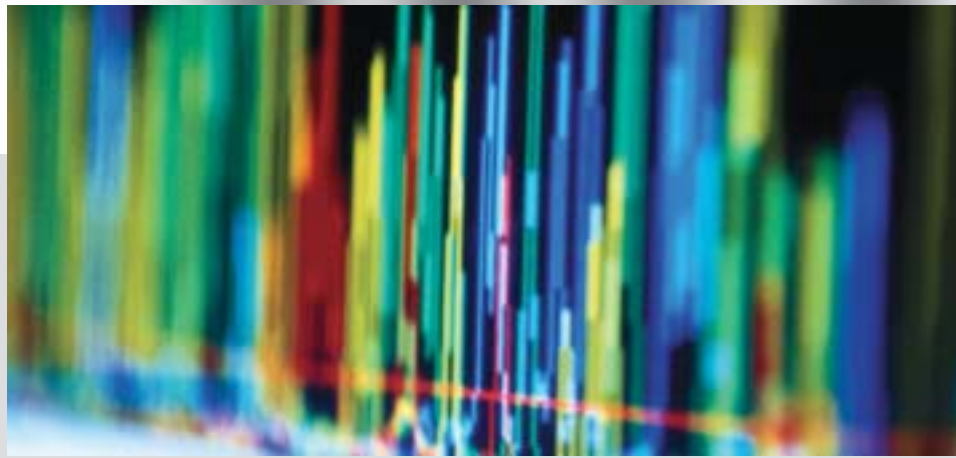


NEWS *letter*



Tagungen

„Stressproteine“-Workshop in Helsinki

„UHF-Felder“-Workshop in Thessaloniki

„Mechanismus“-Workshop in Ft. Lauderdale/Florida

EMVU-Wahrnehmung

Wie gelangen Forschungsergebnisse in die Medien?
Teil II (Fortsetzung Newsletter 1/2004)

Vergleich der digitalen Modulation des GSM-
Mobilfunks mit den Synchronimpulsen von TV-Sendern

Angst vor steilen Flanken?

Der Gabriel-Chip

Ist Essen aus der Mikrowelle ungesund?

Forschung

Kritische Auseinandersetzung mit den Thesen
von Bo Sernelius

FGF

Forschungsgemeinschaft Funk e.V.



Editorial

Liebe Leserinnen und liebe Leser,

der Sommer kommt und mit ihm die neue Ausgabe unseres Newsletter. Wenn auch das Sommerwetter zur Zeit nicht ganz seinem Namen gerecht wird, so hoffen wir doch, auch in diesem Heft wieder wichtige Themen und Fragen aufgegriffen und für Sie entsprechend aufbereitet zu haben.

Die ersten drei Beiträge berichten über die Workshops: „Entstehung und Wirkung von Stressproteinen“ in Helsinki, „Mögliche biologische Effekte von Wellen im UHF-Bereich“ in Thessaloniki und „Biophysikalische Wirkungsmechanismen hochfrequenter Felder“ in Ft. Lauderdale.

Unter „EMVU und Wahrnehmung“ finden Sie zunächst den schon mit Spannung erwarteten zweiten Teil des Berichts „Wie gelangen Forschungsergebnisse in die Medien?“.

Danach folgen zwei Beiträge, die sich mit der Wahrnehmung von „gepulsten Wellen“ befassen. Hier betrachten wir zunächst das Thema „Pulsung“ aus technischer Sicht: „Vergleich der digitalen Modulation des GSM-Mobilfunks mit den Synchronimpulsen von TV-Sendern“ und „Angst vor steilen Flanken?“. Die biologischen oder psychologischen Aspekte erscheinen voraussichtlich in der nächsten Ausgabe.

Abhilfe vor möglichen Schäden durch HF-Felder versprechen diverse Geräte und Einrichtungen. Doch können diese Versprechungen auch eingelöst werden? Eine Glosse zu diesem Thema haben wir unter der Überschrift „Der Gabriel-Chip“ eingefügt. Weitere Abhandlungen sowie entsprechende Studien werden in einer der nächsten Ausgaben folgen.

Anschließend finden Sie noch einen Bericht zu einem etwas anderen Anwendungsgebiet von HF-Wellen und eine Einschätzung hierzu: „Ist Essen aus der Mikrowelle ungesund?“.

Unter der Rubrik Forschung bringen wir diesmal den Beitrag „Kritische Auseinandersetzung mit den Thesen von Bo Sernelius“ und anschließend wie immer „Neues aus der Wissenschaft“.

An gewohnter Stelle finden Sie dann auch zum Schluss die Nachrichten.

Sie sind neugierig geworden? Dann viel Spaß beim Lesen,

Ihr Gerd Friedrich



Gerd Friedrich (vorne links) diskutiert mit Teilnehmern des „Stressprotein“-Workshops in Helsinki.



Inhalt

Tagungen

Bericht zum COST 281/FGF/STUK/WHO-Workshop
über Stressproteine in Helsinki
(Dipl. Biologe Christoph Bächtle) 4

Bericht zum COST 281-Workshop in Thessaloniki
über mögliche biologische Effekte von Feldern im
UHF-Bereich (Prof. Dr. Norbert Leitgeb) 14

Kurzbericht zum Workshop in Ft. Lauderdale/Florida
über biophysikalische Wirkungsmechanismen
hochfrequenter Felder und deren Bedeutung
(Prof. Dr. Roland Glaser) 18

EMVU und Wahrnehmung

Wie gelangen Forschungsergebnisse in die Medien?
Teil II (Dr. Frank Gollnick) 22

Vergleich der digitalen Modulation des
GSM-Mobilfunks mit den Synchronimpulsen von
TV-Sendern (Prof. Dr. Bernhard Liesenkötter) 34

Angst vor steilen Flanken?
(Dipl.-Ing. Karl-Otto Müller) 40

Der „Gabriel-Chip“ (Dipl.-Ing. Fritz Jörn) 42

Ist Essen aus der Mikrowelle ungesund?
(Dipl.-Ing. Regina Reichardt) 47

Forschung

Kritische Auseinandersetzung mit den Thesen
von Bo Sernelius (Prof. Kenneth R. Foster) 54

Rubriken

Neues aus der Wissenschaft 68

Nachrichten 62

Veranstaltungen 64

Impressum 64

Stressproteine unter d

Bericht vom COST 281/FGF/STUK/WHO-Workshop in Helsinki

Christoph Bächtle

Unter physiologisch kritischen Bedingungen aktivieren Zellen ein Notfallprogramm um ihre Überlebenschancen zu verbessern. Dabei setzen sie Stressproteine frei, die man auch als Hitzeschockproteine bezeichnet. Beim internationalen Workshop „Einfluss von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf die Expression von Stressproteinen“ am 28. und 29. April in Helsinki, Finnland, diskutierten Experten, ob auch niederenergetische elektromagnetische Felder im Frequenzbereich des Mobilfunks derartige Stressproteine aktivieren könnten. „Eher nicht“, lautet das Fazit.

Sowohl die Arbeiten von David de Pomerai aus den Jahren 2000 und 2002 als auch die von Dariusz Leszczynski 2002 publizierte Daten scheinen Hinweise darauf zu geben, dass hochfrequente elektromagnetische Felder eine Stressantwort in verschiedenen Zelllinien auslösen könnten, ohne dass dies thermisch bedingt sei. Dies betrifft besonders die kleinen Stressproteine mit den biochemischen Bezeichnungen: HSP16 und HSP27. Im Gegensatz dazu stehen jedoch die Ergebnisse von Cleary et al. (1997), Goswami et al. (1999) und Li et al. (1999), die keine derartigen Effekte nachweisen konnten.

Bei diesem, gemeinsam von COST 281, FGF, STUK und WHO organisierten Workshop diskutierten etwa 40 Wissenschaftler aus Europa, Japan und Amerika Interessantes und Neues zu diesem Thema. Wie bereits in vorausgegangenen Workshops zu anderen Themen möglicher hochfrequenter Feld-Wirkungen, so wurden auch diesmal zusätzlich zu den unmittelbar auf diesem Gebiet arbeitenden Wissenschaftlern solche Kollegen eingeladen, die zwar nicht über Feldwirkungen arbeiteten, wohl aber als Experten auf dem Gebiet der Hitzeschock-Proteine gelten. Diese leiteten durch Übersichtsvorträge die Tagung ein und informierten die Teilnehmer über den neuesten Stand der Forschung auf diesem Spezialgebiet. Im Verlaufe der Veranstaltung griffen sie als Experten auf dem Gebiet der Biochemie und Molekularbiologie in die Diskussion kritisch ein.

Hitzeschockproteine – ein universelles System

Matthias Gaestel von der Medizinischen Hochschule Hannover stellte in seinem Einführungsvortrag: „Hitzeschockantwort und Stresssignalwege“ das faszinie-



■ ■ ■ ■ ■

er Lupe

rende System der Stressproteine und die Mechanismen vor, die zu deren Expression führen. Unter Protein-Expression versteht man die Anregung des Genoms, d. h. des genetischen Speichers einer Zelle, die Information für ein spezielles Protein auszulesen und an ein Ribosom weiterzugeben, wo dieses schließlich produziert wird. Dieses kurze Wort schließt folglich schon selbst einen außerordentlich komplizierten Prozess ein, der auf diesem Workshop nicht unmittelbar zur Diskussion stand.

Gaestel stellte dar, dass es sich bei dieser Antwort auf einen physiologischen Stress von außen um einen in der Evolution hochkonservierten Schutzmechanismus handelt, der auf allen Ebenen biologischer Organisation, von Bakterien, über Pflanzen und Tiere bis zum Mensch vorkommt. Dies liefert der Wissenschaft eine Vielzahl an Modellorganismen für weitreichende vergleichende Untersuchungen. Gaestel zeigte Parallelen zwischen den Systemen der Stress-Mechanismen bei Bakterien und Organismen mit kernhaltigen Zellen, beschrieb die einzelnen Familien der Hitzeschockproteine, ging auf die Struktur und Aktivierung der Gene ein, welche diese exprimieren und auf die komplexen intrazellulären Signalwege, die durch einen Stress ausgelöst werden.

Die meisten Hitzeschockproteine sind so genannte Chaperone. („Chaperon – ältliche, ehrbare Person zur Beaufsichtigung junger Frauenzimmer“ – ist in einem älteren Fremdwörterlexikon zu lesen!) Man hat eine Klasse von Proteinen so genannt, weil sie dafür sorgen, dass sich die langen Ketten von Aminosäuren ordnungsgemäß zu funktionsfähigen Proteinen falten und nicht sinnlos verklumpen. Des Weiteren unterstützen sie die korrekte Rückfaltung dieser Proteine, sollten sie durch ihre eigene Funktion oder eben durch Einwirkungen von außen in ihrer Struktur verändert werden. Die so genannten kleinen Hitzeschockproteine („small Heat-Shock-Proteins“ = sHSP) können zwar keinen unmittelbaren Einfluss auf die Proteinfaltung nehmen,

halten aber fehlgefaltete und teilweise denaturierte Proteine ohne Energie-Verbrauch fest, bis andere Hitzeschockproteine unter Verbrauch von Stoffwechsel-Energie die Rückfaltung wieder bewerkstelligen.

Die Übertragung chemischer Energie von einem Molekül zu einem anderen erfolgt durch Phosphorylierung, d. h. durch Übertragung einer Phosphatgruppe. Diese stammt zumeist aus dem „Brennstoff“ der Zelle, dem Adenosin-tri-Phosphat (ATP), dass dadurch zum Adenosin-di-Phosphat (ADP) abgebaut wird. Diese Phosphorylierung spielt nicht nur bei der Reparatur gestörter Proteine eine Rolle, die Hitzeschock-Proteine selbst müssen erst einmal phosphoryliert, d.h. funktionsfähig gemacht werden. Dafür sind wieder andere Proteine verantwortlich, die Proteinkinasen. Die Endung „-ase“ in ihrem Namen weist sie als Enzyme aus, die diese Reaktionen katalytisch beschleunigen. Eine wichtige Rolle bei der Phosphorylierung der HSP spielen die so genannten stressaktivierten Proteinkinasen (SAPK). Wie jedoch diese selbst aktiviert werden ist zurzeit noch unklar.

Diese grobe Übersicht zeigt bereits, wie komplex der Mechanismus ist, den ein Stress in der Zelle auslösen kann. Dabei laufen zum Teil Reaktionen parallel ab, die mit unterschiedlichen Geschwindigkeitskonstanten zum gleichen Ziel führen können. Manche Stressantwort wird bereits Minuten nach erfolgtem Stress ausgelöst, andere erreichen erst nach Stunden ihre volle Wirksamkeit. Nicht jede schädigende Einwirkung auf die Zelle kann durch die Stressproteine repariert werden. Mitunter kennzeichnen Apoptose oder Nekrose das Ende einer Zelle. Im Gegensatz zur Nekrose, der unkontrollierten Auflösung zellulärer Strukturen, bedeutet Apoptose ein organisiertes „Auseinandernehmen“ derselben, bei welcher hochorganisierte Bauteile an anderer Stelle wieder Verwendung finden können. Diese beiden Arten des Zelltods lassen sich mikroskopisch deutlich voneinander unterscheiden.

Molekulare Mechanismen zellulärer Temperaturfühler

John Grimshaw vom Biochemischen Institut der Universität Zürich stellte in seinem Vortrag „Den Hitzeschock fühlen: Strukturelle und funktionelle Untersuchung von GrpE, dem Nukleotid-Austauschfaktor des DnaK Chaperon-Systems“ einen Reaktionszyklus der bakteriellen Hitzeschockantwort vor. Dieses DnaK-System bei den kernlosen Bakterien, den so genannten Prokaryoten, entspricht den HSP70 Proteinen in kernhaltigen Zellen höherer Organismen (Eukaryoten). Auch hier führt erst die Phosphorylierung des Proteins, d.h. die Wechselwirkung mit dem energiereichen ATP zu einer Aktivierung. Dieser Prozess wiederum wird durch eine Proteinkinase mit der Bezeichnung „GrpE“ katalysiert.

Nun ist es dieser Arbeitsgruppe erstmals gelungen, die molekulare Struktur dieses GrpE-Moleküls aufzuklären. Es handelt sich dabei um ein Dimer, d.h. ein Doppel-Molekül, welches jeweils eine lange spiralförmige Alpha-Helix enthält. Diese Helix ist offenbar das eigentliche Thermometer der Zelle. In einem engen Temperaturbereich über 40° C formt sich diese Spirale nämlich reversibel um und steuert damit die Funktionsfähigkeit des ganzen Moleküls. Mit dieser temperaturempfindlichen Anpassung des DnaK-Zyklus werden die im Zyklus reparierten Proteine solange zurückgehalten bis die Umgebungstemperatur wieder proteinverträgliche Werte angenommen hat.

Thermolabile Luciferase als Testsystem

Mit „Proteine und Membranen als empfindliche Thermometer: Die Rolle der Hitzeschockproteine beim Empfinden und Reparieren von Stressschäden in Bakterien und Pflanzen“ überschrieb Pierre Goloubinoff von der Universität Lausanne seinen Vortrag. Dies war ein mehr methodisch orientierter Beitrag zum Thema des Workshops. Das Enzym Luciferase, bekannt durch die Bakterien, welche als Symbionten die Glühwürmchen zum Leuchten bringt, ist selbst temperaturempfindlich und diente in den Experimenten dieser Gruppe als Indikator für Wärme-Reaktionen. Diese wurden durch starke Gleichstrom-Pulse an einem Moos ausgelöst. Thermisch induzierte Hitzeschockproteine


konnten die Luciferase in einem gewissen Grad vor Schaden schützen. Nach Auffassung von Goloubinoff sind besonders verschiedene temperaturabhängige Veränderungen in der Zellmembran an der Wärmedetektion beteiligt.

Detaillierter Literaturvergleich

Martin L. Meltz von der Abteilung für Strahlenonkologie der Universität Texas in San Antonio legte eine differenzierte Bestandsaufnahme vor über bereits abgeschlossene und publizierte Untersuchungen zu Hitzeschockproteinen, Apoptose, Aktivierung von DNA-Reparaturmechanismen oder bestimmten Proteinkinasen als Folge des Einflusses hochfrequenter elektromagnetischer Felder.

Da der Workshop sich besonders mit Stressproteinen beschäftigen sollte, grenzte Meltz in seinem Vortrag Studien, die die Aktivierung von Hitzeschockproteinen behandelten, von Studien ab, die andere stressinduzierte Reaktionswege untersucht hatten. Fünf Arbeiten, davon drei *in vivo* und zwei *in vitro*, hatten Einflüsse hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Stressproteine zum Gegenstand: Cleary et al (1997), Fritze et al (1997), Daniells et. al. (1998), De Pomerai et. al. (2000), Leszczynski et al (2002). Lediglich die Untersuchungen von De Pomerai und Leszczynski zeigten eine deutliche Aktivierung von Stressproteinen bei geringen Feldstärken. Meltz warf einige kritische Fragen und Anmerkungen zu den Experimenten und Ergebnisinterpretationen in diesen beiden Studien auf.

