

NEWS *letter*



Spektrum

- Erhitzte Gemüter

Tagungen

- BEMS 2006

EMVU und Technik

- Einsatz des SAR-Messkopfes im Unterricht (online)

Forschung

- Blutuntersuchungen (online)
- Biophysikalische Primärreaktionen
- Abschluss der Aktion COST 281
- Neues aus der Wissenschaft

Nachrichten

FGE

Forschungsgemeinschaft Funk e.V.



Editorial

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

den Schwerpunkt haben wir in diesem Heft auf die Berichterstattung über Biophysikalische Primärreaktionen gelegt. Prof. Glaser fasst in seinem Aufsatz vorhandene Forschungsergebnisse über eine mögliche nicht-thermische Wirkung hochfrequenter Felder im Intensitätsbereich gültiger Grenzwerte zusammen. Außerdem gibt es „online“ zwei Artikel zu Blutuntersuchungen als Auftakt zu einer neuen Serie, die wir in den nächsten Ausgaben fortführen werden. Unter der Rubrik „Forschung“ lesen Sie von Dipl.-Ing. Michaelis über die „COST 281 Aktion“, die in diesem Herbst ihrem Ende entgegen geht, und schließlich – ebenso von Prof. Glaser – „Neues aus der Wissenschaft“. Hier gibt es einige strukturelle Verbesserungen. So wurden Forschungsberichte zu gleichen Themen zusammengefasst und mit einem entsprechenden Titel versehen. Der Leser hat so einen besseren Überblick und kann auswählen, aus welchem Gebiet er zuerst (oder nur) erfahren möchte.

Nanu? Heft drei steht traditionell für eine breite Berichterstattung über die BEMS, dem Jahrestreffen der Bioelektromagnetischen Society, der alljährlich stattfindenden „Nabelschau“ der EMVU-Forscher. Sie sprengte umfangmäßig oftmals den Rahmen des Newsletters und ist nicht für jeden Leser von hohem Interesse, wie die letzte Umfrage ergab. Daraus haben wir Konsequenzen gezogen und uns den Leserwünschen angepasst.

Unter „Tagungen“ finden Sie einen Kurzbericht zur „BEMS 2006“, die wir in diesem Jahr nur knapp beleuchten. Wer es ausführlicher mag, sei auf un-

sere online-Ausgabe sowie die Internetadresse www.bioelectromagnetics.org verwiesen, die alle Abstracts und Poster zeigt und dem stärker interessierten Leser alle Informationen bietet.

Ruhig und verhalten war es in der EMVU-Szene. Man kann getrost von einem Sommerloch sprechen; es gab keine „großen“ Neuigkeiten. Erst fast zum Ende erweckte ein Beitrag in „ZEIT Wissen“ kurzfristig die Aufmerksamkeit, wurde dankbar von einigen wenigen Zeitungen und Zeitschriften aufgegriffen und verstärkt, um nicht zu sagen übertrieben, aufgeblasen und die Phantasie anregend dargestellt. Man schrieb von der „Erhitzung menschlicher Gehirne“. Dann kam – für Insider wenig überraschend – das Dementi des Interviewten selbst.

Wir fühlen uns aufgerufen, hierzu einige Erläuterungen zu geben und die Tatsachen darzustellen. Sie finden diese gleich zu Anfang unter der Rubrik Spektrum.

In der Rubrik „EMVU und Technik“ beschreiben wir, wie in Bayern der „SAR-Messkopf“ (wir berichten in Heft 1/2006 ausführlich darüber) Eingang in den Unterricht findet, um den Schülern realistische Erkenntnisse für die Einwirkungen von Handys auf den Kopf zu vermitteln.

Mit den „Nachrichten“ beschließen wir dieses Heft in gewohnter Weise.

In der Hoffnung, auch dieses Mal wieder ein interessantes Heft für Sie zusammengestellt zu haben und auf einen angenehm sonnigen Herbst, verbleibe ich,

Ihr Gerd Friedrich



Inhalt

Spektrum

- Erhitzte Gemüter (Dr. rer. nat. F. Gollnick)

4

Tagungen

- BEMS 2006
(Dr.-Ing. G. Friedrich, Dr. rer. nat. F. Gollnick,
Dipl.-Biophys. Lutz Haberland)

7



EMVU und Technik

- Einsatz des SAR-Messkopfes im Unterricht
(Dr. Heinrich Eder)

9

Forschung



- Blutuntersuchungen
(Prof. Dr. A. Lerchl, Th. Scharfstädt)
- Biophysikalische Primärreaktionen
(Prof. Dr. R. Glaser)
- Abschluss der Aktion COST 281
(Dipl.-Ing. W. Michaelis)

9

10

22

Rubriken

- Neues aus der Wissenschaft (Prof. Dr. R. Glaser)
- Nachrichten (Dipl.-Ing. U. Möbius)
- Impressum

27

33

36



Erhitzte Gemüter

Wie ein Interview über die Forschungsergebnisse eines Materialforschers die Mobilfunkdebatte neu entfacht

Frank Gollnick

Normalerweise stehen Ergebnisse aus der Nano- und Kolloidforschung nicht auf Titelseiten von Magazinen oder in Überschriften von Tageszeitungen. Umso überraschter reagierte die Fachöffentlichkeit, als neueste Forschungsergebnisse des Materialforschers Markus Antonietti, Direktor des Max-Planck-Instituts für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Golm bei Postdam, auf die Titelseite des Magazins 'Zeit Wissen' und in die Schlagzeilen der 'Hamburger Morgenpost' gebracht wurden.

Verwundert las man kürzlich, dass es dem Professor im Zuge seiner Forschung zur Energieabsorption gelungen sei festzustellen, dass Handygebrauch zu einer übermäßigen Erhitzung des Gehirns durch Mikrowellen führe. Garniert mit den Ergebnissen einer von Zeit Wissen bei TNS-Emnid beauftragten Umfrage, nach der über die Hälfte der Deutschen Gesundheitsrisiken durch Handys fürchten, löste dieser Bericht eine Reihe von Pressemeldungen aus.

Hier die Fakten: Der Autor des 'Zeit Wissen'-Artikels „Heisse Gespräche“ (Ausgabe 5/2006) fehlinterpretierte Antoniettis Äußerungen bei einem Interview dahingehend, dass er die modellhaft an Öl-Wasseremulsionen gewonnenen Forschungsergebnisse direkt auf die Verhältnisse an den Synapsen menschlicher Gehirne übertrug und hieraus weitreichende Folgen ableitete. So sollen sich winzige Bläschen („Vesikel“), die in den Nervenzellen am synaptischen Spalt zur Freisetzung und Aufnahme von Neurotransmitterstoffen auftreten, bei der normalen Benutzung von Mobilfunkgeräten auf 100 °C und mehr aufheizen. Weitere Medien griffen die Information kritiklos und als Sensation verarbeitet auf. So titelte zum Beispiel die 'Hamburger Morgenpost': „*Risiko Handy: Strahlen „grillen“ Hirnzellen mit 10 000 Grad*“.

In der wissenschaftlichen Originalpublikation, die gegenwärtig für den Druck vorbereitet wird und der FGF im Wortlaut vorliegt, ist nichts von solchen Zusammenhängen zu lesen. Dort geht es nur um Grundlagenforschung über die Energieabsorption an polaren Doppelschichten, die an den Begrenzungen sehr kleiner Wassertröpfchen mit gelösten Ionen in einem Ölbad auftreten. Antonietti hatte dem Journalisten von 'Zeit Wissen' nach eigenen Angaben lediglich mitgeteilt, dass die Ionenpolarisationen an den Grenzflächen dazu führen, dass dort Hochfrequenzfelder um das Hundert- bis Tausendfache stärker absorbiert werden könnten als bisher erwartet – eine Tatsache, die in der Wissenschaft jedoch grundsätzlich lange bekannt und unbestritten ist. Kenneth Foster, Biophysik-Professor aus Philadelphia, wies in einem Brief an die Redaktion darauf hin, dass bereits seit den Dreißiger Jahren im Zusammenhang mit Hochfrequenzfeldern an diesem Problem geforscht wird und dass bei den in der Zeitschrift gemachten Aussagen die extrem schnelle Wärmeableitung in sehr kleinen Strukturen völlig unbeachtet blieb. Letzteres bestätigte Antonietti mittlerweile selbst auch gegenüber anderen Journalisten.

Er distanzierte sich in einer Pressemitteilung vom 25. August 2006 von der irreführenden Interpretation

Handystrahlung

Handys haben das menschliche Gehirn zum Kochen gebracht, so ein Institut. Die Forscher haben herausgefunden, dass Handys das menschliche Gehirn zum Kochen bringen und sprechen von „Panikmacher“.

Die „biologischen Folgen“ eines Experiments überprüften die Bedrohung durch Handystrahlung.

„Telefonieren Sie also beruhigt weiter“, so der Forscher.

Ist Handystrahlung gefährlich? Das ist selbst unter Experten umstritten. In Deutschland gilt ein sogenannter SAR-Grenzwert von 2,0 Watt pro Kilogramm Körpergewicht. COMPUTER BILD misst als einziges Magazin die SAR-Angaben der Hersteller nach.

Handystrahlung

seiner Ergebnisse: „Die angegebenen Temperaturen sind wissenschaftlich bedeutungslos, Gehirne werden keineswegs ‚verköcht‘...“

Die Diskussion um die „Hotspots“ im Gehirn hat sich mittlerweile wieder abgekühlt. Sie zeigt jedoch, wie leicht wissenschaftliche Äußerungen – verkürzt dargestellt oder aus dem Zusammenhang gerissen – zu einem völlig verzerrten Bild in der Öffentlichkeit führen können. Erst einmal gedruckt, lassen sich Fehlinterpretationen kaum noch korrigieren. Die Forschungsgemeinschaft Funk e.V. sieht es daher als eine ihrer wesentlichen Aufgaben an, wissenschaftliche Informationen sachlich und verständlich für die Öffentlichkeit bereitzustellen und als Ansprechpartner für Medien und Experten zu wirken.

Der Biophysiker Professor Roland Glaser von der Humboldt-Universität Berlin nahm zu den Interpretationen in den Medien wie folgt Stellung:

Handy-Wirkung auf Hirnzellen und Synapsen – eine neue Kontroverse?

Die Diskussion um die Wirkung von hochfrequenten Feldern des Mobilfunks auf das Gehirn beschäftigt die Wissenschaft seit Langem. Vermutungen, es könne zu punktuellen Erhitzungen kommen, wecken naturgemäß besonders viele Ängste. Durch die Meldungen aus Hamburg haben diese neue Nahrung erhalten. Grund für die Erhitzung sei, dass die Zellmembranen des Hirns besonders auf die Strahlung reagierten. Es ist natürlich richtig, dass sich an biologischen



Max-Planck-Institut
für Kolloid- und Grenzflächenforschung

PRESSEINFORMATION

Durch auf einem Artikel in dem Magazin „Zeitwissen“ basierende Mitteilungen in einigen online-Nachrichtendiensten und der „Hamburger Morgenpost“ ist der Eindruck entstanden, dass eine akute Gefährdung durch Mobilfunkstrahlung besteht.

Diesem Eindruck möchten wir entschieden widersprechen. Die angegebenen Temperaturen sind wissenschaftlich bedeutungslos, Gehirne werden keineswegs „verköcht“, und wir haben auch keine Experimente mit künstlichen Gehirnen durchgeführt.

Die in dem Artikel beschriebenen Experimente werden im Moment mit den zuständigen Behörden und Fachgremien diskutiert, lassen aber keine Notwendigkeit zu einem direkten Handeln erkennen. Jedes technische Gerät erfordert einen sachgemäßen Umgang.

Wir distanzieren uns ausdrücklich von jeder Panikmache und unsachgemäßer Instrumentalisierung wissenschaftlicher Befunde. Telefonieren Sie also beruhigt weiter.

25. August 2006

Prof. Dr. Markus Antonietti
Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung
Abteilung Kolloidchemie
Wissenschaftscampus Darm
54424 Potsdam

Membranen, bedingt durch ihre Oberflächenladung, geladene Teilchen (Ionen) anlagern. Dies wiederum bedingt eine besondere Ansammlung von Wassermolekülen als Schicht auf den Membranen. Biomembranen begrenzen nicht nur die Zellen nach außen, sondern bilden zum Beispiel auch winzige Bläschen im Innern der Zellen, in denen Botenstoffe zur Signalübertragung im Bereich der Synapsen transportiert werden. Es ist auch richtig, dass solche Grenzschichten eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit besitzen und deshalb elektromagnetische Felder besonders stark absorbieren. Dies ist durch die klassischen Forschungsarbeiten von Herman Schwan an Öl-Wasser-Gemischen seit einem halben Jahrhundert bekannt und wird von niemandem bestritten. Öl-Wasser-Emulsionen dienen als Modelle für das Grenzschichtverhalten der fett-haltigen biologischen Membranen in ihrer natürlichen (wasserhaltigen) Umgebung.

Aufbauend auf den Pionierarbeiten von Herman Schwann und Kollegen hat Kenneth Foster, ein Schüler Schwanns und heute Professor an der Universität in Philadelphia, in neueren Computeranalysen detailliert berechnen können, wie stark die Erwärmung in sehr kleinen Strukturen durch Energiezufuhr tatsächlich ist. Außerdem berechnete er, wie schnell die Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Anhand von Schwanns und Fosters Ergebnissen ließ sich nachweisen, dass Strukturen um so schneller Wärme abgeben, je kleiner sie sind. Selbst in den hier betrachteten Dimensionen von Zellen liegen die Zeitkonstanten im Millisekundenbereich, bei den noch viel kleineren synaptischen Vesikeln sind es nur noch Mikrosekunden. Diese extrem schnelle Wärmeableitung in kleinen Strukturen ist der Grund dafür, dass sich trotz Energieabsorption keine Energieansammlung, also keine stationäre Temperaturdifferenz zwischen den Grenzschichten und der Umgebung, aufbauen kann. Soweit die Theorie. Aber auch in keiner der zahlreichen biologischen Studien, in denen der Einfluss von Handy-Feldern auf die Funktion von Nervenzellen und Gehirn untersucht wurde, konnten derartige Erwärmungen gefunden werden. Die einzigen Effekte über die bisher berichtet wurde, sind kaum nachweisbare Änderungen des EEG oder geringfügige Abweichungen bei Untersuchungen zur Gehirnleistung. Zudem waren die gefundenen Änderungen nicht immer reproduzierbar.

Deutlicher sähen die Unterschiede bei Leistungstests aus, wenn man nicht Personen mit und ohne Handy, sondern Personen im kühlen Zimmer mit anderen in der warmen Sonne vergleichen würde. Kleinste Temperaturunterschiede, wie sie oberflächlich auch durch das Handy erzeugt werden (weit weniger übrigens als durch den Sonnenschein), können in Teilen des Gehirns die Durchblutung anregen. Dies ist ein physiologisch alltäglicher Prozess, wie ihn auch der Genuss einer Tasse Kaffee erzeugt. Lohnt deshalb die ganze Aufregung? Natürlich telefonieren wir zu viel, aber die Bedenken sind nicht biophysikalischer Art!

Die Frage, ob und wie hochfrequente elektromagnetische Felder mit Energien unterhalb der gesetzlich

gültigen Grenzwerte auf biologische Systeme wirken können, wird seit Jahrzehnten ernst genommen und im Kreise von Experten auf der Ebene möglicher Wirkungsmechanismen immer wieder diskutiert. Dies jedoch unabhängig von gesundheitlichen Auswirkungen, für deren Existenz es nach der großen Mehrheit wissenschaftlichen Erkenntnisse keine gesicherten Hinweise gibt. Erst kürzlich trafen sich in Rostock hochrangige Experten aus unterschiedlichen Fachrichtungen, um erneut der grundlegenden Frage nach möglichen Wirkungsmechanismen nachzugehen (siehe unten). Die Ergebnisse dieser Tagung lagen bei Redaktionsschluss noch nicht vor. Wir werden in der nächsten Ausgabe des FGF-Newsletters ausführlich darüber berichten.

Dr. rer. nat. Frank Gollnick ist Biologe und als Berater für die FGF tätig

Links

- „Heisse Gespräche“, ZEIT Wissen 05/2006
<http://www.zeit.de/zeit-wissen/2006/05/Handy-Strahlung.xml>
- „Handys erhitzen Hirn auf bis zu 10000 Grad!“, Hamburger Morgenpost v. 23.08.2006
http://www.mopo.de/2006/20060823/hamburg/politik/telefonieren_wir_uns_zu_tode.html
- Abstract der Originalpublikation „The microwave absorption of emulsions containing aqueous micro- and nanodroplets: A means to optimize microwave heating“, Journal of Colloid and Interface Science Volume 302, Issue 2, 15 October 2006, Pages 651-657
<http://www.sciencedirect.com/science?>
- Pressemitteilung der Universität Rostock 5.9.2006 zur Expertentagung über mögliche Wirkungsmechanismen elektromagnetischer Hochfrequenzfelder.
<http://idw-online.de/pages/de/news173769>
- Konferenzunterlagen zur Expertentagung „Proposed Mechanisms for the Interaction of RF-Signals with Living Matter- Demodulation in Biological Systems“ 11.-13. 09. 06
http://www.cost281.org/documents.php?node=138&dir_session=

Bericht über die 28. Jahrestagung der Bioelectromagnetics Society **BEMS** Cancun 11.-15. Juni 2006

Mit dem neuem Zuschnitt des Newsletters geht auch eine Abweichung von der gewohnt umfangreichen Berichterstattung über diese Tagung einher. Wir hoffen Ihnen aber doch einen Überblick über die herausragenden Ereignisse der BEMS Tagung vermitteln zu können. Für weitergehende Informationen sei auf ergänzende Berichte in der Online-Ausgabe unter www.fgf.de und auf die umfangreiche Berichterstattung der Bioelectromagnetic Society im Internet unter www.bioelektromagnetics.org verwiesen.

Als die Wahl des Austragungsortes vonstatten ging, konnten die Veranstalter noch nicht wissen, dass die Folgeschäden eines Hurrikans sie vor eine besonders schwierige organisatorische Herausforderung stellen würde. Nach einigem Zögern und Bangen konnte – nach einem Tagungsortwechsel – „grünes Licht“ für die Veranstaltung am Wunschort gegeben werden. So fand also – zur Erleichterung der Teilnahmewilli-

gen – die jährliche Tagung der Bioelectromagnetics Society vom 11. bis 15. Juni 2006 im “Gran Melia Cancun Convention Center”, einem großen Hotelkomplex in Cancun, Mexiko, reibungslos statt.

