	Extraktion wichtiger Daten in „Fact-sheets“. Zum Teil bewertende Kommentare. Enthält auch Buchbeiträge, veröffentlichte Stellungnahmen, etc. Zusatzinformationen in geringem Umfang (z.B. kleines Glossar).
Gegen Gebühr abonnierbare, reine EMF-Literaturdatenbanken und Informationsdienste										
EMF Database Information Ventures, Inc. (USA) [9]	> 31.500	1895 =>	3,850 US\$ pro Jahr	Englisch	ja (erweitert, von eigener Fachredaktion)	ja (überwiegend Tagungsbeiträge)	Volltextsuche in Titel, Abstract + Stichwortliste	Volltextsuche in Titel, Abstract + Stichwortliste	ja	Umfangreichste Sammlung reiner EMF-Forschungsinhalte. Angebotene Zusammenfassungen gehen über die Original-Abstracts hinaus. Aktualisierung quartalsweise per CD-Versand. Auch in gedruckter Form erhältlich („BENER Abstracts“).
RF Gateway Resource Strategies, Inc. (USA) [10]	> 500 Einträge zu hochfrequenten Feldern	1998 => (Auswahl)	gestaffelt, mehrere Tausend US\$ pro Jahr	Englisch	ja (wenn vorhanden, verändert oder neu geschrieben von eigener Fachredaktion)	ja	Volltextsuche in Titel + Abstract, nur bibliografische Deskriptorensuche	Volltextsuche in Titel + Abstract, nur bibliografische Deskriptorensuche	ja	Literaturdatenbank ist Teil eines umfassenden Informationsdienstes im Abonnementverfahren + online. Vollständige Artikel in beschränktem Umfang für Abonnenten direkt erhältlich. Schwerpunkte d. Dienstes: neue wissenschaftl. EMF-Literatur, Tagungsberichte
RFsciencefaqs Helpdesk Rfsciencefaqs.com (UK) [11]	> 1.500	1948 => (Auswahl)	500 - 1000 Euro pro Jahr (für 1 - 3 Zugänge)	Englisch	ja (teilweise)	ja	Volltextsuche in DB	Volltextsuche in DB	ja (zum Teil bewertende Kommentare, „Fragen und Antworten“ zu den Artikeln)	Literaturdatenbank ist Teil eines umfassenden Online-Informationsdienstes. Schwerpunkt liegt auf fachmännischer Bewertung vorhandener Dokumente in der Mobilfunk-Diskussion. Umfangreiche Zusatzinformationen (Internat. Standards, Positionspapiere, etc.)

(EMF)-Datenbank Anbieter Verweis	gegenwärtige Anzahl Titel	Zeitraum	Kosten	Sprache	Abstracts	auch Tagungsbeiträge u. sonstige Nicht-Originalliteratur	Suche: Expositionsparameter	Suche: biol./med. Parameter	Bearbeitungen/ Inhaltsextraktion durch Fachexperten	Besonderheiten
Frei verfügbare, wissenschaftliche Literaturdatenbanken, -portale und -metasuchmaschinen, über die man u. a. EMF-Literatur findet										
PubMed NCBI (USA) [12]	> 15 Mio. < 17.000 mit Bezug zu EMF	1950 => (1950 - 1965 Auswahl, ohne Abstracts)	frei	Englisch	ja (Kopie d. Originals)	nein	Volltextsuche in Titel, Abstract + Stichwortliste	Volltextsuche in Titel, Abstract und Stichwortliste	nein	Umfangreichste Sammlung biomedizinischer Originalartikel. Verschiedene Suchen möglich (z.B. Daten aller erfassten Journale). Keine Informationen über bibliografische Daten und Original-Abstract hinaus. Keine spezielle Suche nach EMF-Literatur.
DOAJ Universität Lund (SE) [13]	> 73.900 (gesamt, alle Wissenschaftsbereiche)	?	frei	Englisch	ja	nein	Volltextsuche	Volltextsuche	nein	Suchmaschine, spezialisiert auf zur Zeit erfasste 1602 frei zugängliche Volltext-Online-Journale aller Wissenschaftsbereiche. 400 Journale davon bis auf Volltext-Artikel-Niveau direkt durchsuchbar.
Entrez NCBI (USA) [14]	- (Metasuchmaschine)	-	frei	Englisch	ja, wenn zutreffend (Kopie d. Originals)	ja, z.B. auch Bücher, Gen-datenbanken	Volltextsuche in vielen DB-Beständen	Volltextsuche in vielen DB-Beständen	nein	Metasuchmaschine für naturwissenschaftliche Datenbanken. Bietet Durchgriff z.B. auf PubMed (s.o., [12]), Online-Buchdatenbanken, freie Volltext-Online-Journal-Datenbanken oder Gendatenbanken
Medpilot ZB MED und DIMDI, Köln (D) [15]	- (Metasuchmaschine)	-	frei	Deutsch + Englisch	ja, wenn vorhanden (Kopie d. Originals. Wenn länger, nur Anfang)	ja, Datengrundlage zur Suche wählbar, z.B. auch Buchbeiträge, nicht „peer-reviewed“ Journalartikel	Volltextsuche in vielen DB-Beständen	Volltextsuche in vielen DB-Beständen	nein	Metasuchmaschine für Inhalte deutscher (und einiger internationaler) biomedizinischer Datenbanken. Bietet u.a. direkten Durchgriff zum Gesamtbestand von ZB MED (siehe [2]) mit Bestellmöglichkeit. Über DIMDI Zugriff auf freie und kostenpflichtige DB mit Schwerpunkt Medizin, Gesundheitswesen (z.B. ICD-Schlüssel für Ärzte, etc.)
Science Gateway freier Anbieter [16]	- (Wissenschaftsportal)	-	frei	Englisch	ja, wenn vorhanden (Original od. Kopie d. Originals)	ja (Zugriff auf verschiedenste DB)	Volltextsuche in vielen DB-Beständen	Volltextsuche in vielen DB-Beständen	nein	Metasuchmaschine und Link-Portal für naturwissenschaftliche Datenbanken und sonstige Inhalte. Bietet ähnliche Möglichkeiten wie „Entrez“ (s.o., [14]). Darüber hinaus Links zu umfangreichen Zusatzangeboten (Enzyklopädien, Thesaurus, Impact-Factor-Listen, etc.)
Google Scholar (Beta) Google, Inc. (USA) [17]	- (Suchmaschine)	-	frei	Englisch	ja, wenn vorhanden (Original od. Kopie d. Originals über Link)	ja (Zugriff auf gesamtes Internet, eingeschränkt auf wissenschaftl. u. techn. Inhalte)	Volltextsuche im gesamten Internet, eingeschränkt auf wissenschaftl. u. techn. Inhalte	Volltextsuche im gesamten Internet, eingeschränkt auf wissenschaftl. u. techn. Inhalte	nein	Internet-Suchmaschine, eingeschränkt auf wissenschaftl. u. techn. Inhalte und Autoren im gesamten Internet (Betaversion). Volltextsuche nach Stichworten. Sehr viele Treffer, nach Relevanz entspr. d. Anfrage geordnet. Dabei wird u.a. ein Wiederzitiertungsindex berücksichtigt.

Abbildung 1: Tabellarische Übersicht über die wichtigsten verfügbaren Informationssysteme für wissenschaftliche EMF-Literatur. Details zu den Anbietern finden sich in den [Verweisen] unter „Literatur/Internet-Links“ am Ende des vorliegenden Artikels auf Seite 47.

Störung der Re durch elek

Ingeburg Ruppe

Der Einfluss arbeitsbedingter Faktoren auf die Reproduktion

In der letzten Zeit sind vermehrt Berichte aufgetaucht, die sich auf Studien zu gesundheitlichen Auswirkungen durch den Einfluss elektromagnetischer Felder beziehen. Insbesondere Untersuchungen zu Fertilität bzw. eventuelle Fertilitätsstörungen stehen im Blickpunkt, so beispielsweise eine Publikation von Davoudi aus dem Jahr 2002 mit dem Titel „Der Einfluss von magnetischen Wellen auf die Spermienmotilität“ (M. Davoudi, C. Brössner, W. Kuber, Zeitschrift für Urologie und Urogynäkologie 2002; 9 (3): 18–22), die „Ungarische Fertilitätsstudie“ nach Fejes et al. (Vorstellung von Dr. Imre Fejes von der Universität Szeged in Ungarn bei der Jahrestagung der European Society of Human Reproduction and Embryology (ESHRE) am 29.06.2004 in Berlin), oder die erst kürzlich zitierte „Australische Studie“ der Royal Society an der University of Western Australia mit dem Titel „Image content influences men’s semen quality“, der zufolge Handys in der Hosentasche möglicherweise unfruchtbar machen können (Sarah J. Kilgallon, Leigh W. Simmons; Evolutionary Biology Research Group, School of Animal Biology (M092), The University of Western Australia, Crawley 6009, Australia).

Bei diesen zitierten Studien ist vor allem der medienwirksame Aspekt herausragend; der wissenschaftliche Gehalt scheint dagegen zweitrangig zu sein. Seriöse Forschung diesbezüglich findet schon seit mehreren Jahren/Jahrzehnten und in verschiedenen Institutionen statt. Beispiele hierfür bietet auch das Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit (BAuA) in Berlin. Die Erkenntnisse bezüglich der Wirkung elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Wellen in verschiedenen Frequenzbereichen auf biologische Systeme und speziell auf die Reproduktion werden im folgenden Beitrag näher erläutert.





produktion tromagnetische Felder

Einleitung

Jedes Lebewesen auf der Erde ist von natürlichen und in den industrialisierten Ländern auch von künstlich erzeugten elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern unterschiedlicher Frequenzbereiche und Intensitäten umgeben, die sich ständig in ihrer Richtung und Stärke ändern. Beispiele dafür sind das Erdmagnetfeld, luftelektrische Felder, das Licht, die Wärmestrahlung und die ultraviolette Strahlung. Zu diesen äußeren kommen die inneren Felder, die im Organismus selbst entstehen, da alle Lebenserscheinungen mit Potentialänderungen verbunden sind. Die inneren Felder können durch die Aufzeichnung der Körperfunktionen sichtbar gemacht werden. Bekannte Beispiele sind das Elektrokardiogramm, das Elektroenzephalogramm und das Elektromyogramm. Die Auswirkungen der künstlich erzeugten Felder auf das menschliche, tierische und pflanzliche Leben sind zur Zeit heftig in der Diskussion. Da wir sie mit unseren Sinnen nicht wahrnehmen können, ist ihr Vorhandensein, ihre Intensität und Wirkung nur mit Hilfe von Messgeräten nachweis- und bewertbar. International wird intensiv geforscht, um auch Wirkungen ganz geringer Feldstärken, die in unserer allgemeinen Umwelt vorhanden sind, zu erfassen.

Die Wirkung der elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder ist abhängig von ihrer Frequenz. Aus diesem Grund wird im folgenden zu den einzelnen Frequenzbereichen eine kurze Erklärung gegeben.

Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder

Elektromagnetische Wellen haben die Entstehung von elektrischen und magnetischen Feldern zur Folge.

Biologische Wirkungen im Niederfrequenzbereich

Im Niederfrequenzbereich (50 Hz bis 30 kHz) finden sich diese Felder beispielsweise in der Umgebung von Hochspannungsleitungen, Umspannwerken, Trafostationen, Haushaltsgeräten und elektrisch betriebenen Maschinen. Die elektrischen und magnetischen 50-Hz-Felder geringer Feldstärken in unserem normalen Umfeld sind nicht spürbar. Wenn die Intensität der elektrischen Felder an bestimmten Arbeitsplätzen so groß ist, dass es zu Reizwirkungen kommt, kann man das als Kribbeln auf der Haut oder als Muskelzuckungen spüren. So hohe Feldstärken treten aber nur an wenigen Arbeitsplätzen oder bei therapeutischen Eingriffen auf.

Biologische Wirkungen im Hoch- und Höchsthochfrequenzbereich

Dieser Bereich umfasst Frequenzen von 30 kHz bis 300 MHz. Gut untersucht sind hier die Wirkungen hoher Intensitäten, wie sie an bestimmten Arbeitsplätzen auftreten oder bei Diagnose oder Therapieverfahren angewandt werden. Hier kann es zu einer Erwärmung von Körperteilen oder des gesamten Körpers und bei einer sehr starken Überwärmung zu einer Schädigung des Gewebes kommen.

Die elektromagnetischen Felder können in den Organismus eindringen, wenn ihre Energie groß genug ist. Sie bewegen die Moleküle im Körper gegen ihre Bindungskräfte, polarisieren sie und regen sie zu Schwingungen an. Die dabei absorbierte Energie wird in Wärme umgesetzt und je schneller und häufiger die Schwingungsänderungen erfolgen, umso größer ist die Erwärmung.

Der Grad der Erwärmung hängt von den verschiedensten Faktoren ab wie der Frequenz oder Wellenlänge, der Dauer der Einwirkung, der Feldstärke oder Leistungsdichte, der Art der Einwirkung (Impuls- oder Dauerstrich), der Abmessung und Oberfläche des bestrahlten Bereiches, der Dielektrizitätskonstante, der Wärmeleitfähigkeit und der elektrischen Leitfähigkeit der bestrahlten Gewebeanteile.