Andere stressinduzierte Signalwege wurden untersucht durch: Li et al. (1999), Walters et al. (1995), Natarajan et al. (2002), Goswami et al (1999) sowie Nayak et al. (2004 a, b). Die Studien von Li und Walters zeigten keinen Einfluss des Feldes auf die untersuchten Parameter. Goswami zog aus seinen Untersuchungen den Schluss, es gäbe eine spezifische Reaktion der Zellen auf die applizierten elektromagnetischen Signale, aber keine generelle Stressreaktion. Die Resultate von Nayak erbrachten in der erstgenannten Studie keine Effekte, in der anderen ist von Einflüssen auf die Genregulation die Rede.



Martin Meltz machte angesichts der heterogenen Ergebnisse deutlich, dass eine biologische Reaktion, die zwar Merkmale einer Stressantwort offenbart, nicht zwingend eine Stressantwort sein muss: „Dies ist möglich, wenn die Stressantwort in nicht-spezifischer Weise erfolgt und lediglich eine von mehreren Veränderungen ist, die ebenfalls auftreten.“

Dünne Basis: Fehlende Dosimetrie erschwert Ergebnisbewertung

Sianette Kwee von der Universität Aarhus, Dänemark, stellte Ergebnisse vor, nach denen Hitzeschockproteingene mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern aktiviert werden können. Sie verwies zudem auf eigene Forschungen aus dem Jahr 1999, in denen sie eine Induktion von Hitzeschockproteinen auch durch extrem niederfrequente 50 Hertz-Magnetfelder zu finden glaubt. Bei ihren Studien aus dem Jahr 2001 setzte sie Amnion-Zellen einem 960 MHz-Feld des GSM-Standard aus (20 Minuten, 2,1 mW/kg). Dabei wurden Hitzeschockproteine gebildet und der Zellzyklus beeinflusst. Asynchron wachsende Kulturen werden synchronisiert, dies wiederum führt zu verstärkter Proliferation.

Da die Referentin keine genauen Angaben über ihre Expositionsrichtung und die Feldbeschaffenheit in den Experimenten machen sowie zu den Methoden der Dosimetrie geben konnte, wurde die Diskussion zu den Ergebnissen abgebrochen.

Feldsensitives DNA-Element soll Genaktivierung auslösen

Reba Goodman in Kooperation mit Martin Blank von der Columbia University, New York (Weisbrot et al. 2003) schilderte ihre Ergebnisse aus Experimenten mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern an der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* (gesponsert durch die „Goodman-Foundation“). Das Feld wurde durch ein auf die Petrischale gelegtes Mobiltelefon mit GSM-Signal erzeugt, das während der Expositionszeit Musik spielte. Den maximalen SAR-Wert gab Goodman mit 1,4 W/kg an, die Umgebungstemperatur betrug 25° C. 100 Fliegen wurden über einen Zeitraum von zehn Tagen zweimal pro Tag dem Feld aus-

gesetzt; 80 Fliegen dienten als Kontrolle. Gemessen wurden: Anzahl der Nachkommen, HSP70-Konzentration in den Speichelzellen, sowie zwei Transkriptionsfaktoren, die für das Wachstum und die Entwicklung der Tiere Bedeutung haben. Alle vier der untersuchten Parameter zeigten signifikant ($p=0,01$) veränderte Werte. Goodman forderte derartige Stressantworten in den Sicherheitsrichtlinien zu berücksichtigen. Sie verwies ferner auf eigene frühere Arbeiten, zum Teil mit niederfrequenten Feldern, in welchen sie ein spezielles feldempfindliches Gen gefunden zu haben glauben (Goodman und Blank 2002). Werden Mutationen in den feldsensitiven Abschnitt der DNA eingefügt, so gehe die Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern verloren.

In der Diskussion wurden mehrfach die von dieser Gruppe gewählten Befeldungsbedingungen kritisiert. Da die Ausgangsleistung des Mobiltelefons von der Basisstation maßgeblich beeinflusst wird und die Basisstation sich an wechselnde Sende- und Empfangsbedingungen anpasst, kann in diesen Experimenten keine Aussage über Feldverteilung, SAR und andere wichtige dosimetrische Werte getroffen werden. Dieser nachlässige Umgang mit der Dosimetrie verführte einen der Anwesenden zu der Bemerkung, ob nicht vielleicht die eingespielte Musik die beschriebenen Effekte ausgelöst haben könnte.

Leszczynskis Szenarien – welche Konsequenzen haben Protein-Phosphorylierungen?

Dariusz Leszczynski von der nationalen finnischen Strahlenschutzbehörde (STUK) präsentierte seine bislang veröffentlichten beziehungsweise zur Veröffentlichung eingereichten umfangreichen Ergebnisse. Er untersuchte die Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf das Proteinmuster von Endothelzellen, d.h. Zellen der Innenhaut. Die Ergebnisse wurde bereits auf der BEMS-Tagung 2003 in Maui und auf der EBAA-Konferenz 2004 in Budapest vorgestellt. Auf die Beschreibung der umfangreichen experimentellen Strategien soll daher an dieser Stelle verzichtet werden. In Kooperation mit anderen Instituten setzt die Arbeitsgruppe moderne Methoden der Protein-Ana-

lyse (Proteomics, Genomics) ein, um schnell einen Überblick über potenzielle Veränderungen in einigen tausend Genen und Proteinen zu erhalten.

Nach Leszczynskis derzeitigen Resultaten verändert sich durch Befeldung das Phosphorylierungs-Muster einiger hundert Proteine, darunter auch des HSP27. Befeldet wurden die von seiner Arbeitsgruppe eingesetzten Endothelzellen EA.hy926 in einem GSM 900 oder GSM 1800 Feld. Die durchschnittliche SAR betrug 2,4 W/kg, den Temperaturanstieg während der Befeldungen gab Leszczynski mit 0,1 bis 0,3° C an. Die experimentellen Bedingungen und Feldverteilungen wurden ausführlich erklärt, ebenso die Vorgehensweise bei der Analyse der Proteine. Nach den Ergebnissen der Arbeitsgruppe steigt durch hochfrequente Befeldung die Konzentration an phosphoryliertem HSP27 gemittelt über alle Befeldungsexperimente um 28% an.

Weiterführende Analysen zeigten, dass eine ganze Reihe speziell solcher Proteine beeinflusst werden, welche die mechanischen Eigenschaften der Zelle bestimmen (Zytoskelett). Einige der untersuchten Gene wurden nach Befeldung stärker, andere schwächer und wieder andere unverändert exprimiert.

Leszczynski entwickelte aus seinen Beobachtungen weitreichende Hypothesen über Wirkungen dieser Effekte auf zellulärer Ebene. Er entwarf Wirkungsszenarien und spekulierte über mögliche Konsequenzen. Jedoch leitete er im Gegensatz zu früheren Vorträgen aus diesen Gedankenspielen trotz allem keine Gesundheitsgefährdung für Organe oder den gesamten Organismus ab.

Genaktivierung durch GSM-Felder bleibt *in vitro* und *in vivo* aus

Die Ergebnisse der Untersuchungen von Leszczynski konnten durch Untersuchungen von Florence Poulletier de Gannes aus der Universität Bordeaux, Frankreich, nicht bestätigt werden. Für ihre Experimente wählten die Forscher Zellen aus Geweben, die beim mobilen Telefonat besonders in elektromagnetischen Feldern exponiert sind, nämlich an Zellen aus Gehirn und Haut. Neben Einzelzellen verwendeten sie auch Zellschichten, die einer künstlich wiederhergestell-


ten Haut (Epidermis) glichen, als Modell für einen Zellverbund sowie als Tiermodell haarlose Ratten. Darüber hinaus replizierten sie die Untersuchungen von Dariusz Leszczynski mit der gleichen von ihm verwendeten Endothelzelllinie EA-hy926.

Die Versuchszellen wurden mit einer SAR von 2W/kg in einem 900 MHz GSM-Feld exponiert. Bei Scheinexpositionen war die Antenne abgeschaltet. Die Temperaturdifferenz zwischen exponierten Zellen und scheinexponierten Kontrollen betrug höchstens 0,1° C. Gehirnzellen wurden entweder 1 Stunde oder 24 Stunden befeldet. Auf Hautzellen wirkte das elektromagnetische Feld 48 Stunden ein. Für die Positivkontrolle wurden die Stressproteine in den Gehirnzellen durch einen 20-minütigen Hitzeschock bei 43° oder 45° C induziert, in den Hautzellen mit UV-B Licht aktiviert. Der qualitative und quantitative Nachweis der Stressproteine HSP27, HSP70 und HSC70 erfolgte mit immuno-histochemischen Methoden (ELISA).

Bei keiner der getesteten Gehirn-Zelllinien gelang es mit dem elektromagnetischen Feld Hitzeschockproteine zu induzieren. Auch auf die Hitzeschockproteine HP27 und HSP70 in unterschiedlichen Hautzelltypen hatte das GSM-Feld keinen Einfluss. Das Protein HSC70 wurde in menschlichen Bindegewebszellen (Fibroblasten) unter Befeldung schwächer exprimiert als in den Kontrollen. In dem wiederhergestellten Haut-Modell konnten durch das elektromagnetische Feld keine Wirkungen auf die untersuchten Proteine ausgelöst werden.

Die haarlosen Ratten wurden sowohl akuter als auch chronischer Befeldung unterzogen, wobei jeweils eine Körperseite exponiert, die andere als Kontrolle herangezogen wurde (GSM 900, GSM 1800, 4 W/kg, 2 Stunden/Tag, 5 Tage/Woche, 12 Wochen). Diese *in vivo* Versuche bestätigen nicht den rückläufigen Grad der Aktivierung der HSC70 Proteine, wie in den *in vitro* Versuchen festgestellt wurde. Die Experimente werden fortgeführt.

Bei der Replikation der Leszczynski-Studie mit der Endothel-Zelllinie EA-hy926 konnten keine Effekte gemessen werden. Weder die Zellen aus Leszczynskis Labor noch die aus dem Labor der Universität von North Carolina zeigten eine signifikante Aktivierung



von HSP27. Lediglich ein nicht-signifikanter Anstieg von HSP27 um 26 % nach einstündiger Befeldung konnte registriert werden. Zusätzliche Experimente mit weiteren Positivkontrollen sollen folgen.

Wachstum, Expression und Phosphorylierung untersucht

Zwei bemerkenswert gut dokumentierte Studien stellte der Japaner Junji Miyakoshi von der Hirosaki Universität vor (siehe: Tian et al. 2002 und Miyakoshi et al. 2000). Zunächst berichtete Miyakoshi über Doppel-Blind-Versuche zur Expression von HSP27 und HSP70, sowie Wachstum von Kulturen aus menschlichen Hirntumoren (Glioma-Zellen) (MO54) durch 1950 MHz Felder (10-120 Minuten, 1, 2 oder 10 W/kg). Die Versuche zeigten selbst bei maximaler Exposition weder Veränderungen der Wachstumsraten noch der Verteilung von HSP27 oder HSP70. Jedoch sank bei Befeldung über mindestens eine Stunde bei 10 W/kg die konstitutive Phosphorylierung von HSP27 an Serin 78. Nachteilige Wirkungen auf die Zellkultur hält Miyakoshi jedoch dadurch für wenig wahrscheinlich, schließlich konnten keinerlei morphologische Veränderungen an den Zellen festgestellt werden. Zellen, die einem Hitzeschock bei 43° C unterworfen wurden, nahmen hingegen eine deutlich rundere Form an, in einigen Zellen veränderte sich zusätzlich die Gestalt der Zellkerne. Miyakoshis Ergebnisse stehen in einigem Widerspruch zu Leszczynskis Arbeiten und ergänzen die von Florence Poullétier de Gannes vorgestellten Resultate.

Die zweite Arbeit von Miyakoshi betrifft die Wirkung starker 2,45 GHz Felder auf die Expression von HSP70 Proteinen in den gleichen Zellen. In diesen Untersuchungen wurden Petrischalen mit drei konzentrischen Kompartimenten eingesetzt. Auf diese Weise konnten ein SAR- und ein Temperatur-Profil für jedes der drei ringförmigen Abteile erstellt werden. Die durchschnittlichen SAR-Werte lagen zwischen 1.3 und 100 W/kg. Die Temperatur stieg maximal um 5° C an. In der Studie wurde die Sterberate der Zellen gemessen und die Änderung der HSP70-Konzentration.

Temperaturen von 39° C über einen Zeitraum von 16 Stunden hatten keinen Einfluss auf die Sterberate

scheinexponierter Zellen. Hingegen nahm die Überlebensrate in den bei 100 W/kg exponierten Zellen um 30 % ab. Je länger die Exposition dauerte, desto stärker wurde HSP70 exprimiert. Lediglich bei einer SAR von 5 W/kg trat dieser Effekt nicht auf. Aber auch die Zellen, die als Temperaturkontrolle bei 39° C kultiviert wurden, bildeten mit zunehmender Zeit mehr HSP70. Jedoch exprimierten Zellen bei einer SAR von 50 W/kg mehr HSP70, als die Temperaturkontrollen bei 39° C. Nach Miyakoshis Resultaten exprimieren MO54 Zellen ab einer SAR von 20 W/kg vermehrt HSP70 nur aufgrund der Befeldung, selbst wenn die Wirkung der Temperaturerhöhung berücksichtigt wird. Jedoch sind derart hohe SAR-Werte für die Situation beim mobilen Telefonieren ohne Bedeutung.

De Pomerai revidiert Ergebnisse

David de Pomerai publizierte Ergebnisse von Untersuchungen am Wurm *Caenorhabditis elegans*, wonach durch hochfrequente elektromagnetische Felder eine Aktivierung kleiner Hitzeschockproteine erfolgt (de Pomerai et al. 2000, 2003). Dieser viel untersuchte Fadenwurm exprimiert Hitzeschock-Proteine, wenn er Temperaturen von über 25° C ausgesetzt wird. Niedrigere Temperaturen haben keine Wirkung. In seinen Publikationen hatte de Pomerai gezeigt, dass spezielle hsp16-Gene, welche die Expression des Hitzeschockproteins induzieren, durch kontinuierliche Hochfrequenzfelder mit 750 bis 1000 MHz bei einer mittleren SAR von 5 bis 40 mW/kg aktiviert werden können. Die Befeldungen dauerten zwischen zwei und 24 Stunden. Damals ging er bei der Genaktivierung von einem nicht-thermischen Effekt aus. Doch die anschließende Überprüfung der verwendeten TEM-Zelle zeigte, dass ein Leistungsverlust in der Zelle auftrat, der für lokale Temperatur-Erhöhungen verantwortlich sein kann. Inzwischen wurde die TEM-Einheit verbessert, der Temperaturanstieg ist nun kleiner als 0,1° C. De Pomerai wiederholte seine Experimente und stellte fest, dass er seine Ergebnisse nicht reproduzieren konnte. Diese Untersuchungen zeigen, dass Befeldungseinrichtungen exakt justiert und bereits geringe Temperaturänderungen immer in Betracht gezogen werden müssen.

Genomics-Methoden – schnelle und umfassende Genanalyse

Christian Maercker vom Deutschen Ressourcenzentrum für Genomforschung in Heidelberg stellte einen Ansatz auf der Basis von kleinen Analyseplatten, so genannten Microarrays, vor. Automatisierte Verfahren erlauben in kurzer Zeit Aktivitätsänderungen in einigen tausend Genen zu überprüfen. Dieses systembiologische Verfahren ähnelt dem Proteomics-Weg, den Leszczynski eingeschlagen hat. Jedoch werden in den von Maercker eingesetzten Microarrays nicht Proteine, sondern DNA-Abschnitte, also letztlich Gene analysiert.

Aus den zu untersuchenden Zellen wird zunächst die RNA isoliert und mit einem geeigneten Enzym in so genannte komplementäre DNA (cDNA) übersetzt. In diese cDNA werden Fluoreszenzfarbstoffe eingebaut – sie machen später das Aufspüren bestimmter cDNA-Moleküle auf der Analyseplatte möglich. Auf der Microarray-Platte sind 75000 cDNA-Moleküle mit definierten Sequenzen fixiert, sie repräsentieren einen großen Teil bekannter Gene. An diese fixierten Moleküle können die cDNA-Abschnitte aus Probe und Kontrolle binden, sofern sie die jeweils passende komplementäre Sequenz haben. Anhand des Fluoreszenzsignals kann ermittelt werden, welche der fixierten cDNA-Moleküle auf der Platte einen Partner gefunden haben. Da die cDNA-Moleküle aus der Probe und aus der Kontrolle mit unterschiedlichen Fluoreszenzfarben markiert sind, ist es leicht möglich zu unterscheiden, ob ein Fluoreszenzsignal von einem cDNA-Molekül aus der Probe, aus der Kontrolle oder von beiden stammt. Entweder tritt ein reinfarbiges oder ein mischfarbiges Signal auf. Auf diesem Weg kann unterschieden werden, ob ein Gen aus der Probe verstärkt, vermindert oder unverändert exprimiert wird.