Rund 330 Teilnehmer waren zu der Veranstaltung angemeldet. Wie immer bot das wissenschaftliche Programm eine ausgewogene Mischung aus Präsentationen technischer und biomedizinischer Forschungsergebnisse sowie eine umfangreiche Posterausstellung. In 5 Plenarsitzungen und 14 Themensitzungen, die zum Teil parallel abliefen, konnten die Teilnehmer der Tagung „die“ wissenschaftliche Erkenntnisse des letzten Jahres „ernten“.

Der Bogen des Dargebotenen spannte sich weit von Untersuchungen zu vermuteten „gesundheitlichen Beeinträchtigungen von Funkanwendungen“ bis hin zu „heilenden Anwendungen elektromagnetischer Feldern“. Der Trend zu Untersuchungen bei der „medizinischen Anwendung“ von ultra-kurzen hochenergetischen, gepulsten Feldern für die Krebsbehandlung, der sich schon in den vergangenen Jahren zeigte,

setzte sich fort. Auffallend aber auch, dass die verschiedenen nationalen Forschungsprogramme – besonders zu den „Auswirkungen von Mobilfunkanwendungen“ – erste Ergebnisse zeigten. Das erhöht auch die Neugier auf Kommendes, da diese Programme in den Jahren 2007 und 2008 abgeschlossen sein werden. Erfreulich auch, dass „Erfahrungen“ früherer Jahre und anderer Forschergruppen genutzt wurden und dadurch die Qualität der gezeigten Forschungsergebnisse sich wieder steigerte; hier trägt auch das Bemühen der BEMS-Auswahljuroren Früchte. Auch die sich schon in den Vorjahren ausprägende Tendenz zur Benutzung ausgefeilter Untersuchungsmethoden (z. B. Expositionseinrichtungen, numerische Berechnung, Umfeldbeobachtung, Statistik etc.) wurde weiter verstärkt und bemerkbar (siehe NL 03/2005). Zu Ihrer weiteren Information finden Sie in unserer online-Ausgabe www.fgf.de Berichte über die Blut-Hirn-Schranke, Gehirnleistung und Verhalten, genetische Schäden und Hitzeschockproteine sowie zu (inter)nationalen Forschungsprogrammen (z. B. REFLEX).

Allgemeines

Michael Repacholi, WHO, Genf, fasste in seiner Präsentation die bisherigen Aktivitäten der letzten zehn Jahre unter dem von ihm geleiteten „WHO EMF Project“ zusammen und stellte **Emily Van Deventer** als seine Nachfolgerin vor. Weltweit wurden bis dato mehr als 250 Millionen US Dollar für die Erforschung gesundheitlicher Effekte von elektromagnetischen Feldern aufgewendet. Repacholi kündigte als weitere Aktivitäten unter anderem ein internetbasiertes Lernprogramm für neue, junge Forscher zur Vermeidung häufig gemachter Fehler in der EMF-Forschung an sowie eine Internetseite, die speziell auf Kinder zugeschnitten werden soll. Erfreulich auch, dass er ausführlich auf das FEMU „**EMF-Portal**“ der RWTH Aachen (www.emf-portal.de) einging und auf den hohen wissenschaftlichen Wert für die Forschung und Öffentlichkeit hinwies.

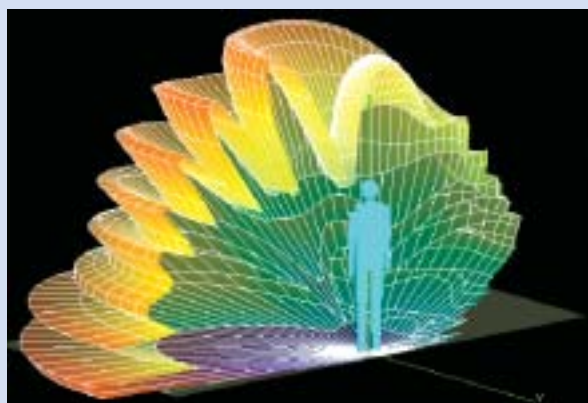
Ein Mini-Symposium über „EMF-Forschung und das Vorsorgeprinzip“, das von **Martin Blank**, Columbia

Universität, New York, **Michael Kundi**, Universität Wien, und **Cindy Sage**, Sage Associates, Santa Barbara (USA) gestaltet wurde, ergab keine neuen Erkenntnisse. Mit einer subjektiven Auswahl präsentierter Forschungsergebnisse (Blank) beziehungsweise bestehender Vorsorgemaßnahmen (Sage) prangeren die Referenten den Einfluss der Industrie auf die EMF-Forschung an und versuchten zu belegen, dass ausreichend Belege für eine gesundheitliche Gefährdung durch elektromagnetische Felder vorliegen, um weitreichendere Vorsorgemaßnahmen fordern zu können. Kundi deutete die bisherigen Ergebnisse epidemiologischer Forschung auf eine Art, die der überwiegenden Mehrzahl an wissenschaftlichen Metaanalysen entgegensteht und somit zumindest zweifelhaft ist. Die Flut von präsentierten Bildern in den zeitlich weit überzogenen Präsentationen verhinderten aus Zeitgründen, dass eine Diskussion hierüber zustande kam und dass man zu verwendbaren Schlussfolgerungen kam.

Zusammenfassung:

Insgesamt war die Tagung geprägt durch eine Anzahl von Wiederholungsstudien, die keine Bestätigung für frühere – vermeintlich beunruhigende und gesundheitlich bedenkliche – Forschungsergebnisse ergaben. Die überwiegende Zahl der Untersuchungen führt zu dem Schluss, dass keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch schwache elektromagnetische Felder zu erwarten sind. Wie bereits angesprochen fällt auf, dass die Qualität der Studien in ihrer technischen Durchführung in den letzten Jahren enorm gestiegen ist. Es zeichnete sich in der Forschung ein Trend ab, der einen Schwerpunktwechsel von der Untersuchung möglicher Gesundheitsgefahren durch elektromagnetische Felder hin zu möglichen medizinischen Anwendungen dieser Felder anzeigt. Immer mehr Beachtung wird dabei dem relativ neuen Themenfeld der Erforschung und medizinischen Anwendung „Ultrakurzer Hochenergetischer Pulse“ geschenkt, zum Beispiel in der Krebstherapie oder zur medizinischen Zellmanipulation.

Dr.-Ing. Gerd Friedrich, Dr. rer. nat. Frank Gollnick, FGF



Einsatz des SAR-Messkopfes im Unterricht

Heinrich Eder

Im Newsletter Nr. 4/2005 hatten wir im Rahmen der Vorstellung angewandter Messmethoden zur Erfassung von SAR-Werten schon über das Personendosimeter von Prof. Dr. Liesenkötter und Dr. Eder informiert. Das Bundesland Bayern hat dieses Thema adäquat aufgegriffen und den Messkopf an einigen bayrischen Schulen zur Messung der SAR-Werte im Unterricht zum Einsatz gebracht.

Dr. Eder beschreibt nun in seinem neuen Beitrag, wie nach Einweisung des Lehrpersonals die Schüler selbst in verschiedenen Versuchen erste Erfahrungen mit den Messwerten rund ums Handy machen konnten. Daraus resultierte einerseits ein tieferer Einblick in eine immer noch recht unbekannt Technik und eine bessere Einschätzung vorhandener SAR-Werte sowie andererseits eine Fortführung anhand einzelner darauf basierender Schülerarbeiten.

Blutuntersuchungen

Alexander Lerchl et.al.,
Thomas Scharfstädt

In jüngster Zeit tauchen in Diskussionen neben allgemeinen Aussagen zu möglichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf die menschliche Gesundheit oft konkret geäußerte Vermutungen zu Veränderungen des Blutbildes auf.

Die Forschungsgemeinschaft Funk hat sich schon früh dieses Themas angenommen und in ihren Newslettern darüber berichtet: Hier finden Sie Artikel wie „Geldrollenbildung im Blut verursacht durch Felder des Mobilfunks?“ (NL 1/2000) und „Blutuntersuchungen – Dichtung und Wahrheit“ (NL 3/2004). Daneben gibt es verschiedene Aufsätze, die sich mit dem Thema auseinandersetzen, wie beispielsweise die „Kritik an der Dr. Germann-Studie“, die wiederum im Juli 2004 als Internetbeitrag erschien – als „Einfluss der Mobilfunkbelastung auf die Retikulozytenreifung“ mit dem Untertitel „Vorläufige Bewertung anhand von 1000 Analysen“. Auch im Bundesgesundheitsblatt werden verschiedene Untersuchungsberichte veröffentlicht, wie „Melantonin in der umweltmedizinischen Diagnostik im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern“ (BGBL 12/2005) und „Bedeutung der Bestimmung von Lymphozyten-Subpopulationen in der Umweltmedizin“ (BGBL 5/2006). Alle Beiträge können bei der Geschäftsstelle unter info@fgf.de angefordert werden.

In dieser Ausgabe finden Sie nun zwei Online-Artikel: Ein Beitrag beschreibt die wissenschaftliche Seite anhand der Stellungnahme des Robert-Koch-Instituts zu den „Häufig geäußerten Vermutungen des schädlichen Einflusses in bezug auf die Parameter des roten Blutbildes“, der andere zeigt die persönliche Einschätzung eines Mobilfunk-Mitarbeiters.

Originalbeiträge in der Online-Ausgabe des FGF-Newsletters 3/2006:

<http://www.fgf.de/fup/publikat/newsletter2006.html>

Zusammenfassung und Überblick über den aktuellen Stand

Biophysikalische hochfrequenter elektro

Roland Glaser

1. Einige grundsätzliche Fragen

1.1 Das eigentliche Problem

Haben die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks oder anderer technischer Quellen unserer Umgebung schädliche Einflüsse auf unsere Gesundheit? Diese Frage, obgleich neu in ihrer Aktualität, beschäftigt Ärzte und Naturwissenschaftler schon seit über hundert Jahren. Der französische Erfinder und Arzt Jacques Arsène d'Arsonval (1851-1940) publizierte bereits 1896 seine Feststellung, wonach HF-Felder nicht in der Lage sind, Nerven und Muskeln zu reizen. Der



Biophysikalische Primärreaktionen

Da diese Fragen auch in Expertenkreisen kontrovers diskutiert werden, fand vom 11. bis 13. September 2006 in Rostock der FGF-Workshop „Proposed Mechanisms for the Interaction of RF-Signals with Living Matter-Demodulation in Biological Systems“ statt – in Zusammenarbeit mit der Universität Rostock und der Europäischen Forschungsinitiative COST 281. Er gab einen Überblick über Methoden und Ergebnisse biologischer und theoretischer Studien, die speziell modulations-spezifische Effekte zum Thema haben.

deutsche Arzt Karl Franz Nagelschmidt formulierte 1906 den Begriff „Diathermie“ und erkannte damit die therapeutische Wirkung thermischer Effekte hochfrequenter Felder, die bis heute als „Kurzwellentherapie“ bei verschiedenen Gelenkerkrankungen verwendet wird [Rowbottom u. Susskind 1984].

Man stellte bald fest, dass bei Rundfunktechnikern in Sendeanstalten, die starken hochfrequenten Feldern ausgesetzt waren, vegetative Störungen auftraten – damals als „Senderkrankheit“ oder „Kurzwellenkater“ bezeichnet. Frühzeitig erkannte man, dass es sich auch dabei offensichtlich um „eine primär elektrische Allgemeinerwärmung des gesamten Organismus [handelt], die ohne thermometrisch grob nachweisbar zu sein, die Regulation vor eine eigentümliche Aufgabe stellt.“ [Schaefer u. Stachowiack 1946]. Heute ist dieses Problem nicht mehr nur eine Frage des Arbeitsschutzes weniger Funktechniker. Die Befürchtung gesundheitlicher Schäden durch hochfrequente elektromagnetische Felder technischen Ursprungs beunruhigt vielmehr große Teile der Bevölkerung. Dabei handelt es sich nicht um intensive Expositionen, wie sie in Sendern und anderen großtechnischen Anlagen auftreten könnten, sondern um Felder mit weit geringerer Intensität, etwa solche vom Handy am Ohr oder durch einen nahen Sendemast. Das Unwort „Elektrosmog“ wurde geboren, was einer Verurteilung ohne Indizien gleichkommt.

1.2 Drei mögliche wissenschaftliche Ansätze zur Lösung des Problems

Wie kann man dieses Problem lösen, wie kann man wissenschaftlich fundierte Schutzmaßnahmen ergreifen, die Sicherheit garantieren und auch dann noch Bestand haben, wenn sich unser bio-medizinischer Kenntnisstand weiter entwickelt?



Primärreaktionen magnetischer Felder

Naheliegender ist zunächst die Frage an den Biophysiker: Wo könnten diese Felder angreifen? Wie könnte man sich ihre Wirkungsweise auf das biologische System vorstellen? Die Antwort darauf, kurz gefasst: Wenn die Feldstärke genügend stark ist, um viele Zehnerpotenzen größer als die eines Handys am Ohr, dann könnten Dipole in Molekülen und Zellen erzeugt und bewegt werden. Bei geringeren Intensitäten bleibt nur noch die Erwärmung.

Zu diesem Schluss ist man bereits vor einem Jahrhundert gekommen (siehe oben!), Tausende von Publikationen bestätigen inzwischen diese Aussage. Und doch kann sich der Theoretiker irren. Vielleicht werden ihn neue Erkenntnisse der schnell fortschreitenden Wissenschaft dereinst eines Besseren belehren? Vielleicht übersieht er Mechanismen die auch bei geringen Feldstärken auftreten können und sich als „nicht-thermisch“ erweisen?

Probieren geht über Studieren! Man wählt deshalb im zweiten Schritt das Experiment: Zellkulturen, Tiere, ja in gewissen Grenzen sogar freiwillige Probanden werden künstlich exponiert und auf mögliche Feldwirkungen hin untersucht. Damit begibt man sich allerdings auf ein vieldimensionales Parameterfeld: Frequenz, Pulsation, Modulation, Intensität des Feldes können variiert werden, andererseits kann man nach genetischen, biochemischen, zytologischen, physiologischen, psychologischen Parametern fragen, kann diese an diesem oder jenem Versuchsobjekt, oder in einigen Fällen sogar am Menschen testen. Die Anzahl möglicher Kombinationen geht ins Unermessliche. Ist das Resultat einer Studie negativ, so bleibt die Frage: Aber hätte man nicht vielleicht bei der Wahl eines anderen Parameters etwas gefunden?

Vielleicht hilft der dritte Ansatz: Gibt es in der Bevölkerung überhaupt Hinweise darauf, dass die häufige

Nutzung des Handys oder die Nähe des Wohnorts an einer Sendeantenne gesundheitliche Schäden erzeugen? Haben Handy-Nutzer häufiger Krebs („Kohortenstudie“), oder umgekehrt gefragt: Finden sich unter den Patienten im Krebs-Register häufiger Handy-Nutzer („Fallkontroll-Studie“)? Auch dieser Ansatz hat seine Grenzen: Zum Glück sind Hirntumoren, Kinderleukämie und ähnliche Krankheiten relativ selten. Auch bei der Erfassung großer Bevölkerungsgruppen sind die Zahlen der tatsächlich Betroffenen gering und damit die Unsicherheiten der Aussage groß. Wäre der Effekt stark, wie etwa beim Zusammenhang zwischen Rauchen und Lungenkrebs, dann ließe er sich leicht nachweisen. Doch so konnten epidemiologische Erhebungen bisher keinen überzeugenden Nachweis für einen Zusammenhang von HF-Feldern mit der Häufigkeit dieser Erkrankungen erbringen.

1.3 Die Notwendigkeit eines biophysikalischen Modells

Da die Wissenschaft prinzipiell die Nicht-Existenz eines Phänomens nicht beweisen kann, bleibt immer ein Zweifel. Die meisten Arbeiten enden mit dem Satz: „Weitere Forschung ist nötig!“. Doch Forschung kostet viel Geld; Experimente sind teuer und epidemiologische Erhebungen am teuersten. Auch wenn man von dem Biophysiker nur verlangen kann eine theoretische Erklärung für solche Effekte zu geben, die experimentell tatsächlich verifiziert wurden, die also offenbar tatsächlich existieren, so sind doch auch hypothetische Denkmodelle nützlich, die zunächst vielleicht nur auf „Hinweisen“ oder unsicheren „Vorabfindungen“ basieren.

Eine vorausschauende Theorie könnte helfen die Planung des Experiments zu optimieren, indem sie aus der oben genannten Vielzahl der Parameter diejeni-

gen auswählt, die voraussichtlich den Effekt optimal zeigen, die folglich zur Verifizierung bzw. Falsifizierung der Hypothese führen könnten. Realistische Modelle müssten außerdem in der Lage sein, prinzipielle Fragen zu beantworten, etwa die nach den immer wieder postulierten Frequenz- oder Amplituden-Fenstern einer Wirkung. Ohne Kenntnis des Mechanismus ist es ferner nicht möglich, von einem gefundenen Effekt auf einen anderen bei veränderten Parametern zu schließen.

Weiterhin ist es allein aus Kenntnis des Wirkungsmechanismus überhaupt erst möglich einen Parameter zu definieren, der als Maß für die Dosis geeignet erscheint. Der im HF-Bereich derzeit verwendete SAR-Wert basiert auf der Vorstellung von einer thermischen Wirkung. Wäre die Wirkung akkumulativ, wie im Falle ionisierender Strahlung, bei welcher Mechanismus und Wirkung genau bekannt sind, dann müsste man die russische Dosisbestimmung anwenden, die als Dosis nicht W/kg, sondern $W/kg \cdot \text{Expositionszeit}$, also genau genommen: J/kg verwendet. Doch dafür sprechen bisher keine Befunde. Was nützt es jedoch, immer bessere Dosimeter zu bauen, wenn noch unklar ist, welcher Parameter überhaupt geeignet ist, als Dosis zur Charakterisierung der Wirkung hochfrequenter Felder auf biologische Systeme zu dienen? Biophysikalische Grundlagenforschung zu möglichen Feldeffekten und theoretische Berechnungen ist also notwendig, auch wenn die oben genannten Irrtümer dabei nicht auszuschließen sind.

1.4 Was heißt eigentlich Wirkungsmechanismus?

Das Grotthus-Draper-Prinzip der Biophysik besagt, dass bei irgend einer physikalischen Einwirkung auf ein System ausschließlich die im System tatsächlich absorbierte Energie wirksam ist. Im Falle biologischer Wirkung ist es dabei gleichgültig, ob diese zum Energiehaushalt desselben beiträgt, oder lediglich als Informationsquelle einen Rezeptor anregt [Glaser 1996, 2000]. Eine harte Röntgenstrahlung hoher Quantenenergie, die den Körper völlig durchdringt, ist zum Beispiel weniger effektiv als eine solche geringerer Quantenenergie, welche eine dichte Kette von Ionisationen hinterlässt. Ausgangspunkt einer jeden Hypothese zur Wirkung eines beliebigen physikalischen Faktors auf das lebende System muss folglich immer zuerst die Frage nach Art und Effektivität der Energie-

absorption sein. Dieser biophysikalische Primärschritt kann in Folge entweder im thermischen Rauschen untergehen oder eine Kette weiterer Reaktionen auslösen.