Je nach der Stelle, der Intensität und Länge der Einwirkung kommt es zu einer Erhöhung der Temperatur von diesen Körperteilen oder des gesamten menschlichen oder tierischen Körpers mit allen Folgen der Wärmewirkung, die auch bei der Erwärmung durch andere Medien (Sauna, warmes Bad, heißer Tee, Thermoflasche) bekannt sind.

Die Grenze, bis zu der beim Menschen thermische Wirkungen mit Sicherheit ausgeschlossen werden können, liegt bei einer Leistungsdichte von 10 mW/cm^2 . Diese Untersuchungen wurden bereits in den 60ziger und 70ziger Jahren gut fundiert durchgeführt (Michaelson 1971 u. 1972; Rose u. a. 1970) und gelten noch heute.


Reproduktion und Entwicklung

Es ist seit langem bekannt, dass eine Erhöhung der Körpertemperatur bei der Ontogenese einen negativen Einfluss auf die Entwicklung der Nachkommen haben kann.

Untersuchungen an Kleintieren

An Kleintieren sind umfangreiche Untersuchungen zur Erwärmung und auch Experimente zur möglichen Störung der Reproduktion durchgeführt worden. Bei Ratten, Kaninchen und Katzen liegt die Grenze der Erwärmung entsprechend niedriger als beim Menschen. In der Arbeit von Jensch 1997 wurde der Einfluss auf Ratten und ihre Nachkommen bei sehr hohen Expositionen, d. h. weit oberhalb der gesetzlichen Grenzwerte bei einer Frequenz von 915 MHz mit 100 W/m^2 bzw. bei einer Frequenz von 2,45 GHz mit 200 W/m^2 untersucht. Bei diesen Frequenzen bzw. hohen Intensitäten zeigten sich keine Unterschiede zu nicht exponierten Tieren. Bei Expositionen von 6 GHz mit 350 W/m^2 zeigten die Muttertiere eine leichte, aber signifikante Abnahme der Monozyten. Die Nachkommen aus dieser Gruppe waren in den ersten 5 Wochen etwas leichter und zeigten subtile neurophysiologische Veränderungen, wie z. B. ein verzögertes Öffnen der Augen. Die feldbedingten Veränderungen bei 6 GHz, bei diesen sehr hohen Intensitäten sind für die Grenzwert- oder eine eventuelle Vorsorgediskussion als nicht relevant anzusehen. Als niedrigste Leistungs-





flussdichte für das Auslösen embryonaler und fetaler Schädigungen bei Mäusen fand Gordon (1970) 10 mW/cm².

Bei den neueren Untersuchungen an Säugetieren, zumeist Ratten und Mäusen, zeigen die Ergebnisse von zwei Studien (Huuskonen et al. 1998 und Mulligan und Persinger 1998) einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Exposition und bestimmten Parametern wie dem Auftreten von Skelettveränderungen bei den Föten eines bestimmten Mäusestammes, nicht aber bei einem anderen Stamm. Beim Großteil der Arbeiten konnten dagegen keine Einflüsse auf die Reproduktion bzw. keine teratogenen Reaktionen festgestellt werden (Brent 1999; Ryan et al. 1999 u. 2000; Dawson 1998).

Die Expositionen erfolgten kontinuierlich oder intermittierend (z. B. eine Stunde an/aus im Wechsel). Untersucht wurden neben Spermatogenese und Östrogen-Zyklus der Elterngeneration teratogene Effekte, Gewicht und Anzahl der Feten u. v. m.

Es herrscht Einstimmigkeit in der experimentellen Wissenschaft darüber, dass man die an Kleintieren gewonnenen Ergebnisse nicht unmittelbar auf den Menschen übertragen kann, da die Größe, die Behaarung und die Körperform andere Absorptionsmechanismen bedingen.

Epidemiologische Studien

Die neueren epidemiologischen Studien bezüglich schädigender Einflüsse niederfrequenter Felder auf die Reproduktion betrachteten im wesentlichen berufliche Expositionen und Expositionen durch elektrische Geräte, v. a. Heizdecken. Dabei wurden die Fruchtbarkeit (Hjollund et al. 1999; Mur et al. 1998), spontane Aborte (Belanger et al. 1998), plötzlicher Kindstod und teratogene Reaktionen (Grainger et al. 2000; Shaw 1999) untersucht. Diese Studien waren aufgrund grober Expositionsbestimmungen, zu geringer Teilnehmerzahlen oder anderer methodischer Einschränkungen nur zur Erfassung sehr deutlicher Zusammenhänge geeignet.

Für die Expositionen wurden magnetische Wechselfelder mit Flussdichten von wenigen µT bis in den mT-Bereich verwendet, wobei die Netzfrequenz (50 Hz bzw. 60 Hz), die ersten Harmonischen (Oberwellen)

sowie höhere Frequenzen, wie sie z. B. durch Monitore erzeugt werden können (Sägezahn, 10 kHz und 20 kHz), zum Einsatz kamen.

Grenzwerte

Der Grenzwert der Leistungsdichte für den Höchsthäufigkeitsbereich an Arbeitsplätzen liegt in Abhängigkeit von der Frequenz zwischen 1 und 5 mW/cm² (Unfallverhütungsvorschrift BGV B 11).

Mit Leistungsflussdichten von mehr als 5 mW/cm² kommt eine Person unter normalen Arbeits- und Umweltbedingungen nicht in Berührung.

Den Grenzwertfestlegungen liegen die Berechnung der spezifischen absorbierten Energie zu Grunde. Das Maß für die absorbierte Energie wird in W/kg Körpermasse angegeben und als SAR (Spezifische Absorptionsrate) bezeichnet. Durch Zell-, Gewebs- und Tierversuche sowie Probandenuntersuchungen hat man die biologischen Wirkungen mit den SAR-Werten korreliert. International wird ein SAR-Wert von 0,08 W/kg – gemittelt über den ganzen Körper für die allgemeine Bevölkerung, auch für Kinder und Schwangere als ein sicherer Wert angesehen. Jeder Mensch produziert bei der Aufrechterhaltung seiner Körperfunktionen ebenfalls Wärme. Etwa 1 W/kg beträgt der Grundumsatzwert und dieser erhöht sich dann abhängig von der körperlichen Aktivität. Deshalb hat der Körper durch eine Mehrdurchblutung der Haut und durch das Schwitzen die Möglichkeit, die Körpertemperatur zu regulieren und auch zusätzliche Temperatureinwirkungen von Heizungen, warmen Bädern, Sonneneinstrahlung usw. auszugleichen.

Eine zeitweilige Erhöhung der Körpertemperatur durch Einflüsse von außen um 0,5° bis maximal 1° Celsius wird von einem gesunden Körper nach den bisherigen Untersuchungen und Erfahrungen ohne Folgen toleriert. Dieser Wert sollte nicht unkontrolliert überschritten werden. Bei Personen mit Fieber, Stoffwechselerkrankungen oder unter Medikamenteneinfluss kann die Thermoregulation gestört sein.

Elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz

Die Einhaltung der Grenzwerte an den Arbeitsplätzen, an denen Schwangere beschäftigt sind, ist zu garan-

tieren. Eine Erhöhung der Körpertemperatur um mehr als 1° Celsius wird dabei nicht zugelassen. Damit wird ein negativer Einfluss auf die embryonale Entwicklung vermieden.

Arbeit am Bildschirm

Bildschirmarbeitsplätzen standen jahrelang in Verdacht, die Schwangerschaft negativ zu beeinflussen. Epidemiologische Untersuchungen über den Schwangerschaftsverlauf haben gezeigt, dass allgemein bei Frauen im Berufsleben die Schwangerschaft häufig ungünstiger verläuft als bei Frauen ohne berufliche Einbindung. Bisher konnte im Vergleich zur Gruppe der berufstätigen Frauen keine erhöhte Zahl negativer Schwangerschaftsverläufe bei Bildschirmarbeit nachgewiesen werden. Dieser Umstand macht es in besonderer Weise deutlich, dass es sich bei der Belastung der schwangeren Frau im Berufsleben nicht um ein spezifisch mit der Bildschirmarbeit verknüpftes Problem handelt, sondern dass allgemein entlastende Maßnahmen gefordert werden müssen. Dies betrifft insbesondere die Vermeidung langandauernder einseitiger Körperhaltung, die Vermeidung von psychomentalen Überbelastungen durch die Einhaltung von Pausen und die Begrenzung der täglichen Arbeitszeit am Bildschirmgerät (Kruschwitz et al. 1990). International und auch nach Ansicht der viel zitierten schwedischen Fachleute konnte ein wissenschaftlicher Nachweis, dass diese eingangs genannten Beschwerden und Symptome mit den Feldern aus den Bildschirmgeräten zusammenhängen, nicht erbracht werden, so dass für Frauen im fertilen Lebensalter und für Schwangere eine durch die Felder bedingte Gefährdung nach den bisherigen Erkenntnissen ausgeschlossen werden kann.

Elektromagnetische Felder in der allgemeinen Umgebung

Im Haushalt, im Garten und beim Umgang mit elektrischen Geräten bei der Durchführung handwerklicher Arbeiten entstehen in der unmittelbaren Nähe des Gerätes elektrische und magnetische niederfrequente Felder. Die Feldstärken dieser Geräte liegen weit unter den Grenzwerten, denen die allgemeine Bevöl-

kerung ohne Schaden zu nehmen ausgesetzt sein kann. Diese Grenzwerte sind in der Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - 26. BImSchV „Elektromagnetische Felder“ (1996) festgeschrieben und betragen für die elektrische Feldstärke 5 kV/m und für die magnetische Feldstärke 100 mT.

Mobilfunk

Der Einsatz der Mobilfunktechnik ist zwangsläufig mit der Abstrahlung hochfrequenter elektromagnetischer Felder verbunden.

Bei der Benutzung eines Handys werden die elektromagnetischen Felder zur Übertragung der Information während des Sprechvorganges direkt neben dem Kopf abgestrahlt. Dabei gelangt zwangsläufig ein Anteil der Energie in den Kopf des Benutzers. Damit dieser Anteil keine Gesundheitsschädigung hervorrufen kann, ist er durch Regelungen begrenzt. Schädigungen unterhalb der Grenzwerte sind beim Menschen nicht bewiesen.

Ängste werden auch gegenüber der Abstrahlung von Basisstationen auf Türmen oder Dächern geäußert. Die Bevölkerung wird davon aber nur sehr wenig „berührt“. Unter einer Basisstation existieren ganz geringe Felder, da sie horizontal von der Antenne abgestrahlt werden, um eine gewisse Ausbreitung zu erhalten. Wenn sie dann die Erde oder Wohnbereiche erreichen, sind sie auf Grund der Abnahme der Feldstärke mit der Entfernung nicht als Gefahrenquelle anzusehen, denn sie liegen noch deutlich unter den Feldern, die von einem Handy abgestrahlt werden.

Elektromagnetische Felder in der Medizin Therapie

Die Möglichkeit der Einleitung entsprechend hoher elektromagnetischer Energien besteht bei der therapeutischen Anwendung der Hoch- und Höchsthochfrequenzfelder in Form der sogenannten Kurz- und Mikrowellentherapie, bei der es zu einer gewollten Erwärmung des behandelten Körperteils um einige Grade Celsius kommen kann.

Bei der Behandlung des Bauchraumes schwangerer Frauen mit Kurzwellenbestrahlung wurden von HOF-



MANN (1966) und Dietzel und Kern (1970) Missbildungen und Fehlgeburten beobachtet, die eindeutig thermogenetisch bedingt waren.

Als bekannt wurde, dass auch beim Menschen, wie bei den oben angeführten Versuchen mit Kleintieren eine deutliche Erhöhung der Körpertemperatur zu Missbildungen oder Aborten führt, wurden zur Erwärmung durch elektromagnetische Felder und ihre Wirkung auf die Reproduktion umfangreiche Untersuchungen durchgeführt mit dem Ergebnis, dass es sich bei den beobachteten Reaktionen um reine Wärmewirkungen handelte, wie sie auch durch zu heiße Bäder, intensive Saunabesuche oder Ultraschalltherapie entstehen können, und nicht um „spezifische“ Felderwirkungen. Es wird deshalb darauf hingewiesen, schwangere Frauen nicht mit Hoch- oder Höchsthäufigkeitsstrahlung zu therapieren, besonders nicht im Bereich des Abdomens, und auch Schwangere nicht als Therapeuten oder Hilfskräfte an diesen Anlagen einzusetzen oder streng darauf zu achten, dass nach dem Einschalten des Therapiegerätes ein Abstand von 2 m eingehalten wird. Dieser Abstand wird als ausreichend angesehen, denn die Feldstärke elektromagnetischer Felder nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab.

NMR-Diagnostik

Bei der Diagnostik mit dem Magnetresonanztomographen (MR) ist die Möglichkeit der Erwärmung des Bauchraumes durch die eingesetzten niederfrequenten und hochfrequenten Felder gegeben. Beide Feld-

arten sind dabei entsprechend ihrer Wirkungsweise zu berücksichtigen.