Maercker befeldete HL-60 Zellen mit einem kontinuierlichen 1800 MHz-Signal (1,3 W/kg, 24 Stunden). Es konnte eine Beeinflussung einzelner Gene und eine leicht erhöhte Ribosomen-Synthese festgestellt werden. Die Expression der Hitzeschockgene änderte sich durch die Befeldung nicht. Maercker gab allerdings zu bedenken, dass bei allen Experimenten die Zeit zwischen Befeldung und Analyse gleich war, so-

mit kann über potenzielle verzögerte Effekte keine Aussage getroffen werden.

Kein Einfluss auf HSP27-Phosphorylierung

Mays Swicord von Motorola, USA, informierte über Versuchsreihen, die Joseph L. R. Roti an der Washington University durchgeführt hat. Roti wollte zumindest teilweise die Resultate von Dariusz Leszczynski reproduzieren. Statt Endothelzellen setzte er HeLa-S3-Zellkulturen (Zellen aus Brustkrebs) ein und wählte ein elektromagnetisches Feld nach dem nordamerikanischen TDMA-Standard (800 MHz) mit einer SAR von 5 W/kg. Die Exposition dauerte zwei oder 24 Stunden. Das experimentelle Ziel war jedoch identisch: Untersucht wurde, ob sich die Phosphorylierung an HSP27 unter Feldeinfluss verändert. Um die Feldwirkung mit bekannten Stressoren vergleichen zu können, wurden Zellen als Positivkontrolle bei 41° C einem leichten, oder bei 45° C einem intensiven Hitzeschock ausgesetzt.

Rotis Ergebnisse bestätigten Leszczynskis Arbeiten nicht. Das elektromagnetische Feld veränderte die Phosphorylierung von HSP27 nicht. Die Hitzeschockexperimente zeigten, dass sich der Phosphorylierungsgrad proportional zur Inkubationstemperatur des Hitzeschocks ändert. Bei 45° C konnten HSP27-Formen detektiert werden, die mehrfach phosphoryliert waren, bei 41° C war die Konzentration der phosphorylierten HSP27 deutlich höher als in den Kontrollen und den befeldeten Proben.

Die Tücken der SAR-Analyse

Kari Jokela und Jürgen Schuderer setzten sich in ihren Ausführungen mit Befeldungseinrichtungen auseinander und zeigten, wie relevante Parameter erfasst und beurteilt werden können. Sie stellten deutlich heraus, wie allein die Auswahl der Expositionseinrichtung das Ergebnis beeinflussen kann und wie wichtig eine exakte Dosimetrie für die Qualität der Messergebnisse ist. Werden zum Beispiel SAR und Temperatur unzureichend erfasst oder wird auf numerische Analysen der SAR-Werte im Vorfeld der Experimente verzichtet, so kann dies den Wert und die

Aussagekraft der späteren Messungen erheblich beeinträchtigen. Sollen aussagekräftige Resultate erzielt und Datenmüll vermieden werden, so ist Sorgfalt in der Dosimetrie unabdingbar.

Kari Jokela befasste sich mit der Entwicklung einer Befeldungskammer für *in vitro* Untersuchungen in 900 MHz-Feldern. Jokela arbeitet an der finnischen Strahlenschutzbehörde STUK und sucht nach Möglichkeiten, SAR-Werte und Temperaturen während einer Befeldung möglichst nah an den Zellen zu erfassen. Er formulierte Mindestanforderungen, die an eine moderne Expositionseinheit zu stellen sind.

Jokela stellte horizontale und vertikale Befeldungseinrichtungen vor, die am STUK entwickelt wurden und zur Befeldung von Petrischalen eingesetzt werden können. Seine Daten und Diagramme aus den Versuchen mit horizontaler Befeldung zeigten eindrucksvoll, wie stark zum Beispiel SAR-Werte in einer Petrischale auf einer Radialstrecke von nur 25 Millimetern abweichen. Besonders an einer Stelle der Kulturschale sind die SAR-Werte erheblich größer: an der Oberfläche des Mediums, genau an der Grenze zwischen Medium und Gefäßwand, also am so genannten Meniskus. Betrag der SAR-Wert in der Mitte der Kulturschale 1 W/kg, ergaben die Messungen an der oben beschriebenen Stelle am Meniskus 73 W/kg. Bei vertikaler Befeldung stellt dieser Meniskuseffekt kein Problem dar.

Kari Jokela fasste seine Versuchsergebnisse in drei Schlussfolgerungen zusammen:

- es ist sehr schwierig, die SAR bei *in vitro*-Versuchen exakt zu bestimmen
- SAR muss mit weiteren Methoden erfasst werden
- das Problem der Erwärmung darf bei *in vitro*-Experimenten mit einer SAR größer als 1 W/kg nicht vernachlässigt werden.

Gezielte Auswahl der Expositionseinrichtung verbessert Ergebnisqualität

Jürgen Schuderer von der Stiftung für die Erforschung von Informationstechnologien, Zürich, Schweiz, informierte in seinem Vortrag über die Technik von *in vitro* Expositionen von Zellen in 900 und 1800 MHz-Feldern. Nicht jede Expositionseinrichtung ist für jede

Art der Zellkultur geeignet, so haben Zell-Monolayer ganz andere Eigenschaften als Zellsuspensionen und diese Unterschiede beeinflussen SAR-Verteilung oder Temperaturanstieg erheblich. Ziel seiner Arbeit war es, Expositionseinrichtungen zu beschreiben und zu bewerten, um Zellen in elektromagnetischen Feldern nach standardisierten und genau definierten Bedingungen exponieren zu können. Er richtete sein Augenmerk auf die technischen Anforderungen, die Expositionseinrichtungen erfüllen müssen, stellte die Bedingungen für eine sinnvolle Dosimetrie dar und verglich die Leistungsmerkmale verschiedener Systeme. Auf Basis seiner Daten erarbeitete Schuderer Empfehlungen für die Befeldung von Monolayer-Kulturen und Zellsuspensionen.

Schuderer unterstrich die von Kari Jokela präsentierten Mindestansprüche an die experimentellen Rahmenbedingungen, forderte jedoch zusätzlich, bei einer SAR von 2 W/kg einen maximalen Temperaturanstieg von $0,1^\circ\text{C}$ einzuhalten. Umfangreiche Möglichkeiten müssen ferner die Signalsender bieten. Außer kontinuierlichen Feldern mit frei wählbaren Frequenzen sollten Modulationen möglich sein sowie Signalmuster nach den GSM-, TDMA- und anderen Normen, wie zum Beispiel GPRS und DECT. Alle Signalkomponenten sollten die Alltagssituation simulieren und exakt erfasst und ausgewertet werden können.

Um eine zuverlässige Kontrolle der experimentellen Expositionen durchführen zu können, müssen die Umgebungsparameter der Kontrolleinrichtungen absolut identisch zur Versuchsanlage sein. Diese potenziellen Einflussfaktoren sowie weitere biologische und technische Parameter müssen möglichst genau gemessen werden können. Externe Feldeinflüsse müssen ausgeschlossen werden, und die Anlage muss Doppelblindanordnung zulassen.

Auch an die Dosimetrie richtete Schuderer strenge Vorgaben. SAR-Werte müssen sowohl numerisch als auch messtechnisch ermittelt werden und sich bestätigen. Die Abweichungen der SAR-Werte, die SAR-Verteilung und die Änderung der Temperatur während der Befeldung müssen dokumentiert sein.

Des Weiteren ging er auf Kopplungsmechanismen ein. Anhand einer Reihe von Parametern, welche die Feld-

absorption beeinflussen, machte er deutlich, dass biologische Kopplungsvorgänge in Zellkulturen möglich sind, die sich von denen im ganzen Organismus unterscheiden. Am Beispiel des Flüssigkeitsmeniskus, der an der Wand einer Petrischale aufgrund von Adhäsion entsteht, zeigte er, wie sehr die SAR-Werte abhängig voneinander abweichen, je nachdem, ob der Meniskus in die Kalkulation einfließt oder nicht. Wird der Meniskus nicht berücksichtigt, fällt der errechnete SAR-Wert zu gering aus.

Schuderer untersuchte folgende drei Expositionsanordnungen und verglich ihre Tauglichkeit für die Befeldung von Zell-Monolayern und Zellsuspensionen: Waveguide Systeme sXc900 und sXc1800, eine TEM-Einheit, bei der sich die Petrischalen in K-Polarisation befanden sowie ein Wire-Patch-System. Nach seinen Ergebnissen sind für die Befeldung von Monolayern die Wave-Guide-Systeme am besten geeignet. Die Petrischalen müssen aber im Maximum des H-Feldes angeordnet sein, nur dann fällt die Ungleichmäßigkeit der SAR-Verteilung unter 30 Prozent und genügt den Anforderungen. Der Temperaturanstieg ist bei diesen Systemen mit $0,03^{\circ}\text{C}$ am geringsten und die SAR hat mit 50 W/kg pro Watt Leistungseintrag die höchste Effizienz.

Keine der untersuchten Befeldungsanordnungen erfüllte für Zellsuspensionen die Mindestanforderung an die SAR-Verteilung. Der beste Wert war 46 Prozent, der in einer TEM-Zelle erzielt wurde. Der Temperaturanstieg betrug $0,05^{\circ}\text{C}$ je W/kg . Die TEM-Zelle lieferte bei der Befeldung von Zellsuspensionen zuverlässige Ergebnisse, wenn Petrischalen in der k-Polarisationsebene angeordnet wurden. SAR-Gradienten, die bei der Befeldung von Zellsuspensionen auftreten, bewirken keine lokalen Temperaturspitzen, da die Wärme durch das Medium ausreichend abgeführt wird.

Fazit: Knackpunkt Dosimetrie

Der Workshop verdichtete die Zweifel daran, dass schwache hochfrequente elektromagnetische Felder durch nicht-thermischen Einfluss zur Ausbildung von Hitzeschockproteinen führen können. Gut dokumentierte Versuchsreihen, wie die von Miyakoshi, geben

keine Hinweise auf Wechselwirkungen zwischen elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks und Hitzeschockproteinen oder deren Genen. Untersuchungen, in denen derartige Wechselwirkungen beobachtet wurden, konnten bislang nicht reproduziert werden oder sie wiesen in Dosimetrie oder Exposition erhebliche Mängel auf, die von den Teilnehmern entsprechend kritisiert wurden. Exakter Umgang mit der Dosimetrie ist jedoch unabdingbar, denn bei der Analyse von Hitzeschockproteinen bewegt sich die Wissenschaft auf einem schmalen Grad. Da die experimentellen Zielmoleküle temperatursensitiv sind, müssen in den Experimenten thermische Effekte mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Bei den Studien von Kwee und Goodman können, neben anderen experimentellen Mängeln, Temperatureinflüsse aufgrund mangelhafter Expositionseinrichtung und unzureichender Dosimetrie nicht ausgeschlossen werden. Die Resultate von Leszczynski ließen sich von unabhängiger Seite weder an der gleichen Zelllinie noch an anderen *in vitro* Modellen reproduzieren. So bleibt in Sachen Verifikation einiger Handlungsbedarf.

Die vorgetragenen Versuche zu Hitzeschockproteinen zielen prinzipiell in zwei Richtungen: einmal wird die Genaktivierung, zum anderen die Phosphorylierung vorhandener Proteine untersucht. Phosphorylierungen sind Signale, die weitere Prozesse in Gang setzen können und eine eigene Dynamik besitzen. Dies ging aus den Darstellungen von Dariusz Leszczynski und Matthias Gaestel hervor. Welche Kaskade wie aktiviert wird, welche Nebenwege davon betroffen sind und was daraus für eine Zelle oder einen Organismus folgt, ist zur Zeit schwer einschätzbar. Die Zeitkonstanten dieser Prozesse können sehr unterschiedlich sein.

Die technisch orientierten Präsentationen machten deutlich, dass in den Expositionseinrichtungen Parameter wie Temperatur und SAR in den befeldeten Proben schwer zu beherrschen sind. Das verkompliziert die Arbeit mit temperatursensitiven physiologisch wirksamen Molekülen wie eben den Stressproteinen. David de Pomerai konnte zum Beispiel seine Vorstellung von einem nicht-thermischen Effekt beim Ein-

fluss schwacher Felder auf den Fadenwurm *Caenorhabditis* nicht aufrecht erhalten, weil die Temperatur in seiner Expositionseinrichtung stärker abwich als erwartet. So muss besonders die Dosimetrie sorgfältig bearbeitet und dokumentiert werden, denn hier finden sich Fehlerquellen und Angriffspunkte. Die Untersuchungen von Kari Jokela und Jürgen Schuderer gaben entscheidende Hinweise darauf, wie Expositionen an Qualität gewinnen können.

Die Präsentationen und die anschließenden Diskussionen führten zu einigen Empfehlungen. Es herrschte Einigkeit darüber, dass Bedarf an weiteren Untersuchungen, sowohl *in vitro* als auch *in vivo*, besteht und Ergebnisse neuer Studien frühzeitig überprüft werden sollten. Besonders wurde die Wiederholung der Versuche von Kwee, Goodman und Leszczynski gefordert. Auf die modernen systembiologischen Genomics- und Proteomics-Techniken, die von Maercker und Leszczynski in deren Forschungen bereits eingesetzt werden, soll in Zukunft stärker zurückgegriffen werden. Jedoch müssen dabei die biologische und die methodische Signifikanz der Ergebnisse zuverlässig beurteilt werden können. Für die Untersuchung und die Beurteilung von mikrothermischen Effekten müssen neue Wege erschlossen werden. Diese schwer fassbaren Einflüsse können *in vitro* und *in vivo* Experimente empfindlich stören und Fehlinterpretationen provozieren.

Dipl.-Biologe Christoph Bächtle, Wissenschaftsjournalist

Literatur

- Carmody, S., Wu, X. L., Lin, H., Blank, M., Skopicki, H., and Goodman, R.: Cytoprotection by electromagnetic field-induced hsp70: A model for clinical application. *Journal of Cellular Biochemistry* 79 (2000) 453-459.
- Cleary SF, Cao GH, Liu LM, et al: Stress proteins are not induced in mammalian cells exposed to radiofrequency or microwave radiation. *Bioelectromagnetics* 18 (1997) 499-505.
- Daniells C, Duce I, Thomas D, et al: Transgenic nematodes as biomonitors of microwave-induced stress. *Mutat. Res.* 399 (1998) 55-64.
- de Pomerai D, C. Daniells, H. David, et al: Non-thermal heat-shock response to microwaves. *Nature* 405 (2000) 417-418.
- de Pomerai, D. I., Smith, B., Dawe, A., North, K., Smith, T., Archer, D. B., Duce, I. R., Jones, D., and Candido, P. M.: Microwave radiation can alter protein conformation without bulk heating. *FEBS Letters* 543 (2003) 93-97.
- Fritze K, Wiessner C, Kuster N, et al: Effect of global system for mobile communication microwave exposure on the genomic response of the rat brain. *Neuroscience* 81 (1997a) 627-639.
- Gaestel M: sHsp-phosphorylation: enzymes, signaling pathways and functional implications. *Prog. Mol. Subcell. Biol.* 28 (2002) 151-169.
- Goodman, R. and Blank, M.: Insights into electromagnetic interaction mechanisms. *J. Cell. Physiol.* 192 (2002) 16-22.
- Goswami PC, Albee LD, Parsian AJ, et al: Proto-oncogene mRNA levels and activities of multiple transcription factors in C3H 10T1/2 murine embryonic fibroblasts exposed to 835.62 and 847.74 MHz cellular phone communication frequency radiation. *Radiat. Res.* 151 (1999) 300-309.
- Grimshaw, J. P. A., Jelesarov, I., Siegenthaler, R. K., and Christen, P.: Thermosensor action of GrpE - The DnaK chaperone system at heat shock temperatures. *J. Biol. Chem.* 278 (2003) 19048-19053.
- Koyama, S., Nakahara, T., Wake, K., Taki, M., Isozumi, Y., and Miyakoshi, J.: Effects of high frequency electromagnetic fields on micronucleus formation in CHO-K1 cells. *Mutation Research Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 541 (2003) 81-89.
- Kwee, S., Raskmark, P., and Velizarov, S.: Changes in cellular proteins due to environmental non-ionizing radiation. I. Heat-shock proteins. *Electro and Magnetobiology* 20 (2001) 141-152.
- Leszczynski, D., Joenvaara, S., Reivinen, J., and Kuokka, R.: Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: Molecular mechanism for cancer- and blood-brain barrier-related effects. *Differentiation* 70 (2002) 120-129.
- Li JR, Chou CK, McDougall JA, et al: TP53 tumor suppressor protein in normal human fibroblasts does not respond to 837 MHz microwave exposure. *Radiat. Res.* 151 (1999) 710-716.
- Miyakoshi, J., Mori, Y., Yaguchi, H., Ding, G. R., and Fujimori, A.: Suppression of heat-induced hsp-70 by simultaneous exposure to 50 mT magnetic field. *Life Sciences* 66 (2000) 1187-1196.
- Natarajan, M., Vijayalaxmi, Szilagy, M., Roldan, F. N., and Meltz, M. L.: NF-kappa B DNA-binding activity after high peak power pulsed microwave (8.2 GHz) exposure of normal human monocytes. *Bioelectromagnetics* 23 (2002) 271-277.
- Nayak et al.: Determination of p53 stabilization and transactivation of its target genes in response to ultrawideband electromagnetic radiation exposure in human hematopoietic cells. *Bioelectromagnetics (to be submitted May 5, 2004)* (2004)
- Nayak et al.: Effect of Ultrawideband electromagnetic radiation on cell cycle progression in human hematopoietic cells. *Bioelectromagnetics (revised and resubmitted)* (2004)
- Tian, F., Nakahara, T., Wake, K., Taki, M., and Miyakoshi, J.: Exposure to 2.45 GHz electromagnetic fields induces hsp70 at a high SAR of more than 20 W/kg but not at 5 W/kg in human glioma MO54 cells. *Intern. J. Radiat. Biol.* 78 (2002) 433-440.
- Walters TJ, Mason PA, Sherry CJ, et al: No detectable bioeffects following acute exposure to high peak power ultra-wide band electromagnetic radiation in rats. *Aviat. Space Environm. Med.* 66 (1995) 562-567.
- Weisbrot, D., Lin, H., Ye, L., Blank, M., and Goodman, R.: Effects of mobile phone radiation on reproduction and development in *Drosophila melanogaster*. *J. Cell. Biochem.* 89 (2003) 48-55.