In den Systemen biologischer Informationsübertragung und -Verarbeitung sind inzwischen zahlreiche Signalketten mit molekularen Verstärkereigenschaften bekannt. Der Bruch eines DNA-Stranges, wenn er nicht repariert wird, kann zum Beispiel zur Krebsentstehung oder zu Missbildungen führen; die Anregung eines einzigen Rhodopsin-Moleküls im Auge, das über eine Kaskade von Folgeprozessen einen optischen Reiz auslöst, kann eventuell physiologische oder psychologisch erfassbare Folgen haben. Beispiele solcher Verstärkermechanismen gibt es unzählige. Mehr und mehr davon werden mit fortschreitender Forschung bekannt. Aus solchen Signalketten lassen sich leicht „biologische“ Mechanismen der Einwirkung eines Agens ableiten.

Häufig postuliert man einfach die Auslösung einer dieser Reaktionskaskaden durch den Einfluss von HF-Feldern und bezeichnet die anschließenden Folgeprozesse als „Mechanismus“ der Wirkung. Als Beispiel sei die Hypothese zum Einfluss von HF-Feldern auf das Regulationssystem der Sauerstoffradikale (ROS) in biologischen Zellen genannt [Liburdy und Vanek 1985, Scott 1992, Oktem et al. 2005, Koyu et al. 2005, Zmyslony et al. 2004, Lantow et al. 2006]. Unabhängig davon, dass selbst bei diesen Reaktionen ein möglicher gesundheitlicher Aspekt noch hypothetisch ist, bleibt die Frage völlig unberücksichtigt, wie das HF-Feld physikalisch überhaupt auf Radikale einwirken könnte. Es wird also eine Kette möglicher Wirkungen konstruiert, ohne das Anfangsglied, nämlich den physikalischen Primärprozess, zu hinterfragen, zu klären, ob die eingestrahlte HF-Energie überhaupt in der Lage ist, eine solche Kaskade auszulösen. Tatsächlich sind jedoch nicht so sehr die biologischen Folgereaktionen strittig, als vielmehr diese biophysikalischen Primärprozesse, die also in der Lage wären, solche überhaupt erst auszulösen.

In Hinblick auf viele populistische Argumentationen kann dieser Aspekt gar nicht oft genug unterstrichen werden. Der vorliegende Beitrag soll sich deshalb ausschließlich auf biophysikalische Mechanismen konzentrieren, nämlich auf die primären Prozesse der Umwandlung der Energie des HF-Feldes in molekula-

re Reaktionen. Wenn im Folgenden von „Mechanismus“ die Rede ist, geht es immer genau um eben diese biophysikalischen Primärprozesse, nicht um die Ketten biologischer Folgereaktionen.

1.5 Was sind „thermische“, was „nicht-thermische“ Mechanismen der Wirkung hochfrequenter Felder?

Die Begriffe „thermisch“ und „nicht-thermisch“ (oder „athermisch“) werden in der Literatur sehr unterschiedlich gebraucht [Glaser 2005]. Man spricht von „nicht-thermischen“ Effekten, wenn das Feld so schwach ist, dass mit einer Erwärmung des biologischen Objektes durch die Exposition nicht zu rechnen ist [Geletyuk et al., 1995; Kwee et al., 2001; Phillips et al., 1998; Preece et al., 1999; Weisbrot et al., 2003]. Andere Autoren nennen Effekte „nicht-thermisch“, wenn während der Exposition keine Erwärmung gemessen werden konnte, oder wenn eine gute Thermostatierung dies auszuschließen scheint [Bohr and Bohr, 2000; Byus et al., 1988; Leszczynski et al., 2002; Markkanen et al., 2004]. Wieder andere vergleichen die exponierte Probe mit einer solchen, die anderweitig auf die gleiche Temperatur aufgeheizt wurde. Als „nicht-thermisch“ identifiziert man dann Effekte der HF-erwärmten Probe, die bei konventioneller Erwärmung nicht auftreten [Cao et al., 1995; dePomerai et al., 2000; Peinnequin et al., 2000; Velizarov et al., 1999; Allis et al., 1987]. Bei diesen Definitionen bleiben allerdings die Fragen offen: Hat man nicht vielleicht kleinste Erwärmungen übersehen? Reicht die Empfindlichkeit des verwendeten Thermometers oder Thermistors aus? Ist eine Erwärmung durch ein HF-Feld gleichzusetzen mit einem solchen in einem Thermostat?

Im Unterschied zu dieser Art der Begriffsbestimmung lautet die biophysikalische Definition des Begriffes „nicht-thermisch“, auf die wir uns im Folgenden beziehen wollen, anders: *Ein Effekt ist dann nicht-thermisch, wenn unter dem Einfluss eines Feldes solche Veränderungen entstehen, die nicht durch eine Temperaturerhöhung erklärbar sind* [Fröhlich 1982]. Diese Definition hebt also auf den Mechanismus ab ohne dabei die Erwärmung zu berücksichtigen. Da jede Energieumwandlung aus Gründen der Thermodynamik letztlich in Wärme endet, ist eine Temperaturerhöhung schließlich unvermeidlich. Um ein technisches

Beispiel zu nennen: Ein Elektromotor funktioniert natürlich nicht als Wärmekraftmaschine, obgleich er sich während des Betriebes deutlich erwärmt.

Diese beiden Definitionen führen mitunter zu gegensätzlichen Einschätzungen: Dielektrophorese, zum Beispiel (s. Abschnitt 2.2., Abb. 2), als biophysikalisch eindeutig „nicht-thermischer“ Effekt von HF-Feldern geht mit einer beträchtlichen Erwärmung des Systems einher, würde also entsprechend der konventionellen Definition „thermisch“ sein. Andererseits müsste man die molekularen Mechanismen der Wärmerezeption vieler Tiere nach der allgemeinen Definition als „nicht-thermisch“ bezeichnen, denn ihre Schwellenwerte liegen zumeist unterhalb der Empfindlichkeit technischer Thermometer [Glaser 2005].

1.6 Mögliche Besonderheiten gepulster oder amplitudenmodulierter Felder

Es wurde eingangs bereits erwähnt, dass zwischen der Wirkung hoch- und derjenigen niederfrequenter Felder deutlich zu unterscheiden ist. Muskel- und Nervenerregungen erfordern niederfrequente Felder oder Gleichspannungspulse und sind ab 100 kHz kaum noch auslösbar. Dies liegt einmal an der dielektrischen Eigenschaft der Zellmembran, die spätestens ab 10 MHz kapazitiv überbrückt wird und zum anderen an der Refraktärzeit erregbarer Membranen, die in der Größenordnung von Millisekunden liegt [Glaser 1996, 2000].

Wenngleich demnach das Feld eines Mobiltelefons mit einer Frequenz im GHz-Bereich diese Prozesse nicht auslösen kann, bleibt die Frage, ob niederfrequente Effekte nicht vielleicht als Ergebnis einer Demodulation hochfrequenter Felder auftreten könnten. Wenn überhaupt, so könnte dies höchstens bei amplitudenmodulierten oder gepulsten Schwingungen erfolgen. Das wären zum Beispiel die Amplitudenschwankungen des UMTS-Signals oder die 217 Hz-Pulse im GSM-System.

Unter Beachtung der oben dargelegten Unterscheidung zwischen biophysikalischem Primärmechanismus und biologischen Folgereaktionen muss auch hier zwischen einer physikalischen und einer biologischen Demodulation unterschieden werden:

Als *physikalisch* ist eine Demodulation dann zu bezeichnen, wenn ein niederfrequentes elektromagnetisches Feld das Resultat dieses Prozesses ist, wenn

also tatsächlich ein niederfrequent schwingendes elektromagnetisches Feld entsteht, das den Amplitudenschwankungen oder der Pulsation des HF-Feldes folgt. Derartige Prozesse sind prinzipiell aufgrund dielektrischer Eigenschaften von Membranproteinen möglich, allerdings nur in einem Frequenzbereich der Trägerwellen, der weit unterhalb von 10 MHz liegt, also nur bis zu derjenigen Frequenz, bei welcher die Membran kapazitiv überbrückt wird und die Proteine ihre Rolle als nichtlineare elektrische Bauelemente verlieren. Man schließt daraus, dass eine Demodulation in biologischen Systemen im physikalischen Sinne des Wortes für Frequenzen des Mobilfunks nicht vorkommt. Niederfrequente Felder oder entsprechende Pulse können also auf diese Weise nicht entstehen [Challis 2005, Foster u. Repacholi 2004].

Dies schließt allerdings keine *biologische* Demodulation aus. Diese würde dann erfolgen, wenn beispielsweise jeder Puls eines GSM-Signals für sich eine biologische Reaktion auslöst. 217 mal in der Sekunde würde dann die entsprechende Signalkette angestoßen. Ähnlich könnten sich auch Amplitudenschwankungen des Feldes als niederfrequente Schwankungen einer biologischen Reaktion manifestieren. Wenn dies zufällig der Frequenz der Schwingung einer biochemischen Reaktion entspricht, könnte sich diese aufschaukeln [Glaser 1992]. Im Unterschied zu der Wirkung physikalisch demodulierter Felder wirkt jedoch hier nicht ein elektrischer 217-Hz-Puls, oder die Umhüllende einer Amplitudenschwankung, sondern die Hochfrequenz selbst.

Bedenkt man, dass jedes Wellenpaket eines GSM-Pulses etwa eine Millionen Schwingungen enthält, also 10^6 Einzelereignisse, die jedes für sich eine molekulare Wirkung ausüben könnten, dann ist der Puls bezüglich des biophysikalischen Primäreffektes nicht anders zu behandeln als ein kontinuierliches Feld. Gibt es keinen Wirkungsmechanismus eines kontinuierlichen Feldes entsprechender Intensität und Frequenz, dann kann es auch keine biologische Modulation einer Pulsfolge geben, vorausgesetzt, man bezieht sich auf den SAR-Wert des Pulses selbst und nicht auf das zeitliche Mittel der Pulsfolge.

Übrigens hat kürzlich ein Vorschlag von Q. Balzano, mögliche Demodulationen von HF-Feldern in biologischen Systemen elektronisch nachzuweisen [Balzano 2002], zu einer kontroversen Diskussion geführt

[Balzano 2003 a, b, Marino 2003, Adair 2003], die letzten Endes zeigte, dass trotz Einsatz von Hochqualitäts-Resonatoren („high-Q-quality“) diese Methode am thermischen Rauschen scheitert.

2. Biophysikalische Mechanismen nicht-thermischer Einwirkung

2.1 „Ionisierende“ und „nicht-ionisierende“ Strahlung

Elektromagnetische Wellen und Strahlen überstreichen ein weites Spektrum, ausgehend von den niederfrequenten Schwingungen des industriellen Wechselstroms, über die Hochfrequenz der elektronischen Nachrichtenübertragung zur Wärmestrahlung, Licht, bis hin zu Röntgen und Gammastrahlen. Dieses Spektrum kann als Abfolge verschiedener Frequenzen, Wellenlängen oder auch Quantenenergien dargestellt werden. Diese drei Parameter sind durch Naturkonstanten ineinander umrechenbar. Je nach Fragestellung interessiert die eine oder die andere Eigenschaft. Um z. B. zu klären, ob die Schwingungen in der Lage sind, Nerven oder Muskeln zu erregen, betrachtet man ihre Frequenz. Interessiert man sich für die Frage, wie wirksam die Körperlänge eines Versuchstieres oder des Menschen als HF-Antenne sein könnte, so ist die Wellenlänge von Interesse. Bei einer Diskussion darüber, wie die Schwingung am Molekül angreifen könnte, ist wiederum die Quantenenergie der Strahlung von Bedeutung.

Die Quantenenergie ist also ein Qualitätsmaß einer elektromagnetischen Strahlung, genau wie Frequenz und Wellenlänge, und darf nicht mit ihrer Intensität verwechselt werden. Zur Veranschaulichung sei an ein Hagelwetter gedacht. Die Quantenenergie wäre dann vergleichbar mit der kinetischen Energie der einzelnen Hagelkörner, die sich aus ihrer Größe und Geschwindigkeit ergibt. Die Intensität der Strahlung, in der Physik als Flussdichte oder Strahlungsleistungsdichte bezeichnet, würde dann der Intensität des Hagelschlags entsprechen, also etwa der Anzahl der Hagelkörner, die pro Sekunde einen Quadratmeter Fläche treffen. Die Entscheidung darüber, ob der Hagel einen Apfel vom Baum schlagen kann, wird nicht durch die Dichte des Hagelschlags, sondern durch die Energie der einzelnen Hagelkörner bestimmt. Es sind große Hagelkörner nötig, um einen fest sitzenden Apfel abzuschlagen.

Diese Überlegung führt uns zu der wichtigen Grenze zwischen dem Bereich der „ionisierenden“ und der „nicht-ionisierenden“ Strahlung. Es ist mindestens eine Quantenenergie von 12 eV (Elektronenvolt) erforderlich um eine kovalente chemische Bindung zu brechen, d. h. aus einem Molekül ein Ion zu machen. Diese Grenze wird im „harten“ UV-Licht erreicht. Bei den noch kurzwelligeren Röntgen- und Gammastrahlen steigt die Quantenenergie weiter an und erreicht Werte von Millionen Elektronenvolt (MeV) und mehr. Auf diesem Mechanismus basiert die Wirkung ionisierender Strahlung. Jedes einzelne absorbierte Energiequant kann prinzipiell zum Bruch einer chemischen Bindung führen, im ungünstigsten Fall zum Bruch eines DNA-Stranges. Dies erfolgt auch tatsächlich ständig durch den Einfluss natürlicher Radioaktivität im Körper, durch Höhenstrahlung etc. Der Organismus schützt sich davor durch ein nahezu perfektes System von Reparaturmechanismen. Trotzdem erhöht jede zusätzliche Bestrahlung die Wahrscheinlichkeit einer molekularen Störung, die dem Reparatursystem entgangen ist, und die sich als Krebsgeschwulst oder Missbildung äußert. Deshalb gibt es für die ionisierende Strahlung keinen Schwellenwert. Die Grenzwerte sind vielmehr an der natürlichen Strahlenbelastung orientiert und liegen im Sicherheitsabstand darunter. Da sich genetische Defekte akkumulieren können, ist ferner nicht nur die Intensität der Strahlung von Bedeutung, sondern zusätzlich ihre Dauer bzw. das Integral der Dosis über die Lebenszeit. Der Hinweis auf die Besonderheiten der Dosimetrie ionisierender Strahlung ist erforderlich, weil leider immer wieder unkritisch aus diesem Bereich auf nicht-ionisierende Strahlen extrapoliert wird. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, liegt bei den hochfrequenten Feldern des Mobilfunks die Quantenenergie um das Millionenfache unterhalb der 12-eV-Grenze. Der Bruch eines DNA-Moleküls ist deshalb nicht möglich. Wenn auch diese Aussage der Boltzmann-Statistik unterliegt, d.h. Wahrscheinlichkeitscharakter hat, so wird sie doch dadurch gestützt, dass die Stabilität der DNA selbst den Stößen der thermischen Bewegung standhält, deren Energie etwa tausendfach unter der 12-eV-Grenze, aber immerhin noch ebenso weit über der des Mobilfunks liegt.

Das Postulat, auch die Wirkung der HF-Felder des Mobilfunks hätte keinen Schwellenwert und ihre Grenz-

werte müssten folglich auf das Niveau unterhalb der Feldstärke der „Spherics“, der atmosphärischen Schwingungen, abgesenkt werden, entbehrt damit jeder Grundlage. Gleichermäßen ist die Annahme nicht haltbar, unerschwellige Effekte, z. B. die ständige, aber sehr schwache Exposition einer Person durch eine nahe Basisstation könnten sich im Laufe der Zeit akkumulieren.

Andererseits erlauben es diese theoretischen Betrachtungen nicht, das Auftreten von DNA-Schäden generell auszuschließen. Auch wenn die Quantenenergie der nichtionisierenden Strahlung nicht ausreicht, DNA-Strang-Brüche direkt zu erzeugen, so ist doch prinzipiell denkbar, dass sie einen Einfluss auf die Reparaturprozesse haben könnte. Die Wahrscheinlichkeit des

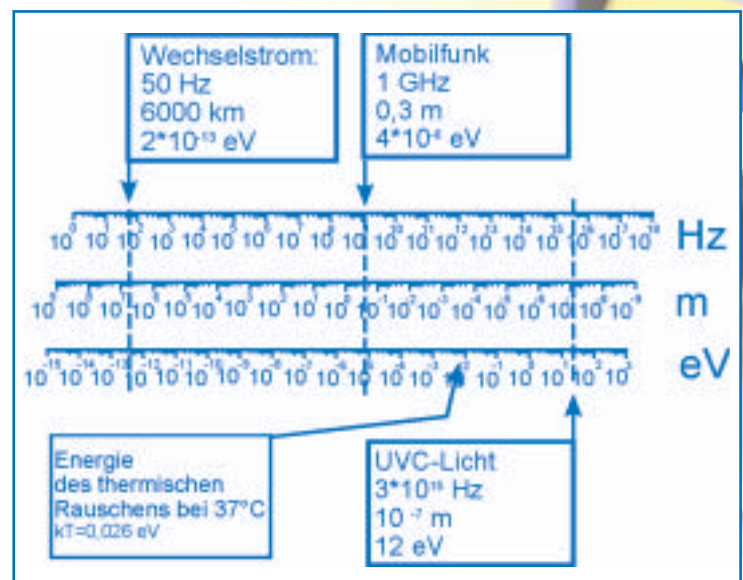


Abb. 1: Die Qualität elektromagnetischer Schwingungen lässt sich als Frequenz [Hz], Wellenlänge [m] oder auch Quantenenergie [eV = Elektronenvolt] angeben. Diese drei Größen sind durch Lichtgeschwindigkeit und Planck'sche Konstante ineinander umrechenbar. Das Spektrum, von den langwelligen Schwingungen des industriellen Wechselstroms über die Frequenzen des Mobilfunks zum Licht, UV und letztlich den Röntgen- und Gamma-Strahlen, umfasst viele Zehnerpotenzen. Exemplarisch sind für Wechselstrom, Mobilfunk und UVC-Licht die Parameter angegeben. Bei den 12 eV dieses harten UV-Lichtes liegt die Grenze zu den „ionisierenden“ Strahlen, die hier nicht verzeichnet sind. Zusätzlich ist die Energie von 0,026 eV angegeben, welche das thermische Rauschen charakterisiert, d.h. die durchschnittliche Energie, mit der sich bei 37 °C die Moleküle thermisch bewegen.