Für die Diagnostik bei Schwangeren und den Einsatz von schwangeren Beschäftigten an MR-Anlagen gibt es Empfehlungen zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken bei Anwendung magnetischer Resonanzverfahren in der medizinischen Diagnostik (1997).

Elektrosensibilität

Das Wissen um das Vorhandensein der Felder und eine unbestimmte Angst davor kann sich in einer Beeinflussung des vegetativen Nervensystems und in funktionellen Störungen des Herz-Kreislauf-Systems zeigen. Dabei kommt es nicht zu einer Erwärmung des Organismus. Diese funktionellen Störungen wurden bei Reihenuntersuchungen von exponierten Beschäftigten ermittelt, die über Jahre kontinuierlich Hochfrequenzfeldern ausgesetzt waren. Diese Beschwerden bildeten sich nach Aussetzen der Exposition oder bei Leistungsdichten unter 1 mW/cm^2 zurück (GORDEN 1970).

Die geäußerten Beschwerden sind unspezifisch, und es ist bisher nicht gelungen, einen Kausalzusammenhang zu nur einem Umweltfaktor herzustellen. Beobachtet wurden: leichte Ermüdbarkeit, Kopfschmerzen, Störungen der Herz-Kreislauf-Regulation mit Bradycardien und Hypotonie, Veränderung der Herzstromkurve u. a.. Diese Personen bezeichnen sich als elektrosensibel oder allgemein als umweltsensibel (Ruppe u. Vogel 1998 und Ruppe 1999).

Die Beschwerden wurden individuell unterschiedlich empfunden und bewertet. Eine Disposition gegenüber den elektromagnetischen Feldern ist nicht auszuschließen, ließ sich aber auch nicht nachweisen und bei all den Erhebungen und Untersuchungen wurde eine besondere Empfindlichkeit des weiblichen Organismus gegenüber Mikrowellen oder Hochfrequenz nicht beschrieben.

Aus den angeführten Gründen gibt es keine gesonderten Grenzwerte oder Einschränkungen für Frauen bei der Arbeit in den Ländern, die Grenzwertfestlegungen getroffen haben.

Ausnahmen sind der Einsatz von Schwangeren an NMR-Anlagen und bei der Hochfrequenztherapie, da dort die Grenzwerte überschritten werden können.

Um schwangere Frauen vor der Einwirkung hoher Leistungsdichten bzw. Feldstärken zu schützen und auch die Möglichkeit einer Beeinträchtigung ihres Allgemeinbefindens, wenn auch nur durch die Angst vor den Feldern auszuschließen, empfehlen wir, die Frauen an Arbeitsplätzen einzusetzen, an denen die Umweltwerte der 26. BImSchV eingehalten sind.

Fertilitätsstörungen des Mannes

Berichtet wird auch immer wieder über Störungen der Zeugungsfähigkeit des Mannes unter dem Einfluss der „Felder“ oder, dass Männer in entsprechenden Berufen nur Mädchen zeugen können.

Über das „Problem“ „nur Mädchen“ gibt keine Statistik Auskunft. Zur Störung der Zeugungsfähigkeit gilt Ähnliches wie oben bereits ausgeführt.

Bei einer Überwärmung der Hoden dagegen kann es zu Störungen der Spermienbildung kommen.

Die Verlagerung der männlichen Keimdrüsen in das Skrotum erfolgte, weil die höhere Temperatur im Innern des Körpers für die Spermio-genese nicht zuträglich ist. Verbleibt der Hoden in der Bauchhöhle oder dem Leistenkanal, kommt eine normale Spermio-genese nicht zustande. Die endokrine Funktion des Organs bleibt dagegen erhalten. Wird ein kryptorcher Hoden operativ ins Scrotum verlagert, setzt die Samenbildung ein.

Ein praktisches Beispiel für die Beeinflussung der Spermio-genese durch Wärme ist die Unmöglichkeit

der Fortpflanzung von in kälteren Regionen beheimateten Tieren in den Tropen. Züchten wird dort dann nur möglich, wenn die Tiere in klimatisierten Ställen gehalten werden.

Werden die Hoden von außen erwärmt durch Druck oder Reibung, durch enge Kleidung, intensive Sonnenbestrahlung, hohe Temperaturen oder auch durch elektromagnetische Felder während der Therapie mit Kurz- oder Mikrowellen, Ultraschall oder der Diagnostik mit MR-Tomographen oder auch beim Aufenthalt, z. B. vor Antennen, besteht die Möglichkeit der Störung der Funktion wie oben beschrieben. Schutz können Schürzen aus absorbierendem oder reflektierendem Material bieten.

Zusammenfassung

Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat die neueste Literatur seit 1998 über den gesamten Frequenzbereich von Fachleuten bewerten lassen und im Bericht der SSK (2001) zusammengefasst. Ganz besonders im Hinblick auf die Beeinflussung durch die steigende Anwendung des Mobilfunks und der Handybenutzung, da hier die gesamte Bevölkerung betroffen ist.

- Zu möglichen negativen Einflüssen von niederfrequenten Feldern auf die Reproduktion wurden sowohl epidemiologische Studien als auch Tierversuche durchgeführt. Auch die neueren Arbeiten bilden keinen wissenschaftlich begründeten Hinweis auf Gesundheitsbeeinträchtigungen durch niederfrequente Felder mit Intensitäten unterhalb der Grenzwerte.
- Die Untersuchungen zu genetischen Schäden durch hochfrequente Felder sind kaum untereinander vergleichbar, weil unterschiedliche Expositionsparameter wie Frequenz, Modulation und Feldstärke verwendet wurden. Die Ergebnisse mit Feldstärken deutlich oberhalb der Grenzwerte sind nicht einheitlich. Es ist festzuhalten, dass Untersuchungen in Feldern, die durch Mobilfunk (kontinuierliche, amplituden- und frequenzmodulierte Felder) entstehen, keinen Hinweis auf ein genotoxisches Potential ergaben. Es ist wissenschaftlich akzeptiert, dass elektromagnetische Felder nicht direkt geno-

toxisch wirken können. Die Photonenenergie ist im Vergleich zu ionisierenden Strahlen zu gering, um kovalente Bindungen der DNS-Moleküle zu lösen.

- Untersuchungen an Frauen, die unter dem Einfluss elektromagnetischer Felder im Bereich der zulässigen Grenzwerte arbeiteten, ergaben, dass die Schwangerschaft und die Geburt der Kinder normal verlief. Unter dem Einfluss der elektromagnetischen Felder aus der Umwelt konnte keine Schädigung der Reproduktion festgestellt werden. Hier kann es nicht zu einer Wärmewirkung auf den Feten kommen, da die Intensitäten viel zu klein sind. Eine spezifische Wirkung der Felder konnte auch im Tierversuch nicht nachgewiesen werden.
- Überwärmungen des Bauchraumes und der Hoden sind zu vermeiden.

Insgesamt geben die Ergebnisse der neueren in vivo Untersuchungen und epidemiologischen Studien keinen wissenschaftlichen Hinweis auf negative Einflüsse niederfrequenter Felder auf die Reproduktion bei Einhaltung der Grenzwerte.

Dr. Ingeburg Ruppe, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit (BAuA), Berlin

Literatur

- Belanger K., Leaderer B., Hellenbrand K., Holford T.R., McSharry J.E., Power M.E., Bracken M.B. Spontaneous abortion and exposure to electric blankets and heated water beds, *Epidemiology*, 1998 (9), 36-42.
- Bericht der Strahlenschutzkommission (SSK) (2001) Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern, Heft 29
- Brent R.L. Reproductive and teratologic effects of low-frequency electromagnetic fields: A review of in vivo and in vitro studies using animal models, *Teratology*, 1999 (59/4), 261-286.
- Davoudi M., Brössner C., Kuber W. Der Einfluss von magnetischen Wellen auf die Spermienmotilität (*Zeitschrift für Urologie und Urogynäkologie* 2002; 9 (3): 18-22),
- Dawson B.V., Robertson J.G.C., Wilson W.R., Zwi L.J., Boys J.T., Green A.W. Evaluation of potential health effects of 10 kHz magnetic fields: A rodent reproductive study, *Bioelectromagnetics*, 1998 (19/3), 162-171.
- Dietzel, F. u. Kern, W. Fehlgeburt nach Kurzwellenbehandlung – Tierexperimentelle Untersuchungen *Arch. Gynäk.* 1970, 209, 237-255
- Empfehlungen zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken bei Anwendung magnetischer Resonanzverfahren in der medizinischen Diagnostik vom 03.12.1997, *Bundesanzeiger*, Jg. 50 Nr. 11a, 17. Januar 1998
- Gordon, Z. V. Occupational health aspects of radio-frequency electromagnetic radiation, *Occupat. Safety and Health Ser.* 21, 1979, S. 159-174
- Grainger P., Wigfield R., Wright M., Fleming P.J., Preece A.W. Electric and magnetic fields of 50 Hz are not associated with sudden infant death syndrome, *International Journal of Environmental Health Research*, 2000 (10/1), 85-87.
- Hofmann, D. Aborte und Missbildungen nach Kurzwellendurchflutungen in der Schwangerschaft, 37 *Geburtsh. U. Frauenheilk.* 26, 1966, 5 S. 554-557
- Hjollund N.H.J., Skotte J.H., Holstad H.A., Bonde J.P.E.. Extremely low frequency magnetic fields and fertility: a follow up study of couples planning first pregnancies, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 1999 (56/4), 253-255.
- Huuskonen H., Juutilainen J., Julkunen A., Mäki-Paakanen J., Komulainen H. Effects of low-frequency magnetic fields on fetal development in CBA/Ca mice, *Bioelectromagnetics* 1998 (19/8), 477-485.
- Jensch J. Behavioral teratologic studies using microwave radiation: is there an increased risk from exposure to cellular phones and microwave ovens?, *Reprod Toxicol*, 1997 (11), 601.
- Kruschwitz, S., Kupfer, J. u. Ruppe, I. Bildschirmarbeit aus arbeitsmedizinischer Sicht, *Z. gesamte Hyg.* 36, 1990, H. 7, S.350-353
- Michaelson, S.M. Biomedical Aspects of Microwave Exposure, *American Industrial Hygiene Association Journal*, Vol.32,1971,S. 338-345
- Mulligan H., Persinger A.S. Perinatal exposures to rotating magnetic fields demasculinize' neuronal density in the medial preoptic nucleus of male rats, *Neuroscience Letters*, 1998 (253/1), 29-32.
- Mur J.M., Wild P., Rapp R., Vautrin J.P., Coulon J.P.. Demographic evaluation of the fertility of aluminium industry workers: influence of exposure to heat and static magnetic fields, *Human Reproduction*, 1998 (13/7), 2016-2019.
- Rose, V.E.; Powell, C.H.; La Nier, M.E. u. Swanson, J.R. A review of United States microwave exposure criteria, In: *Ergonomics and Physical Environmental Factors. Occupational Safety and Health Series 21*, Genf: International Labour Office.1970,S. 186-91
- Ruppe, I. u. Vogel, E. Lösen schwache elektromagnetische Felder subjektive Symptome aus und haben diese gesundheitliche Folgen- Ergebnisse eines EU-Berichtes, *Z. ärztl. Fortbild. Qual. Sich. (ZaeFQ)* 1998, 92:144-147
- Ruppe, I. Mögliche gesundheitliche Folgen schwacher elektromagnetischer Felder -"Elektrosensibilität" Fachverband für Strahlenschutz, 31.Jahrestagung – Nichtionisierende Strahlung, 27.9. -1.10.1999 in Köln. Bd. II, S.1131-1142
- Ryan B.M., Symanski R.R., Pomeranz L.E., Johnson T.R., Gauger J.R., McCormick D.L. Multigeneration reproductive toxicity assessment of 60-Hz magnetic fields using a continuous breeding protocol in rats, *Teratology*, 1999 (59/3), 156-162.
- Ryan B.M., Polen M., Gauger J.R., Mallett E.Jr., Kearns M.B., Bryan T.L., McCormick D.L.. Evaluation of the developmental toxicity of 60 Hz magnetic fields and harmonic frequencies in Sprague-Dawley rats, *Radiation Research*, 2000 (153/5), 637-641.
- Shaw G.M., Nelson V., Todoroff K., Wasserman C.R., Neutra R.R. Maternal periconceptional use of electric bed-heating devices and risk for neural tube defects and orofacial clefts, *Teratology*, 1999 (60/3), 124-129.
- Stellungnahme des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) zum Artikel „Machen Handys ihre Nutzer unfruchtbar?“ („Die Welt“ vom 29.06.2004)
- Unfallverhütungsvorschrift BGI B 11 (2001) Elektromagnetische Felder. Durch die BGR 112 erlassen am 1. Juni 2001
- Verordnung über elektromagnetische Felder (1996) - 26. BImSchV - 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, *BGBl. Teil I*, Nr. 66, 20. Dez. 1996

„Risk Evaluation of Potential Environmental Hazards From Low Energy (REFLEX) Using Sensitive In Vitro Methods“