Mögliche biologische Effekte von Feldern im UHF-Bereich

Bericht zum COST 281-Workshop in Thessaloniki

Ein Bericht von Norbert Leitgeb

Theo Samaras, der Gastgeber vor Ort, hieß die Teilnehmer willkommen und erinnerte an die letzte Konferenz in Griechenland (der Vorläuferaktion COST 244), die vor genau zehn Jahren in Athen stattgefunden hatte.


Der Bericht der COST 281 Arbeitsgruppe „Mobiltelefone und Kinder“, vorgelegt von Joe Wiart, hob die in kinderspezifischen SAR-Berechnungen erzielten Verbesserungen hervor, einschließlich der einvernehmlichen Bestimmung von typischen kinderspezifischen Positionen des Telefons. Wiart verglich die verschiedenen Ansätze zur Erstellung eines Kinderkopfmodells, wie z. B. lineare gegenüber nicht-uniformen Skalierungen des Erwachsenenkopfmodells, in Zusammenhang mit dem Problem veränderter Voxelgrößen. Darüber hinaus wurde diskutiert, welches Referenzalter für Kinder zu gelten habe, verbunden mit der Frage, inwieweit morphologische und physikalische Parameter sowie potenziell verschiedene Temperaturtoleranzen berücksichtigt werden müssen. Aufgrund der ethischen Restriktionen wurde noch einmal der Bedarf nach auf dem Magnetresonanzverfahren basierenden Kinderkopfmodellen unterstrichen.

Für die Arbeitsgruppe „Genetische Aspekte“ stellte Gerd Friedrich die von COST 281 verabschiedete Empfehlung zu einer international koordinierten Forschung zu potenziellen genotoxischen Wirkungen vor. Das Anliegen dieser Initiative von COST 281 besteht darin, die internationalen Forschungsbemühungen zu bündeln und die verschiedenen Forschergruppen weltweit dazu anzuhalten, mit einem einheitlichen Testprotokoll zu arbeiten, in einem zentralen Labor Zellen unter kontrollierten Bedingungen zu exponieren und diese anschließend an die teilnehmenden Labors zur Auswertung weiterzugeben. Auf diese Weise würde eine solide statistische Basis erlangt, mit einem Pool von Resultaten, die einer Meta-Analyse zugeführt werden können. Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe „Dosimetrie“ wur-

den von Joe Wiart vorgestellt. Er informierte über die Versuche, über das Konzept der SAR hinauszugehen und auch den Temperaturanstieg innerhalb des Körpers zu berechnen. Dieser Ansatz sieht sich mit zusätzlichen Problemen konfrontiert, was die Wärmeverteilung, insbesondere durch Blutgefäße und Kapillare, im Modell betrifft. Daneben wurden die Probleme der Emissionsabschätzung erörtert, einschließlich des Problems der Übertragbarkeit von bspw. Messungen in Bodenhöhe auf höher gelegene Bereiche (Dreidimensionalität), der Aspekt großer Entfernungen und/oder des schnellen Schwunds bzw. der Abschattung; ebenso die Übertragbarkeit zwischen verschiedenen Verkehrssituationen. Joe Wiart schloss mit dem Hinweis, wie wichtig es sei, die richtigen Fragen zu kennen, um zu adäquaten Antworten zu gelangen.

Paolo Ravazzani stellte die neue europäische Koordinierungsaktion „EMF-NET“ vor, die erst kurz zuvor offiziell in Betrieb genommen wurde. An dieser Aktion sind die führenden Organisationen Europas beteiligt, darunter auch COST Action 281. Ihr Ziel ist die Koordination und Verbreitung von Forschungsergebnissen, die Vernetzung bestehender nationaler and internationaler Aktivitäten und die Ausarbeitung relevanter Interpretationen für Politik und Interessengruppen. Hinzu kommt noch das Monitoring EMF-relevanter technischer Entwicklung und Forschung.

Bach-Andersen steuerte einen Ausblick in die Zukunft bei. Diese wird von einer weiterhin beschleunigten Entwicklung der Mobilkommunikationssysteme und -dienste gekennzeichnet sein. Datenerwerb auf Hochleistungsniveau, ein „Mehr von allem“ und Vielzweckgeräte statt einzelner „Killeranwendungen“ sind zu erwarten. Die technische Möglichkeit, allem und jedem, ob Person oder Gegenstand, eine Internetadresse zuzuteilen, eröffnet ungeahnte Perspektiven. Datenübertragungsraten und die Allgegenwärtigkeit der Geräte werden sich noch steigern, ein Prozess, in den alle Bevölkerungsgruppen als „User“ einbezogen sind. Reinhard Giraud fasste die neuesten Entwicklungen und künftige Trends in der Funktechnologie zusam-



men. Er zeigte auf, dass die Entwicklung in die Richtung eines hochratigen Kurzstreckenfunks geht, was sich bereits in der Entwicklung von der 1G- zur 2G- und 3G-Technologie hin zu WLAN mit Erweiterungen für Super-G Turbomodus-Bitraten oberhalb von 100 Mbps ankündigt. Für leistungsstarke Datenverbindungen werden voraussichtlich softwaredefinierter Funk, intelligente Antennen und Adhoc-Netzwerke sowie neue Ultrahochfrequenz-UWB (Ultrabreitbandtechnik)-Anwendungen im Bereich zwischen 10 und 66 GHz genutzt; neue Modulations- und Codierverfahren werden durch noch unbekannte Anwendungen sowohl die spektrale Effizienz als auch die Datenraten erhöhen. Eindrucksvoll waren die Berichte über die von nationalen Forschungsprogrammen erzielten Fortschritte. Zusätzlich zu den EMF-bezogenen Komponenten des 6. EU-Rahmenprogramms belaufen sich die nationalen Mittel für EMF-Forschung jetzt auf weit mehr als 110 Mio. Euro. Dies gab zu der von Bernard Veyret formulierten Frage Anlass, welcher Betrag denn zur Förderung der Forschung insgesamt nötig sei. Italien hat ein beeindruckendes landesweites Netz von EMF-Überwachungsstationen eingerichtet, die im Falle einer Überschreitung geltender Vorsorgegrenzwerte Alarm schlagen, sowie ein umfassendes Programm zur biologischen EMF-Forschung verabschiedet. Nationale Forschungsprogramme wurden auch von Vertretern Großbritanniens, Deutschlands, Frankreichs und der Schweiz vorgestellt. Interessant war, dass in mehreren Ländern Anstrengungen unternommen werden, um epidemiologische Studien über Basisstationen mobiler Telekommunikation und Krebs oder unspezifische Gesundheitssymptome zu initiieren, so z. B. in Großbritannien, Deutschland und der Schweiz. In der Diskussion wurde die Notwendigkeit angesprochen, die verschiedenen Ansätze einzelner Nationen und Organisationen zu koordinieren, um die Effizienz zu erhöhen. Leitgeb erörterte die Entwicklung neuer Technologien und die daraus resultierenden Anforderungen an die Abschätzung von Gesundheitsrisiken. Neue Technologien werden voraussichtlich mehr Menschen als bisher – Junge wie Alte – öfter und über längere Zeiträume, und nicht zuletzt verschiedene Körperregionen, exponieren. Dadurch wächst der Bedarf einer Weiterentwicklung der Grenzwerte, um unterschiedliche Expositionsarten je nach Alter, der exponierten Körperregion, der Dauer und Signalsignatur in Betracht zu ziehen. Das Gleiche gilt für den Bedarf einer Abschätzung und Überwachung der Exposition der Ge-

samtbevölkerung. Ein gesundheitsrelevantes Maß für Langzeitexposition muss gefunden werden (ein „Dosis“parameter). Unsicherheiten und Ängste werden in Zukunft wohl noch zunehmen angesichts des Fehlens einer angemessenen Risikokommunikation. Insofern wird es immer wichtiger, adäquate Strategien zu entwickeln, wie mit Unsicherheiten umzugehen ist, wie widersprüchliche Ergebnisse und Standpunkte ausgewertet und vermittelt werden können und wie den Bedenken in der Öffentlichkeit zu begegnen ist. Karpowicz erörterte die Folgen neuer Technologien im Kontext der quantitativen Beschreibung von Exposition, wenn diese innerhalb eines Raums, in der Frequenz und in der Zeit Schwankungen unterworfen ist. Sie stellte Messergebnisse vor, die zeigen, dass das Verhältnis zwischen ELF- and HF-Werten innerhalb eines Haushalts schon jetzt beträchtliche Variationen aufweist, und unterstrich die Notwendigkeit, standardisierte Expositionsbedingungen für die biologische Forschung festzulegen.

Lutz Haberland rezensierte die verfügbare Literatur zu biologischen Interaktionen von 2 bis 3 GHz EMF im Hinblick auf so unterschiedliche Endpunkte wie z. B. Tumorentwicklung, Blut-Hirn-Schranke und Genotoxizität. Auf der Basis von 809 analysierten Arbeiten warf er die Frage auf, wie man entscheiden solle, ob ein Endpunkt ausreichend erforscht sei, und nach welchen Kriterien ein Zurückfahren oder gar die Beendigung der Forschungsarbeit zu einem spezifischen Thema entschieden werden solle.

Joe Morrissey schloss in seiner Literaturübersicht, basierend auf einer breiten Sammlung von Daten, dass ältere Studien für neue Technologien bis zu 2,5 GHz immer noch relevant und dass für die Risikoanalyse genügend Daten vorhanden sind. Er wies auf dringenderen Forschungsbedarf hin, wie z. B. zu Ultrabreitband-Anwendungen, zu medizinischen Zwecken implantierten Sendern, einer verbesserten Expositionsabschätzung für aussagekräftigere epidemiologische Studien und im Frequenzspektrum oberhalb von 5 GHz sowie im THz-Bereich.

In seinen Schlussbemerkungen hielt Leitgeb fest, dass COST 281 erneut ein höchst relevantes Thema ausgewählt und proaktiv gehandelt habe, anstatt nur auf Druck von außen zu reagieren. Er unterstrich noch einmal, welche bedeutende Rolle die Aktion in der Koordination und Anregung von Forschung inne habe.

*Prof. Dr. Norbert Leitgeb, Technische Universität Graz,
Rapporteur der Veranstaltung und Vorsitzender von COST 281*

Biophysikalische Wirkungsm Felder und d

Kurzbericht zum Workshop in Ft. Lauderdale/Florida 22.-23.3.2004

Roland Glaser

Lassen sich aus wissenschaftlich begründeten Wirkungsmechanismen Grenzwerte für modulierte und unmodulierte Hochfrequenzfelder ableiten? Wie ist der Stand der Forschung auf diesem Gebiet? Welche Relevanz haben die von verschiedenen Autoren vorgeschlagenen biophysikalischen Wirkungsmechanismen hochfrequenter Felder bezüglich der tatsächlich im Mobilfunk verwendeten Frequenzen, Modulationen und Intensitäten?

Diesem Fragenkomplex war ein zweitägiger Workshop gewidmet, organisiert von Motorola und der FGF, zu dem ein Dutzend Spezialisten, vorwiegend aus den USA, zu Vorträgen und Diskussionen geladen waren. Diese Veranstaltung bildete die Fortsetzung einer Reihe ähnlicher Workshops, die 2000 in Bad Münstereifel (siehe dazu Newsletter 01/01) gestartet worden waren und im Mai 2001 in Washington (siehe dazu Newsletter 02/01) und im Dezember 2001 in Dresden (siehe dazu Newsletter 02/02) ihre Fortführung fanden, und auf denen ebenfalls biophysikalische Mechanismen zur Erklärung der Wirkung hochfrequenter Felder im Intensitätsbereich des Mobilfunks erörtert wurden. Die Diskussionen basierten auf Vorträgen, in denen die Teilnehmer den neuesten Stand der theoretischen Forschung und deren experimentelle Basis vorstellten.

Den Anfang machte ein Vortrag von **A. Sheppard** und **Q. Balzano** mit dem Titel: „*A thermodynamic approach for determining the amplitude & frequency of possible nonlinear RF interactions in biological preparations*“, basierend auf ihren kürzlich erschienenen Publikationen (Bioelectromagnetics. 2002; **23**, 278-287 und: 2003; **24**, 473-482; siehe auch „Neues aus der





Mechanismen hochfrequenter ereren Bedeutung

Wissenschaft“ im Newsletter 1, 2004). Die Autoren führten aus, dass sich Amplituden-modulierte HF-Felder bei ihrer Absorption durch nicht-lineare Reaktionen im System in mehrere Resonanz-Frequenzen aufsplitten müssten. Diese Frequenzen ergeben sich aus der Modulationsfrequenz und deren Vielfachem, sowie der Summen aus der hochfrequenten Träger- plus der niederfrequenten Modulationsfrequenz und deren Vielfachem. Mit einer empfindlichen Methode müsste es möglich sein, kapazitiv diese Schwingungen bekannter Frequenz abzuleiten und zu messen und somit den nichtlinearen Charakter des Mechanismus der Feldabsorption nachzuweisen. Die Autoren hoffen z.B. bei Einstrahlung von 900 MHz in das System, die erste Oberschwingung, nämlich 1800 MHz, mit einer Empfindlichkeit von 10-100 Photonen pro Sekunde und Zelle in einer etwa 10^6 Zellen umfassenden Probe nachweisen zu können.

Wie bereits in den Remarks zu den oben genannten Publikationen, so wurde auch hier diskutiert, ob die vorgeschlagene Methode tatsächlich geeignet ist, die schwachen Signale auf dem Hintergrund des Rauschens zu erkennen, insbesondere in Fällen schwacher Feld-Applikation, also im Bereich der gesetzlich festgelegten Grenzwerte. Die Autoren meinen, dass im Falle, dass die Mess-Erfolge nur bei höheren Feldstärken aufträten, wenigstens die Schwellenwerte für nichtlineare Reaktionen von Zellen auf amplitudenmodulierte HF-Felder ermittelt werden könnten.

R. Glaser referierte über die Frage: „*Are thermoreceptors responsible for 'non-thermal' effects of RF fields?*“. Er verwies darauf, dass als „nicht-thermisch“ zumeist solche biologische Reaktionen auf HF-Felder bezeichnet werden, die nicht mit einer messbaren Erwärmung des Gewebes einhergehen. Dabei wird die Messgenauigkeit mit höchstens $\pm 0,1$ Grad angegeben und Messfühler verwendet, die sehr groß sind, in Relation zu zellulären Dimensionen. Von den Forschungsgruppen auf dem Gebiet der Feldwirkung weitgehend unbeachtet blieben jedoch die Fortschritte der letzten Jahre

auf dem Gebiet der Thermorezeption. Obgleich seit langem bekannt ist, dass verschiedene Tiere thermosensible Organe besitzen, die auf Erwärmungen von hundertstel Grad und darunter reagieren, so hat man erst in den letzten Jahren Transport-Proteine gefunden, die über eine extreme Thermosensibilität in Temperaturbereichen von nur wenigen Grad verfügen. Überraschender noch ist, dass diese Proteine nicht nur in speziellen Nervenendigungen vorkommen, sondern ebenso in verschiedenen anderen Zellen, wie zum Beispiel in den Keratinozyten der Haut. Somit können lokale Regulationsmechanismen aktiviert werden, die außerhalb einer möglichen Wärme-Empfindung liegen und eventuell noch nicht einmal neuronal erfasst werden. Die Forschung auf diesem Gebiet ist in schnellem Fortschritt befindlich und sollte sorgfältig beobachtet werden. Reicht unter diesem Gesichtspunkt die grobe Temperaturmessung der Experimente aus um von „nicht-thermischen“ Effekten zu sprechen? Könnten nicht vielleicht lokale Durchblutungsänderungen manchen „nicht-thermischen“ Effekt erklären? Sind die gemessenen Effekte letztlich „quasi-thermisch“? Unterscheiden sie sich von Reaktionen des körpereigenen Systems der Thermoregulation bei Temperaturschwankungen im Alltag? In der Diskussion wurde unterstrichen, dass es natürlich „nicht-thermische“ Wirkungsmechanismen im Sinne einer direkten Wirkung der Felder auf permanente oder induzierte Dipole gibt. Elektrorotation und Dielektrophorese sind gut bekannte Beispiele dafür. Jedoch führen diese Reaktionen sekundär zu beträchtlichen Erwärmungen, erfordern sie doch Feldstärken, die mehrere Größenordnungen über den gesetzlichen Grenzwerten liegen. Diese Mechanismen haben folglich keine Bedeutung für die hier diskutierte Fragestellung.