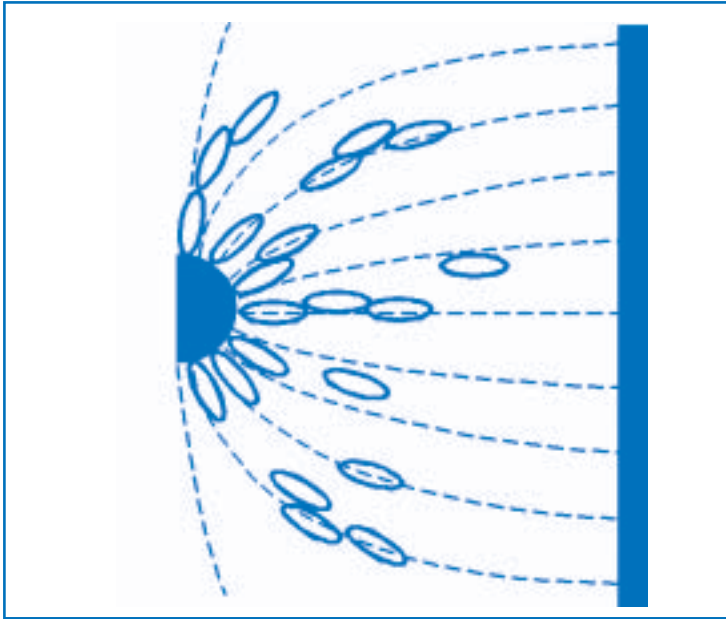


Abb. 2: Die dielektrophoretische Sammlung von Hefezellen in einem inhomogenen elektrischen Wechselfeld, das zwischen einer abgerundeten (links) und einer flächigen (rechts) Elektrode ausgespannt wird. In Lösungen geringer Leitfähigkeit bündeln die Zellen das Feld, erhöhen die lokale Inhomogenität desselben und ziehen sich dadurch gegenseitig an. Je nach Frequenz und dielektrischen Eigenschaften kann die Dielektrophorese positiv (Bewegung in Richtung hoher Feldstärke) oder negativ (entgegengesetzte Bewegung) sein (nach Glaser 2000).

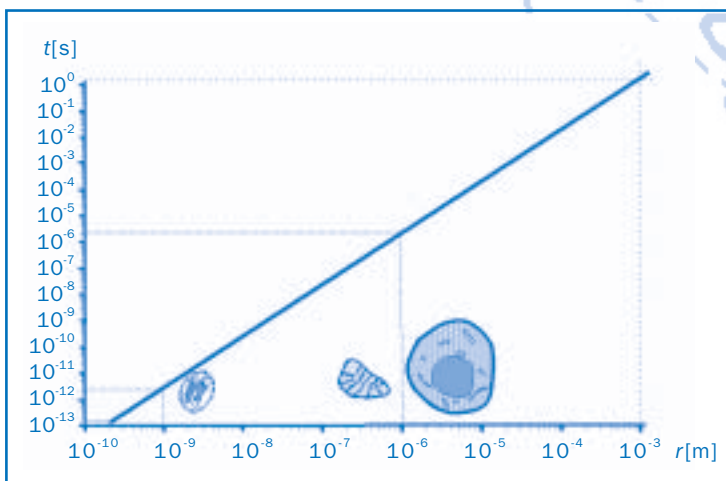


Abb. 3: Charakteristische Zeit der Temperaturänderung (t in Sekunden) kugelförmiger Körper mit unterschiedlichem Radius (r in Meter) nach dem Modell von Foster [1997]. Angegeben sind die Größenordnungen von Makromolekülen, Mitochondrien und Zellen.


Auftretens nicht-reparierter Schäden durch natürliche Strahlung, so genannter „spontaner“ Mutationen, könnte auf diese Weise erhöht werden. Hier muss das Experiment entscheiden, das allerdings bisher keine Effekte dieser Art reproduzierbar nachgewiesen hat [Vijayalaxmi and Obe, 2004, 2005, Challis 2005].

2.2 Nichtthermische Effekte starker hochfrequenter Felder

Wenngleich die Quantenenergie der HF-Felder des Mobilfunks bei weitem nicht ausreichen chemische Bindungen zu brechen, so übt doch ihr elektrischer Vektor zweifellos Kräfte auf geladene und polarisierbare Strukturen aus. Schon frühzeitig wurde festgestellt, dass sich Hefe- und andere Zellen unter dem Einfluss elektrischer Wechselfelder kettenförmig aneinander lagern. In stark inhomogenen Feldern findet eine Bewegung statt, die man, ist sie in Richtung höherer Feldstärke gerichtet, als positive, anderenfalls als negative Dielektrophorese bezeichnet (Abb. 2) [Pohl 1978]. Ursache dafür ist die Polarisierung der Zellen durch das externe Feld. Da sich verschiedene Komponenten der Zelle mit unterschiedlichen Zeitkonstanten polarisieren lassen, ergeben sich komplizierte Frequenzspektren positiver und negativer Dielektrophorese.

Erzeugt man mit speziellen Elektrodensystemen rotierende Felder, so folgen mit gewisser Verzögerung die induzierten Dipole dieser Rotation. Es entsteht eine resultierende Kraft, welche zu einer Rotation der Zellen führt. Diese als „Elektrorotation“ [Glaser and Fuhr 1986] bezeichnete Methode erlangte einige Bedeutung in der modernen Biotechnologie.

Dielektrophorese und Elektrorotation sind entsprechend der unter Pkt. 1.5 angeführten Definition echte „nicht-thermische“ Effekte, haben sie doch ihrer Natur nach nichts mit Wärme zu tun. Sie erfordern allerdings Feldstärken von über 10 kV/m, was zu einer starken Wärmeentwicklung führt, die durch Thermostatierung begrenzt werden muss. Die Feldintensität liegt damit um viele Zehnerpotenzen über den gesetzlichen Grenzwerten. Dieses Phänomen wäre folglich für die in diesem Beitrag zu behandelnde Problematik uninteressant, wäre nicht nachgewiesen, dass Gewebszellen unterschiedlicher Art in ihrer normalen Entwicklung selbst durch diese extrem starken Felder auch nach vielstündiger Applikation nicht be-



einflusst werden [Fuhr et al. 1994]. Anderenfalls wäre ihr Einsatz in der Biotechnologie als Methode der Zellmanipulation nicht möglich.

2.3 Modelle zur Erklärung nicht-thermischer Effekte im Frequenz- und Intensitätsbereich des Mobilfunks

Überschlagsmäßige Berechnungen zeigen, dass Einflüsse hochfrequenter Felder des Mobilfunks auf Ionen und Dipole in biologischen Strukturen verschwindend klein sind, vergleicht man sie mit dem thermischen Rauschen des Systems [Taylor 1981, Pickard u. Moros 2001, Adair 2002, Foster u. Repacholi 2004, Challis 2005]. Auch wenn es kein spezielles Sinnesorgan für diese Strahlen gibt, so sollte man dennoch spezielle Mechanismen der Verstärkung oder Rauschunterdrückung in Zelle und Organismus nicht von vornherein ausschließen. Zahlreiche Möglichkeiten wurden diesbezüglich in den letzten Jahrzehnten erwogen und durchgerechnet. Wir werden hier allerdings lediglich solche Hypothesen diskutieren, die sich auf mögliche Wirkungen hochfrequenter Felder beziehen. Wie bereits erwähnt, münden prinzipiell alle Prozesse der Energieabsorption letztlich in einer Erwärmung des Systems. Die Frage lautet demnach zunächst: Gibt es molekulare Veränderungen, die unmittelbar in irgend eine biologische Signalkaskade einmünden, gleichgültig, ob dies zu einem biologischen Effekt führt, der letztlich kompensiert wird oder ob irgendwelche gesundheitlich relevanten Konsequenzen daraus resultieren könnten? Prinzipiell lassen sich die vorgeschlagenen Modelle einteilen in solche, die eine additive Wirkungssteigerung vorsehen, solche, die von einer Verstärkung durch sich aufschaukelnde Oszillationen ausgehen und schließlich jene, die das Ereignis in einen molekularen Bereich verlagern, in dem es einem reduzierten thermischen Bombardement ausgesetzt ist. Zunächst wäre zu fragen, ob nicht wenigstens Wasserstoff-Brückenbindungen beeinflusst werden könnten, deren Energie um das 10 - 20-fache schwächer ist als jene kovalenter Bindungen, wenn man gleichzeitig postuliert, dass es auch Multiphotonen-Anregungen durch die Quanten der GHz-Strahlung gäbe. Auf den ersten Blick ist jedoch zu sehen (Abb. 1), dass eine Vervielfachung der $4 \cdot 10^{-6}$ eV der GHz-Schwingung diese auch einem um das 20-fache reduzierten 12 eV-Grenzwert nicht signifikant näher bringt.

Pickard und Moros [2001] wiesen zudem nach, dass dieser Mechanismus für die Mobilfunk-Problematik auch deshalb auszuschließen sei, weil Multiphotonen-Übergänge dem Frequenzbereich des Lichtes, höchstens noch der Wärmestrahlung, vorbehalten sind.

Zu einem ähnlichen Schluss kommt auch Prohofsky [2004]. Er betrachtet eine mögliche Beeinflussung intra-molekularer Bewegungen biologischer Makromoleküle, also Vibrationen, oder Rotationen von Bindungen mit biologischer Relevanz durch die hochfrequenten Schwingungen von GHz-Feldern. Denkbar wären beispielsweise Einflüsse auf Prozesse biologischer Energieübertragung. Könnten sich nicht vielleicht Schwingungen von Ladungen und Dipolen in biologischen Makromolekülen durch hochfrequente Wechselfelder allmählich aufschaukeln und dabei Energie akkumulieren? Diesem Verhalten widersprechen zwei Umstände. Zum einen liegen die Frequenzen dieser Prozesse um das Hundert- bis Tausendfache über denen des Mobilfunks. Für Myoglobin berechnet Prohofsky z. B. eine akustische Eigenresonanz bei 240 GHz und auch für ein DNA-Molekül kommt er nicht weit darunter. Dies macht eine direkte Kopplung bei der Frequenzen außerordentlich uneffektiv. Zum anderen verhindert die Dämpfung ein solches Aufschaukeln, verursacht durch die umgebenden Wassermoleküle.

Letzteres ist ein Umstand, der prinzipiell gegen alle Hypothesen spricht, die auf dem Resonanzprinzip beruhen. Prominentes Beispiel dafür ist die viel diskutierte Theorie kohärenter Erregung („coherent excitations“) von H. Fröhlich [Fröhlich 1980, Fröhlich u. Kremer 1983]. Diese Vorstellung setzt die strenge Orientierung der Dipole funktioneller Membranproteine im statischen Feld der Zellmembran voraus, das unter physiologischen Bedingungen Werte von 10^7 V/m erreicht. Dadurch ist ein kohärentes Verhalten möglich. Sind diese Proteine außerdem funktionell ausgelenkt, so lassen sich Schwingungen voraussagen, die mit einem äußeren Feld im Frequenzbereich von mehr als 10 GHz in Resonanz geraten könnten (Nähere Erläuterung siehe Haberland 1999). Vorausgesagt wurden scharfe Resonanzbereiche, die man ursprünglich sogar bei wachsenden Hefezellen glaubte nachweisen zu können [Grundler u. Keilmann 1983, 1989]. Diese Resultate haben sich jedoch in Folge nicht bestätigt [Gos et al. 1997, 2000]. Unbestätigt blieben auch andere Experimente, bei denen entsprechende

Resonanzen vermutet wurden [Jelinek et al. 1996, 2005, Hadjiloucas et al. 2002].

Wie bei Prohovsky [2004], so ergaben auch die Berechnungen anderer Autoren [Foster u. Baish 2000, Pickard u. Moros 2001, Adair 2002, 2003, Challis 2005], dass bedingt durch die wässrige Umgebung der Biomoleküle jede induzierte Oszillation sofort abgedämpft wird, so dass es zu keiner resonanten Aufschaukelung und damit Energie-Akkumulation kommen kann. Ein von Astumian vorgeschlagenes Ratschen-Modell [Astumian 1997, 2003], das allerdings vorwiegend für den niederfrequenten Bereich gedacht ist, scheitert an dem Umstand, dass einmal absorbierte Energie schneller wieder dissipiert, als sie sich durch einen neuen Akt der Absorption addieren könnte.

Eine Reihe von allerdings nicht reproduzierbaren Experimenten lenkte in den 80-er Jahren die Aufmerksamkeit auf die Rolle des Kalziums in möglichen Mechanismen der Wirkung sowohl nieder- als auch hochfrequenter Felder. Angeblich lösen Felder von 147 MHz, die speziell mit 16 Hz amplitudenmoduliert sind, in Hirn-Schnitten von Hühnern Kalzium-Signale aus und damit eine Kaskade biologischer Folgereaktionen [Bawin et al. 1978]. Diese Befunde sind sicher falsch, denn, abgesehen von methodischen Fehlern, konnten sie trotz vieler Bemühungen anderer Laboratorien nie reproduziert werden [Merrit et al. 1982, Cranfield et al. 2001]. (Leider werden diese Resultate bis heute mitunter immer noch unkritisch zitiert [Westerman u. Hocking 2004, Stevens 2004, Weinberger u. Richter 2002].)

Diese Kalzium-Hypothese führte jedoch damals zu theoretischen Überlegungen über mögliche Mechanismen. A. Chiabrera zeigte an Hand quantenmechanischer Berechnungen, dass auch geringe Quantenenergien ausreichen könnten, um im rauscharmen hydrophoben Bereich der Kalzium-Bindungsstellen entsprechender Rezeptorproteine bestimmte Effekte hervorzurufen, insbesondere, wenn diese metabolisch ausgelenkt sind [Chiabrera et al. 2000]. Ein anderes Modell stammt von J. C. Thompson, der kooperative Effekte in quasikristallinen Strukturen der Membran für möglich hält [Thompson et al. 2000]. Letztlich erlauben alle diese Modelle jedoch keine konkreten Aussagen über Schwellenwerte und konnten auch experimentell nicht bestätigt werden (Kritik dieser und ähnlicher Modelle siehe: [Adair 2006]).

3. Thermische Reaktionen und ihre Besonderheiten

3.1 Thermische Effekte bei intensiver Exposition durch HF-Felder

Wie eingangs erwähnt, ist die Erwärmung biologischer Gewebe unter dem Einfluss hochfrequenter Felder seit über 100 Jahren bekannt und wird unter der Bezeichnung Diathermie- bzw. Hyperthermie-Behandlung als Therapie genutzt. Die dabei verwendeten Frequenzen werden entsprechend der gewünschten Eindringtiefe variiert. Dabei geht man nicht von spezifischen Effekten der Felder aus, hat solche bisher auch nicht gefunden, sondern nutzt einfach die therapeutische Wirkung der Wärme. Natürlich werden dabei Feldintensitäten verwendet, die weit über denen liegen, die bei Mobiltelefonen auftreten können [Wust et al. 2002]. Ein seit langem bekanntes und experimentell gut untersuchtes Phänomen ist das Hören gepulster Hochfrequenzfelder [Frey 1961, Foster u. Fynch 1974, Chou et al. 1985, Lin 2002, Elder u. Chou 2003]. Ursache dieses Phänomens ist eine pulsierende Erwärmung von „hot spots“ im Kopf, was zu thermoelastischen Dehnungen und dem Entstehen von Druckwellen führt, die schließlich im Innenohr als Schall wahrgenommen werden. Für diesen Effekt sind jedoch Leistungsdichten erforderlich, die weit oberhalb der Grenzwerte liegen. Die Intensität der Pulse des Mobiltelefons reicht dafür nicht aus.

3.2 „Hot spots“ und mikrothermische Effekte

Schon in den 30er und 40er Jahren des vergangenen Jahrhunderts hat man sich Gedanken darüber gemacht, ob im heterogenen Dielektrikum biologischer Systeme nicht vielleicht Orte höherer Erwärmungen entstehen könnten [Rajewsky 1938]. Strukturen unterschiedlichen Ionen- und Wassergehalts und damit unterschiedlicher Impedanz, wie etwa Knochen und Muskelgewebe, aber auch geladene Oberflächen oder unterschiedlich polarisierbare Makromoleküle wie Proteine und Lipide, absorbieren frequenzabhängig die HF-Felder in unterschiedlicher Weise. Tatsächlich muss bei diesen Vorgängen jedoch nicht nur die Energieaufnahme betrachtet werden, sondern ebenso die Wärmeableitung. In den Organen des Körpers wird dieses im Allgemeinen durch den Blutkreislauf reguliert [Foster et al. 1998, Foster u. Erdreich 1999]. Für künstliche Systeme, etwa Fetttropfchen in Wasser,



oder Wassertröpfchen in Öl, kann man Gleichungen ansetzen, welche die Wärmeableitung über die Oberfläche berücksichtigen, die bekanntlich relativ zum Volumen mit kleiner werdendem Radius größer wird. Setzt man am Modell einer Kugel die Geschwindigkeit einer Erwärmung durch Energieabsorption in Relation zur Abkühlung, so erhält man für die charakteristische Zeit der Temperaturveränderung eine Funktion, die umgekehrt proportional zum Quadrat des Radius verläuft (Abb. 3). Während eine 1 mm große Kugel noch eine Zeitkonstante der Temperaturveränderung von wenigen Sekunden aufweist, liegt dieser Wert bei einer 1 Mikrometer großen Struktur nur noch im Mikrosekundenbereich und fällt dann schnell weiter ab. Entsprechend wird auch die stationäre Temperaturdifferenz immer kleiner. Daraus wird geschlossen, dass es echte „hot spots“, also Regionen erhöhter Temperatur durch selektive Erwärmung im elektromagnetischen Feld, nur im Maßstab anatomischer Strukturen geben kann. Mikroskopische Bereiche unterschiedlicher dielektrischer Eigenschaften gleichen ihre Temperatur zu schnell mit der Umgebung ab [Schäfer u. Schwan 1943, Foster 1997, Foster et al. 1998, Foster u. Erdreich 1999, Laurence et al. 2003, Foster u. Glaser 2006].

Unter diesem Aspekt ist auch die Hypothese von J. L. Kirschvink zu betrachten. Dieser Autor verweist auf das Vorkommen von Ferrit-Kristallen in der Größenordnung von 50 nm, die er glaubt in verschiedenen Geweben, so auch im Gehirn des Menschen, wenn auch in sehr geringer Konzentration nachgewiesen zu haben [Kirschvink et al 1992]. Diese Strukturen, den Magnetiten der Magnetobakterien ähnelnd, macht er im niederfrequenten Bereich unmittelbar für die Wirkung schwingender Magnetfelder, im hochfrequenten hingegen für Orte mikroskopischer Erwärmung verantwortlich [Kirschvink et al 1996]. Abgesehen davon, dass das Auftreten dieser Magnetite selbst noch nicht sicher nachgewiesen ist, sind sie nach der oben genannter Abschätzung zu klein, um tatsächlich effektiv zu sein [Challis 2005].