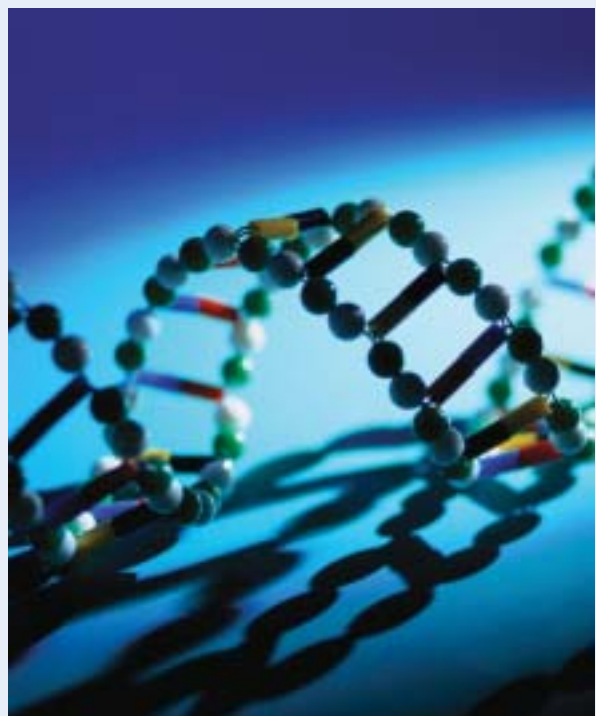
Vorausschickende Bemerkungen des Herausgebers:

Zu dem in der Öffentlichkeit viel diskutierten REFLEX-Programm zur Risikobewertung elektromagnetischer Felder liegt inzwischen ein Abschlussbericht vor. Eine profunde Genetikerin, Frau Vijayalaxmi aus der Abteilung für Strahlungs-Onkologie der Universität Texas (USA) hat diesen Bericht durchgearbeitet und kritisch bewertet. Sie ist als Autorin zahlreicher Publikationen auf diesem Gebiet sehr genau mit den Methoden vertraut und hat in den vergangenen Jahren nicht nur auf Tagungen und bei persönlichen Gesprächen Kontakt mit den ausführenden Wissenschaftlern dieses Programms gehabt, sondern auch die Gelegenheit genutzt, unmittelbar Einsicht in laufende Arbeiten in verschiedenen Labors zu nehmen. Der Bericht ist im knappen Stil einer Rezension geschrieben, wie sie üblicherweise von Peer-Reviewed-Zeitschriften verlangt wird. Deshalb mag er dem Außenstehenden in manchen Passagen schwer verständlich sein. Trotz wertender Attribute, die in solchen Rezensionen verlangt werden, verzichtet er auf Polemik. Wir haben uns bemüht, den Text so zu übersetzen, dass Wertung und Aussage unverändert blieben. Einige Attribute sind in englischer Diktion der deutschen Übertragung in Klammern beigefügt. Der Bericht ist im Original unter info@fgf.de erhältlich. Wir betrachten die Publikation dieses Gutachtens als einen Beitrag zur Diskussion, ähnlich wie die vielen Berichte zu diesem Projekt in den Medien.

Kritisch zur Untersuchung im Abschlussbe

Vijayalaxmi

Die folgende Analyse befasst sich ausschließlich mit den im REFLEX-Schlussbericht dargestellten Ergebnissen zu DNA-Einzelstrangbrüchen (ESB), DNA-Doppelstrangbrüchen (DSB), Chromosomenaberrationen (CA) und Mikrokernen (MN) in Säugerzellen nach in vitro-Exposition mit extrem niederfrequenten elektromagnetischen Feldern (ELF-EMF) und Hochfrequenzfeldern (RF-EMF).



Die Anmerkungen zur Bewertung von DNA-Schädigungen im Bericht 2004 der REFLEX-Studie

Zusammenfassung

Zunächst einmal ist festzuhalten, dass der bekannte Mechanismus der Einwirkung von ELF-EMF einerseits und RF-EMF andererseits auf biologisches Material unterschiedlich ist: Im ersten Falle geht es um die Induktion elektrischer Ströme, im zweiten um eine Wärmeerzeugung bzw. einen Temperaturanstieg. Die Kenntnis solcher Wirkmechanismen ist entscheidend, um einen Kausalzusammenhang zwischen ELF-EMF bzw. RF-EMF-Exposition und der Entstehung von Krankheiten festzustellen. Solche in vitro-Studien sind durchaus relevant und bieten mehrere Vorteile: Sie können (a) in kontrollierter Umgebung durchgeführt werden, sie sind (b) geeignet, zur Auffindung 'potenzieller' Wirkmechanismen, können (c) große Probenmengen umfassen und (d) in relativ kurzer Zeit eine große Menge an Daten hervorbringen. Eine in vitro-Exposition, besonders einer kontinuierlich wachsenden Zellkultur, kann jedoch nie eine 'reale' Lebenssituation imitieren und daher sind die Ergebnisse auch nicht unmittelbar auf die Exposition von Menschen in ihrem Lebensumfeld oder am Arbeitsplatz übertragbar.

Die folgenden vier Wissenschaftler leiteten im Rahmen des REFLEX-Projekts die Experimente in denen es zu bestimmen galt, ob die Exposition frisch entnommener und/oder kontinuierlich wachsender Kulturen von Säugerzellen mit ELF-EMF und/oder RF-EMF in vitro möglicherweise schädigende Einflüsse auf ESB, DSB, CA und/oder MN hat: (1) Rudolf Tauber, Berlin, (2) Hugo Rüdiger, Wien, (3) Anna Wobus, Gatersleben/Deutschland, und (4) Angeles Trillo, Madrid.

Rudolf Tauber (Teilnehmer 2), Berlin

(1) In den Experimenten wurden HL-60 Zellen benutzt. Dies ist eine kontinuierlich wachsende Zelllinie, abgeleitet von einem an Leukämie (Krebs) erkrankten menschlichen Patienten. Insofern können HL-60 Zellen NICHT als 'normale' Zellen betrachtet werden. Dennoch ist die Verwendung von HL-60 Zellen in RF-EMF-Studien durchaus von Bedeutung. Allerdings wäre die Einbeziehung eines 'normalen', den HL-60 Zellen entsprechenden Zelltyps in die Experimente hilfreich gewesen, um festzustellen, ob sich normale Zellen und Krebszellen in ihrer Reaktion auf eine RF-EMF-Exposition unterscheiden.

(2) Eine detaillierte Information über die genaue Anzahl der Zellen in der S-Phase (zyklisierende Zellen) und Zellen in der Apoptose (anstelle von Dot-Plots in Abbildung 80, 81 und 82) wäre hilfreich gewesen, um das Fehlen signifikanter Unterschiede zwischen RF-EMF-befeldeten und scheinbefeldeten Zellen anzuzeigen. Diese Angaben sind wichtig, um die Daten und die Schlussfolgerungen aus dem Comet-Assay zu bewerten.

(3) Da die große Mehrheit der HL-60-Zellen bekanntlich aneuploid ist, liegt die berichtete MN-Rate in den scheinexponierten Kontrollen sehr niedrig, bei ~4/1000 binuklearer Zellen, d. h. in <1 von 100 Metaphasen der ersten Zellteilung treten bei aneuploiden Zellen Brüche oder Fragmentierungen auf.

Hugo Rüdiger (Teilnehmer 3), Wien, Österreich

(1) Eine Zell-Spezifität biologischer Reaktionen auf chemische, biologische und/oder physikalische Agen-

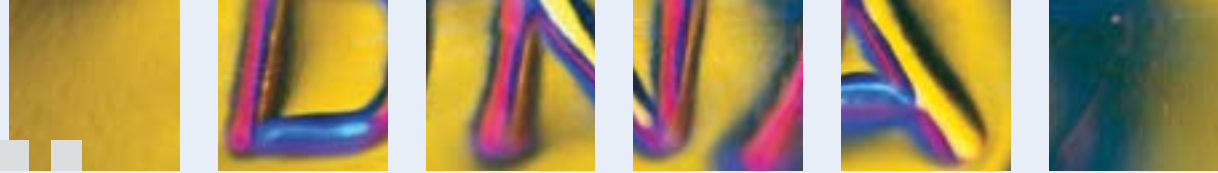
zien ist häufig zu beobachten. Epidemiologische Erhebungen, die einen Zusammenhang zwischen ELF-EMF-Exposition und Leukämie (Paragraph 1.0, Einleitung) aufzeigen, müssten zu der Annahme führen, dass Lymphozyten aus menschlichem Blut die Angriffspunkte ELF-EMF-induzierter Genotoxizität sind. Das Ausbleiben einer Zunahme primärer DNA-Schädigungen (ESB/DSB) in Lymphozyten aus menschlichem Blut nach ELF-EMF-Exposition ist daher nicht nur verwunderlich (intriguing), sondern auch sehr verwirrend (puzzling). (2) Kulturen menschlicher diploider Fibroblasten und SV40-transformierte Granulosazellen von Ratten wurden in der Studie verwendet. Bekanntlich sind die während der kontinuierlichen Wachstumsphase kultivierter Fibroblasten und SV40-transformierter Zellen auftretenden veränderten Eigenschaften in der Regel nicht in frisch entnommenen Zellen zu beobachten. Daher kann es sein, dass die Reaktion dieser ELF-EMF- oder RF-EMF-befeldeten kultivierten Zellen nicht mit denen frisch entnommener Zellen übereinstimmt.

(3) Die Untersuchung und Auswertung der dem Blut eines einzelnen Spenders entnommenen peripheren Lymphozyten und Monozyten lässt die Bestimmung interindividueller Schwankungen nicht zu.

(4) Ergebnisse entsprechender Positivkontrollzellen (alle Tabellen und Abbildungen) und scheinbefeldeter Zellen (ein Teil der Tabellen und Abbildungen) sind nicht enthalten. Daten solcher Zellen sind jedoch nicht nur wesentlich, sondern nach den GLP (Good Laboratory Practice)-Regeln auch unabdingbar für einen stichhaltigen Vergleich zwischen ELF-EMF- und RF-EMF-exponierten Zellen.

(5) Comet-Assay: (a) Zur Bestimmung von DSB wurde eine stark vereinfachte Version des neutralen Comet-Assay verwendet. Das Verfahren verzichtete auf eine Behandlung mit Proteinase K und Ribonuklease A (*Lai and Singh, Int J Radiat Biol, 69, 513-521, 1996; Bioelectromagnetics, 18, 156-165, 1997*) zur Zerstörung der Proteine und Auflösung der Kernmatrix, so dass die Doppelstrangbrüche auch aus den Supercoiles der DNA in den Kometenschweif wandern können. Folglich könnten die Resultate aus dem neutralen Comet-Assay ebenso wie die Interpretation dieser

Daten fehlerhaft sein (may not be accurate). (b) In allen Experimenten wurden kontinuierlich wachsende Zellen mit einer Dauer des Zellzyklus von 24 bis 30 Stunden verwendet (mit Ausnahme der Lymphozyten aus menschlichem Blut, Abbildungen 20 und 21). Während einer verlängerten ELF-EMF-, RF-EMF- und Scheinbefeldung (besonders 24 Stunden) tritt eine Anzahl 'normaler' Zellen in einen Prozess semikonservativer DNA-Synthese mit mehreren 'Replikationsgabeln' (zyklierende Zellen) ein. Im Comet-Assay löst sich die DNA leichter von solchen Replikationsgabeln ab und erscheint in Form von Strangbrüchen im Kometenschweif. Das Ergebnis sind 'normale zyklierende Zellen' mit 'zunehmender Schweiflänge', die so 'geschädigte Zellen' imitieren. Die Zahl der zyklierenden Zellen für die einzelnen Expositionsbedingungen wird nicht bestimmt. Eine mögliche Änderung im Zellzyklus bei ELF-EMF- und RF-EMF-befeldeten Zellen (bezogen auf scheinbefeldete Zellen), falls dies auftritt, würde zu dem Resultat führen, dass 'zyklierende Zellen' als 'geschädigte Zellen' klassifiziert werden, was sich wiederum auf die Multiplikationsmethode zur 'Ableitung' des Tailfaktors auswirkt (Zellen des Typs Ax2,5, Bx12,5, Cx30,0, Dx67,5 und Ex97,5). (c) Das mitochondriale Membranpotential (MMP) wurde gemessen und als Parameter gewertet, der eine Apoptose anzeigt (d.h. Zellen mit stark fragmentierter DNA). Im Comet-Assay zeigen apoptotische Zellen zahlreiche DNA-Strangbrüche, und solche Zellen sind zweifellos der Kategorie E zuzuordnen, was wiederum einen starken Einfluss auf die Multiplikationsmethode (Ex97,5) zur 'Ableitung' des 'Tailfaktors' haben wird. (i) Detaillierte Daten zum MMP in ELF-EMF-exponierten Zellen sind in Paragraph 3.1.1.1 nicht dargestellt. Die Varianzen in der Expression von mitochondrialen und ribosomalen Genen in menschlichen Fibroblasten waren hoch (Paragraph 3.1.4.6). (ii) Die Ergebnisse zum MMP von RF-EMF ausgesetzten Zellen sind nicht konsistent (Paragraph 3.2.1.2). Es wird zusammenfassend festgestellt, dass ein indirekter Effekt der RF-EMF-Exposition auf die Apoptose durch Modulation der Expression verschiedener Gene und Proteine nicht ausgeschlossen werden kann (Paragraph 3.2.3.6). Somit bleiben die Fragen nach dem Zusam-