K. Foster wies in seinem Vortrag: „*'Selective' heating of biological structures by RF energy, revisited*“ auf die Unmöglichkeit der Entstehung von „hot-spots“ im mikroskopischen Bereich hin. Er unterstrich, dass dies bereits Schäfer und Schwan in einer Publikation aus

dem Jahre 1943 nachgewiesen hatten („Zur Frage der selektiven Erhitzung kleiner Teilchen im Ultrakurzwellen-Kondensatorfeld“, *Annalen der Physik* **43**, 99-135). Danach ist die charakteristische Zeit der Erwärmung einer Kugel in einer kühlenden Flüssigkeit dem Quadrat ihres Radius proportional. Für eine Kugel mit $R=10\text{:m}$ läge sie in der Größenordnung von 0,3 ms. Stationäre Erwärmungen lokaler Art in Dimensionen von Zellen und darunter sind demnach physikalisch nicht möglich. Daran ändert sich prinzipiell auch nichts, wenn die Form der Körper von der Kugel-Geometrie abweicht. Die Berechnung des Zeitverlaufes bei Applikation gepulster oder Amplituden-modulierter Felder zeigte, dass aus dem gleichen Grund die dabei auftretenden lokalen Temperaturschwankungen im mikroskopischen Bereich vernachlässigbar sind.


In der Diskussion wurde auf die Publikation von Hamad-Schifferli et al. verwiesen (*Nature*. 2002; **415**, 152-155; siehe: „Neues aus der Wissenschaft“, Newsletter 1, 2003). Hier wurde ein 1,4 Nanometer großes Gold-Partikel an eine synthetische DNA-Sequenz geheftet und durch Einstrahlung von einem 1 GHz-Feld thermisch aktiviert. Natürlich sind derartige Extremsituationen nicht mit dielektrischen Inhomogenitäten innerhalb biologischer Systeme zu vergleichen.

E. Prohofsky beschäftigte sich in seinem Vortrag zum Thema: „*Looking for possible RF effects in biomolecules*“ mit der Frage, ob eine direkte Energieübertragung von GHz-Schwingungen in das System bioenergetischer Prozesse möglich sei. Dies wäre nach seiner Meinung eine echte „nicht-thermische“ Reaktion. Als Beispiel berechnet er Resonanz-Frequenzen atomarer Schwingung von globulären Proteinen, wie Myoglobin und Hämoglobin und mehr oder weniger linearen Makromolekülen, wie DNA und RNA. Während bei den Proteinen die geringste Resonanz-Frequenz bei 720 GHz liegt, könnte bei den weniger rigiden DNA-Molekülen der Frequenzbereich hinunter bis 182 GHz reichen. In bezug auf die Publikation von R. K. Adair (*Bioelectromagnetics* 2003, **24**, 39-48, siehe: „Neues aus der Wissenschaft“ Newsletter 1, 2003), der kürzlich die Unmöglichkeit nicht-thermischer Reaktionen in geringen Intensitätsbereichen von HF-Feldern aus Berechnungen auf der Basis der Kontinuum-

Physik erklärte, unterstrich Prohofsky, dass solche Abschätzungen in Frequenzbereichen über 100 GHz nur quantenphysikalisch möglich seien. Er findet durch seine Berechnungen jedoch die bereits in seinem Vortrag in Washington geäußerte Vorstellung bestätigt, wonach die Effektivität der Energie-Übertragung von Frequenzen des Mobilfunks zu denen atomarer Energie-Übertragungs-Systeme außerordentlich gering ist. Trotz Differenzen im theoretischen Ansatz kommt Prohofsky also in Übereinstimmung mit Adair zu dem Schluss, dass biologische Wirkungen dieser Felder nur auf dem Weg über normale Erwärmung möglich seien.

Ausufernd wurde die Diskussion nach dem Vortrag von **D. Astumian** zum Thema: „*Do membranes multiply and biomolecules add?*“ Wie in mehreren Publikationen bereits zum Ausdruck gebracht, hält Astumian eine Wirkung von Feldern für möglich, die beliebig geringe Intensitäten aufweisen. Selbst unterhalb des thermischen Rauschens sei eine Wirkung möglich. Das Auftreten eines Effektes sei letztlich nur eine Frage der Zeit, die erforderlich ist, um die Signale vom Rauschen statistisch signifikant zu trennen. Diese Vorstellung gründet auf einem Ratschen-Modell („ratchet-mechanism“), wonach unabhängig von Vibrationen die Bewegung in einer durch die Funktionsweise dieser Ratsche vorgegebene Bewegung erfolgt und durch das Rauschen sogar gefördert wird. Leider waren die vorgestellten Modelle wenig quantitativ unterlegt und somit schwer realisierbar.

Als wichtigstes Gegenargument in der Diskussion wurde angeführt, dass dieser theoretisch unbegrenzten Integrationszeit zur Erreichung eines möglichen Effektes die Reparaturprozesse und Zeitkonstanten realer biologischer Effekte entgegenstünden. Auch konnte Astumian keinen Vorschlag unterbreiten, durch welche Art Experimente sein Modell überprüft werden könnte. Die von ihm diskutierten Effekte elektromagnetischer Felder auf die Na-K-ATPase menschlicher Blutzellen (z.B.: Tsong , Astumian: *Bioelectrochem. Bioenerg.* 1986, **15**, 457-476; Tsong , Liu, Chauvin, Astumian: *Bioscience Reports* 1989; **9**,13-26) wurden experimentell nie bestätigt und beziehen sich außerdem auf einen Frequenzbereich unter 1 MHz.



J. Weaver referierte über „*Microdosimetry, chemical noise and implications for RF effects*“. Basierend auf bekannten Impedanzeigenschaften von Zellen und deren Bestandteilen stellte er ein Modell vor, welches die Feldverteilung im Gewebe in einem weiten Frequenzbereich zu berechnen erlaubt. Dabei bediente er sich der Methode der „internodal Elemente“, einer Aneinanderreihung kleinster RC-Kreise. Für einfachere Strukturen wurden dreidimensionale, für kompliziertere zweidimensionale Modelle entwickelt. Er konnte damit nachweisen, dass es in bestimmten Gewebefaltungen zu einer Erhöhung des SAR-Wertes kommen kann. Allerdings tritt dieser Fall lediglich im Bereich von Frequenzen unterhalb der im Mobilfunk verwendeten auf.

Es wurde darüber diskutiert, ob auch im UHF-Bereich ein Verstärker-Effekt der Membran möglich sei, obgleich die Membran bereits ab etwa 1 MHz kapazitiv überbrückt wird. Es ist allerdings denkbar, wenn auch noch nicht erwiesen, dass durch spezielle dielektrische Eigenschaften angelagerter Wassermoleküle auch in höherem Frequenzbereich eine Feldverstärkung in der Membran bis zu einem Faktor 10 auftreten könnte. Ferner wurde diskutiert, wieweit die von Weaver berechneten Modelle auf reale Gewebe übertragbar sind.

F. Barnes und **Y. Kwong** stellten im Vortrag: „*A theoretical study of the effects of RF fields in the vicinity of membranes*“ Abschätzungen zu einer möglichen dielektrophoretischen Bewegung kleiner Partikel in Zellnähe vor. Die Berechnungen bezogen sich auf ein sehr abstraktes und extrem vereinfachtes Modell einer Membran-Grenzfläche mit der Vorstellung zweier scharf voneinander abgegrenzter Phasen unterschiedlicher Dielektrizitäts-Konstanten. Ein appliziertes HF-Feld sollte dann zu einem Feldgradienten führen, der eine dielektrophoretische Anziehungskraft auf angrenzende Partikel ausüben könnte. Dieses Postulat wurde jedoch in der Diskussion stark bezweifelt, da es zu einem physikalisch nicht erklärbaeren Symmetriebruch führen würde. Darüber hinaus kam man wieder auf die Dielektrophorese als nicht-thermischen Mechanismus zu sprechen, der physikalisch gut verstanden und biotechnologisch genutzt, aus Gründen der

dafür erforderlichen hohen Feldstärken jedoch für die Festlegung von Grenzwerten im Bereich des Mobilfunks nicht von Bedeutung ist.

Q. Balzano demonstrierte in seinem Beitrag: „*Field gradients near resonant short wire RF sources*“ interessante dosimetrische Berechnungen über Nahfeld-Situationen, die jedoch keinen Bezug zu möglichen Wirkungsmechanismen aufwiesen.

Nach diesen Vorträgen und Diskussionen unternahm **A. Sheppard** den schwierigen Versuch, als Quintessenz der Beiträge mögliche nicht-thermische Wirkungsmechanismen hochfrequenter Felder in einer Tabelle zusammenzufassen. Der Tagungsordnungspunkt hieß: „*Creation of summary table, frequency, amplitude of mechanisms reviewed.*“ Es entstand eine lange Liste, teils von ihm im Verlaufe der Veranstaltung bereits vorbereitet, teils durch Zuruf ergänzt und korrigiert. Es wurde versucht, die vielen Mechanismen möglicher Wirkungen hochfrequenter Felder nach Frequenzbereich und Schwellenwert zu ordnen. Außerdem sollte vermerkt werden, ob es sich um einen vermuteten, einen theoretisch begründeten oder sogar um einen experimentell erwiesenen Wirkungsmechanismus handelte. Im Grunde bezogen sich jedoch alle genannten Mechanismen auf Feldstärken, die mehr oder weniger weit über den derzeit geltenden Grenzwerten liegen.

Nicht nur aus Zeitgründen, sondern auch wegen der zum Teil kontroversen Meinungen war eine Erstellung dieser Liste während des Workshops nicht realisierbar. Genau genommen hatte die Diskussion auch keine Möglichkeiten aufgezeigt, wie „nicht-thermische“ Wirkungen, also direkte Wechselwirkungen schwacher hochfrequenter elektromagnetischer Felder mit dem molekularen Gefüge biologischer Systeme ohne den Umweg über die Erwärmung möglich sein könnten.

A. Sheppard übernahm die schwierige Aufgabe, ein Konsenspapier dieser Tagung anzufertigen. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Kurzberichtes lag bereits ein erster Entwurf dafür vor, der jedoch an vielen Punkten noch zu präzisieren ist.

Prof. Dr. Roland Glaser war Leiter des Instituts für Biophysik an der Humboldt-Universität Berlin.

Wie gelangen Forschun in die Medi

2. Teil: Auswege aus einem offenkundigen Dilemma

Frank Gollnick

In der letzten Ausgabe des „Newsletters“ wurde mit dem ersten Teil dieses Beitrags dargestellt, wie unausgewogen das Verhältnis von Wissenschaftsberichterstattung in den Medien und tatsächlich vorhandenen Ergebnissen aus der Forschung ist. Verschiedene Gründe für das vorhandene Dilemma einer zum Sensationsbetonten hin verzerrten Berichterstattung wurden aufgezeigt. Diese Gründe sind offenbar zu großen Teilen in den eingefahrenen Mechanismen des heutigen, auf Schnelligkeit und hohe Beachtungsquoten zugeschnittenen Medienalltags zu suchen. Die Auswirkungen hierdurch auf das Abbild wissenschaftlicher Forschung in der Öffentlichkeit sind allerdings fatal. Der Bürger wird meist nicht fachgerecht und vor allem höchst unausgewogen und unvollständig über eine wissenschaftliche Fragestellung informiert. Dies führt in manchen Bereichen zu einer verzerrten Wahrnehmung von Risiken und – wie bei der Medienwiedergabe der Erforschung möglicher Gesundheitsrisiken von mobilen Kommunikationsmitteln – zu weitreichender Fehlinformation. Dass das Problem längst erkannt ist und dass (bzw. womit) – von EU-Gremien bis hin zu neu gegründeten Journalistenvereinigungen – nach Auswegen aus dem Dilemma gesucht wird, soll Gegenstand dieses Beitrags sein.

Vor einigen Wochen konnte man es wieder einmal erleben: Der bis dahin selbst in entsprechenden Wissenschaftlerkreisen relativ unbekannt theoretische Physiker Bo Sernelius aus Schweden publizierte in einer Fachzeitschrift für physikalische Chemie eine wissenschaftliche Veröffentlichung mit dem Titel „Possible induced enhancement of dispersion forces by cellular phones“ („Mögliche induzierte Verstärkung von Dispersionskräften durch Mobiltelefone“ [1]). Hierin beschreibt er einen theoretischen Mechanismus der Wirkung von elektromagnetischen Feldern – ähnlich wie sie auch im Mobilfunk zur Übertragung verwendet werden – auf biologische Zellen, wie z. B. Blutkörperchen. Die mögliche Verstärkung von Anziehungskräften zwischen den Teilchen wird anhand zig komplizierter Formeln diskutiert. Sernelius kommt zu dem Schluss: Seine theoretische Arbeit soll zeigen, dass es möglicherweise Effekte geben könnte, die vorher noch nicht betrachtet wurden. Die möglichen Konsequenzen eines solchen Effektes auf biologisches Gewebe (genannt wird die theoretisch berechnete, verstärkte Anziehung zwischen zwei roten Blutkörperchen in menschlichem Blut) sei deshalb zum gegenwärtigen Zeitpunkt reine Spekulation, so dass die vorliegende Arbeit nicht als Beweis für die Schädlichkeit von Mobiltelefonen angesehen werden soll. Und was machten die Medien daraus? ‘Wissenschaft.de’ titelte: „Modell sagt Zusammenklumpen von Zellen aufgrund von Wechselfeldern voraus“ [2]. ‘Presstext Austria’ verwendete die Überschrift: „Handys können theoretisch Blutkörperchen schädigen“ [3]. Und die ‘Rheinische Post’ folgerte plump: „Forscher: Handys verursachen Zellverklumpungen“ [4]. Noch schlimmer fielen zum Teil die verzerrenden Schlagzeilen aus, als im Juni diesen Jahres ungarische Wissenschaftler auf einer Tagung in Berlin vorläufige Daten über mögliche reduzierte Spermien-Qua-

gsresultate en?

lität und -Anzahl durch regelmäßigen Mobilfunk-Gebrauch präsentierten [5]. Offenbar wurden hier einige Redakteure durch die Themenkombination von 'Sex und Mobilfunk' besonders „beflügelt“. Dass eine fachgerechte Information der interessierten Öffentlichkeit eigentlich nicht so aussehen sollte, wird beim Lesen der oben genannten journalistischen Beiträge deutlich. Und doch ist der dahinter liegende Mechanismus klar: Ohne die sensationisierenden Überschriften und Inhalte finden die Zeitungs- oder Onlineartikel nicht die nötige Beachtung, findet der betreffende Journalist womöglich kein Ohr bei der Redaktionsleitung, wird die Information aus der Wissenschaft vielleicht gar nicht veröffentlicht und landet im Papierkorb. Das wäre aus der Sicht der Wissenschaft auch keine Lösung, denn neue Erkenntnisse aus der Forschung sollen ja – möglichst allgemeinverständlich – an die Öffentlichkeit gebracht werden. Die moderne Welt braucht keine wissenschaftlichen Elfenbeintürme mehr. Wo also kann man Auswege aus dem Dilemma finden?

Das bestehende Dilemma in der Risiko- und Wissenschaftskommunikation kann man etwa wie folgt umreißen:

- Die Medien in Deutschland berichten meist über die Risikoempfindung uninformatierter Betroffener und Laien, weniger über die Risikobewertung von Experten.
- Die Journalisten befinden sich in der Zwickmühle zwischen „Ringeln um öffentliche Beachtung“ und „verlässlich Informieren“ und sind oft zu wenig spezifisch ausgebildet.

Daraus folgt:

- Die öffentliche Meinung basiert überwiegend mehr auf dem subjektiven Empfinden selbsternannter Experten als auf wissenschaftlich fundierten Feststellungen.

Über mögliche Auswege wird vielerorts nachgedacht, und man kann eine Reihe von Aktivitäten in diese Richtung erkennen. Ob die großenteils theoretischen



„Durch unqualifiziert erstellte Gutachten können Personen gefährdet oder unbegründet beunruhigt werden.“

Ansätze sich in der Praxis des Medienalltags jetzt oder später tatsächlich auswirken, bleibt zu diskutieren. Die Aktivitäten innerhalb und außerhalb journalistischer Kreise zur Verbesserung der Situation lassen sich grob in die folgenden Themenkomplexe einteilen:

„Mehr Sachkompetenz“, „Mehr Selbstkontrolle“ sowie „Einfacherer Zugang zu unverfälschter Wissenschafts-Information“.