Diese Ansätze gründen allerdings auf phänomenologischen Parametern, wie Wärmekapazität, Dichte und Wärmeleitfähigkeit. Selbst die Temperatur ist physikalisch nur für „große“ Systeme definiert und kann in molekularen Dimensionen höchstens als „effektiver“ Parameter betrachtet werden (zu „effektiven“ Para-

metern in der Biophysik siehe Glaser 1996, 2000). Im Bereich einzelner Moleküle, und in Hinblick auf die Verstärkerprozesse molekularer Reaktionen in biologischen Systemen, löst sich der Temperaturbegriff in ein komplexes Geschehen von Vibrationen und Schwingungen auf und muss mit anderen Ansätzen bearbeitet werden. Dies knüpft an die Berechnungen von E.W. Prohofsky an, die im Abschnitt 2.3. erwähnt wurden [Prohofsky 2004].

Da sich auch die technische Chemie für die Möglichkeit interessiert, chemische Prozesse durch HF-Felder zu beeinflussen, gibt es eine Vielzahl von Publikationen aus dieser Sicht, die das Bild komplettieren. Einige Studien beschäftigen sich auch mit der Möglichkeit mikrothermischer Beeinflussung biochemischer Reaktionen [Nölting 1998, Bohr u. Bohr 2000, Copty et al. 2005]. Kürzlich konnte nachgewiesen werden, dass es unter dem Einfluss von HF-Feldern zu einer Monomerisierung des normalerweise als Dimer vorkommenden Enzyms Acetylcholin-Esterase kommen kann [Barteri et al. 2005]. Ein interessantes Experiment wurde an einem kleinen synthetischen DNA-Molekül durchgeführt, dem man einen 1,4 nm großen Goldkristall kovalent angeheftet hatte. Durch Felder im Frequenzbereich von 1 GHz gelang es, dieses Molekül selektiv thermisch zu aktivieren [Hamad-Schifferli et al. 2002].

Diese Publikationen zeigen, dass die Diskussion zum Thema selektiver thermischer Anregungen von Makromolekülen durch HF-Felder noch im Fluss ist und weitere Beachtung verdient.

3.3 Thermische Effekte und molekulare Thermometer

Bei der Diskussion zu Definitionen „nicht-thermischer“ Effekte (Abschn. 1.5) wurde die Empfindlichkeit biologischer Thermorezeption erwähnt. Seit langem kennt man im Tierreich Thermorezeptoren, deren Empfindlichkeit offenbar noch unterhalb von 0,01 Grad liegt [Harris u. Gamow 1971, Neuweiler 2003, Schmitz u. Trenner 2003]. Auch Thermorezeptoren der menschlichen Haut weisen Empfindlichkeiten von weniger als 0,1 °C auf [Hendler et al. 1963, Glaser 2005, Foster u. Glaser 2006]. Sie liegen allerdings etwa 0,2 mm tief im Gewebe. Dadurch sind sie gegen eine schnell wechselnde Erwärmung von außen abgepuffert, nicht jedoch gegen thermische Einflüsse von HF-Feldern.

Erst im letzten Jahrzehnt ist man dem Problem molekularer Mechanismen biologischer Temperaturmessung etwas näher gekommen. Bisher sind zwei völlig unterschiedliche Arten biomolekularer Thermometer bekannt. Zur einen Klasse gehören thermosensible RNA-Schalter („Riboswitches“), die besonders in Bakterien gefunden wurden. In verschiedenen Modifikationen sorgen diese für eine temperaturregulierte Expression bestimmter Proteine, u.a. auch der im Bereich der Wirkung von HF-Feldern immer wieder diskutierten Hitzeschockproteine [Lai 2003, Grimshaw et al. 2003, Narberhaus et al. 2006]. Die zweite Kategorie bilden spezielle Transportproteine in der Membran vieler Zellen, die zur Gruppe der TRP-Kanäle („transient receptor potential“) gehören [Xu 2002, Watanabe et al. 2002, Benham et al. 2003, Brauchi et al. 2006]. Die Besonderheit dieser Makromoleküle liegt darin, dass sie jeweils in einem kleinen Temperaturbereich von wenigen Grad eine definierte Strukturänderung erfahren, die ihre Funktion verändert. Während sich

die Geschwindigkeit normaler chemischer und biochemischer Reaktionen bei einer Temperaturerhöhung von 10 Grad etwa um das Zweifache erhöht, erreicht dieser, als Q_{10} -Koeffizient bekannte Faktor, bei diesen Molekülen im Übergangsbereich Werte zum Teil bis über 20. Die entsprechenden Zellen enthalten viele solcher Moleküle unterschiedlicher Art, die jeweils verschiedene Temperaturbereiche abdecken. Ihre Konformationsänderung löst biologische Informationskaskaden aus, die sich bereits in jeder einzelnen Zelle und darüber hinaus über die vielen Zellen eines Thermorezeptors mitteln. Dies stellt offenbar einen effektiven Mechanismus der Rauschunterdrückung dar.

Wie in Abb. 4 dargestellt, muss man sich die biologische Thermorezeption als ein mehrstufiges System der Informationsverarbeitung vorstellen. Die thermische Veränderung vieler Moleküle bestimmt die Reaktion einer einzigen thermosensiblen Zelle. Viele Zellen bedienen dann einen Thermorezeptor. Viele Ther-

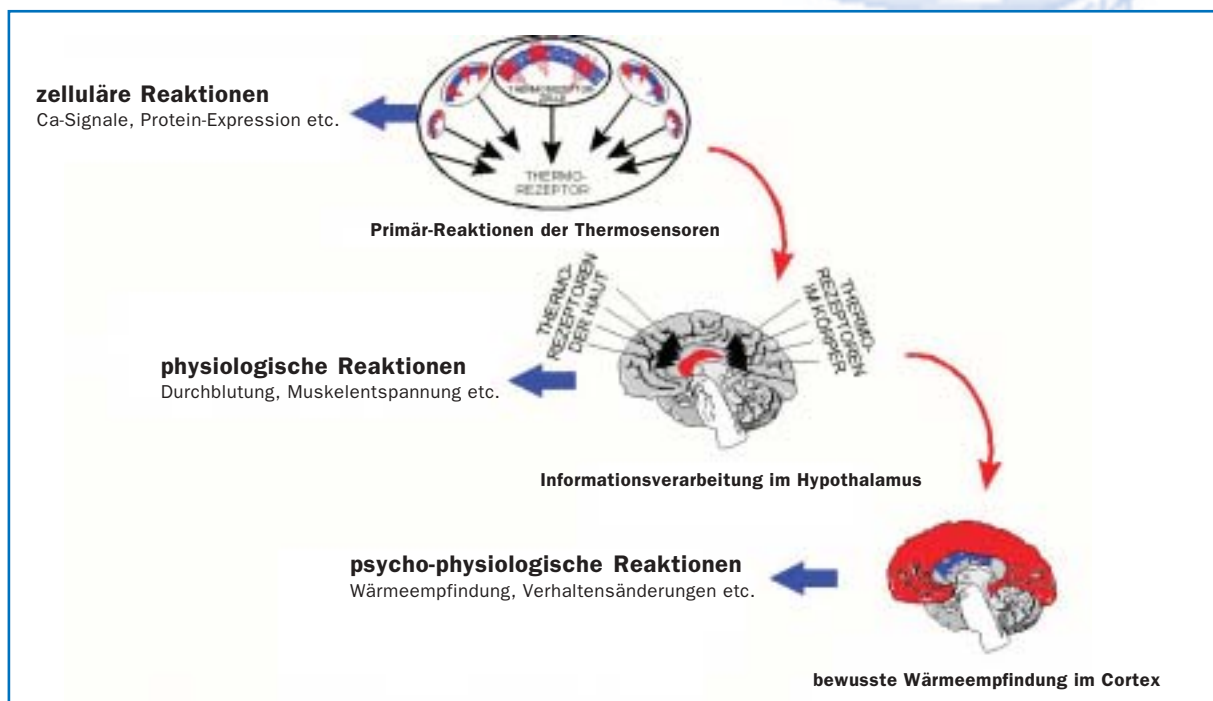



Abb. 4: Schematische Darstellung der Thermorezeption, ausgehend von den molekularen Rezeptoren der Membran, die sich sowohl in Zellen der Haut als auch in solchen im Inneren des Körpers befinden, über die Verarbeitung der Information im Hypothalamus bis zur bewussten Wärmeempfindung als Reaktion des Großhirns. Auf jeder Stufe erfolgt eine Auswertung mit möglichen Konsequenzen auf der entsprechenden Ebene. So sind bei geringer lokaler Erwärmung viele Reaktionen möglich, ohne dass eine bewusste Wärmeempfindung folgt [nach Glaser 2005].



morezeptoren wiederum, sowohl in der Haut als überall im Körper, senden ihre Impulse zum neuronalen Zentrum der Thermoregulation im Hypothalamus. Von dort aus wird gegebenenfalls ein Signal an das Großhirn weitergeleitet und erst dann als Wärme- oder auch Kälteempfindung bewusst.

Entscheidend ist jedoch, dass auf allen Stufen des Systems bereits Reaktionsketten ausgelöst werden können, ohne dass das Signal auf der nächst höheren Stufe als „relevant“ gewertet wird. Spezielle Protein-Expressionen könnten eingeleitet werden, Durchblutungsänderungen induziert etc., ohne dass eine Wärmeempfindung bewusst wird.

Geht man nun davon aus, dass eine Diathermie-Erwärmung des biologischen Systems durch HF-Felder andersartig ist als eine Erwärmung von außen oder durch körperliche Aktivitäten von innen, also etwa das Schwitzen beim Laufen, so kommt man unmittelbar auf die eingangs zitierte Feststellung aus dem Jahre 1946 zurück, wonach es sich bei der Wirkung starker HF-Felder auf den Menschen um „eine primär elektrische Allgemeinerwärmung des gesamten Organismus [handelt], die ohne thermometrisch grob nachweisbar zu sein, die Regulation vor eine eigentümliche Aufgabe stellt.“ [Schaefer u. Stachowiack 1946]. Unter diesem Aspekt werden auch Resultate verständlich, die als schwer reproduzierbare „nicht-thermische“ EEG-Änderungen publiziert wurden, oder als Effekte, die man durch verschiedene Psychotests ermittelte [Huber et al. 2002, Krause et al. 2000, 2004, 2006, Loughran et al. 2005, Curcio et al. 2005, u.a.]. Offensichtlich bedeutet die – wenn auch geringfügige – Erwärmung des Gewebes durch ein Handy am Ohr eine geringe Beeinflussung des thermoregulatorischen Systems. Natürlich ist diese Reaktion vom physiologischen Zustand des Organismus abhängig und in der Messung deshalb unzuverlässig. Letztlich unterscheidet sie sich jedoch prinzipiell nicht von andersartigen Erwärmungen und ist deshalb als unbedeutende Alltagsreaktion zu verstehen (Näheres zu diesem Aspekt siehe [Glaser 2005]).

4. Schlussfolgerungen

Die hier dargestellten Sachverhalte lassen sich in folgenden Thesen zusammenfassen:

- Trotz jahrzehntelanger Bemühungen gibt es bisher keine biophysikalisch vertretbare Vorstellung über

eine mögliche nicht-thermische Wirkung hochfrequenter Felder im Intensitätsbereich gültiger Grenzwerte. Da auch experimentell derartige Wirkungen bisher nicht zweifelsfrei nachgewiesen wurden, können sie mit einiger Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

- Wiederholt gemessene, allerdings schwer reproduzierbare Effekte neuronaler Aktivitäten unter dem Einfluss von Feldern des Mobilfunks, die von Experten zudem als gesundheitlich unbedenklich gewertet werden, sind als „Alltags-Reaktionen“ auf lokale Erwärmungen zu betrachten. Dabei spielen offenbar auch lokale Reaktionen von Thermorezeptoren eine Rolle, die zu lokalen Durchblutungsänderungen führen können.
- Eine *physikalische* Demodulation amplitudenmodulierter oder gepulster HF-Felder im GHz-Bereich, also die Entstehung entsprechend niederfrequenter elektromagnetischer Schwingungen, ist in biologischen Systemen nicht vorstellbar und auch nicht nachgewiesen. Eine *biologische* Demodulation, also eine periodische niederfrequente Anregung eines biologischen Signalsystems, würde eine Primärwirkung voraussetzen, die jedoch im ersten Punkt der Schlussfolgerung ausgeschlossen wird.
- Da im Bereich geltender Grenzwerte ausschließlich thermische Einflüsse hochfrequenter Felder zu erwarten sind, erscheint trotz aller Kritik der SAR-Wert als brauchbares Maß für die wirksame Dosis. Im Gegensatz zur Wirkung ionisierender Strahlung muss im Frequenzbereich des Mobilfunks von einem Schwellenwert der Wirkung ausgegangen werden. Da es keinen Hinweis auf eine Akkumulation thermischer Wirkungen gibt, erscheint die Einführung einer zeitlichen Integration der Energieabsorption als Dosis-Größe unbegründet.
- Forschung erscheint notwendig, um die theoretisch postulierte Möglichkeit sub-thermischer Effekte auf molekularem Niveau zu belegen. Unter Nutzung etablierter Modelle von Molekular-Thermometern („Riboswitches“, TRP-Transportern und anderen thermosensiblen Molekülen), eventuell auch spezieller Thermorezeptoren von Tieren, sollte die HF-Wirkung gezielt untersucht werden.

Roland Glaser, Prof. em. Experimentelle Biophysik,
Institut für Biologie an der Humboldt-Universität Berlin

**Die COST Aktionen
der Europäischen Gemeinschaft**

COST („European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research“ bzw. „Coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique“) ist eine Initiative der europäischen Union zur Förderung der wissenschaftlich-technischen Forschungskooperation im Rahmen themenorientierter COST-Aktionen.

Das COST-Programm wurde 1971 durch die EU-Wissenschaftsministerkonferenz gegründet.

Die Zusammenarbeit im Rahmen von COST bildet die Basis der koordinierten Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung in Europa. Den Mitgliedstaaten (insgesamt 35 europäische Staaten) steht die Beteiligung an den einzelnen COST-Aktionen mit national finanzierten Projekten frei.

COST fördert Kommunikation und Wissensaustausch durch Bereitstellung der benötigten Infrastruktur sowie die Finanzierung von Konferenzen und Workshops.

Die COST-Themen sind grundsätzlich offen. Themenbereiche haben sich dort herausgebildet, wo eine länderübergreifende Zusammenarbeit sinnvoll und nutzbringend ist, z. B. auf folgenden Gebieten:

Biomedizin, molekulare Biowissenschaften, Ernährung/Lebensmitteltechnologie, Landwirtschaft, Forstwissenschaften, forstliche Produkte, sozialökonomische Aspekte, Werkstoffe/Neue Materialien, Physik, Nanowissenschaften, Chemie, Molekularwissenschaften und -technologie, System Erde, Umweltmanagement, Informations- und Telekommunikationswissenschaft, Verkehr/Transport, Stadtentwicklung, Sozial- und Geisteswissenschaften, Kultur und Gesundheit.

Abschluss der

Wolfgang Michaelis

Historie und Gründung

Ab Ende der 80er Jahre wurden die möglichen gesundheitlichen Risiken durch Einflüsse elektromagnetischer Felder zunehmend in den Medien diskutiert und öffentlich wahrgenommen. Als Folge wurden international die Forschungsanstrengungen zur Aufklärung der biomedizinischen Wirkungen intensiviert. Diese Forschungsprojekte wurden jedoch mit unterschiedlichsten wissenschaftlichen Zielsetzungen an einer Vielzahl von Forschungseinrichtungen unabhängig initiiert und durchgeführt.

Auf europäischer Ebene erkannte man die Notwendigkeit zur Unterstützung und Koordinierung der Forschungsaktivitäten in diesem Forschungsbereich bereits 1990. Dies führte 1992 zur Gründung der COST Aktion 244 mit dem Ziel des Erfahrungsaustausches bei der Untersuchung biomedizinischer Effekte durch elektromagnetische Felder. 1996 erfolgte eine Verlängerung dieser Aktion im Rahmen von COST 244bis. Als Ergebnis entstand ein leistungsfähiges internationales Wissenschaftsnetzwerk als wichtige Basis für den Austausch wissenschaftlicher Erkenntnisse und die Abstimmung zukünftigen Forschungsbedarfs.

Um diese erfolgreiche Arbeit fortzuführen wurde durch das COST TIST-Büro in Brüssel 2001 mit der Aktion COST 281 eine Verlängerung der bisherigen Aktivitäten für weitere fünf Jahre beschlossen. Die Abgesandten der teilnehmenden Länder trafen sich am 25. September 2001 in Brüssel zur Gründungsversammlung. Auf dieser Veranstaltung wurden die Erwartungen der EU-Kommission an das Projekt formuliert sowie Organisation, Arbeitsprogramm, Zeitplanung und erste Aktivitäten der Aktion diskutiert und beschlossen. Die Aktion endete offiziell am 25. September 2006, die Ergebnisse werden am 17. November 2006 in Brüssel der EU-Kommission präsentiert.

7
8
2
T
S
O
C



SS Aktion COST 281

Ziele der Aktion COST 281

COST 281 ist eine Aktion im Bereich COST TIST (Telecommunication Information Science and Technology). Ihre Arbeit steht unter dem Thema: „Potential Health Implication from Mobile Communication Systems“ (mögliche Gesundheitseinflüsse durch zukünftige drahtlose Kommunikationssysteme). Sie ist eine unparteiische, unabhängige Institution, die in erster Linie für die frühzeitige wissenschaftliche Beratung sowie den Informationsaustausch zwischen den Projekten der Teilnehmerländer zuständig ist. Darüber hinaus erarbeitet sie auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Projekte Zielsetzungen und Fragestellungen für die weitere Forschung.

Hauptziel der Aktion COST 281 ist es,

- ein besseres Verständnis zu vermuteten gesundheitlichen Wirkungen neuer Telekommunikations- und Informations-Technologien zu erlangen, die auf Exposition durch elektromagnetische Felder zurückzuführen sind.
- Wissenschaftlern aus allen beteiligten Ländern eine Plattform zur Diskussion neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse zu verschaffen.

Zusätzliche Ziele umfassen:

- Bewertung des aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstandes als Grundlage für Entscheidungsprozesse im Bereich Risikomanagement bei Exposition durch elektromagnetische Felder (EMF),
- Schaffen einer Basis für die Risikokommunikation im Zusammenhang mit neuen Technologien, elektromagnetischen Feldern und damit verbundenen Gesundheitsrisiken sowie
- Sammlung von Daten zur Exposition durch elektromagnetische Felder neuer Technologien auf europäischer Ebene.