menhang der Wirkungen von EFL-EMF und RF-EMF mit MMP/Apoptose ungeklärt: Eine definitive Antworten ist jedoch zentral für die Gesamtbeurteilung der Ergebnisse des Comet-Assay. (d) Die zur Ableitung des 'Tailfaktors' für die Zellen der Kategorien A, B, C, D und E benutzte Multiplikationsmethode, $\times 2,5$, $\times 12,5$, $\times 30,0$, $\times 67,5$ und $\times 97,5$, ist extrem willkürlich. Ein 'potentieller' Anstieg der Zahl der 'zyklierenden Zellen' (mit durch die Replikationsgabeln induzierten Strangbrüchen) und der 'apoptotischen Zellen' (mit mehreren fragmentierten DNA) in ELF-EMF- und RF-EMF-exponierten Proben (bezogen auf scheinbefeldete Proben) wird mit Sicherheit zu einer Fehlklassifizierung als 'geschädigte Zellen' führen. Mit jedem Prozent einer Erhöhung der Zahl apoptotischer Zellen (als 'E' klassifiziert) in ELF-EMF- und RF-EMF-befeldeten Zellen wird der 'Tailfaktor' um einen Punkt steigen. (e) Der 'Tailfaktor' als Maß für ESB und DSB wurde bisher von keiner anderen Forschergruppe weltweit (die den Comet-Assay anwendet) validiert. Die Multiplikationsmethode und der 'abgeleitete' Tailfaktor lassen erhebliche Zweifel an den Daten und der Auswertung des Comet-Assay insgesamt aufkommen. (f) Angesichts des Anstiegs von ESB/DSB in ELF-EMF-exponierten Zellen bereits bei einer Feldstärke von $35 \mu\text{T}$ gestaltet sich die Extrapolation der Gesamtergebnisse auf gesundheitsschädigende Wirkungen im Menschen schwierig, zumal die ELF-EMF-Exposition von Menschen in durchschnittlichen Wohngebieten bei weit niedrigeren Feldstärken bestehen bleibt, $<1 \mu\text{T}$ (*Lancet*, 354, 1925-1931, 1999).

(6) Chromosomenaberrationen (CA): (a) Von einem Zusatz von Bromodesoxyuridin zum Kulturmedium – einem Hilfsmittel zur Unterscheidung der Zellen in der ersten, zweiten oder späteren mitotischen Metaphase – ist nicht die Rede. Da es Usus ist, die Zellen nur dann auf CA zu untersuchen, wenn sie sich in der ersten mitotischen Metaphase befinden wird nicht klar, was die Zellen in der ersten mitotischen Metaphase von denen der Metaphase der zweiten oder späterer Teilung unterscheidet. (b) 'Gaps' sind in der Regel die 'nicht eingefärbten/achromatischen' Regionen der Chromosomen und werden im Allgemeinen nicht als 'schwere Aberration', wie z.B. Brüche und

azentrische Fragmente, betrachtet. Typischerweise werden 'gaps' in Chromosomen sichtbar, die nicht ausreichend in einer Methanol/Essigsäure-Mischung fixiert sind. Metaphasen mit 'gaps' von 24% bis 58% (Tabellen 6 und 21) sind für Analysen nicht akzeptabel und lassen keine Schlussfolgerungen zu. (c) Die in der Literatur berichtete Rate von Chromatid- bzw. Chromosombrüchen in 'normalen Zellen' kann bis zu 2% betragen. Insofern kann die für ELF-EMF-befeldete Zellen berichtete Rate von 2,2% für Chromosomenbrüche (Tabelle 6) als 'normal' bewertet werden.

(7) Mikrokerne (MN): (i) Einige der fragmentierten DNA in apoptotischen Zellen könnten von unzureichend geschulten oder unbeaufsichtigten einzelnen Mitarbeitern unter Umständen fälschlich als MN klassifiziert worden sein. (ii) Es überrascht doch sehr, dass die Zahl der MN für scheinbefeldete Zellen (0,5/100 Zellen), Zellen der Positivkontrolle (16,8/100 Zellen) und der negativen Kontrolle (0,4/100 Zellen) in den Abbildungen 14 (ELF-EMF-Experiment) und 95 (RF-EMF-Experiment) übereinstimmt. Für ELF-EMF- und RF-EMF-Befeldungen scheinen dieselben Daten benutzt worden zu sein. Sollte dies zutreffen, dann handelt es sich um eine extrem undurchsichtige Zweifachverwendung derselben Daten.

(8) Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung: Insgesamt 24.000 Metaphasen wurden auf den Objektträgern für die Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (Sonden für 22 Autosom + X und Y Chromosom für die Analyse von 1000 Metaphasen für jedes Chromosom) untersucht. Die Arbeit am Mikroskop war extrem aufwendig und zeitraubend. Warum die detaillierten Daten nicht im Bericht enthalten sind, bleibt unklar.

(9) Reevaluierung in unabhängigen Labors: Die in APPENDIX-I aufgeführten Ergebnisse unterscheiden sich dramatisch bezogen auf die verschiedenen unabhängigen Labors. Variationen in den Markierungstechniken und der Zahl der untersuchten Zellen können nicht der Grund für solch signifikante Unterschiede in den Daten sein (vielleicht fehlte eine einvernehmliche Vereinbarung zu den Kriterien/Methoden der Evaluierung der Präparate, oder sie war unzureichend). Vor allem aber konnten die Zellen der Positivkontrolle aufgrund der niedrigen Zahl verwertbarer



Zellen entweder nicht ausgewertet werden oder aber sie zeigten nicht den erwarteten Anstieg in der Anzahl von MN. Somit sind die Daten insgesamt nicht für einen Vergleich mit den zuvor berichteten Befunden Hugo Rüdigers (Teilnehmer 3) geeignet; aussagekräftige Schlussfolgerungen können nicht gezogen werden. Die Reevaluierung ist ineffektiv und wenig ergiebig.

Anna Wobus (Teilnehmerin 4), Gatersleben, Deutschland

(1) Auch hier treffen die kritischen Anmerkungen zu den Comet-Daten zu. Es bleibt unklar, warum die detaillierten Daten nicht in Tabellen oder Schaubildern dargestellt wurden.

Albert Kolb (Teilnehmer 7), Hannover, Deutschland

(1) Auch hier treffen die kritischen Anmerkungen zu den Comet-Daten zu. Es bleibt unklar, warum die aus CHO-Zellen und HeLa-Zellen gewonnenen detaillierten Daten nicht im Bericht enthalten sind.

Gesamtbeurteilung

(1) Die Schlussfolgerungen des REFLEX-Berichts sind strittig (debatable), da ein Teil der Daten fragwürdig ist.

(2) Das Fehlen wesentlicher bzw. detaillierter Informationen zu 'zyklierenden' und 'apoptotischen' Zellen machte die Verwendung 'abgeleiteter' Tailfaktoren als Maß für DNA-Einzel- und Doppelstrangbrüche (ESB/DSB) im Comet-Assay fragwürdig.

(3) Viele Fragen ergeben sich auch bezüglich der vorgestellten Daten zur Chromosomen-Aberration (CA).

(4) Ein Teil der fragmentierten DNA in apoptotischen Zellen könnte von unzureichend geschulten Mitarbeitern auch fälschlich als Mikrokerne (MN) klassifiziert worden sein.

(5) Schwer verständlich (discomforting) sind die dramatischen Abweichungen zwischen den im APPENDIX-I aufgeführten Reevaluierungen der Versuchsdaten durch verschiedene unabhängige Labors. Dies könnte vielleicht ein Hinweis darauf sein, dass die Primärbefunde im günstigsten Falle nicht eindeutig, im ungünstigsten Falle fehlerhaft sind.

(6) Diese nicht erwarteten Ergebnisse erfordern auf jeden Fall unabhängige Replikationen.


*Vijayalaxmi, Ph.D. Department of Radiation Oncology,
University of Texas Health Science Center/USA.*



Neues aus der Wissenschaft

Die folgenden Beiträge beziehen sich auf neuere wissenschaftliche Originalarbeiten zur Wirkung hochfrequenter Felder des Mobilfunks. Die Auswahl der Publikationen ist vom Autor Prof. Roland Glaser selbst getroffen und durch sein subjektives Urteil der Relevanz bestimmt.

Roland Glaser



Was sagt eigentlich bisher die Epidemiologie zu möglichen Gefahren der Exposition durch Hochfrequenzfelder im Beruf und im täglichen Leben? Fünf Mitglieder des ständigen Epidemiologie-Komitees der ICNIRP haben in einer umfangreichen Zusammenstellung alle bisher publizierten epidemiologischen Erhebungen zu möglichen Zusammenhängen von Feldern im Frequenzbereich von 100kHz bis 300GHz mit Erkrankungen und Befindlichkeits-Störungen exponierter Personen gesichtet und ausgewertet. Die Daten sind in 9 Tabellen zusammengefasst, gegliedert nach Expositionsart und Symptomen und werden ausführlich diskutiert. Um es vorweg zu nehmen: die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die bisherigen epidemiologischen Befunde keinen schlüssigen und überzeugenden Hinweis liefern, der einen kausalen Zusammenhang zwischen einer Exposition durch Hochfrequenzfelder und irgend einem bedenklichen Gesundheitsschaden erkennen lässt. Andererseits wird jedoch auch festgestellt, dass eben diese Studien zu viele Mängel und Lücken aufweisen, als dass sie einen solchen Effekt mit Sicherheit ausschließen könnten. Dies wird im Einzelnen dargestellt und erörtert: Es beginnt bei dem Mangel an dosimetrischer Bewertung. Es wird darauf hingewiesen, dass die einfache Einteilung der untersuchten Population nach der Ent-

fernung vom Sendemast physikalisch eben so zweifelhaft ist, wie in anderen Untersuchungen das Erfragen nach den Telefoniergewohnheiten. Dann folgt natürlich das immer wieder zitierte Problem der kleinen Zahl: Wenn von 100.000 Menschen im Durchschnitt pro Jahr nur eben 10-15 an einem Hirntumor erkranken, dann reicht diese Zahl der exponierten Personen für eine statistisch abgesicherte Erhebung nicht aus. Bei den anderen Erkrankungen liegen die Zahlen nicht viel anders. Nur Alltags-Beschwerden, wie Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Müdigkeit etc. treten wesentlich häufiger auf. Diese wiederum sind schwerer objektiv zu erfassen und die Studien, welche glauben diese Befindlichkeits-Störungen mit einer Feld-Exposition korrelieren zu können, sind vielen anderen Fehlermöglichkeiten ausgesetzt. Eine dieser, sind natürlich die so genannten „Confounders“, die vielen anderen, zumeist nicht erfassten, oftmals auch nicht erfassbaren Ursachen gesundheitlicher Störungen, an denen unsere moderne Umwelt bekanntlich reich ist. Dies alles sind Bedingungen, welche die epidemiologischen Untersuchungen objektiv stören und welche sich auch bei sorgfältigster Konzeption nicht ganz vermeiden lassen. Als weitere Limitierungen werden angegeben: fehlende Erhebungen zu Langzeit-Expositionen, wobei man die tatsächliche Inkubationszeit hypothetischer Effekte nicht kennt, und fehlende Langzeituntersuchungen an Kindern. Als generelles Problem wird genannt, dass es

bisher keine Hinweise der Biophysik darüber gibt, nach welcher Art der Einwirkungen man eigentlich suchen soll. Die epidemiologischen Erhebungen werden durch irrationale Befürchtungen der Bevölkerung gesteuert, nicht durch wissenschaftliche Hypothesen. Die Empfehlung lautet, wie könnte es auch anders sein: weitermachen! Aber unter Berücksichtigung erkannter Fehler und unter Beachtung möglichst hoher Objektivität und Akkuratess (Ahlbom, A.; Green, A.; Kheifets, L.; Savitz, D., and Swerdlow, A.: *Epidemiology of health effects of radiofrequency exposure. Environmental Health Perspectives.*; 112, 1741-1754. 2004).


Erzeugen Felder des Mobilfunks oxydativen Stress?