Mehr Sachkompetenz

Die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK) verabschiedete im Dezember 2003 eine Empfehlung mit dem Titel **„Anforderungen an Sachverständige für die Bestimmung der Exposition gegenüber elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern“** [6]. Darin heißt es: *„Im Rahmen der öffentlichen Diskussion über mögliche Gesundheitsbeeinträchtigungen durch elektromagnetische Felder werden oftmals Gutachten gefordert, in denen die jeweilige Expositionssituation bestimmt und bewertet wird. Die SSK hat mit Sorge zur Kenntnis genommen, dass in jüngster Zeit von verschiedenen Seiten Sachverständige nach unterschiedlichsten Kriterien ernannt wurden. Die Gutachten, die zu diesem Themenbereich erarbeitet werden, weisen erhebliche qualitative Unterschiede auf. ... Die dargestellte Problematik hat die Strahlenschutzkommission zum Anlass genommen, einen Katalog von Mindestanforderungen zu erarbeiten, der es erlaubt, wissenschaftlich qualifizierte Sachverständige für die Bestimmung der Exposition gegenüber elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern ... zu identifizieren. ... Durch unqualifiziert erstellte Gutachten können Personen gefährdet oder unbegründet beunruhigt werden. Dies kann u.U. auch unnötige Investitionen zur Folge haben. Es ist für Laien praktisch nicht möglich zu beurteilen, ob ein*

Gutachten bestimmten Qualitätsanforderungen genügt, oder ob die Aussagen über die Möglichkeit von Gesundheitsbeeinträchtigungen zutreffen.“ Unter „Laien“ sind hier natürlich nicht nur „normale Bürger“, sondern u.a. auch nicht speziell ausgebildete Richter, Rechtsanwälte oder eben auch Journalisten zu verstehen. In einer Stellungnahme hierzu berichtete das Österreichische „Forum Mobilkommunikation“ (FMK), dass auch in Österreich *„... immer mehr selbst ernannte ‘Elektrosmog-Experten’ ihr Unwesen treiben“*. Wenigstens für den Bereich der Messtechnik wird jetzt also offiziell versucht, dem oftmals wilde Blüten treibenden Schein-Expertentum entgegen zu wirken. Nötig wäre dies sicher auch – oder sogar vor allem – für den Bereich der biomedizinischen oder gesundheitlichen Bewertung von Forschungsergebnissen. Hier steht eine entsprechende Empfehlung noch aus.

In einer Anfang 2003 veröffentlichten Presseinformation berichtete die deutsche VolkswagenStiftung von einem gemeinsam mit der Bertelsmann Stiftung und der BASF AG gestarteten **„Qualifizierungsprogramm Wissenschaftsjournalismus“** [7]. *„Ziel dieses Projekts ist es, die Ausbildung von Wissenschaftsjournalisten zu fördern und Wissenschaftlern den Umgang mit den Medien zu erleichtern. Die Projektpartner planen den Aufbau eines neuen Studiengangs für den journalistischen Nachwuchs sowie Weiterbildungsseminare für bereits etablierte Journalistinnen und Journalisten; daneben sollen Medientrainings für Wissenschaftler entwickelt werden.“* Auch dies ist ein lohnenswerter Ansatz, der, wie wir im Weiteren sehen werden, bereits an verschiedenen Stellen umgesetzt wurde.

Schon im September 2002 wurde von der Europäischen Kommission in Brüssel der **Aktionsplan „Wissenschaft und Gesellschaft“** veröffentlicht [8]. Das Dokument stellt eine neue Strategie vor, um den europäischen Bürgern die Wissenschaft zugänglicher zu machen, und 38 Aktionen, um dieses Ziel zu erreichen. In einem Vorwort stellt Philippe Busquin, Mitglied der Europäischen Kommission Forschung, fest, *„... dass in diesem Bereich noch große Fortschritte erzielt werden müssen: auch wenn die Europäer noch immer Vertrauen zu ihren Wissenschaftlern haben,*

sagt nur die Hälfte, dass sie sich für Wissenschaft interessiert, und viele halten sich für schlecht informiert.“ Der Aktionsplan beinhaltet große Themenbereiche, wie „Förderung der wissenschaftlichen Bildung und der Wissenschaftskultur in Europa“, „Eine stärker bürgernah ausgerichtete Wissenschaftspolitik“ und „Verantwortungsbewusste Wissenschaft im Zentrum des politischen Entscheidungsprozesses“. Die Inhalte der einzelnen Aktionen sind vielfältig, wie z.B. „Zusammenführen der Vertreter der Wissenschaft und der Medien“ (Aktion 2), „Stiftung eines besonderen Preises für Journalisten und Wissenschaftler, die sich der Vermittlung wissenschaftlicher, für die breite Öffentlichkeit bestimmter Inhalte verschrieben haben“ (Aktion 3), aber auch die Einrichtung von Internet-Diensten und maßgeschneiderten Datenbanken, die den Medien unmittelbar brauchbare Informationen liefern sollen. Unter Punkt 3.3 des Aktionsplans „Nutzung von Fachwissen“ heißt es interessanterweise: „Wir benötigen Experten, die uns beruhigen, uns warnen und uns komplexe und häufig umstrittene Tagesfragen erläutern.“ Weiter aber „... ist die Tendenz zu verzeichnen, dass die Hinzuziehung von Experten auf Widerstand und Misstrauen stößt. Zunächst wird die Wissenschaft in vielen Fällen als eine Disziplin wahrgenommen, die mit Gewissheiten und harten Fakten zu tun hat, was in der Wirklichkeit selten der Fall ist, vor allem in Grenzbereichen der Forschung. Wissenschaftler sind von Natur aus vorsichtig, und ihr Rat ist häufig mit Vorbehalten versehen. Außerdem gibt es mitunter mehrere Denkschulen oder Außenseiterstimmen, deren Meinung sich nicht mit der vorherrschenden Meinung deckt. Wenn Experten auf schein-

bar einfache Fragen keine einfachen Antworten geben, kann ein Gefühl der Frustration und Verzweiflung aufkommen. Die Schlussfolgerung lautet dann: 'Selbst die Experten wissen nicht, wovon sie reden!' Zwischen denjenigen, die beraten, und denjenigen, die beraten werden, sind eine kohärentere Schnittstelle ebenso wie ein besseres gegenseitiges Verständnis und eine klarere Kommunikation nötig. Darüber hinaus tun sich die politischen Entscheidungsträger aller Ebenen vielfach damit schwer, auf das Wissen zuzugreifen, über das die vielfältigen wissenschaftlichen Kulturen und die breite Palette spezialisierter Exzellenzzentren in Europa verfügen. Schlimmstenfalls müssen sie sich vorwerfen lassen, nur 'zahme' Experten auszuwählen, von denen bekannt ist, dass sie vorgegebene politische Entscheidungen unterstützen. Es bedarf eines stärker systematischen und offenen Ansatzes auf nationaler und europäischer Ebene, um das beste Fachwissen zur rechten Zeit zu finden.“ Wahre Worte, die natürlich nicht nur auf politische Entscheidungsträger zutreffen, sondern auch auf die Medienvertreter als direktestes und effektivstes Bindeglied zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit.

„Es bedarf eines stärker systematischen und offenen Ansatzes auf nationaler und europäischer Ebene, um das beste Fachwissen zur rechten Zeit zu finden.“

So wurde folgerichtig eine **Sonderausgabe vom „FTE info – Magazin für Europäische Forschung“** der Europäischen Kommission im September 2002 dem Thema „Wissenschaft verbreiten“ gewidmet [9]. In einer Reihe von Beiträgen wird die Problematik von verschiedenen Seiten äußerst kompetent beleuchtet. Neben dem Verhältnis von Forschern und Journalisten, der Rolle der Verleger und der Bedeutung von Bildern in der Wissenschaftsberichterstattung wird das Thema „Internet, der neue Königsweg?“ ausführlich behandelt. Im Editorial heißt es hier u.a.: „... Um zu erklären, wie sich dieser Graben zwischen Wissenschaft und Medien – manche sprechen sogar von einem Abgrund – auftun konnte, betonen die Wissenschaftler häufig die angebliche Unvereinbarkeit zwischen Forschungsarbeit und journalistischer Praxis. Sie argumentieren, die wissenschaftliche Aktivität sei auf lange Sicht, auf Exaktheit und Strenge ausgerichtet, während die Medien kurze Sicht, Vereinfachung und Emotion in den Vordergrund stellen.

Sind die Aktivitäten der Forscher und der Journalisten bei eingehender Betrachtung jedoch wirklich so verschieden? Besteht nicht die Arbeit des Wissenschaftlers darin, die 'Akteure' der Welt und die 'Stars' des Universums zu erforschen und über ihr Leben, ihre Wechselbeziehungen und ihr Innerstes zu berichten? Und muss ein Journalist nicht letztlich die Dinge objektiv darstellen, möglichst viele Beweise sammeln und seine Quellen überprüfen, um die 'ganze Wahrheit' ans Licht zu bringen? ... Sind nicht Wissenschaftler und Journalisten gleichermaßen bestrebt, mithilfe eines Berichts, der bestimmten Regeln und Bedingungen unterliegt, die Wirklichkeit zu 'rekonstruieren'? ... Aber man kann – oder muss – in diesem Graben (oder gar Abgrund) ein weiteres Anzeichen für die Entfernung sehen, die die 'beiden Kulturen' voneinander trennt. Auch wenn die Wahrheit, wie immer, differenzierter ist. Manche Forscher haben sich so zu wahren Medienexperten – oder wissenschaftlichen Stars – entwickelt, während bestimmte Journalisten über Kenntnisse der Wissenschaft verfügen, um die sie manche Forscher beneiden könnten...“

Ist alles in Wahrheit also halb so schlimm? Doch, schlimm genug, denn zumindest in der öffentlichen

Meinungsbildung (durch die Medien) über den Stand der Erforschung gesundheitlicher Risiken durch den Mobilfunk liegt heute offensichtlich noch einiges im Argen. Es herrschen im Journalismus offenbar noch an zu vielen Stellen Arbeitsbedingungen, die die Akteure zwingen, wider eine bessere Vernunft zu arbeiten. Die fatalen Ergebnisse wurden bereits exemplarisch aufgezeigt und begegnen uns als neutrale Beobachter fast tagtäglich. Umso wertvoller erscheint es, dass das Problem selbst auf höchster politischer Ebene zumindest erkannt ist und Maßnahmen auf breiter Basis eingeleitet wurden.

Zu den ersten Früchten solcher Maßnahmen in Deutschland kann man die **Schaffung eines neuen Studiengangs „Wissenschaft und Journalismus“** (Bachelor- und Masterabschlüsse) an der Universität Dortmund seit dem Oktober 2003 zählen. Im Gegensatz zu einem Aufbaustudiengang „Wissenschaftsjournalismus“, der an der Freien Universität Berlin bereits seit 1999 angeboten wird, handelt es sich hier um einen auf sechs Semester angelegten vollen Studiengang im Falle des Bachelor-Abschlussgrads. Abweichend von bisherigen Modellen an einigen Hochschulen in Deutschland will man in Dortmund nicht vorrangig Journalisten für die Wissenschaftsressorts der großen Zeitungen ausbilden, sondern Journalisten, die verbraucherorientiert mit dem entsprechenden Hintergrundwissen über viele verschiedene Themenbereiche berichten können. Auf die Bedeutung gerade dieses Aspekts für die vielen Lokalredaktionen der Zeitungen wird später noch einmal eingegangen. Neben dem journalistischen Teil stehenden den Studierenden mit Naturwissenschaften, Ingenieurwissenschaften und Datenanalyse drei Zweifächer zur Auswahl. Im weiterführenden Masterstudium soll dann eine einzelne Disziplin vertieft werden. Die Mehrheit der Planungskommission sprach sich gegen ein geisteswissenschaftliches Modul aus. „Diese Kompetenzen sind in den meisten Redaktionen sowieso schon abgedeckt. An Naturwissenschaften fehlt es allerdings oft“, meint Institutsleiter Günther Rager.

Vertiefende Einblicke in das Selbstverständnis und die Themenausrichtung in dem etwa einen Dutzend Journalistik-Studiengängen und kommunikationswis-

senschaftlichen Instituten in Deutschland bieten die **Artikel von Siegfried Quandt, Ruth Reichstein und Lothar Hausmann** in [10]. Professorin Claudia Mast, Kommunikationswissenschaftlerin in Stuttgart Hohenheim, hat sich demnach z. B. „...auf die Fahnen geschrieben, dass Wissenschaftstransfer unser zentrales Leitmotiv ist“. Sie hält Vorträge in Redaktionen und publiziert in Unternehmensmagazinen. Und das so verständlich, dass auch Laien ihr folgen können. Sogar Journalisten, die eigentlich nur wissen wollen, wie Kommunikationsexperten ihre Wissenschaft der Öffentlichkeit vermitteln. Professor Siegfried Quandt vom Seminar für Fachjournalistik und Didaktik der Geschichte an der Universität Gießen fordert in seinem Beitrag ein Aufbrechen der Ressortgrenzen im klassischen Wissenschaftsjournalismus und mehr interdisziplinäre Teamarbeit in den Redaktionen mit dem Ziel, die Wissenschaft für eine bessere Klärung öffentlich interessanter Themen zu nutzen: „In der redaktionellen Neuorganisation gibt es grundsätzlich zwei vernünftige Wege. Erstens: Auflösen der Wissenschaftsredaktionen, und in jedes klassische Ressort oder neues Redaktionsteam mindestens eine Redakteurin oder einen Redakteur stecken, die/der von dem Themenfeld (also etwa Politik, Wirtschaft, Kultur) eine wissenschaftlich fundierte Ahnung hat. Zweitens: Bei Spezialmedien oder Spartenprogrammen den Wissenschaftsbezug verbreitern; es genügt nicht – wie bei herkömmlichen Wissenschaftsredaktionen – die Aufmerksamkeit allein auf Naturwissenschaft, Medizin und Technik zu richten; Wissenschaft umfasst auch Soziales und Kulturelles. Ein solches Dialogmodell aber existiert auf beiden Seiten nur in Ansätzen. Bei den Wissenschaftlern gibt es zu wenig Medienkompetenz, bei den Journalisten – auch bei den Wissenschaftsjournalisten – zu wenig Sachkompetenz. Dafür betonen sie einseitig ihre Darstellungskompetenz; die Wissenschaftler halten dann mit der Sachkompetenz dagegen – und der alte Streit lebt wieder auf. Es wäre im Interesse aller, könnte er bald zu den Akten gelegt werden“ [10].

Ähnliche aufklärende Arbeit in den eigenen Reihen der Journalisten – wenn auch nicht sonderlich weit verbreitet – leisten neben den einschlägigen publizis-

„Bei den Wissenschaftlern gibt es zu wenig Medienkompetenz, bei den Journalisten – auch bei den Wissenschaftsjournalisten – zu wenig Sachkompetenz.“

tischen Fachzeitschriften zunehmend auch die **an einigen Lehrstühlen gegründeten, zum Teil recht selbstkritisch ausgerichteten Blätter**, wie „Message“, „PR-Forum“, „Journalistik-Journal“ oder „Dimensionen“. Letztere Publikation wird herausgegeben von dem bereits erwähnten Institut für Publizistik und Kommunikationswissenschaft an der FU Berlin. Dort erschienen ist auch das **„Handbuch Wissenschaftsjournalismus“** sowie eine aktuelle Liste der zwölf wesentlichen **Berufsverbände für Wissenschaftsjournalisten** in Deutschland, Österreich und der Schweiz [11] – allesamt Quellen bzw. Stellen, die zu der dringend notwendigen Verbesserung der geschilderten Misssituation und zur besseren Aufklärung in den eigenen Reihen der Berichterstatter beitragen wollen. In Heft 26 von „Dimensionen“ vom Frühjahr 2004 erfährt man u.a. auch, dass die „wegen der nur schwach ausgebauten Wissenschaftsredaktion oft genug kritisierte“ **Deutsche Presseagentur (dpa) bereits seit 2001 von zwei auf drei Vollzeit-Wissenschaftsredakteursstellen in der Zentrale aufgestockt** wurde. Damit „...hat dpa auf den zunehmenden Umfang und die gestiegene Bedeutung von Wissenschaftsthemen in den Medien reagiert“, heißt es in einer zitierten Meldung des betreffenden Redakteurs. Auch dies muss unter den im ersten Teil dieses Artikels beschriebenen Bedingungen als ein nicht zu unterschätzender Schritt in die richtige Richtung gewertet werden.