Im Ergebnis wird in dieser Aktion durch eine frühzeitige Kooperation der beteiligten Wissenschaftler bereits

zu einem frühen Zeitpunkt der technischen Weiterentwicklung eine europaweit abgestimmte Beurteilung neuer Technologien sowie schnelles Erkennen weiteren Forschungsbedarfs ermöglicht.

Die Aktivitäten der COST Aktion 281 umfassen, da keine Forschungsprojekte von der EU Aktion gefordert werden, vor allem die Bereitstellung eines Forums zur interdisziplinären wissenschaftlichen Diskussion, die Durchführung von Workshops und Seminaren zu wissenschaftlichen Fragestellungen, die Veröffentlichung der Ergebnisse in Newslettern, Berichten und Informationen auf den Web-Seiten der Organisation (<http://www.cost281.org>), das Monitoring der technischen Entwicklung sowie ggf. die Untersuchung spezieller Fragestellungen durch „Task Forces“ und Kurzzeitprojekte („Short Term Missions“) und die Unterstützung nationaler Regierungsstellen durch Gutachten und Berichte.

Detaillierte Informationen zu Hintergrund, Zielen, Organisation und Arbeitsprogramm der Aktion COST 281 sind im „Memorandum of Understanding“ (MoU) als Basis der Zusammenarbeit der Teilnehmer zusammengefasst: (<http://www.cost281.org/docsCOST281MoU.pdf>).

Organisation, Beteiligte und Finanzierung

Die Organisation der Aktion COST 281 basiert auf den Erfahrungen aus einer Vielzahl vorhergehender COST-Aktionen. Sie gliedert sich in folgende Organe:

- Das **Management Committee** (MC), gebildet aus den Abgesandten der 26 Teilnehmerländer.
- Der **Verwaltungsausschuss** (Steering Committee), gebildet aus dem Vorstand und weiteren 6 durch das MC gewählten Mitgliedern
Vorsitzender: Prof. Dr. Norbert Leitgeb, Österreich
Vertretung: Dr. Maila Hietanen, Finnland
Wissenschaftliches Sekretariat: Dr. Gerd Friedrich, Deutschland

- Die **Arbeitsgruppen** (working groups, WG) eingerichtet durch den Verwaltungsausschuss, Mitglieder sind Fachleute von Organisationen und wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen der Teilnehmerländer:

WG 1: Genetische und Zytogenetische Aspekte

Aufgabe: Analyse des Forschungsbedarfs auf diesem Fachgebiet

WG 2: Mobile Kommunikation und Kinder

Aufgabe: Literatursammlung und –auswertung zur Feststellung des Forschungsbedarfs in diesem Bereich

WG 3: Monitoring von Basisstationen /Dosimetrie

Aufgabe: Entwicklung von Methoden und Protokollen zur Expositionsermittlung

WG 4: Statistik

Aufgabe: Entwicklung von Richtlinien und Empfehlungen zur korrekten statistischen Auswertung wissenschaftlicher Studien

WG 5: Neue und sich entwickelnde Technologien

Aufgabe: Identifikation neuer Technologien und Anwendungen, ggf. Expositions- und Risikoabschätzungen, falls sie nicht durch bestehende Standards abgedeckt sind.

WG 6: Task force Epidemiologie

Aufgabe: Unterstützung von Projekten bei der Durchführung und Auswertung epidemiologischer Studien. Die Finanzierung der Aktivitäten der Aktion COST 281 erfolgt durch COST TIST innerhalb des „Sechsten Rahmenprogramms der Europäischen Gemeinschaft im Bereich der Forschung, technologischen Entwicklung

und Demonstration“. Das Gesamtbudget über die 5-jährige Laufzeit bis zum Abschluss im September 2006 wird voraussichtlich ca. 445.000,- Euro betragen.

Ergebnisse

Eine der Hauptaktivitäten der Aktion bestand in der Organisation und Durchführung von Workshops als Forum für interdisziplinäre wissenschaftliche Diskussionen zu Themenschwerpunkten aus der aktuellen Forschung und zu Fragestellungen, die von den zu besonderen Themen eingerichteten Arbeitsgruppen behandelt wurden. Diese Workshops gaben den Teilnehmern die Gelegenheit, wichtige offene Fragestellungen zu diskutieren und ihre Forschungsergebnisse vorzustellen.

Aktivitäten und Studien der Aktion COST 281 sowie durchgeführte Workshops und Seminare:

Zeitraum 2001-2002

September 2001: Gründungsversammlung in Brüssel

Oktober 2001: Teilnahme an einem gemeinsamen wissenschaftlichen Workshop der EU, Japans, Koreas und der USA zu EMF, Mobilfunk und Gesundheit in Brüssel

November 2001: Vorlage des Berichts „Wissenschaftlicher Kommentar zu Bedenken gegenüber Gesundheitsrisiken schwacher EMF“ als Kommentierung eines Beitrags von Dr. Hyland für das EU-Parlament

November 2001: Konferenz in Zusammenarbeit mit

Übersicht über die Aktivitäten der Aktion COST 281

Jahr	2001				2002				2003			
Quartal			3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Management Meeting Nr.			1			2		3		4		5
Konferenzen			1	1		1				1		
Workshops				2		2		2		1		3
Working Group Meetings											1	

Jahr	2004				2005				2006			
Quartal	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	
Management Meeting Nr.	6		7		8			9		10		
Konferenzen		1		1								
Workshops	1	3	2	2	1	1		5		1	2	
Working Group Meetings	1	1	2	1			2		1	3		

der Akademie für Europäisches Recht in Luxemburg zum Thema „Elektromagnetische Felder und Gesundheit – welches Regelwerk braucht die Europäische Gemeinschaft?“

Dezember 2001: Mitorganisation des Workshops „Physikalische Wirkungen gepulster RF Felder auf mikroskopischer und molekularer Ebene (Mikrodosimetrie)“ in Dresden

Mai 2002: Durchführung des gemeinsamen COST 281/EBEA Forums zum europäischen Projektstatus sowie zwei Workshops zu den Themen „Neue Technologie“ und „Mobilkommunikation und Kinder“ in Rom

Zeitraum 2002-2003

November 2002: gemeinsame Organisation des Workshops „Genetische und cytogenetische Aspekte der Wechselwirkungen von HF-Feldern“ zusammen mit der Forschungsgemeinschaft Funk (FGF), dem Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg und der Berufsgenossenschaft für Elektrotechnik und Feinmechanik. Tagungsort: Löwenstein

Dezember 2002: Workshop in Zusammenarbeit mit der britischen Royal Society zum Thema „Biologische Wirkungen schwacher elektromagnetischer Felder“ in London

Dezember 2002: In Beantwortung einer gemeinsamen Anfrage des Schweizer Bundesamtes für Gesundheit und der Schweizer Forschungskoooperation Nachhaltiger Mobilfunk wurde eine wissenschaftliche Beurteilung über die Sinnhaftigkeit der Durchführung von epidemiologischen Studien über Mobilfunk-Basisstationen erarbeitet und veröffentlicht (Titel: „Scientific Comment on Epidemiological Studies on the Health Impact of Mobile Communication Base Stations“)

Mai 2003: Workshop zum Thema „Mobilfunksender und Gesundheit“ in Dublin

Juni 2003: Vorstellung der Aktion COST 281 auf dem BEMS Jahresmeeting in Maui, Hawaii

Zeitraum 2003-2004

November 2003: Workshop „Mobilfunk und das Gehirn“ in Budapest und Mitorganisation des FGF-Workshops in Reisingen über mögliche Einflüsse von Mobilfunkfeldern auf die Blut-Hirn-Schranke

Dezember 2003: Workshop „Können elektromagnetische Felder des Mobilfunks Schlafstörungen und an-

dere kognitive Änderungen hervorrufen?“ in Schloss Hershberg, Immenstaad (Baden-Württemberg) in Kooperation mit der Forschungsgemeinschaft Funk (FGF) und dem Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg.

März 2004: Workshop „Mögliche biologische Effekte von Feldern im UHF-Bereich“ in Thessaloniki

April 2004: Mitorganisation des Workshops „Einfluss von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf die Expression von Stressproteinen“ in Helsinki und Mitwirkung an einem Kurs der „International School of Bioelectromagnetics“ in Erice, Sizilien, zum Thema „Methodology in Bioelectromagnetics Experimental Investigations“

Juni 2004: Teilnahme am WHO Workshop „Empfindlichkeit von Kindern gegenüber EMF-Exposition“ in Istanbul, Teilnahme am BEMS 2004-Jahresmeeting in Washington DC, Teilnahme an einem gemeinsamen wissenschaftlichen Workshop der EU, Japans, Koreas und der USA zu EMF, Mobilfunk und Gesundheit

Zeitraum 2004-2005

September 2004: Workshop zum Thema „RF Exposure Assessment“ sowie gemeinsamer Workshop von COST 281, IEEE und ICES zum Thema „Thermal Physiology“ in Paris

Oktober 2004: Teilnahme am Internationalen WHO Seminar „Hypersensitivität gegenüber elektromagnetischen Feldern“ in Prag

November 2004: Mitorganisation des Workshops „Erhöhen Hochfrequenzfelder das Krebsrisiko?“ in Schriesheim bei Heidelberg in Zusammenarbeit mit der Forschungsgemeinschaft Funk und dem Baden-Württembergischen Umweltministerium sowie Teilnahme an der internationalen EMF-Konferenz der WHO, der ICNIRP und der EU zum Thema „From Bioeffects to Legislation“ in Ljubljana.

Februar 2005: Workshop „Gibt es eine Spezifik biologischer Wirkung gepulster Felder?“ („Do sinusoidal versus non-sinusoidal waveforms make a difference?“) in Zürich

Juni 2005: Teilnahme am WHO-Workshop in Genf zum Thema „Base Stations and Wireless Networks: Exposures and Health Consequences“ („Basistationen und drahtlose Netzwerke: Exposition und Gesundheitsfolgen“)

COST 281

Zeitraum 2005-2006

Oktober 2005: Workshops zum Thema „Biologische Aspekte der EMF-Exposition beruflich genutzter Kommunikationssysteme (TETRA)“, „Potentieller Einfluss von Hochfrequenzfeldern auf die menschliche Fortpflanzung“ und „Statistik in der bioelektromagnetischen Forschung“ in Trondheim/Norwegen, Mitwirkung am zweiten Kurs der „International School of Bioelectromagnetics“ in Erice, Sizilien (Thema: „Elektromagnetische Felder und Genotoxizität“)

November 2005: Teilnahme am Proteomics/Transcriptomics-Workshop in Helsinki (Titel: „Application of Proteomics and Transcriptomics in EMF Research“) sowie Mitorganisation des Workshops zu „nicht-thermischen“ Effekten schwacher HF-Felder („Subtle Thermal Effects of RF-fields in vitro and in vivo“) in Stuttgart (gemeinsam mit der FGF und dem Baden-Württembergischen Umweltministerium)

April 2006: Workshop: „Emerging EMF Technologies and Potentially Sensitive Groups“ („Zukünftige EMF-Technologien, mögliche empfindliche Gruppen und Gesundheit“) in Graz

September 2006: Mitorganisation eines Workshops zu biologischen Wirkungsmechanismen („Proposed Mechanisms for the Interaction of RF-Signals with Living Matter-Modulation in Biological Systems“) gemeinsam mit der FGF und der Universität Rostock in Rostock, sowie Mitorganisation eines EMF-Seminars in Ljubljana and Zagreb zum Thema „Die Rolle der EMF-Dosimetrie in der Risikobewertung“ („The role of EMF dosimetry in high quality risk assessment“).

Zusätzlich zu diesen Veranstaltungen fanden noch regelmäßige Sitzungen des Management Committees, des Verwaltungsausschusses sowie der Arbeitsgruppen statt, die meist terminlich mit den Workshops verbunden wurden.

Veröffentlichungen

Die Berichte und Publikationen einschließlich der vollständigen Unterlagen zu den Workshops der Aktion COST 281 sind auf den Webseiten der Organisation zugänglich. Viele Reports zu den Workshops sind darüber hinaus im Newsletter der FGF erschienen.

Weitere Informationen wurden in den halbjährlich erschienenen COST 281-Newslettern veröffentlicht, die ebenfalls auf den Webseiten der Aktion zur Verfügung stehen. Für einige Jahre liegen darüber hinaus Beurteilungen der wissenschaftlichen und politischen Entwicklung in Form von Watchdog-Reports vor.

Zusammenfassung und Ausblick

Die COST Aktion 281 hat in den fünf Jahren Ihrer Tätigkeit wertvolle Beiträge zur europäischen Forschungskoooperation auf dem Gebiet der Bewertung der gesundheitlichen Risiken durch elektromagnetische Felder geleistet. Das Projekt endete im September 2006. Ende 2005 erfolgte daher die Vorbereitung eines Vorschlags zur Fortführung der Aktivitäten in einer neuen COST-Aktion unter dem Namen „Emerging Wireless Technologies and Health“ (Zukünftige drahtlose Technologien und Gesundheit) mit den Zielen:

- Koordinierung der Forschung,
- Austausch von Wissen,
- Vervollkommnung von Dosimetrie und Expositionscharakterisierung und
- Beurteilung der Immissionswerte drahtloser Technologien.

Es wäre zu wünschen, dass diese erfolgreiche Arbeit zukünftig auch im Rahmen des siebenten europäischen Forschungsrahmenprogramms weitergeführt werden kann. Eine inzwischen beantragte Fortsetzung der Aktion hat im ersten Anlauf eine positive Resonanz gezeitigt und wird voraussichtlich das Endsichtungsverfahren erfolgreich durchstehen. Ermutigende Auskünfte seitens der EU liegen bereits vor.

Weitere Informationen, Links

- COST Homepage: <http://www.cost.esf.org/>
- COST TIST-Homepage:
<http://cordis.europa.eu/cost/src/tisthome.htm>
- Überblick über COST:
<http://www.kp.dlr.de/COST/cost2.html>
- Homepage der Aktion COST 281:
<http://www.cost281.org>

Dipl.-Ing. Wolfgang Michaelis, FGF



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 selbst getroffen und durch sein subjektives Urteil der Relevanz bestimmt.

Roland Glaser



Wirkung auf psychische Leistungen

Die Australier können ihre Psychotest-Ergebnisse an Probanden aus dem Jahr 2004 nicht bestätigen.

Im Jahre 2004 publizierte die australische Gruppe um D.L. Hamblin Befunde einer Pilotstudie an 12 Probanden, wonach sich im Psychotest unter dem Einfluss des Feldes eines Handys eine beschleunigte Aufnahme, gleichzeitig aber eine offenbar verlangsamte Verarbeitung akustischer Signale ergab (siehe „Neues aus der Wissenschaft“, Heft 2, 2004). Die Autoren kündigten eine genauere Untersuchung an, deren Resultate nunmehr vorliegen. Die Anzahl der Probanden wurde auf 120 erhöht, die Methodik verbessert und vor allem wurde die Einfach-Blind- durch die Doppel-Blind-Methode ersetzt. Neben Messungen des EEGs sowie des Elektrooculogrammes (EOG) wurden wieder visuelle und akustische Tests durchgeführt. Die Befeldung erfolgte auch diesmal mit einem an einem Helm befestigten Nokia 6110 Handy (895 MHz, 217 Hz Pulse, mittlerer SAR im Temporallappen 0,11 W/kg). Im Unterschied zu der Pilot-Studie konnten die Autoren diesmal keinen Einfluss des Feldes auf die gemessenen Parameter finden. Sie unterstreichen damit die Notwendigkeit der Doppelblind-Metho-

de und die für eine gute statistische Aussage erforderliche Anzahl von Probanden. Gleichzeitig betonen die Autoren, dass ihr Befund nicht generalisiert, d.h. nicht ohne weiteres auf spezielle Gruppen wie Kinder, Alte, Kranke etc. übertragen werden könne (Hamblin, D. L.; Croft, R. J.; Wood, A. W.; Stough, C., and Spong, J. *The sensitivity of human event-related potentials and reaction time to mobile phone emitted electromagnetic fields. Bioelectromagnetics* **27**, 265-273. 2006).

Die gleiche Gruppe nahm sich auch der immer wieder diskutierten Frage nach dem **Einfluss der Handy-Felder auf die Melatonin-Produktion** an. Unter Nutzung der oben genannten Nokia-Anlage wurden vor dem Schlaf 55 Probanden 30 Minuten lang exponiert. Über das Melatonin-Abbauprodukt (6-Sulfatoxy-Melatonin) im Harn unmittelbar danach und am anderen Morgen schloss man auf die Melatonin-Produktion. Eine geringe Verminderung ($p=0,037$) konnte lediglich bei den exponierten Personen in der Abend-Probe gefunden werden, allerdings auch nur dann, wenn die Konzentration auf den Kreatinin-Gehalt, nicht direkt auf das Volumen bezogen wurde (Verminderung der Streuung). Die Autoren schließen nicht aus, dass dies auf unkontrollierbare Einflüsse vor dem Test zurückzuführen sei (Wood, A. W.; Loughran, S. P., and Stough,

C.: Does evening exposure to mobile phone radiation affect subsequent melatonin production? *Intern. J. Radiat. Biol.* **82**, 69-76. 2006).


Sind Handy-Einflüsse im EEG messbar? Um die eher negativen, aber auch nicht unwidersprochenen Befunde bisheriger Untersuchungen zu überprüfen, setzte eine japanische Arbeitsgruppe die Methode der Messung somatosensorisch evozierter Potentiale (SEP) nach Doppelreizung ein. Dabei wird zunächst die EEG-Antwort nach einem elektrischen Reiz am Handgelenk registriert und diese mit einem 10 bis 200 ms danach erfolgten zweiten verglichen. Dies ergibt eine Erholungskurve. Erst nach 100 ms ist die EEG-Antwort auf den zweiten Puls normalerweise wieder mit jenem des ersten identisch. Diese Erholungszeit ist abhängig von der Funktion kleiner Interneuronen im sensorischen Cortex des Gehirns und erwies sich als empfindlicher Indikator bei der Diagnose verschiedener neuronaler Veränderungen. Eine halbstündige Exposition von Probanden durch ein Mobiltelefon (Matsushita P97-7051-0, 800 MHz, SAR-Messung am Phantom in 3 cm Tiefe – 0,054 W/kg) ergab jedoch keine signifikante Veränderung dieses Parameters (Vergleich der Werte nach mit denen vor der Exposition) (Yuasa, K.; Arai, N.; Okabe, S.; Tarusawa, Y.; Nojima, T.; Hanajima, R.; Terao, Y., and Ugawa, Y. : *Effects of thirty minutes mobile phone use on the human sensory cortex. Clinical Neurophysiology* **117**, 900-905. 2006).