Tierische Zellen beziehen ihre Energie aus dem „Verbrennen“, d.h. „Veratmen“, oder chemisch ausgedrückt: dem oxydativen Abbau energiereicher Nährstoffe. Dies ist ein gefährlicher Prozess, denn der Brand im Ofen darf nicht durch Funkenflug auf das Mobiliar übergreifen! Diese „Funken“ sind verschiedene Zwischenprodukte, die bei diesem oxydativen Abbau entstehen. Man fasst sie mitunter auch zusammen als ROS= „reactive oxygen species“. Ihre Konzentration und Lokalisation wird durch ein ausgefeiltes System zellulärer Regulation in Grenzen gehalten. Eine Störung dieses Systems kann zu oxydativem Stress führen und fatale Folgen haben. Es gibt viele Ursachen für solche Störungen, unter anderem eine Temperatur-Erhöhung, und wie verschiedene Autoren vermuten, vielleicht auch die Exposition durch hochfrequente Felder. Diese Hypothese wird von einer Arbeitsgruppe an einer Zellkultur von Mäuse-Macrophagen (J774.16-Stamm) geprüft. Man exponierte die Zellen im Verlaufe von 20-22 Stunden durch ein CDMA-Feld (847,74MHz) und durch ein FMCW-Feld (835,62MHz) mit jeweils $0,80 \pm 0,13$ W/kg. Dabei untersuchte man sowohl unbeeinflusste Zellen als auch solche, denen suboptimal oder optimal bereits chemisch ein oxydativer Stress gesetzt wurde (durch ein Gamma-Interferon bzw. ein bakterielles Lipopolysaccharid). Man analysierte dann sowohl das Auftreten von Oxydations-Species als auch die Aktivierung des zellulären Abwehrsystems und letztlich auch das Überleben der Zellen. Es konnte jedoch kein Einfluss der


Hochfrequenzfelder gefunden werden. Weder bei den unbeeinflussten Zellen wurde ein oxydativer Stress induziert, noch konnte der chemisch induzierte Stress durch die Felder in irgendeiner Weise beeinflusst werden. Die Aussagekraft dieser Negativ-Befunde wird statistisch untermauert (Hook, G. J.; Spitz, D. R.; Sim, J. E.; Higashikubo, R.; Baty, J. D.; Moros, D. G.; Roti Roti, J. L.: *Evaluation of parameters of oxidative stress after in vitro exposure to FMSW- and CDMA-modulated radiofrequency radiation fields. Radiat. Res.* 162, 497-504. 2004).

Neue schwedische Studie zur Korrelation zwischen Krebs an Hörnerven und Handy-Nutzung.

Nachdem diesem Problem vor kurzem bereits in den USA und in Dänemark nachgegangen wurde (Christensen et al. 2004, siehe: „Neues aus der Wissenschaft“, Heft 3, 2004), gibt es jetzt eine neue schwedische Studie, welche die ebenfalls auf schwedischen Daten basierenden Publikationen von Hardell aus den Jahren 1999 und 2002 (siehe: „Neues aus der Wissenschaft“, Heft 1, 2003) kritisch revidiert. Diesmal werden 148 Fälle klinisch erfasster und eindeutig diagnostizierter Fälle akustischer Neurome der Regionen Stockholm, Göteborg und Lund (Einwohnerzahl insges. 3,1 Millionen) ausgewertet und 838 vergleichbaren Kontroll-Personen gegenübergestellt. In persönlichen Gesprächen durch geschultes Personal werden umfangreiche Daten registriert: Telefonier-Gewohnheiten (seit wann und welches Gerät? Stadt oder Land? Freihand? wie häufig?, rechts oder links?), Alter, Geschlecht, soziales Niveau etc. Auch DECT-Telefon-Nutzung wurde erfasst (OR=0,7, Konfidenzintervall: 0,4-1,2), im Folgenden jedoch nicht weiter beachtet. Natürlich rechnen sich die 148 Fälle schnell auf sehr kleine Zahlen herunter, teilt man sie in Gruppen ein. Im Unterschied zu Hardell, dem jedoch methodische Fehler nachgesagt werden, kommen die Autoren zu dem Schluss, dass kein Zusammenhang zwischen Handy-Nutzung und Krebs der Hörnerven nachweisbar ist (OR=1,0, das 95 % Vertrauensintervall: 0,6-1,5). Allerdings ist ein erhöhtes Risiko bei Personen nicht auszuschließen, die das Handy seit mehr als 10 Jahre nutzen. Da die dafür errechnete OR=4,8 jedoch nur auf der



Auswertung von etwa 10 Personen beruht, ist die Aussage sehr unzuverlässig (Vertrauensintervall: 1,1-20,1). Dieser Wert könnte, so die Autoren, entweder bedeuten, dass eine entsprechende Inkubations-Zeit der Krebsgeschwulst erforderlich ist, oder aber, dass die stärkeren Felder der alten Analog-Telefone an diesem Wert schuld sind. Auch könnten die Ergebnisse durch Erinnerungs-Fehler („recall bias“) verfälscht sein: Patienten stellen mögliche Ursachen oft überhöht dar, besonders wenn es sich um das Erinnern an Situationen handelt, die 10 Jahre zurück liegen. Dies betrifft z. B. Angaben über die Häufigkeit der Handy-Nutzung. Ein genereller Fehler solcher Erhebungen kann auch dadurch auftreten, dass Handy-Nutzer die bei dieser Erkrankung auftretende Schwerhörigkeit früher merken, die Krebs-Entwicklung dadurch also zeitiger und damit häufiger diagnostiziert wird. Die verbreitete Gewohnheit des extrem lauten Hörens wird als mögliche Ursache des Krebses (confounder) betrachtet (Lönn, St., Ahlbom, A., Hall, P., and Feychtling, M.: *Mobile phone use and risk of acoustic neuroma. Epidemiology 15, 653-659. 2004*).



Welche biologische Wirkungen könnten Millimeter-Wellen haben? Immer wieder tauchen Publikationen auf, welche diesen, in der früheren Sowjetunion für Therapie-zwecke häufig verwendeten Frequenzbereich untersuchen. Bei einer Eindringtiefe im Gewebe von weniger als 1 mm, so glauben die Autoren aus Experimenten zu schließen, in welchem die Nase von Mäusen bestrahlt wurde, werden offenbar periphere Nerven-Endigungen gereizt und in der Folge auf unbekanntem Wege Killer-Zellen im Blut aktiviert. Schade, dass man als Vergleich zu den 42,2 GHz (31 mW/cm², 30 min) nicht die Einwirkung einer schwachen Infrarot-Strahlung untersucht hat (Makar, V. R.; Logani, M. K.; Bhanushali, A.; Kataoka, M.; Ziskin, M. C.: *Effect of millimeter waves on natural killer cell activation. Bioelectromagnetics 26, 10-19. 2005*).



Verändert sich die Melatonin-Synthese unter dem Einfluss der Felder des Mobilfunks? Obgleich es bisher bereits mehrere Untersuchungen zu diesem

Thema mit negativem Resultat gibt, wird die, für den Bereich der Wechselstrom-Frequenz aufgestellte, jedoch auch dort nicht belegte Hypothese, immer wieder zitiert. In Experimenten mit Mäusen, die in der Dunkelperiode ab 8 Uhr abends bis Mitternacht (die Hauptzeit des Telefonierens in Japan!) mit 1439 MHz eines TDMA-Signals befeldet wurden (Hirn-SAR=7,5 W/kg, mittl. SAR=1,9 bis 2,0 W/kg) konnte nun gezeigt werden, dass weder unmittelbar nach Abschalten des Feldes, noch 6 Stunden danach ein im Vergleich zur Kontrolle veränderter Melatonin-oder Serotonin-Gehalt weder im Blut noch im Pinealorgan auftrat (Hata, K.; Yamaguchi, H.; Tsurita, G.; Watanabe, S.; Wake, K.; Taki, M.; Ueno, S., and Nagawa, H.: *Short term exposure to 1439 MHz pulsed TDMA field does not alter melatonin synthesis in rats. Bioelectromagnetics.; 26, 49-53. 2005*).



Fördern Felder des Mobilfunks das Wachstum von Hirntumoren?

Neben epidemiologischen Erhebungen sind zur Klärung dieser Frage Langzeitexperimente an Versuchstieren erforderlich. Nachdem bereits Adey et al im Jahre 2000 (Cancer Res. 60, 1857), sowie Zook und Simmens ein Jahr später (Radiat. Res. 155, 572, s. auch „Neues aus der Wissenschaft“, 3, 2001) an Langzeitexperimenten mit Ratten keinen Einfluss einer HF-Bestrahlung finden konnten, liegt jetzt eine umfangreiche japanische Studie zu dieser Frage vor. Wie in den beiden anderen Untersuchungen, wurden auch diesmal Hirntumoren in Ratten durch Zugabe von ENU (Ethyl-Nitrose Harnstoff) induziert. Dabei verabreichte man 103 trächtigen Ratten diese Substanz und nutzte dann die 551 Neugeborenen für das Experiment. 16-30 % dieser Tiere erkrankten infolge dieser ENU-Behandlung des Muttertieres nach etwa zweijähriger Lebenszeit an einem Hirntumor. Dies war jedoch unabhängig von der Befeldung mit 1,439 GHz eines TDMA-Signals (90 min pro Tag, 5 Tage der Woche mit einem SAR-Wert im Gehirn von 0,67 und 2,0 W/kg). Es konnten auch keine anderen Unterschiede der befeldeten von den scheinbefeldeten Tieren nachgewiesen werden. Lediglich in Bezug auf die Käfig-Kontrollen, stellte man eine deutlich verlangsamte Wachstumsrate bei den Tieren fest, die dem Stress

der Befeldung oder Schein-Befeldung ausgesetzt waren (Shirai, T.; Kawabe, M.; Ichihara, T.; Fujiwara, O.; Taki, M.; Watanabe, S.; Wake, K.; Yamanaka, Y.; Imaida, K.; Asamoto, M., and Tamano, S.: *Chronic exposure to a 1.439 GHz electromagnetic field used for cellular phones does not promote N-ethylnitrosourea induced central nervous system tumors in F344 rats. Bioelectromagnetics 26, 59-68. 2005).*





Chromatin-Veränderungen bei gesunden und „elektrosensiblen“ Personen nach schwacher Exposition mit 50 Hz und 915 MHz? Lymphozyten aus Blutproben von sieben gesunden Probanden und ebensoviel Personen, die sich selbst als „elektrosensibel“ bezeichnen wurden bezüglich ihrer Reaktion auf eine zweistündige Exposition durch Magnetfelder von 50 Hz (0,015 mT) und GSM-Signalen eines Mobiltelefons (915 MHz, 37 mW/kg) untersucht. Es konnte weder nach 24, noch nach 48 Stunden ein Einfluss auf die Apoptose der Zellen gefunden werden. Auch der Nachweis der Expression eines für Brustkrebs spezifischen Gens durch Reaktionen mit einem Anti-53BP1-Antikörper zeigte keine signifikanten Resultate. Lediglich die von Belyaev immer wieder genutzte AVTD-Technik („Anomalous Viscosity Time Dependencies“), die von anderen Autoren als völlig unspezifisch abgelehnt wird, weist unmittelbar nach der Exposition Differenzen auf (bei 50 Hz – $p < 0,015$, bei 915 Hz – $p < 0,004$), die jedoch nach zwei Stunden wieder verschwinden und als Chromatin-Kondensation gedeutet werden. Daraus schließen die Autoren, ihre Untersuchungen hätten für schwache 50-Hz-ebenso wie für Mobilfunk-Felder einen stressähnlichen Effekt ergeben, ähnlich dem, der durch Hitzeschock hervorgerufen werden kann. Signifikante Unterschiede zwischen Kontroll-Probanden und „Elektrosensiblen“ werden aus den Ergebnissen nicht herausgelesen. Sowohl die Einleitung als auch die Diskussion der Arbeit widerspricht üblichen wissenschaftlichen Gepflogenheiten. In beiden Abschnitten werden lediglich solche Autoren zitiert, die glauben, positive Effekte gefunden zu haben, unabhängig davon, ob ihnen längst methodische Fehler nachgewiesen, bzw. die Ergebnisse durch neuere Experimente widerlegt


wurden. Kritische Arbeiten, bzw. Publikationen, welche den vergeblichen Versuch enthalten, diese Ergebnisse zu reproduzieren, werden schlicht ignoriert. Auch gibt es keine Erklärung dafür, warum die Autoren einerseits eine hohe Frequenz-Spezifität der Effekte postulieren, andererseits die durch völlig unterschiedliche Mechanismen wirkenden Felder von 50 Hz und 915 MHz in einen Topf werfen (Belyaev, I. Y.; Hillert, L.; Protopopova, M.; Tamm, C.; Malmgren, L. O. G.; Persson, B. R. R.; Selivanova, S.; Harms-Ringdahl, M.: *915 MHz microwaves and 50 Hz magnetic field affect chromatin conformation and 53BP1foci in human lymphocytes from hypersensitive and healthy persons. Bioelectromagnetics 26, 173-184. 2005).*