Mehr Sachkompetenz auf Seiten der Wissenschaftler – und zwar, was den Umgang mit den Medien betrifft – sollen **Medientrainings für Wissenschaftler** bewirken, die in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten verstärkt angeboten werden. Auch dies ist ein

„Was stets fehlte, war die Entwarnung. Die erscheint, wenn überhaupt, irgendwo hinten im Blatt und kommt im TV-Bereich so gut wie nie vor.“

Teil der direkten Umsetzung des erwähnten Maßnahmenkatalogs der Europäischen Kommission, wo es weiter heißt: *„Die Kommission wird in Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten eine Reflexionsgruppe aus Journalisten und Vertretern der Presseorgane einsetzen, um zu prüfen, welche Vorgehensweise sich für eine wirksame Verbreitung wissenschaftlicher Information auf europäischer Ebene am besten eignet, z.B. die Förderung der Schaffung einer europäischen Presseagentur für den Bereich Wissenschaft oder eines Netzes für den Austausch von für die breite Öffentlichkeit bestimmten Informationen zwischen den Fachleuten des Sektors.“* Die Medientrainings werden bereits über den oben genannten Lehrstuhl für Kommunikationswissenschaft in Berlin angeboten sowie z.B. auch von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der Leibniz-Gesellschaft, der Universität Münster und der Universität Stuttgart [12]. Auf eine bessere Qualität der in den Medien angebotenen Wissenschaftsinformation zielen die Aktivitäten der im Herbst 2003 neu gegründeten **„Pressekonferenz Gesundheitspolitik“** und der schon seit über 17 Jahren bestehenden **„Wissenschafts-Pressekonferenz e.V.“** (WPK). Laut Pressemitteilung vom Oktober 2003 [13] wird die Pressekonferenz Gesundheitspolitik, vergleichbar mit der Bundespressekonferenz und der WPK, ausgewählte Experten zu Gesprächen einladen. *„Die Gesundheitspolitik und der gegenwärtige Stand der gesellschaftlichen Diskussion, darüber waren sich die Gründungsteilnehmer, allesamt engagierte gesundheitspolitisch tätige Journalistinnen und Journalisten der Hauptstadt, einig, sind exemplarisch für den Zustand der Gesellschaft: Intransparenz, tagesbestimmter Schlagabtausch, Verunsicherung und Missverständnisse charakterisieren auch die mediale Arbeit und führen dazu, dass sich*

Bürgerinnen und Bürger zunehmend orientierungslos fühlen. Das trifft gleichermaßen auf die Meinungsbildner und Multiplikatoren zu. Die Pressekonferenz Gesundheitspolitik will die Qualität journalistischer Arbeit auf diesem Gebiet durch eine bessere Qualität der Information und ein intensiveres Hinterfragen der gegenwärtigen Prozesse verbessern helfen.“

Die WPK ist ein Verein von rund 170 bundesweit aktiven Wissenschaftsjournalisten, einem Freundeskreis mit etwa 60 Mitgliedern und einem Kuratorium mit 30 namhaften Persönlichkeiten wichtiger Wissenschaftsorganisationen und -institutionen. Vor allem das seit der Neugestaltung des Internet-Angebots im Oktober 2003 vierteljährlich erscheinende **Online-Magazin „WPK-Quarterly“** ist wegen seines (im Sinne der hier behandelten Thematik) ambitionierten Inhalts erwähnenswert: Bereits in der ersten Ausgabe (Nr. IV/2003) werden in verschiedenen Artikeln (vor allem in: *„Fernsehen: Mythos Wissenschaft“* und *„Warnen ja, aber wo bleibt die Entwarnung?“*) kritische Einblicke in den journalistischen Alltag offenbart, bzw. Zustände angeprangert, die unter dem Aspekt des hier besprochenen Dilemmas wie weise Analysen einer übergeordneten Instanz wirken [14]. Hier ein Auszug (am Beispiel der Gentechnik-Debatte): *„... Kein Wort von der vernichtenden Analyse der Arbeiten des schottischen Wissenschaftlers durch mehrere unabhängige wissenschaftliche Institutionen, die erhebliche methodische und handwerkliche Fehler bemängelten. In den vergangenen fünfzehn Jahren intensiver Gentechnik-Debatte gab es eine Vielzahl solcher Horrorgeschichten. Fakt ist aber auch: Jede dieser Horrormeldungen machte große Schlagzeilen. Was stets fehlte, war die Entwarnung. Die erscheint, wenn überhaupt, irgendwo hinten im Blatt und kommt im TV-Bereich so gut wie nie vor. Nach vielen Jahren der Gentechnikdebatte muss es daher erlaubt sein, am Beispiel der Pflanzenbiotechnologie die Frage zu diskutieren, ob Medien Meinungen machen oder gemachte Meinungen reflektieren sollen.“*

Journalisten sind gezwungen parallel an vielen Themen und das auch noch meist in Hektik zu arbeiten. In einer solchen Atmosphäre über Vergangenes nachzudenken scheint unmöglich. Dennoch: Meine These



ist, dass es die fehlende Reflektion des Vergangenen ist, die uns in eine immer enger werdende Zukunft treibt.“

Man kann hoffen, dass solche, durch Deutschlands größten Verband von Wissenschaftsjournalisten verbreitete, manchmal unbequeme Kritik zunehmend bekannt und gehört wird bzw. – da sie aus den eigenen Reihen kommt – auch ernst genommen wird. Mit Unterstützung der Robert-Bosch-Stiftung hat man sich jedenfalls zum Ziel gesetzt, mit der Internet-Plattform der WPK „eine Kommunikationsplattform aufzubauen, die sich stetig weiter entwickelt und zur zentralen Anlaufstelle für ‘Networking’ im besten Sinne wird.“

Mehr Selbstkontrolle

Vieles in den vorigen Absätzen deutet bereits auf Forderungen nach der Einhaltung ethischer Standards sowie nach mehr journalistischer Selbstkontrolle hin. Explizit ausgedrückt haben dies die Autoren des im April 2004 veröffentlichten **Konzeptionspapiers „Leitlinien für einen seriösen Journalismus – Ein Ethik-Kodex für alle Medien“**, die im Journalistenverband „Netzwerk Recherche e.V.“ organisiert sind [15]. In der Pressemitteilung hierzu hieß es: „Gibt es noch eine Aufklärungsfunktion der Medien und Maßstäbe gegen die Maßlosigkeit? Oder haben Klatsch und Tratsch und eine Dominanz des Boulevard- und Servicejournalismus die differenzierte journalistische Berichterstattung an den Rand gedrängt? ... Wichtigstes Ziel ist es, einen Ethik-Kodex für den gesamten Journalismus als positives Leitbild zu schaffen und den Pressekodex in drei wesentlichen Punkten zu erweitern: die Bedeutung der journalistischen Recherche und der Auskunftspflicht der Behörden muss verbessert werden, die strikte Trennung von PR und Werbung gegenüber der journalistischen Arbeit muss normiert und der Informantenschutz verbindlich gesichert werden.“

Das Netzwerk Recherche empfiehlt außerdem eine grundlegende Reform des Deutschen Presserates, dem einzigen Gremium, das ethische Normen für die Presse formulieren könnte. Das Autorenteam fordert mehr Öffentlichkeit und Transparenz des Rates, eine pluralistischere Zusammensetzung und eine intensivere

Wahrnehmung der Kontroll-Aufgaben dieses Gremiums“

[16]. Die in dem Papier ausführlich erläuterten Ziele deuten allesamt in eine Richtung, die dem Verhältnis von Wissenschaft und Medien zugute kommen würden. „Ein Ethik-Kodex ist ein selbstregulatorisches Instrument der Medienschaffenden. Ein Ethik-Kodex des Journalismus ermöglicht die Selbstkontrolle der Akteure des Mediensystems. Wenn ein solches Modell funktioniert, dann gewährleistet es auch in Zukunft, dass staatliche Regulierungsversuche abgewehrt werden können und die Sphäre gesellschaftlicher Kommunikation autonom bleibt.“ Hier werden berechtigte Bedenken angesprochen, dass der Staat bei anhaltender Qualitätsverschlechterung des Journalismus regulierend eingreifen könnte. Bedenklich stimmt allerdings, dass einer der vier Unterzeichner des Konzeptionspapiers und Vorsitzender des Vereins Netzwerk Recherche, Dr. Thomas Leif, als Chefreporter Fernsehen im SWR beim Landessender Mainz arbeitet. Ausgerechnet dort wurde im Sommer letzten Jahres – allerdings von einem anderen Autor – eine Dokumentationssendung zur Mobilfunkproblematik produziert, die nach Einschätzung von Fachleuten alles Andere als ‘gut recherchiert’ und ‘neutral dokumentierend’ ausgefallen war. Trotz Protestes gab es sogar wiederholte Ausstrahlungen. Zwischen Ethik-Anspruch und Realität liegen eben oft noch ein paar Hindernisse.

Neben den genannten Zielen wird auf den Internet-Seiten von ‘Netzwerk Recherche e.V.’ [17] deutlich, dass der Verein sich außerdem schwerpunktmäßig für die Informationsfreiheit in Deutschland einsetzt.

Ähnliche Ziele der Selbstkontrolle, samt einer Reform des Deutschen Presserates, verfolgt auch der im Februar 2004 ins Leben gerufene „**Verein zur Förderung der publizistischen Selbstkontrolle**“, hinter dem als Vorsitzender der Journalistik-Professor Dr. Horst Pöttker von der Universität Dortmund steht. Mit welchen Widerständen die Zunft jedoch auch innerhalb der eigenen Reihen kämpft, zeigt allerdings, dass auf die Gründung dieses Vereins „... die Gewerkschaften Deutscher Journalisten-Verband und Verdi-Fachverband Medien (dju), die zusammen mit den Verlegerverbänden den Presserat bilden, in ersten Reaktionen überaus kritisch und abwehrend reagierten“ [15].



Einfacherer Zugang zu unverfälschter Wissenschafts-Information

Doch auch die verbesserte journalistische Selbstkontrolle ist natürlich nicht die Patentlösung für das Dilemma in der Risiko- und Wissenschaftskommunikation. Oft herrscht der Eindruck, den Journalisten fehle der schnelle und einfache Zugang zu unverfälschter Information über Hintergründe und Zusammenhänge in der Mobilfunkdiskussion. In der Tat ist es heute immer noch äußerst schwer, zwischen tendenziöser, von gewissen Interessen gefärbter Information und neutraler, weitgehend unverzerrter Information zu unterscheiden. Im ersten Teil dieses Beitrags wurde bereits erwähnt, dass die vollkommen unverfälschte wissenschaftliche Information eigentlich nur in den von Wissenschaftlern gegengeprüften Fachpublikationen in einschlägigen, sogenannten „peer-reviewed“ Fachzeitschriften zu finden ist. Auch mündliche Äußerungen der betreffenden Wissenschaftler können durchaus durch bestimmte Eigeninteressen

beeinflusst sein. Das gründliche Lesen der Originalpublikationen ist den meisten Journalisten aus Zeitgründen kaum möglich – schon gar nicht im vergleichenden Überblick. Abhilfe können hier zusammenfassende, möglichst neutrale Darstellungen sowie Fachdatenbanken schaffen.

In den letzten Jahren haben sich einige wenige **Buchveröffentlichungen** wohltuend neutral von den einseitigen Beiträgen abgehoben, die sich massenhaft finden lassen. An erster Stelle wäre hier das 2003 erschienene Buch von Prof. *Reinhold Berz*: „*Krank durch Mobilfunk?*“ zu nennen [18]. Aus der Sicht eines arbeitsmedizinisch und naturheilkundlich ausgebildeten Arztes geht Berz das umstrittene Thema wirklich mit allen vorhandenen Facetten an und zeichnet allgemein verständlich ein umfassendes Bild. Die zahlreichen Literaturangaben, Bilder, Grafiken, Verweise und gut gegliederten Internet-Links runden das Buch zu einem wertvollen Grundlagenwerk ab, das jeder (Wissenschafts-)Journalist, der sich mit der Mobilfunkproblematik sachkundig auseinandersetzen möchte, gelesen haben sollte. Ähnlich wertvoll, wenn auch nicht ganz so umfassend recherchiert, sind zwei Bücher von dem Physiker Prof. *Ulrich Leute*: „*Was ist dran am Elektromog?*“ [19] und „*Wie gefährlich ist Mobilfunk?*“ [20]. Hier wird größter Wert auf Verständlichkeit auch für den absoluten Technik-Laien gelegt. Ein Buch von Prof. *Norbert Leitgeb*: „*Machen elektromagnetische Felder krank?*“ bietet ebenfalls einen recht umfassenden Überblick zum Thema, erfordert aber schon etwas mehr naturwissenschaftliches Grundverständnis [21].

Wissenschaftliche **Datenbanken** mit Informationen aus der Fachliteratur gibt es viele, doch nur wenige sind zum einen frei zugänglich und zum anderen auch noch so angelegt, dass die in der Originalliteratur enthaltene Information für Nicht-Fachleute verwertbar gemacht wird und dazu unverfälscht bleibt. Die von den amerikanischen ‘National Institutes of Health’ (NIH) betriebene, frei zugängliche Literaturdatenbank „**PubMed**“ [22] enthält zwar u.a. praktisch alle für die Mobilfunkproblematik relevanten Originalpublikationen mit ihren Titeln, den Autoren und den Zusammenfassungen (Abstracts), bietet darüber hinaus aber keinerlei wei-



terführende Hilfe an. Sie ist damit ein sehr wertvolles Werkzeug für Fachleute, kann von Laien aber kaum genutzt werden, weil die (englischsprachige) Information in keiner Weise aufbereitet bzw. weiter strukturiert ist oder näher verständlich gemacht wird (allerdings dadurch auch nicht verfälscht werden kann). Die kommerzielle amerikanische „**EMF Database**“ von Information Ventures [23] enthält über 33.000 „peer-reviewed“ und nicht „peer-reviewed“ Einträge (Stand 2003) aus Fachpublikationen und Tagungsbeiträgen (Vorträge, Poster), die den gesamten Bereich der Erforschung biologischer Wirkungen durch elektromagnetische Felder abdecken (Niederfrequenz und Hochfrequenz). Etwa ein Drittel wäre dem Bereich der Hochfrequenz, der den Mobilfunk betrifft, zuzuordnen. Hier werden zum Teil auch fremdsprachige Beiträge (z.B. Russisch, Japanisch) in englischsprachigen Zusammenfassungen angeboten, und die kurzen Publikations-Abstracts werden zum Teil mit weiteren Informationen aus der jeweiligen Veröffentlichung angereichert. Auch diese Datenbank kommt für Journalisten, die sich nicht ausschließlich mit der Materie befassen, schon allein wegen der hohen Kosten nicht in Frage. Durch die von einem wissenschaftlichen Team vorgenommenen Erweiterungen der Einträge ist außerdem theoretisch bereits eine gewisse Möglichkeit zur Verfälschung der Information gegeben.

Viele weitere frei verfügbare oder kommerzielle Dienste, Datenbanken und Internet-Sites bereiten die Materie „Forschung zu elektromagnetischen Feldern und Mobilfunk“, mehr oder weniger unabhängig von bestimmten Interessen geleitet, in unterschiedlicher Qualität und Quantität auf. Ein mittlerweile unüberschaubares Feld, das es dem Suchenden heute eher erschwert als erleichtert, eine bestimmte Information zu finden. Eine Bündelung und bessere Kanalisierung wäre hier sicher angebracht. Oder eine Stelle, die den Suchenden neutral darauf verweist, wo und mit welchen Qualitätsmerkmalen er welche Information finden kann. D.h., neutrale Information muss für jeden erkennbar gemacht werden, mehr Übersicht für die Nicht-Insider und nur gelegentlich damit Befassten muss geschaffen werden! Einen ersten Ansatz hierzu liefern gewiss die oben erwähnten Bücher.

„Eine wissenschaftliche Veröffentlichung ist nicht nur für die Verbreitung der Forschungsergebnisse entscheidend. Sie dient auch der Bewertung der Qualität der Forscherteams.“

Einen in dem Zusammenhang sehr bemerkenswerten Ansatz verfolgt außerdem das Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu) im Universitätsklinikum der RWTH Aachen. Das hier in langjähriger Arbeit entwickelte neue **EMF-Portal** befindet sich in der Erprobungsphase und soll bald für die Öffentlichkeit freigeschaltet werden. Neben verständlich aufgearbeiteter Basisinformation über elektromagnetische Felder und einem überaus umfangreichen Glossar widmet man sich dort im Schwerpunkt der verständlichen, strukturierten und übersichtlichen Darstellung der Inhalte wissenschaftlicher, „peer-reviewed“ Literatur in einem System von abgestufter Informationstiefe. Auf den Informationsbedarf des Benutzers angepasst soll es hier möglich werden, z.B. Quervergleiche, Gewichtungen, Schnellauswertungen etc. in Bezug auf die komplizierte wissenschaftliche Literatur ohne größere Vorkenntnisse selbst anzustellen und sich so selbst ein unbeeinflusstes Bild zu verschaffen. Großer Wert wird deshalb auf ein unverfälschtes, unbewertetes Herausziehen („Extraktion“) der Kerninformation aus den Fachpublikationen gelegt. Für die Zukunft angestrebt ist die Auswertung von zur Zeit über 7.000 erfassten „peer-reviewed“ Publikationen, von denen über 2.000 dem Hochfrequenzbereich zuzuordnen sind. Nach der Freischaltung wird das EMF-Portal somit einen erheblichen Beitrag dazu liefern können, einen einfacheren Zugang zu unverfälschter Information aus erster Hand, eben aus den Publikationen der Forscher, zu erhalten. Dass in den Medien meistens nur die allerneuesten Publikationen eine Rolle spielen, ist hierbei allerdings ein anderes Problem, dem auch mit solchen Datenbanken wegen gewisser Zeitverzögerun-

„Offensichtlich ist es für die journalistische Berichterstattung ein Problem, sozusagen hinter die Kulissen zu schauen, die Entstehungsbedingungen wissenschaftlichen Wissens durchschaubar zu machen.“

gen nicht begegnet werden kann. Zur übergreifenden Bearbeitung eines Themas wird dieses Werkzeug aber außerordentlich hilfreich werden.