Zum Problem der „Elektrosensiblen“

Nicht die Klärung der Ursache, sondern schlicht die **Erfassung und Charakterisierung des Personenkreises**, der sich durch elektromagnetische Felder belästigt fühlt, war Ziel des „Mainzer EMF-Wachhund“-Projektes. Die umfangreiche Informationskampagne erbrachte allerdings nur eine enttäuschend geringe Beteiligung von etwa 0,7 % der im Erfassungsgebiet lebenden Personen, deutlich weniger als die vom ifas-Institut zuvor ermittelten 8 % entsprechend Betroffener. Die tatsächliche Häufigkeit, berücksichtigt man die Hemmschwellen bei der Registrierung im ers-

ten und das vielleicht etwas oberflächliche Entscheidungskriterium im zweiten Fall, dürfte wahrscheinlich ähnlich wie in den skandinavischen Ländern bei wenigen Prozent liegen. Die geringe Überrepräsentanz der Gruppe 40 – 59-Jähriger aus höheren Bildungsschichten könnte natürlich auch an der größeren Bereitschaft dieses Personenkreises liegen, sich an der Befragung zu beteiligen. Interessanterweise bezeichneten sich nur 56 % derer, die Beschwerden verursacht durch EMF vermeldeten, als „elektrosensibel“. Die meisten davon geben recht unspezifische EMF-Quellen (sowohl NF als auch HF) als Ursache an und berichten über besonders ausgeprägte Symptome (Schlafstörung, Müdigkeit, Kopfschmerzen) (Schüz, J., Petters, C., Egle, U. T., Jansen, B., Kimbel, R., Letzel, S., Nix, W., Schmidt, L. G., and Vollrath, L.: *The „Mainzer EMF-Wachhund“. Results from a watchdog project on self-reported health complaints attributed to exposure to electromagnetic fields. Bioelectromagnetics* **27**; 280-287. 2006).

Im King' s College London wurden 60 Personen getestet, die angaben, spätestens 20 Minuten nach Nutzung eines GSM-Handys unter Kopfschmerzen und ähnlichen Beschwerden zu leiden. Diese wurden verglichen mit ebensoviel Probanden ohne entsprechende Symptome. Im Doppelblind-Modus regelte ein Computer in drei Sitzungen jeweils Exposition mit gepulsten, mit ungepulsten Feldern (mittlerer SAR 1,4 W/kg \pm 30 % , Expositionsdauer 50 Minuten) sowie Scheinbefeldung. Die Probanden registrierten in unterschiedlichen Zeitpunkten während der Sitzung sowie danach auf einer Analog-Skala die Intensität möglicher Beschwerden sowie ihre Vorstellung darüber, ob das Feld angeschaltet sei oder nicht. Obgleich sich bei den „elektrosensiblen“ Personen häufig die angegebenen Symptome im Verlaufe der Sitzung verstärkten, was zum Teil sogar zum vorzeitigen Abbruch des Versuches führte, konnte keinerlei Korrelation zwischen Effekt und Exposition festgestellt werden. Auch die Einschätzung der Situation: Feld an oder Feld aus, korrelierte nicht mit der tatsächlichen Situation. Die Autoren sprechen von einem Nocebo-Effekt. Sie empfehlen zur Therapie eine Aufklärung der Leittra-



genden, nicht ein Eingehen auf ihre Vorstellungen von einer Feldwirkung. Letzteres würde die falsche Überzeugung der elektrischen Ursache der Symptome nur verstärken und eine tatsächliche Auseinandersetzung mit dem Leiden verhindern (Rubin, G. J.; Hahn, G.; Everitt, B. S.; Cleare, A. J., and Wessely, S.: *Are some people sensitive to mobile phone signals? Within participants double blind randomised provocation study. British Med. J.* **332**, 886-889. 2006).

In einer schwedischen Studie wurden im Unterschied zu Personen, die sich unspezifisch durch Hoch- wie Niederfrequenz belästigt fühlen, nur solche für einen Test ausgewählt, die sich speziell als „elektrosensibel“ gegenüber den Feldern des Mobilfunks bezeichneten. 20 Probanden dieser Art wurden 20 Kontroll-Personen gegenübergestellt, die in verschiedenen Parametern (Alter, Beruf, Telefon-Gewohnheiten etc.) den Testpersonen möglichst gut entsprachen. Die Exposition erfolgte durch Antennen, 8,5 cm vom Kopf entfernt (SAR= 1 W/kg, GSM 900), wobei nur die rechte Antenne tatsächlich angeschlossen war. Neben den üblichen Psychotests wurden vor und nach der Exposition (bzw. Scheinexposition) gleichzeitig physiologische Parameter wie Herzfrequenz und deren Variabilität, Hautwiderstand, Flimmer-Test, Oberflächendurchblutung und Atemfrequenz gemessen. Bei den „Elektrosensiblen“ traten verschiedene Symptome und Veränderungen auf, jedoch ohne Bezug zu der tatsächlichen Exposition. Unabhängig von einer Feldwirkung konnten allerdings Unterschiede in den psychophysiologischen Parametern zwischen beiden Gruppen festgestellt werden (Wilén, J.; Johansson, A.; Kalezic, N.; Lyskov, E., and Sandström, M.: *Psychophysiological tests and provocation of subjects with mobile phone related symptoms. Bioelectromagnetics* **27**, 204-214. 2006).



Molekular-genetische Einwirkungen

Gibt es molekulare Veränderungen in Gehirn, Milz und Thymus befeldeter Ratten? Nach Belyaev und Mitarbeitern gibt es inzwischen eine steigende Evidenz für das Auftreten nichtthermischer gesundheits-


schädigender Einflüsse von HF-Feldern, wie Immunantworten von Lymphozyten, Veränderungen der Blut-hirnschranke, Anstieg des Kalzium-Effluxes, Änderung der Ornithin-Decarboxylase-Aktivität, Bildung dizentrischer Chromosomen, Expression von Hitzeschockproteinen (Hsp) u.v.m. Diese Behauptung stützten sie auf sorgfältig ausgewählte Publikationen von Autoren wie z. B. Kwee, Salford, Navarro, Blackman, Lai ohne zu erwähnen, dass diese längst als methodisch fehlerhaft kritisiert und die Resultate in keinem Fall reproduzierbar waren. Auch, dass de Pomerai seine Befunde inzwischen selbst als methodischen Fehler erkannt und zurückgezogen hat, wird tunlichst verschwiegen. Andererseits sehen die Autoren in dieser These die Basis für neue Experimente, die sie an 4 (!) exponierten im Vergleich zu 4 scheinexponierten Ratten (für die genetischen Versuche waren es nur 3 : 3 !) durchführten (nicht verblindet!). In der von Salford bereits verwendeten TEM-Zelle wurden die Tiere frei beweglich exponiert (GSM 900, 915 MHz, mittl. SAR variabel, 0,4 W/kg, 2 Stunden). Anschließend präparierte man Hirn, Milz und Thymus für unterschiedliche Messungen. Es konnte weder eine Chromatin-Konformation nach der von Belyaev favorisierten Viskosimeter-Methode, noch eine DNA-Fragmentation (Commet-Assay), noch eine erhöhte Hsp-Expression gefunden werden. Allerdings zeigten die sich auf 3 Versuchstiere beziehenden Gen-Analysen Unterschiede in der Expression sowohl ins Positive als auch ins Negative. Letzteres, so die Meinung der Autoren selbst, könnte, obgleich methodisch signifikant, letztlich doch in der individuellen Variabilität begründet sein. Diese eigentlich negativen Resultate werden in einer sehr ausführlichen Diskussion im Lichte der eingangs formulierten Behauptung dadurch erklärt, dass es offenbar eine hohe Spezifik der Wirkung bezüglich Frequenz, Intensität und physiologischem Zustand der Versuchstiere gäbe. Deshalb (nur deshalb?) seien die vorliegenden Befunde mit Vorsicht zu betrachten (Belyaev, I. Y.; Koch, C. B.; Terenius, O.; Roxström-Lindquist, K.; Malmgren, L. O. G.; Sommer, W. H.; Salford, L. G., and Persson, B. R. R.: *Exposure of rat brain to 915 MHz GSM microwaves induces changes in gene expression but not double stranded DNA*

breaks or effects on chromatin conformation. Bioelectromagnetics **27**, 295-306. 2006).

Keine DNA-Strangbrüche durch Hochleistungs-Mikrowellen-Pulse. Unter gleichen Bedingungen wie zuvor Blutzellen des Krallenfrosches (8,8 GHz, Pulsdauer: 180 ns, Pulsfolge: 50 Hz, SAR-Wert- Zeitmittel: 1,6 kW/kg, Puls-SAR: 300 MW/kg, Exposition: 40 Minuten), untersuchte die russische Arbeitsgruppe diesmal menschliche Lymphozyten. Die Exposition ergab in den Proben nach 10 Sekunden eine stationäre Temperaturerhöhung um 3,5 auf 27 Grad Celsius. Deshalb wurden Kontrollen bei entsprechenden Temperaturen angesetzt, sowie eine Positivkontrolle mit dem genotoxischen Agens EMS (5 mM Ethylmethansulfonat). Als Indikator diente wie üblich der alkalische Comet Assay. Im Gegensatz zu den deutlichen Effekten bei der Positiv-Kontrolle konnte keine Abweichung der Messwerte, also offenbar keine genotoxischen Einflüsse der Pulse, nachgewiesen werden. Selbst die zuvor gefundenen geringfügigen Veränderungen in den kernhaltigen Blutzellen des Krallenfrosches (siehe: „Neues aus der Wissenschaft“ Heft 2, 2004) konnten die Autoren in diesen Versuchen nicht bestätigen (*Chemeris, N.; Gapeyev, A. B.; Sirota, N. P.; Gudkova, O. Y.; Tankanag, A.; Kononov, I. V.; Buzoverya, M. E.; Suvorov, V. G., and Logunov, V. A. Lack of direct DNA damage in human blood leukocytes and lymphocytes after in vitro exposure to high power microwave pulses. Bioelectromagnetics* **27**, 197-203. 2006).

Beeinflussung von Gentranskriptionen durch NF- und HF-Felder. Eine neue Arbeit aus dem Institut für Pflanzen-Genetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) Gatersleben bezieht sich auf mögliche Einflüsse sowohl niederfrequenter (50 Hz, 2,3 mT) als auch hochfrequenter Felder (GSM, 1,85 GHz, 217 Hz-gepulst, SAR Zeitmittel 1,5 W/kg, Pulshöhe 12 W/kg). Als Objekt dienten neuronale Vorläuferzellen, gewonnen aus embryonalen Stammzellen der Maus. Die Befeldungseinstellungen und die Dosimetrie wurden durch die Zü-

richer Gruppe um N. Kuster realisiert. Die Kultivierung der Zellen sowie die umfangreichen genetischen Untersuchungen erfolgten in der Arbeitsgruppe von Frau A.M. Wobus. Obgleich keine Feldeinflüsse auf die Mitochondrien-Funktion (ROS-Konzentration), Apoptosis, Zellproliferation und chromosomale Veränderungen beobachtet werden konnten, stellte man jedoch signifikante Veränderungen bei bestimmten Gentranskriptionen fest. Im NF-Bereich betraf dies die Apoptose und Zell-Zyklus regulierenden Gene (*bcl-2*, *bax*, *GADD45*, teils vermindert, teils erhöht), bei HF-Exposition das neurospezifische Gen *Nurr1* (vermindert) sowie ebenfalls das *GADD45*-Gen. Bei 6-stündiger, nicht jedoch 48-stündiger HF-Exposition, glauben die Autoren einen geringen und vorübergehenden Anstieg von DNA-Doppelstrangbrüchen gefunden zu haben (Commet-Assay); vorübergehend, da der Effekt verschwand, wenn die Zellen anschließend 18 Stunden ohne Feld inkubiert wurden. Dem Leser bleibt die Frage offen: was bedeutet in diesen Experimenten „signifikant“? Da nicht angegeben ist, wie oft die jeweiligen Experimente wiederholt wurden, ist anzunehmen, dass darunter die methodische, nicht jedoch die biologische Signifikanz gemeint ist. Dieser Verdacht erhält Nahrung, wenn man die Absolutwerte der scheinbefeldeten Präparate der ELF-Versuche mit denen der HF-Versuche in Abb. 2 vergleicht, die eigentlich gleich sein müssten. Tatsächlich schwanken diese jedoch beträchtlich, um ein Vielfaches mehr als im Vergleich zu den entsprechenden befeldeten Präparaten. Beruhen die methodisch signifikanten Differenzen dann nicht vielleicht auf der Zufälligkeit biologischer Variabilität? Immerhin ist erstaunlich, dass eine signifikante Änderung entsprechender Gen-Expression zu keiner zu beobachtenden Veränderung von Apoptose und Proliferation führte. Auch ist eigentlich unverständlich, warum nach 6, nicht jedoch nach 48 Stunden HF-Exposition Doppelstrangbrüche auftreten. Erfahrungsgemäß ist es immer leichter, die Bedeutung eines möglichen Effektes abzuschätzen, wenn Positiv-Kontrollen einbezogen werden, was hier leider nicht geschah (*Nikolova, T.; Czyz, J.; Rollet-*



schek, A.; Blyszczuk, P.; Fuchs, J.; Jovtchev, G.; Schuderer, J.; Kuster, N., and Wobus, A. M. Electromagnetic fields affect transcript levels of apoptosis-related genes in embryonic stem cell-derived neural progenitor cells. FASEB Journal **19**, U152-U176. 2005)

Einzelstrangbrüche der DNA im Gehirn befeldeter Ratten? Dieser Frage stellte sich eine indische Arbeitsgruppe, stimuliert und in Kooperation mit der Gruppe um N. P. Singh. Je 6 Ratten wurden im Verlaufe von 35 Tagen zwei Stunden pro Tag und 5 Tage pro Woche befeldert (2,45 GHz, 1 W/kg, bzw. 16,5 GHz, 2,01 W/kg). Die Befeldung erfolgte in fester Position der Tiere in einer Kammer mit Dämpfungselementen vor einer Horn-Antenne. Die SAR-Werte wurden aus den Leistungsflussdichten (0,344 mW/cm² bei 2,45 GHz bzw. 1,0 W/cm² bei 16,5 GHz) errechnet. Die mikroskopische Messung der Spuren im Commet-Assay von ca. 100 Hirn-Zellen pro Tier nach Ende der Versuche (subjektive Messung, keine Verblindung der Versuche!) ergab im Vergleich zu den Scheinbefeldungen signifikante Unterschiede bei allen 6 Tieren und erst recht im Mittelwert ($p < 0,001$). Die Autoren schließen daraus auf eine signifikante Erhöhung von Einzelstrangbrüchen der DNA in den Zellen des Gehirns nach chronischer Befeldung bei beiden Frequenzen. Die widersprüchlichen Ergebnisse diesbezüglich in der Literatur erklären sie mit Unterschieden der Empfindlichkeit verschiedener Zellen. Andererseits lassen die Expositionsbedingungen der Tiere und die Auswertung der Proben zu wünschen übrig (*Paulraj, R. and Behari, J.: Single strand DNA breaks in rat brain cells exposed to microwave radiation. Mut. Res.: 596, 76-80 2006*).

Kein Synergismus zwischen krebserregenden Substanzen und HF-Feldern. Eine chinesische Arbeitsgruppe warf die Frage auf, ob hin und wieder beobachtete genotoxische Effekte von HF-Feldern nicht vielleicht auf dem Synergismus mit chemischen Mutagenen beruhen könnten. Menschliche Lymphozyten wurden einer Feldwirkung allein (1,8 GHz, 3 W/kg, 2 Stunden), sowie einer Kombination mit vier ver-

schiedenen Mutagenen (Mitomycin C, Bleomycin, Methyl-Methansulfonat, 4-Nitrochinon-1-Oxid) ausgesetzt. Die Analyse erfolgte mit der üblichen Commet-Assay-Methode, basierend auf einer automatisierten Auswertung von jeweils 50 Zellen. Obgleich die Mutagene deutliche Einflüsse auf die DNA-Struktur zeigten, konnten weder bei Experimenten mit dem Feld allein, noch bei den vorgenommenen Kombinationen Feld+Mutagen Veränderungen gefunden werden. Da Mutagene auf sehr unterschiedliche Weise auf das genetische System wirken, möchten die Autoren den Befund nicht generalisieren (*Wang, B. H.; He, J. L.; Jin, L. F.; Lu, D. Q.; Zheng, W.; Lou, J. L., and Deng, H. P. Studying the synergistic damage effects induced by 1.8 GHz radiofrequency field radiation (RFR) with four chemical mutagens on human lymphocyte DNA using comet assay in vitro. Mutat. Res. 578, 149-157. 2005*).



Andere biochemische Reaktionen

Schutz vor Sauerstoffradikalen (ROS) durch Melatonin oder Bienenwachs? Während man anderen Orts vergeblich nach „reactive oxygen species“ (ROS) als Produkt der Einwirkung von HF-Feldern in Zellkulturen suchte (Hook et al., *Radiat. Res.* 2004, 162, 497; Lantow et al., *Radiat Environ Biophys*, *Radiat. Res.* 2006, 165, 88), scheint dies in der Universität Isparta (Türkei) zumindest für Ratten-Experimente als erwiesen zu gelten. In mehreren Experimenten widmet man sich bereits der nächsten Frage, inwieweit nämlich dieser Effekt durch Radikalfänger wie Melatonin, oder Coffeinsäure-phenyl-ester (CAPE), reichhaltig in der Propolis, dem Vorwachs der Bienen vorkommend verhindert werden kann. Dabei werden diese Effekte in Harn, Nierengewebe und der Retina befeldeter Ratten nachgewiesen (900 MHz, 1,04 W/kg mittlerer SAR, 4 W/kg Kopf, 30 Minuten pro Tag, 10 - 60 Tage). Zwar entspricht die Qualität von Applikations-einrichtung und Dosimetrie nicht den heute üblichen Standards, doch sollte man sich mit den Befunden einmal auseinandersetzen (*Ozguner, F.; Oktem, F.; Armagan, A.; Yilmaz, R.; Koyu, A.; Demirel, R.; Vural,*

H.; Uz, E.: *Comparative analysis of the protective effects of melatonin and caffeic acid phenethyl ester (CAPE) on mobile phone-induced renal impairment in rat. Mol. Cell. Biochem.*; 276, 31-37. 2005; Ozguner, F.; Oktem, F.; Ayata, A.; Koyu, A., and Yilmaz, H. R.: *A novel antioxidant agent caffeic acid phenethyl ester prevents long-term mobile phone exposure-induced renal impairment in rat. Mol. Cell. Biochem.*; 277, 73-80. 2005; Ozguner, F.; Bardak, Y.; Comlekci, S.: *Protective effects of melatonin and caffeic acid phenethyl ester against retinal oxidative stress in long-term use of mobile phone. Mol. Cell. Biochem.* **282**, 83-88. 2006).