Aktivieren Handys wirklich die Hitzeschockproteine? In letzter Zeit publizierten eine Reihe von Autoren Daten über die Expression von Hitzeschock- und anderen Proteinen und glauben darin sogenannte „nicht-thermische“ Reaktionen der Zellen auf schwache Felder des Mobilfunks gefunden zu haben. Ian Cotgrave von der Abteilung Biochemische Toxikologie des Karolinska Instituts (Stockholm) diskutiert diese Resultate und stellt sie in das Licht eines Anpassungs- und Regulationssystems der Zelle, das in dieser Weise auf viele chemische und physikalische Parameter reagiert. Dabei gibt er generell zu bedenken, dass Schutz- und Reparaturproteine, zu denen die Hitzeschock-Proteine (HSP) gehören, in der Zelle in einem regulierten Fließgleichgewicht vorliegen, d. h. ständig auf- und auch wieder abgebaut werden. Sinnvolle Aussagen über Veränderungen kann man nur treffen, wenn der ganze Prozess erfasst wird und nicht nur eine veränderte Expression derselben. 13 Publikationen mit teils negativen, teils positiven Resultaten zur HSP-Expression durch Hochfrequenzfelder werden tabellarisch zusammengefasst und im Detail diskutiert. Die Ergebnisse sind widersprüchlich, teilweise methodisch nicht überzeugend, generell jedoch schon deshalb schwer vergleichbar, weil sich die Versuchsbedingungen, wie Expositionsparameter und Zellarten von Fall zu Fall unterscheiden. Auch die bisher durchgeführten Tierversuche konnten




zumindest bei den Feld-Intensitäten des Mobilfunks keinen überzeugenden Nachweis für einen derartigen Effekt erbringen. Die moderne Analysentechnik nutzend erscheinen derzeit auch verstärkt Publikationen über Gen-Aktivierung und Expression von Proteinen mit verschiedensten zellbiologischen Funktionen. Wenn sich auch aus diesen Ergebnissen noch kein konsistentes Bild ergibt, so ist doch nach Mechanismen zu fragen, die für solche Reaktionen verantwortlich sein könnten und vor allem nach dem biophysikalischen Sinn der Bezeichnung „nicht-thermisch“. Auch hier gibt es unterschiedliche Meinungen darüber, ob die Absorption der Hochfrequenzfelder eventuell zu einer Verstärkung der thermischen Schwingung bestimmter Proteine führen könnte und damit etwa zu einer funktionswirksamen Konformationsänderung derselben. Der Autor gibt zum Schluss Empfehlungen über Erfordernisse weiterer Forschung. Abgesehen von der eigentlich selbstverständlichen Notwendigkeit einer sauberen Applikations-Apparatur, bezieht sich seine Empfehlung hauptsächlich auf die Standardisierung der zu verwendenden Zellen, wobei primären Kulturen menschlicher Zellen der Vorzug gegenüber Krebs-Zell-Linien und Tiermodellen zu geben ist. Ferner scheint eine Verbesserung der analytischen Methoden unter Einschluss einer aussagefähigen Statistik erforderlich. Ohne weitere Forschung über molekulare Vorgänge bei der Absorption von HF-Feldern sind Aussagen über eine Frequenz- und Modulations-Spezifität, sowie über Dosis-Wirkungs-Kurven nicht möglich. Rückschlüsse auf gesundheitliche Auswirkungen und eine wissenschaftliche Begründung von Grenzwerten sind nur möglich, wenn die Effekte in einen organismischen Kontext gebracht werden (*Cotgrave, I. A.: Biological stress responses to radio frequency electromagnetic radiation. Are mobile phones really so (heat) shocking? Arch. Biochem. Biophys. 435, 227-240. 2005*).



Immer noch Grenzwert-Diskussion mit Ron Petersen vom ICES. Wir berichteten bereits im vorigen Heft über die Kritik von Martin Blank und Reba Goodman an den Unbedenklichkeits-Schlüssen der Mitglieder des „International Committee of Electromagnetic Safe-

ty“ (ICES), speziell von dessen Subkomitee SC4 hinsichtlich der Grenzwerte, dargelegt in dem Sonderband der *Bioelectromagnetics* im Jahre 2003 und über die Entgegnung darauf durch dessen Vorsitzenden, Ron Petersen. Dieser wies die Kritik mit dem Argument zurück, Grenzwerte könnten nicht auf unbestätigten Hypothesen, sondern nur auf der Basis wissenschaftlicher Fakten begründet werden. Jetzt meldet sich Cindy Sage von der Sage Association in Californien zu Wort und macht geltend, die von den Mitgliedern des SC4 verwendete Definition gesundheitsschädlicher Effekte sei zu eng gefasst, weit enger, als jene der WHO. Auch wird der alte Vorwurf wiederholt, die Mitglieder des Komitees seien von der Industrie bezahlt und dadurch nicht unabhängig. Petersen geht auf den zweiten Vorwurf nur insoweit ein, als dass er um den Nachweis unbeachteter gebliebener seriöser wissenschaftlicher Daten bittet. Ansonsten sieht er keine Probleme, auch der WHO-Definition gesundheitlicher Gefahren zu folgen, die bekanntlich nicht nur Krankheiten, sondern auch „discomfort“ einschließt, indem sie Gesundheit als einen Zustand „kompletten physischen, mentalen und sozialen Wohlbefindens“ definiert (wer von uns fühlt sich in diesem Sinne „gesund“?). In den Reviews des oben angeführten Sonderbandes, so Petersen, seien zwar einige Autoren mit Ergebnissen zitiert, die zu Bedenken bezüglich derartiger Gesundheitsrisiken Anlass geben könnten, keines dieser Resultate entspräche jedoch den erforderlichen Bedingungen wissenschaftlicher Zuverlässigkeit. Die in den Reviews getroffenen Einschätzungen reflektierten nicht nur die Meinung der ICES und ihrer mehr als 100 internationaler Experten; sie seien darüber hinaus völlig konform mit den Schlussfolgerungen von mehr als 17 weiteren Sachverständigen-Gremien, inklusive der WHO (*Sage, C.: Comment on "Reviews of the effects of RF fields on various aspects of human health" [Bioelectromagnetics Supplement 6 (2003)]: Bioelectromagnetics 26, 157-158. 2005; Petersen, R.: ICES reply. ebenda: 159-160*).



Biochemische Veränderungen im Ratten-Hirn nach intensiver Bestrahlung mit GSM-900 MHz. Wird der

Kopf von Ratten 15 Minuten einem mit 127 Hz gepulsten intensiven 900 MHz Feld ausgesetzt, so lassen sich signifikante biochemische Veränderungen an verschiedenen Neurorezeptoren feststellen. Dabei wird der mittlere SAR-Wert im Gehirn mit 6 W/kg angegeben, der Maximalwert jedoch mit $15,5 \pm 5$ W/kg (warum keine Streuung beim Mittelwert?). Auf das Verhalten der Tiere (Bewegungstest unmittelbar nach der Befeldung) scheint das keinen Einfluss zu haben. Die Autoren vermuten, dass Modifikationen verschiedener Phosphatasen die Ursache der gemessenen Effekt sind. Thermische Effekte glauben sie ausschließen zu können, indem sie sich auf Temperaturabschätzungen berufen und auf die regulative Rolle der Blutzirkulation (wie wird aber diese aktiviert?). Die Autoren betonen, dass sich diese Ergebnisse nicht unbedingt auf den Menschen übertragen lassen, einmal wegen der hier verwendeten hohen Intensität, zum anderen im Hinblick auf die geometrischen Unterschiede (*MaussetBonnefont, A. L.; Hirbec, H.; Bonnefont, X.; Privat, A.; Vignon, J.; deSeze, R.: Acute exposure to GSM 900-MHz electromagnetic fields induces glial reactivity and biochemical modifications in the rat brain. Neurobiology of Disease. 17, 445-454.2004.*).

Tägliche Nutzung des Handys beeinflusst nicht die kognitiven Leistungen. Bisher gibt es widersprüchliche Meinungen darüber, ob die Felder eines am Ohr gehaltenen Mobiltelefons Einfluss auf Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Reaktionsgeschwindigkeit etc. haben. Diese sich zum Teil widersprechenden Tests wurden bisher unmittelbar während der Befeldung durchgeführt. Jetzt liegt eine Untersuchung vor, in welcher 28 von 55 Personen beiderlei Geschlechts zwischen 18 und 40 Jahren, die zu den Wenignutzern eines Handys gehören (täglich weniger als 10 Minuten) veranlasst wurden, sich 5 Tage pro Woche zwei Stunden lang im Sessel sitzend, fernsehend, das Handy in gewohnter Art, mit aufgestütztem Arm am Ohr haltend, exponieren zu lassen (Exposition: 900 MHz, 217 Hz gepulst, 0,54 W/kg mittl. SAR in Phantom-Kopf gemessen). Der Rest der Gruppe hielt ein ausgeschaltetes Gerät. Verschiedene Psychotests beglei-

teten diesen streng im Doppelblind-Verfahren durchgeführten Versuch, der 45 Tage dauerte. In keinem der 22 verschiedenen Testverfahren konnten Unterschiede zwischen den exponierten und unexponierten Personen festgestellt werden. Fehlermöglichkeiten, die eventuell zu den widersprüchlichen Ergebnissen anderer Autoren haben führen können, werden diskutiert. Als Hauptursache wird genannt, dass es sich dabei zwar um Blind- aber nicht um Doppelblind-Versuche handelte (*Besset, A.; Espa, F.; Dauvilliers, Y.; Billiard, M.; deSeze, R.: No effect on cognitive function from daily mobile phone use. Bioelectromagnetics 26, 102-108. 2005.*).

Beeinflussen Mobilfunk-Felder das Verhalten von Ratten?

Eine endlose Geschichte. Wir berichteten bereits mehrfach über die Experimente aus der Arbeitsgruppe um Henry Lai (Univ. of Washington, Seattle), der nicht nur durch die Befeldung von Ratten mit 60 Hz Magnetfeldern, sondern bereits 1994 auch durch Felder des Mobilfunks glaubte einen Einfluss auf das Verhalten dieser Tiere nachweisen zu können (*Bioelectromagnetics 15, 95*). In dieser Meinung sieht er sich durch eigene weitere Untersuchungen bestätigt (siehe „Neues aus der Wissenschaft im vorausgegangenen Heft!) und bestreitet, dass andere Befunde als vergeblicher Versuch der Replikationen seiner Experimente gelten könnten (*Bioelectromagnetics 2005, 26, 81*). Allerdings steht er mit dieser Meinung allein, denn mehrere andere Gruppen versuchten vergeblich derartige Effekte zu erzielen (*Sienkiewicz et al: Bioelectromagnetics 2000, 21, 151; Dubreuil et al.: Behav. Brain Res. 2003, 145, 51; Cobb et al.: Bioelectromagnetics 2004, 25, 49*). Nun liegt eine weitere Untersuchung von einer französischen Arbeitsgruppe vor, die mit gleichen Feldparametern wie Lai arbeiten (245 GHz, 500 Hz Pulse, 0,6 W/kg), jedoch ebenfalls keine Effekte finden konnten. Allerdings geht es hier nicht um Orientierungs- und Gedächtnisleistungen, vielmehr wird eine Teststrecke verwendet, die man in der Verhaltensforschung nutzt, um den Grad der Verängstigung der Tiere zu testen. Dabei haben die Tiere die Wahl zwischen zwei Alternativen, d. h. vier Gängen: zweien, die mehr dem

Verkriechen dienen, und zwei offenen, die Aktivität versprechen. Der Drang zum Verkriechen nimmt mit steigender Beleuchtung (2,5 - 30 Lux) zu und lässt sich andererseits durch Pharmaka (Diazepam) dämpfen. Beide Einflüsse wurden als Positiv-Kontrollen verwendet. Eine signifikante Veränderung dieses Verhaltens konnte nicht gefunden werden, wenn die Tiere vor dem Test 45 Minuten lang dem o. g. Feld ausgesetzt wurden (Cosquer, B.; Galani, R.; Kuster, N.; Cassel, J. C.: *Whole-body exposure to 2.45 GHz electromagnetic fields does not alter anxiety responses in rats a plus-maze study including test validation. Behav. Brain Res. ; 156, 65-74.2005*).

900 MHz GSM-Felder verursachen erste Apoptose-Schritte in weißen Blutkörperchen, 1800 MHz hingegen nicht? Wir berichteten im Heft 4 (2004) über eine Arbeit aus der Universität Bologna (Capri et al., Rad. Res. 162, 211, 2004) welche zeigte, dass Lymphozyten aus menschlichen Spender-Blut durch den Einfluss gepulster, nicht jedoch ungepulster 900 MHz-Felder nach Behandlung mit einem Apoptose-Stimulator (dRib) im Vergleich zu den Kontrollen eine gewisse Verstärkung erster Apoptose-Schritte zeigten. Die Autoren halten jedoch eine Verifizierung der Ergebnisse für erforderlich. Diese Empfehlung ist unter Beachtung einer weiteren Arbeit der gleichen Gruppe zu unterstreichen, die ähnliche Untersuchungen mit 1800 MHz durchführte. Obgleich man den SAR-Wert von 0,07 W/kg in der vorigen Untersuchung auf 1,4 bis 2,0 W/kg erhöhte, konnten diesmal keine Einflüsse gefunden werden. Die Autoren ziehen den richtigen Schluss, dass die Befunde offenbar von vielen schwer kontrollierbaren Faktoren abhängen und die Experimente deshalb höchste Qualitätsstandards aufweisen müssen (Capri, M.; Scarcella, E.; Bianchi, E.; Fumelli, C.; Mesirca, P.; Agostini, C.; Remondini, D.; Schuderer, J.; Kuster, N.; Franceschi, C.; Bersani, F.: *1800 MHz radiofrequency (Mobile phones, different Global System for Mobile communication modulations) does not affect apoptosis and heat shock protein 70 level in peripheral blood mononuclear cells from young and old donors. Intern. J. Radiat. Biol. 80, 389-397. 2004*).