Der angebliche ODC-Effekt ist ein thermischer Artefakt: Obgleich bereits Desta et al. (Radiation Research 2003; 160, 488) den von der Litovitz-Gruppe behaupteten „nicht-thermischen“ Einfluss hochfrequenter Felder auf die Aktivierung der Ornithin-Decarboxylase (ODC) widerlegte (siehe: „Neues aus der Wissenschaft“ Heft 1, 2004), kursiert diese Vorstellung immer noch. Durch sehr genaue Messungen hat jetzt eine Gruppe aus Finnland nachgewiesen, dass bereits Temperaturunterschiede von weniger als einem Grad ausreichen, um bei Fibroblasten signifikante Effekte hervorzurufen. HF-Felder (900 MHz, 0,4 W/kg, kontinuierlich und gepulst) haben hingegen keinen Einfluss (Höytö, A., Sihvonen, A.-P., Alhonen, A., Juutilainen, J., and Naarala, J.: *Modest increase in temperature affects ODC activity in L929 cells: low-level radiofrequency radiation does not. Radiat. Environ. Biophys.* **45**, 231-235. 2006).

Feldwirkungen bei gesundheitlich Vorbelasteten?

Feldeffekte bei krampf-sensibilisierten Ratten. Eine spanische Arbeitsgruppe berichtet über Experimente,

bei denen Ratten durch Injektion mit einer unter-schwelligeren Dosis eines krampffördernden Mittels (GABA-Antagonist Picrotoxin 2 mg/kg) in einen labilen Zustand versetzt und anschließend zwei Stunden im GSM-Modus befeldet wurden (900 MHz). Die SAR-Werte errechnete man aus dem jeweils gemessenen Leistungsabfall in der Befeldungseinrichtung. Sie lagen zwischen 0,15 und 0,24 W/kg auf Ganzkörper, bzw. zwischen 0,27 und 0,42 W/kg auf das Gehirn bezogen. Bei einigen Ratten wurden zuvor Elektroden implantiert, die eine EEG-Messung ermöglichten. Unbehandelte Ratten zeigten außer anfänglichem Stressverhalten durch Immobilisierung in einer engen Röhre bei der Befeldung keine feldspezifischen Veränderungen. Bei den Picrotoxin-behandelten Ratten traten Krampf-Reaktionen mit entsprechenden Peaks im EEG sowie der Produktion eines Markers für neuronale Aktivitäten bei Krampfanfällen auf (c-Fos; immunochemischer Nachweis 1 Stunde nach Befeldung bzw. Schein-Befeldung), beide Indikatoren mit einer deutlichen Steigerung im Falle der Befeldung (insbesondere c-Fos im Neocortex, Paleocortex, Hippocampus und Thalamus). Die Autoren unterstreichen, dass aus diesen Befunden nicht einfach auf die Gefährdung von Epileptikern geschlossen werden kann, da beide Arten neuronaler Labilität nicht direkt miteinander vergleichbar seien, außerdem sei die Ganzkörper-Bestrahlung der Ratten nicht mit einer lokalen Exposition bei der Handy-Nutzung identisch. Trotzdem würden die Befunde die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen unterstreichen (López-Martin, E.; Relova-Quinteiro, J. L.; Gallego-Gómez, R.; Peleteiro-Fernández, M.; Jorge-Barreiro, F. J., and AresPena, F. J.: *GSM radiation triggers seizures and increases cerebral c-Fos positivity in rats pretreated with subconvulsive doses of picrotoxin. Neuroscience Letters* **398**, 139-144. 2006).

8. Internationaler Kongress der European Bioelectromagnetics Association (EBEA)

Vom 10. bis zum 13. April 2007 wird der 8. Kongress der European Bioelectromagnetics Association (EBEA) in Bordeaux, Frankreich, stattfinden. Die EBEA will ein Forum für die Präsentation und Diskussion neuester Ergebnisse zu biologischen Effekten von elektromagnetischen Feldern bereitstellen, dabei reicht das Themenspektrum von der Dosimetrie über Wechselwirkungsmechanismen, gesundheitlichen Wirkungen, medizinischen Anwendungen, Risikoversorge, Methoden bis hin zu neuen Technologien wie z. B. UMB und WiMax. Der CALL-for-PAPERS ist online unter:

<http://www.ebea.org>

10 Jahre Forum Mobilkommunikation in Österreich

Seit 1996 agiert das Forum Mobilkommunikation als Mittler in allen Fragen der Mobilkommunikation. Ein Jahrzehnt später präsentierten Dr. Lothar Roitner (Geschäftsführer des Fachverbandes für Elektro- und Elektronikindustrie sowie FMK-Vorstandssprecher) und Mag. Thomas Barmüller (FMK-Geschäftsführer) im Wiener Museum für Moderne Kunst (MUMOK) die Geschichte des Vereins. Zu den größten Erfolgen des Vereins gehört laut Roitner der einvernehmliche UMTS-Ausbau in der Stadt Salzburg sowie die Rücknahme der im Juni 2005 beschlossenen niederösterreichischen Handymastensteuer.

Barmüller hob hervor, dass das Verständnis für technische Hintergründe wichtig, aber nicht ausschlaggebend für die Akzeptanz der Mobilfunktechnologie sei. Er folgerte daraus, dass die EMV-Diskussion nicht vermieden werden könne, sondern professionell geführt werden müsse. Im kommenden Jahrzehnt gelte es, die Kulturtechnik des mobilen Kommunizierens sinnvoll in alle Lebensbereiche zu integrieren und die dafür erforderliche Infrastruktur abzusichern.

<http://www.fmk.at/medieninfo/medieninfo.cfm#>

Neues Niederländisches Forschungsprogramm: „Electromagnetic Fields and Health Research“

Im Rahmen des auf sechs Jahre angelegten Programms der Niederländischen Organisation für Gesundheitsforschung und Entwicklung soll eine eigene Wissensinfrastruktur und -autorität zum Thema „Elektromagnetische Felder (0-300 GHz) und Gesundheit“ aufgebaut werden. Das Programm startet im Herbst 2006 und ist mit einem Gesamtbudget von 16,6 Mio. Euro ausgestattet. Hiervon werden unter anderem drei Lehrstühle eingerichtet und Forschung zu folgenden Schwerpunkten finanziert:

1. Sozialforschung und Epidemiologie (Risikowahrnehmung, Einfluss von Vorsorgemaßnahmen, Kohortenstudie) mit ca. 40 % des Budgets,
2. Biologische Forschung (Mensch, Tier, Zellen) mit ca. 45 % des Budgets und
3. Technologische Forschung (Messung, Modellierung) mit ca. 15 % des Budgets.

Die ersten Projektausschreibungen sollen im September 2006 veröffentlicht werden. Weitere Informationen finden Sie auf der neu eingerichteten Webseite des Programms unter:

<http://www.zonmw.nl/en/programmes/electromagnetic-fields-and-health-research.html>

Ergebnisprotokoll der fünften Sitzung des Runden Tisches zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm (RTDMF) vom 02.05.06 in München

Am 02.05.06 fand im Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz in München die fünfte Sitzung des Runden Tisches zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm (RTDMF) statt. Das Ergebnisprotokoll dieser Sitzung steht zum Download als PDF-Datei (78 KB) zur Verfügung:

http://www.emf-forschungsprogramm.de/rtdmf/ep_sitzung_05.pdf





Aus der WHO

Modell-Gesetzgebung für den Schutz vor Elektromagnetischen Feldern

Mit einer Modellgesetzgebung will das „International EMF Project“ Staaten unterstützen, die keine angemessenen gesetzlichen Regelungen gegen nicht-ionisierende Strahlung haben. Das Modell folgt der allgemeinen Vorgehensweise in der Gesetzgebung, ein Ermächtigungsgesetz zu erlassen, das es dem zuständigen Minister erlaubt, anschließend Verordnungen, Anweisungen und Verfügungen zu erlassen. Der Rahmen besteht aus einem Modellgesetz, Modell-Verordnungen und einem erläuternden Memorandum, das die Herangehensweise an das Gesetz und seine Regelungen beschreibt.

http://www.who.int/peh-emf/standards/EMF_model_legislation%5b1%5d.pdf

Neuer WHO-Newsletter zu Umwelt und Gesundheit erscheint vierteljährlich

Die Publikation „Environment & Health News Update“ ist ein elektronischer Newsletter zu Neuigkeiten und Entwicklungen aus der WHO/Europa und anderen bedeutenden Akteuren. Der Newsletter wird zunächst vierteljährlich erscheinen.

http://www.euro.who.int/envhealth/20060510_1

Framework for developing health-based EMF standards

Das WHO-Rahmenwerk zeigt die Vorgehensweise, wie wissenschaftlich basierte quantitative EMF Expositionsgrenzwerte entwickelt werden. Es richtet sich an nationale beratende und Regulierungsgremien, die neue Standards für EMF entwickeln oder die Grundlagen bestehender Standards überprüfen.

<http://www.who.int/peh-emf/standards/framework/en/index.html>

Billigung von 23 neuen COST-Aktionen

Der Ausschuss Hoher Beamter für wissenschaftliche und technische Forschung (COST) hat auf seiner 165. Tagung am 27./28. Juni 2006 in Tallin, Estland den Start von 23 neuen COST-Aktionen gebilligt.

Eine der neuen Aktionen „COST 2100 Pervasive Mobile & Ambient Wireless Communications“ soll den „Ausbau der wissenschaftlichen Erkenntnisse im Bereich der mobilen und drahtlosen Netzwerktechnologien durch Erforschung und Entwicklung neuer Methoden, Modelle, Verfahren, Strategien und Tools, die den Aufbau mobiler Funkübertragungssysteme der nächsten Generation erleichtern, und die Entwicklung von Paradigmen für eine globale flächendeckende Drahtloskommunikation fördern.“

Die Bundesrepublik Deutschland beabsichtigt, sich an der COST-Aktion 2100 zu beteiligen. Eine entsprechende Absichtserklärung soll vom Botschafter der Bundesrepublik Deutschland bei der Europäischen Union in Brüssel unterzeichnet werden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat Dipl.-Ing. Jörg Pamp, Leiter Wellenausbreitung/Satellitenfunksysteme bei der IMST GmbH, als deutsches Mitglied des Verwaltungsausschusses der COST-Aktion 2100 benannt.

<http://europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do?reference=PRES/06206&format=HTML&aged=0&language=DE&guiLanguage=en>

RKI-Stellungnahme zum Mobilfunkeinfluss auf Blutbildparameter

Im „Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz“ (Ausgabe 8/2006) nimmt das Robert-Koch-Institut (RKI) zu den häufig geäußerten Vermutungen eines schädlichen Einflusses von Mobilfunk-Expositionen auf Parameter des roten Blutbildes Stellung und kommt zu eindeutigen Schlussfolgerungen: „Insgesamt ist die Bestimmung von Retikulozyten und/oder Geldrollenbildung als biologischer Marker für eine Mobilfunkbelastung allein schon wegen der hohen intra- und interindividuellen Variabilität nicht geeignet. [...] Die Bestimmungen können für den klinisch-umweltmedizinischen Bereich nicht empfohlen werden, da die Messergebnisse keine sinnvollen Aussagen oder Rückschlüsse auf biologische Wirkungen von EMF erlauben. Die seitens der Befürworter solcher Untersuchungen postulierten Gründe für die Indikation von Reihenuntersuchungen bei Mobilfunk-Exponierten sind spekulativ und basieren nicht auf einem validierten diagnostischen Ansatz.“ (Siehe Blutuntersuchungen online.)

Belastung durch Mobilfunk unterhalb der Grenzwerte

Die Belastung der Bevölkerung in Deutschland durch den Mobilfunk allein liegt generell weit unter den geltenden Grenzwerten. Das ist das Fazit eines vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) am 25. und 26. Juli abgehaltenen Fachgespräches zu Forschungsergebnissen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms (DMF). Der vom Mobilfunk ausgehende Beitrag zur Strahlenbelastung insgesamt dürfe jedoch nicht unberücksichtigt bleiben, so das BfS.

Schwerpunkt des Fachgespräches waren Forschungsprojekte des DMF, die sich mit der Dosimetrie, der Bestimmung der im Alltag vorhandenen Belastung durch elektromagnetische Felder, befasst hatten. Neben der Mobilfunktechnologie wurde auch die Belastung durch neue Technologien (z. B. digitaler Rundfunk und Fernsehen, WLAN, schnurlose DECT-Telefone) untersucht und somit das gesamte Spektrum an technischen Anwendungen elektromagnetischer Felder abgedeckt, die das tägliche Leben bestimmen.

BfS bewertet Risiko des Mobilfunks

Von Sommer 2006 bis Ende 2007 werden die Ergebnisse des größten deutschen und vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) koordinierten Forschungsprogramms zum Mobilfunk zusammengefasst und in Zusammenarbeit mit international renommierten Experten bewertet. Die Ergebnisse von insgesamt mehr als 50 seit 2002 durchgeführten Forschungsprojekten werden in fünf themenspezifischen wissenschaftlichen Fachgesprächen der internationalen Fachöffentlichkeit vorgestellt und mit Vertretern verschiedener nationaler Forschungsprogramme diskutiert. Wesentliches Ziel dieser Fachgespräche ist neben der Diskussion der Studien die Einordnung der Ergebnisse in das wissenschaftliche Gesamtbild. Die Gesamtbewertung der

Forschungsprojekte des DMF soll Ende 2007 stattfinden. Unter internationaler Beteiligung sollen dann die Erkenntnisse der fünf Fachgespräche bewertet werden. Die Ergebnisse der Abschlusstagung werden im Internet veröffentlicht und in einem nationalen Abschlussfachgespräch des DMF der Öffentlichkeit vorgestellt.

<http://www.bfs.de/bfs/presse/pr06/pr0612.html>

FGF-Forschungsergebnisse

Nach der Erneuerung der Präsentation der Forschungsprojekte auf der FGF-Webseite sind jetzt mehr Informationen verfügbar: Die Studien-Abschlussberichte stehen zum Download zur Verfügung, weiterführende Links und Projektinformationen sowie Literaturhinweise wurden neu aufgenommen. Die „Abstracts“ zu den Projekten werden noch ergänzt. Die englischsprachige Version wurde ebenfalls entsprechend überarbeitet.

<http://www.fgf.de/fup/ergebnisse/index.html>

Schleswig-Holstein: Messwerte der elektromagnetischen Felder bleiben weit unter den Grenzwerten

Das schleswig-holsteinische Umweltministerium hat im zweiten Halbjahr 2005 Messungen hochfrequenter Felder durch die EMV-Services GmbH durchführen lassen. Umweltminister Christian von Boetticher zum Ergebnis der Messungen: „Eine Zunahme der Immissionen des Mobilfunks ist angesichts des fortschreitenden Ausbaus der Netze zu erwarten gewesen. Die vielfach befürchtete erhebliche Steigerung der Exposition der Bevölkerung aus dem Mobilfunk und anderen neuen Sendetechniken ist im Vergleich zu Untersuchungen aus 2000 aber nicht festzustellen. Insgesamt blieben die Messwerte weiterhin sehr deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten.“

<http://de.internet.com/index.php?id=2043592§ion=Marketing-News&fid=2768#cm>

Neue Broschüren

BITKOM informiert zu „Mobilfunk und Sicherheit“

Das neue BITKOM-Merkblatt informiert über Mobilfunkanlagen und was bei Arbeiten in deren Nähe zu beachten ist. Es wendet sich an Hausmeister, Dachdecker, Elektriker, Fassadenarbeiter, Schornsteinfeger, Maurer, Maler und Feuerwehrleute.

http://www.bitkom.org/de/themen_gremien/37075_39370.aspx

ACMA aktualisiert Broschüre zu Mobiltelefonen und Gesundheit

Die Australian Communications and Media Authority (ACMA) hat eine aktualisierte Fassung der Broschüre „Mobile Phones, Your Health & Regulation of Radiofrequency Electromagnetic Radiation“ veröffentlicht.

http://emr.aca.gov.au/mobile_phone_health.pdf

Zweiter Bericht der Bundesregierung über Forschungsergebnisse zur Mobilfunktechnik

Die Bundesregierung hat den Bundestag über die Forschungsergebnisse in Bezug auf Emissionsminderungsmöglichkeiten der gesamten Mobilfunktechnologie und in Bezug auf gesundheitliche Auswirkungen unterrichtet. Das Papier gibt einen Überblick über den Stand der Vorhaben der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Wirtschaft (BMW) und Forschung und Technologie (BMBF), u.a. dem des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms. Fazit: Die Forschungsaktivitäten der Bundesregierung verfolgen einen sehr breiten und umfassenden Ansatz:

- Mit den Vorhaben zur Klärung offener Fragen über gesundheitliche Auswirkungen wird der wissenschaftliche Kenntnisstand zunehmend vertieft, auf dessen Basis die Frage erörtert werden soll, ob die geltenden Grenzwerte der 26. BImSchV dem Vorsorgeprinzip genügen und die Bevölkerung ausreichend vor elektromagnetischen Feldern schützen (BMU).
- Nach Abschluss der Vorhaben zu Genehmigungsverfahren u. a. bei der Standortplanung und zur Risikokommunikation konnte die Information der Bevölkerung erheblich verbessert werden (BMW).
- Emissions- und immissionsmindernde Technologien konnten bereits weiterentwickelt werden; weitere Optimierungsmaßnahmen werden mit hohem Aufwand vorangetrieben (BMBF).
- Die der Öffentlichkeit zur Verfügung stehenden Internetauftritte von BMU, BMW und BNetzA sind positiv aufgenommen worden.

Der Bericht ist als Drucksache 16/1791 veröffentlicht.

<http://dip.bundestag.de/btd/16/017/1601791.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,

Daniela Wernze

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. 15, 16, 20: R. Glaser;

alle anderen: Archiv

Erscheinungsweise: 4 x jährlich

Auflage: 3.500 Exemplare

Nachdruck und Reproduktion
erwünscht

ISSN 0949-8745

Hinweis: Einige Artikel des FGF-Newsletters enthalten Verlinkungen zu externen Webseiten. Bei Erscheinen waren diese externen Inhalte unseres Wissens nach unbedenklich und aktuell. Da Webseiten im Internet veränderlich sind, können wir nicht ausschließen, dass Inhalte verändert oder deaktiviert werden. Die Verantwortung für Inhalt und Aktualität der verlinkten Webseiten liegt bei den rechtlich Verantwortlichen des jeweiligen Internetangebots. Die FGF übernimmt keine Haftung für Schäden materieller und ideeller Art, die durch die Nutzung der Links entstehen. Die Gewähr für Inhalt und Aktualität der externen verlinkten Webseiten ist ausgeschlossen.