Veranstaltungsvorschau Herbst 2005

- Vom 3. bis 4. Oktober findet in Trondheim/Norwegen das 9. Management Committee Meeting der Europäischen Forschungsinitiative COST 281 statt, das wie immer mit einem Workshop verbunden ist – diesmal zum Thema „Biologische Aspekte der EMF-Exposition beruflich genutzter Kommunikationssysteme“ und „Potenzieller Einfluss von Hochfrequenzfeldern auf die menschliche Fortpflanzung“. Mehr Informationen zu diesem zweigeteilten Workshop sind in Kürze unter www.cost281.org zu finden.
- Ein internationaler Workshop zur Anwendbarkeit der neuen Untersuchungstechniken Proteomics und Transcriptomics in der EMF-Forschung ist vom 30. Oktober bis 1. November in Helsinki/Finnland geplant. Das Programm und das Anmeldeformular sowie weitere Informationen sind unter http://www.who.int/peh-emf/meetings/proteomics_helsinki05/en/ bzw. http://www.cost281.org/documents.php?node=99&dir_session auffindbar.
- Die vom 16. bis 18. November 2005 in Münster/Deutschland stattfindende „2. Europäische Polizeitechnik-Konferenz (EPTK)“ wird sich dieses Jahr auch mit dem Thema Elektromagnetische Umweltverträglichkeit befassen.
- Der diesjährige internationale Herbstworkshop der FGF in Kooperation mit COST 281 und dem Baden-Württemberg Ministerium für Umwelt und Verkehr trägt den Titel „Subtile thermische Effekte von HF-Feldern in vitro und in vivo“. Tagungsort ist Stuttgart/Deutschland, Termin der 21. bis 23. November. Ausführliche Informationen sind in Kürze unter www.fgf.de und www.cost281.org abrufbar.
- Eine Informationsveranstaltung des österreichischen FMK (Forum Mobilkommunikation) in Zusammenarbeit mit der FGF zum Thema „Beeinflussen UMTS-Mobilfunkfelder die Gesundheit? - Ein Überblick über den Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse“ wird zur Zeit organisiert. Sie richtet sich vor allem an Politiker, Behörden und Journalisten und wird vom 28. bis 29. 11. in Wien abgehalten. Konferenzsprache ist deutsch.

Für dieses Jahr sind noch eine Reihe weiterer Veranstaltungen geplant. Sobald dazu Details bekannt werden, finden Sie diese kurzfristig unter <http://www.fgf.de/aktuell/veranstindex.html> und in der FGF-Infoline.

BfS legt Zwischenbilanz zum Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm vor

Im Rahmen des 3. Fachgesprächs zum Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm (DMF) im April 2005 hatte das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) Wissenschaftler, Ärzte, Mobilfunknetzbetreiber sowie Verbraucher- und Interessensverbände nach Berlin geladen, um eine Zwischenbilanz zu den bisher erfolgten Aktivitäten zu ziehen, Ergebnisse zu erläutern und über die zukünftige Vorgehensweise zu diskutieren. Das Ziel des DMF besteht darin, vorhandene Unsicherheiten in der Bewertung potenzieller biologischer und gesundheitlicher Wirkungen von elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks durch entsprechende Forschungsprojekte zu verringern bzw. zu beseitigen. Die Identifizierung der Wissenslücken erfolgte auf Basis des internationalen Kenntnisstands, wobei auch die Research Agenda der Weltgesundheitsorganisation (WHO), die Forschungsempfehlungen der deutschen Strahlenschutzkommission sowie – für die neuen Planungen – die Vorschläge der Teilnehmer der vorangegangenen Fachgespräche zum DMF berücksichtigt wurden. Das DMF gliedert sich in die vier Arbeitsbereiche Biologie, Epidemiologie, Dosimetrie und Risikokommunikation. Insgesamt wurden für das Projekt 17 Millionen Euro zur Verfügung gestellt – hälftig getragen vom Bundesumweltministerium (BMU) und den Mobilfunknetzbetreibern.

Weiterführende Informationen, die Reden sowie die Zwischen- und Endberichte der einzelnen Projekte können im Internet auf dem DMF-Portal eingesehen werden: <http://www.deutsches-mobilfunk-forschungsprogramm.de>

COMAR erläutert die Entwicklung von EMF-Grenzwerten

Das "Committee on Man and Radiation" (COMAR) innerhalb des IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) hat in einem technischen Informationsstatement die Grundprinzipien und Entstehung der IEEE-Grenzwerte hochfrequenter elektromagnetischer Felder dargestellt. Neben der historischen Entwicklung und Erläuterung des wissenschaftlich begründeten Weges zur Grenzwertfindung geht das Statement auch auf die oftmals von Laien geäußerten Bedenken ein (z. B. „Würden Langzeiteffekte und nichtthermische Effekte bei der Grenzwertfindung berücksich-

tigt?“, „Andere Länder haben niedrigere Grenzwerte als nach IEEE-Standard“).

Das Statement ist im Wortlaut im Internet zu finden: <http://ewh.ieee.org/soc/embs/comar/standards/TIS.pdf>.

Mainzer EMF-Wachhund: Weniger Gesundheitsstörungen als angenommen

Nach Abschluss der ersten Projektphase fand die Projektgruppe „Mainzer EMF-Wachhund“ weniger Beschwerden über Gesundheitsstörungen durch elektromagnetische Felder als bisher auf Basis von Surveydaten des Bundesamtes für Strahlenschutz angenommen wurde. Im betrachteten Zeitraum von Oktober 2003 bis Januar 2005 beklagten sich 189 Menschen über gesundheitliche Beeinträchtigungen bei der extra eingerichteten Internetmeldestelle des Projektes, das auf eine gemeinsame Initiative des Ministeriums für Umwelt und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz und der Johannes Gutenberg-Universität Mainz zurückgeht. Bei einer zusätzlich durchgeführten Befragung wurden 4114 Haushalte in zwei Mainzer Stadtteilen angesprochen. In 28 Haushalten fanden sich durch elektromagnetische Felder beeinflusste Menschen.

In ihren Schlussfolgerungen merkt die Projektgruppe an, dass die Internetmeldestelle durchaus geeignet ist, sich ein Bild über Art und Ausmaß der Beeinträchtigungen zu verschaffen, aber wegen der geringen Anzahl der Meldungen eine epidemiologische Auswertung zur Quantifizierung der Probleme nicht möglich ist. <http://www.muf.rlp.de/inhalt/106/download/Watchdog-Abschlussbericht.pdf>

Mobilfunkmessreihe in Niedersachsen

Unter der Schirmherrschaft des Niedersächsischen Umweltministeriums führte der TÜV Nord die aktuelle Messkampagne des Informationszentrum Mobilfunk (IZMF) durch. In 24 Städten des Landes und auf der Insel Borkum wurde die Stärke der auftretenden Mobilfunkfelder unter besonderer Berücksichtigung von UMTS-Sendeanlagen ermittelt. Dabei wurden mit 24-Stunden-Langzeitmessungen tageszeitliche Schwankungen berücksichtigt und erstmals auch die Felder der neuen DVB-T-Sender des digitalen terrestrischen Fernsehens gemessen. Die Auswahl der Kommunen, in denen gemessen wurde, erfolgte in Kooperation mit



dem Niedersächsischen Städtetag, dem Niedersächsischen Städte- und Gemeindebund sowie dem Niedersächsischen Landkreistag, die Kommunen waren aufgefordert, die Antennenstandorte zu benennen.

Nach Abschluss der Messungen wurden die Ergebnisse in Hannover, Oldenburg, Braunschweig und Lüneburg präsentiert. Die Messreihe in Niedersachsen ist die Fortführung der Aktionen in Nordrheinwestfalen und Hessen.

<http://www.izmf.de/html/de/39565.html>

Jahresgutachten 2004 zur Umsetzung der Zusagen der Selbstverpflichtung der Mobilfunkbetreiber

In ihrem dritten Jahresbericht zur Umsetzung der Selbstverpflichtung vom Dezember 2001 ziehen die Gutachter (das Deutsche Institut für Urbanistik, die Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e. V. und das Beratungsunternehmen WIK GmbH) eine insgesamt positive Bilanz: Kommunikation und Partizipation zwischen Betreibern und Kommunen funktionieren auf Basis der Selbstverpflichtungserklärung im Wesentlichen gut.

Trotz der deutlich verbesserten und routinemäßigen Abstimmung zwischen Kommunen und Betreibern sei die Zahl der konfliktbehafteten Fälle gegenüber 2002 aber nicht wesentlich zurückgegangen. Das Gutachten empfiehlt daher, dass die Betreiber sich in strittigen Fällen noch mehr auf den Diskussionsprozess mit engagierten Bürgerinnen und Bürgern und den kommunalen Vertretern im Einzelnen einlassen und sich Kommunen durchgängig an den in Deutschland festgelegten Grenzwerten und in der „Verbändevereinbarung“ empfohlenen Verfahrensweisen orientieren.

http://www.bmu.de/files/strahlenschutz/downloads/application/pdf/jahresgutachten2004_mobilfunk.pdf

MUT: Verdacht auf gesundheits-schädliche Wirkungen des Mobilfunks nicht erhärtet

25 Experten aus Deutschland und der Schweiz haben im wissenschaftlichen Dialog mit der Programmgruppe Mensch Umwelt Technik (MUT) des Forschungszentrums Jülich Forschungsarbeiten aus den sechs Themenfeldern

- Genotoxische (erbgutschädigende) Effekte durch hochfrequente elektromagnetische Felder,
- tierexperimentelle Studien zu Krebs,
- epidemiologische Studien zu Krebs,
- Auswirkungen auf das zentrale Nervensystem sowie auf kognitive Funktionen und Schlaf,
- Befindlichkeitsstörungen und
- Auswirkungen auf die Blut-Hirn-Schranke.

der Jahre 2000 bis 2004 ausgewertet:

Wesentliche Neuerung bei der Risikobewertung war dabei die Entwicklung eines Evidenzschemas, das eine transparente Zusammenfassung der Argumentationen der Experten bietet.

In den meisten Fällen fanden die Gutachter keine gesundheitlich nachteiligen Wirkungen elektromagnetischer Felder. Bei den Befindlichkeitsstörungen und der Elektrosensibilität waren keine klaren Aussagen möglich, u. a. auch wegen schwacher Befundlagen. Zwar gebe es Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Kopfschmerz und Handynutzung, ein Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Kopfschmerz sei jedoch unsicher. Die Ursache könnte auch bloßer Telefonstress sein.

Insgesamt, so schließen die Gutachter, erhärtet sich im Hinblick auf die sechs untersuchten Bereiche die Hypothese nicht, dass EMF des Mobilfunks gesundheits-schädliche Wirkungen haben.

Informationen unter:

http://www.emf-risiko.de/projekte/ergeb_bewlit.html

Forschungsstiftung Mobilkommunikation legt Jahresbericht 2004 vor

Der Jahresbericht 2004 gibt einen ausführlichen Überblick über die laufenden Aktivitäten der Schweizer Forschungsstiftung Mobilkommunikation, deren Ziele insbesondere in der Förderung von innovativen Forschungsprojekten auf dem Mobilfunksektor und der Aufarbeitung und Verbreitung von entsprechenden Forschungsergebnissen in Wissenschaft und Gesellschaft liegen.

Bezüglich der Forschung wird berichtet, dass im Jahr 2004 aus 25 Projektanträgen vier neue Forschungsprojekte mit einem Gesamtbudget von etwa 400 000 SFr beauftragt wurden, darüber hinaus wurde eine follow-up-Studie zur holländischen TNO-Studie vergeben. Weiterhin wird ein Überblick über die laufenden und abgeschlossenen Projekte, Fachpublikationen und Öffentlichkeitsarbeit eingegangen.

Nähere Details unter:

<http://www.mobile-research.ethz.ch/var/jb2004.pdf>

Publikationen

Alle FGF-Publikationen sind auch online auf unserer Web-Seite verfügbar und können kostenfrei abonniert werden: <http://www.fgf.de/service/abo.html>

Impressum

Newsletter der FGF e.V.

Herausgeber:

Forschungsgemeinschaft Funk e.V.

Rathausgasse 11a

D-53111 Bonn

Telefon: 0228 / 726 22-0

Telefax: 0228 / 726 22 11

E-Mail: info@fgf.de

Internet: <http://www.fgf.de>

Verantwortlich:

Gerd Friedrich

Konzeption und Redaktion:

Regina Reichardt (Leitung),

Fred Breit, Uwe Möbius

Urheberrechte:

Namentlich gekennzeichnete Beiträge sind urheberrechtlich geschützt und stellen nicht immer die Meinung der Redaktion dar.

Entwurf:

Kurt Günther, Dortmund

Layout, Grafik:

setz it. Richert GmbH,

Sankt Augustin

Bildnachweis:

S. 4-13: Wienert/Drießen,

S. 14-17: Grutsch, S. 19:

Haberland, S. 25: Stöcker,

S. 28-30: Baldauf, S. 32-41:

Bahr, alle anderen: Archiv

Erscheinungsweise:

4 x jährlich

Auflage:

4.500 Exemplare

Nachdruck und Reproduktion erwünscht

ISSN 0949-8745