Der **Zugriff auf eine Fachpublikation** stellt ein weiteres organisatorisches oder finanzielles Problem dar. Meist werden diese Publikationen in sehr teuren Fachjournalen veröffentlicht, die aufgrund enormer Preissteigerungen selbst vielen Bibliotheken allmählich im Abonnement zu kostspielig werden. Immer weniger Fachjournale werden daher in den Bibliotheken gehalten, der Zugriff für Jedermann kostet dort zum Teil erhebliche Gebühren und nur ein geringer Bruchteil der Artikel wird heute schon kostenlos in Online-Journalen publiziert, teilweise wegen (noch) mangelnder Reputation dieser Journale. So macht sich auch die Europäische Kommission unter dem europäischen Forschungskommissar Philippe Busquin Gedanken über einen **effizienteren Zugang zu wissenschaftlichen Veröffentlichungen**. Die Beauftragung einer Studie über die wirtschaftliche und technische Entwicklung der Märkte für wissenschaftliche Veröffentlichungen in Europa wurde am 15. Juni 2004 in einer Presseerklärung [24] bekannt gegeben. Hierin heißt es u.a.: „Die Studie soll sich über die großen Fragen der derzeitigen öffentlichen Diskussion beugen: die Zukunft der gedruckten wissenschaftlichen Zeitschrift, die Gefahren für den Zugang zur Information durch die Forscher aufgrund der steigenden Preise der Veröffentlichungen, den freien Zugang zu den Forschungsergebnissen für alle und die Notwendigkeit, die Rechte der Verfasser mit den wirtschaftlichen Interessen der Herausgeber zu versöhnen. ... Eine wissenschaftliche Veröffentlichung ist nicht nur für die Verbreitung



der Forschungsergebnisse entscheidend. Sie dient auch der Bewertung der Qualität der Forscherteams. Wegen unseres Ziels, einen echten europäischen Forschungsraum zu verwirklichen und die europäische Forschung stärker ins Licht zu rücken, müssen wir das System für wissenschaftliche Veröffentlichungen überprüfen. Die Zukunft der wissenschaftlichen Veröffentlichungen steht seit mehreren Jahren im Zentrum der Diskussionen, die im Oktober 2003 zur Verabschiedung der Berliner Erklärung geführt haben, in der für einen freieren Zugang zum Wissen („open access“) plädiert wird. Weltweit gibt es mehr als 20 000 wissenschaftliche Zeitschriften, und es werden jährlich rund 1,5 Millionen wissenschaftliche Artikel veröffentlicht. ... Heute steht jede fünfte Veröffentlichung online zur Verfügung, und im „Directory of Open Access Journals“ sind mehr als 1000 Titel aufgeführt. Außerdem sind die Durchschnittspreise der wissenschaftlichen Zeitschriften in den letzten zehn Jahren jährlich um beinahe 10 % gestiegen.“

‘Online’ heißt hier natürlich nicht ‘kostenlos’, denn auch bei Online-Journals sind Preise von 30 US\$ pro Download eines Original-Artikels für Nicht-Abonnenten keine Seltenheit. Umso wichtiger erscheint eine Datenbank, wie die o.g. des ‘femu’ in Aachen, wo versucht wird, die Gesamtheit der relevanten Literatur zu einem Themenkomplex mit ihren wichtigsten Inhalten allgemein zugänglich zu machen.

Vorläufiges Fazit

Ein vorläufiges Fazit könnte man wie folgt ziehen:

1. Die bestehenden Probleme sind, auch in Kreisen der Journalisten, längst erkannt und werden vielfach zutreffend und selbstkritisch adressiert.
2. Optimistisch betrachtet: Die ergriffenen Maßnahmen – und es werden stetig mehr – wirken sich nur noch nicht durchgreifend aus. Ein Trend der Verbesserung, ein Ausweg aus dem Dilemma ist jedoch erkennbar. Hier zahlt sich vor allem eine Erhöhung der Sachkompetenz auf beiden Seiten, der von Journalisten und der von Wissenschaftlern, aus. Ein gutes Beispiel für einen solchen Hoffnungsschimmer war kürzlich zu beobachten: Es gab in der Presse neben einer Flut von wenig differen-



zierten Beiträgen auch eine sachliche Auseinandersetzung mit der eingangs erwähnten vorläufigen Studie zur Spermien-Qualität und -Anzahl [5]. Ein vorbildlich recherchierter Artikel in 'Die Welt' vom 29.06.04 [25] zeigt exemplarisch, dass es auch besser geht.

3. Leider stehen die gegensätzlichen ungeschriebenen Gesetze und ureigenen Interessen der Medien- und der Wissenschaftswelten einem besseren sachlichen Dialog nach wie vor im Wege.
4. Die Recherchemöglichkeiten für die Berichtersteller und für Jedermann, der interessiert ist, müssen weiter vereinfacht und verbessert werden.

Wem das alles zu theoretisch ist, zu wenig aus der Praxis des „wirklichen“ journalistischen Alltags, womöglich aus dem Alltag einer Lokalredaktion ... Sicher, gerade dort erscheinen viele der hier erörterten, ambitionierten Ansätze für Auswege aus dem Dilemma wahrscheinlich vollkommen irrelevant oder wie gut gemeinte Ratschläge eines „Outsiders“, der „das noch nie selbst erlebt hat“. Es ist sicher ein enorm langer Weg von der Europäischen Kommission bis auf den Schreibtisch eines überlasteten Lokalredakteurs.

Und gerade die Tagespresse nimmt nach einer bereits 1988 veröffentlichten Untersuchung die Schlüsselposition für den Weg dar, den ein vermeintliches oder tatsächliches Umweltproblem in der öffentlichen Wahrnehmung nimmt – ein kurzes „Hochspülen“ und wieder Abebben in der Wahrnehmung oder eine regelrechte „Medienkarriere“ bis hin zum „Gift des Jahres“ mit Maßnahmen auf höchster Ebene [26]. Die Lokalpresse hingegen tritt demnach erst vermehrt am Gipfel der allgemeinen Medienresonanz in Erscheinung, wenn eine Sensibilisierung der Öffentlichkeit bereits unübersehbar ist – wie in Deutschland eben im Falle der „Elektromogdiskussion“.

In der „Kommunikationslandschaft Schweiz“ kann dies allerdings schon wieder ganz anders aussehen. Ein im Januar 2003 veröffentlichter Projektbericht, der im Rahmen der Forschungs Kooperation 'Nachhaltiger Mobilfunk' der ETH Zürich erstellt wurde, stellt fest: „Während der Suche nach den journalistischen Texten ergab sich der bestimmte Eindruck, dass die ge-

undheitlichen Risiken des Mobilfunks nicht das 'große' journalistische Risiko-Thema der 90er Jahre waren. Die gesundheitlichen Risiken des Mobilfunks erwiesen sich für die journalistische Berichterstattung nicht als vergleichbar 'sexy' wie die 'Missbräuche' in Fortpflanzungsmedizin und Gentechnologie und in der Ernährung.“ [27]. Und noch ein weiterer wesentlicher Punkt, der bisher unerwähnt blieb, wird dort unter der Überschrift „Journalistische Berichterstattung konstruiert Medienrealität“ angesprochen: „Auch in dieser Untersuchung zeigte sich, dass die Realität in der journalistischen Berichterstattung eine eigene – Medienrealität – ist. Übereinstimmend mit den publizistikwissenschaftlichen Befunden zur Risikokommunikationsforschung konnte auch hier festgestellt werden, dass die wissenschaftlichen Evidenzen nur bedingt beachtet werden. In einer scharfen Interpretation der vorliegenden Ergebnisse könnte sogar davon gesprochen werden, dass die Verhältnisse auf den Kopf gestellt werden. Denn der Befund, dass Mobiltelefonieren beim Autofahren das substantielle Risiko darstellt, der wurde in der Berichterstattung eher am Rande erwähnt. In der journalistischen Berichterstattung ist es nicht gelungen, die Grenzen des wissenschaftlichen Wissensstandes aufzuzeigen. Ähnlich war die Situation in der journalistischen 'Waldsterben'-Berichterstattung. Auch damals gelang es der journalistischen Berichterstattung nicht, den hoch limitierten wissenschaftlichen Erkenntnisstand aufzuzeigen. Offensichtlich ist es für die journalistische Berichterstattung ein Problem, sozusagen hinter die Kulissen zu schauen, die Entstehungsbedingungen wissenschaftlichen Wissens durchschaubar zu machen.“

Sollte man das angesprochene Dilemma dann also lieber nicht *allzu* ernst nehmen? Doch! Es wird ja bereits vielerorts sehr ernst genommen, denn es gibt gangbare Wege, die Situation zu verbessern. Medientrainings mit Wissenschaftlern finden bereits statt, Netzbetreiber, Behörden, Stiftungen und Verbände suchen den Dialog mit Medien und Wissenschaftlern gleichermaßen, und in den Schulen werden Kinder und Jugendliche verstärkt mit der Mobilfunkdiskussion und der Wissenschaft, die dahinter steckt, konfrontiert. Verständlich aufbereitete Wissenschaft

„Zum Preis eines Kaffees oder eines Gläschens Wein kann jeder die neuesten Entwicklungen der Wissenschaft und Technologie ausloten.“

nimmt merklich immer mehr Raum ein im Medienangebot, doch der Erfolg all dessen bei der Wahrnehmung in der Öffentlichkeit ist schwer abzuschätzen. Die *neuesten* Wege, die bei der Vermittlung von wissenschaftlichen Themen beschritten werden, sind europaweit betrachtet sehr vielfältig, haben zum Teil noch experimentellen Charakter, sind aber zum Teil enorm vielversprechend. Die in Deutschland sehr eingefahrene Mobilfunkdiskussion kann von solchen Ansätzen nur profitieren.

Ausblick in die Zukunft oder schon aktuelle Realität? – Wissenschaftsmarathon, Wissenschaftscafés und ‘Research goes Public’

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Vorhaben **„Research goes Public“** („Wissenschaft geht an die breite Öffentlichkeit“) [28] beschäftigte sich in den letzten drei Jahren bis Ende 2003 mit neuen Wegen der Wissenschaftsvermittlung sowie Marketing und Kommunikation von Forschung. In zwei Buchdokumentationen, die hierzu von der ‘Köln International School of Design’ in der FH Köln herausgegeben wurden [29, 30] schreiben verschiedene Autoren über die im internationalen Wettbewerb immer wichtiger werdende Vermarktung von Forschung, aber auch über die heutigen Möglichkeiten, Forschungsergebnisse sinnvoll und effektiv an die Öffentlichkeit zubringen, so dass sie besser wahrgenommen werden. Ein wertvoller Fundus für alle, die sich eingehender mit der Praxis von Wissenschaftsvermittlung beschäftigen möchten.

Und nicht zuletzt greift das Magazin ‘FTE info’ der Europäischen Kommission das Thema „Vermittlung von Wissenschaft an die Öffentlichkeit“ noch einmal auf, indem verschiedene neue Aktivitäten in Europa

geschildert werden [31]: „*Wer ist das Zielpublikum? Wie will man es verführen? Wie findet man den goldenen Mittelweg zwischen wissenschaftlicher Strenge und der gebotenen Attraktivität? Die Fragen, vor denen die Wissenschaftsmuseen und -zentren stehen, sind im vergangenen November während eines Treffens im Deutschen Museum in München unter der Ägide des europäischen Netzes Ecsite untersucht worden. Mehr als sechshundert Spezialisten haben in einer Reihe thematischer Workshops die Gegenwart und vor allem die Zukunft dieser Einrichtungen unter die Lupe genommen.*“

Hier ein Beispiel für einen „anderen“ Ausweg aus dem Dilemma, um beim Thema zu bleiben: „*Das Museo Nacional de Ciencia y Tecnologia in Madrid bietet Kindern von 8 bis 14 Jahren ‘Gespräche mit Forschern’, und zwar den berühmtesten, an. Doch die überraschendste Initiative (die sich überdies eines großen Erfolgs erfreut) ist wohl der ‘Wissenschaftsmarathon’, der acht Mal jährlich durchgeführt wird. ‘Spanische Wissenschaftler, die Besten auf ihrem Gebiet, folgen einander während sechs Stunden’, berichtet Amparo Sebastian, Direktorin des Museums. ‘Jeder hält einen zwanzigminütigen Vortrag über das für den Marathon gewählte Thema, gefolgt von Zeit für Fragen aus dem Auditorium. Die 120 Plätze des Hörsaals sind jeweils im Nu belegt, wir müssen in der Halle einen Bildschirm aufstellen. Unsere ursprüngliche Idee war, dass das Publikum während der Vorträge ein- und ausgehen kann, aber wir stellen fest, dass die Leute im Allgemeinen vom Anfang bis zum Ende bleiben. Wir greifen so verschiedenartige Themen wie die Nanotechnologie oder das Leben unter extremen Bedingungen auf. Alle haben einen Riesenerfolg.’*“

Diese Entwicklung hin zu einer Mischung aus Strenge und Geselligkeit macht sich überall bemerkbar. ‘Man ist von der reinen Popularisierung abgekommen’, schließt Melanie Quin. ‘Das Museum stellt sich zunehmend als Ort des Dialogs und als Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Gesellschaft dar. Das Publikum bringt bereits ein Wissensgepäck und eine gewisse Wissenschaftskultur mit. Es kommt mit Ideen und Fragen. Das Museum ist möglicherweise im Begriff, nach und nach in die Rolle eines Forums zu schlüpfen.’“

Wieso also nicht einmal eine ähnliche Veranstaltung zum Stand der Forschung in der Mobilfunkdebatte, z. B. im Museum für Kommunikation in Berlin?

Wissenschafts-Cafés wären noch eine andere Art neuer Wege in der Vermittlung von Wissenschaft an die interessierte Öffentlichkeit, über die ebenfalls das neueste 'FTE info' berichtet. *„Im Vereinigten Königreich und in Frankreich sprießen sie wie Pilze aus dem Boden, tauchen aber auch in anderen Regionen Europas langsam auf. Am häufigsten lassen sie sich in einer Bar (oder einem Pub) nieder, manchmal auch in einer Bibliothek, einem Theater oder einem Snack. ... Das Prinzip dieser Abende: Ein Diskussionsthema, ein oder zwei geladene Gäste, die die Debatte ohne Jargon und Geschwätzigkeit einleiten, um danach die Fragen der Anwesenden zu beantworten. Die Organisatoren gehen von dem Grundsatz aus, dass jede gestellte Frage ernst zu nehmen ist. Ein Gesprächsleiter fasst zusammen, erteilt das Wort, 'zivilisiert' die Debatte. ... 'Zum Preis eines Kaffees oder eines Gläschens Wein kann jeder die neuesten Entwicklungen der Wissenschaft und Technologie ausloten', sagen die britischen Organisatoren dieser Räume des freien Austauschs.*

In Frankreich finden ähnliche Diskussionen in den Cafeterias mancher Gymnasien statt. Diese Wissenschaftscafés für Jugendliche, die ebenfalls der ungezwungenen Debatte offen stehen und Begegnungen mit Wissenschaftlern fördern, werden hinterher pädagogisch aufgearbeitet.

Manche dieser Orte bevorzugen einen roten Faden, wie etwa das 'Videnskabscafeen' in Kopenhagen, das sich eines ebenso gemischten wie motivierten Publikums erfreut. Dieses dänische Café fokussiert seine Debatten auf den Zusammenhang von Wissenschaft und Gesellschaft und den Einfluss der Technik auf den Alltag“ [32].

Es sollte doch wundern, wenn nicht auch Presse, Rundfunk usw. an solcher Art innovativer Wissensvermittlung Interesse hätten. ...Womit sich der Kreis wieder schließt zu den Medien und der Chance, die hierin läge, die festgefahrene Diskussion über mögliche Gefahren der Funktechnologien weiter zu versachlichen.

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

Literatur/Internet-Links

- [1] Sernelius, B.: Possible induced enhancement of dispersion forces by cellular telephones. Phys. Chem. Chem. Phys. 6, 1363-68 (2004)
- [2] <http://www.wissenschaft.de/sixcmsdetail.php?id=239890>
- [3] <http://www.presse-text.at/pte.mc?pte=040407009>
- [4] <http://www.rp-online.de/public/druckversion/nachrichten/wissenschaft/medizin/43041>
- [5] Fejes, I. et al.: Relationship between regular cell phone use and human semen quality. Abstract, ESHRE 2004, Tagung der European Society for Human Reproduction and Embryology (2004)
- [6] <http://www.ssk.de/2003/ssk0319e.pdf>
- [7] <http://www.berlinews.de/archiv-2003/1212.shtml>
- [8] http://www.europa.eu.int/comm/research/science-society/pdf/ss_ap_de.pdf
- [9] <http://www.europa.eu.int/comm/research/>
- [10] Journalist 10 (2002)
- [11] <http://www.wissenschaftsjournalismus.de>, 'Handbuch, 'Berufsverbände'
- [12] <http://www.wissenschaftsjournalismus.de>, 'Medien Training'
- [13] http://www.mediencity.de/index.php?art_id=2778
- [14] Katzek, J.: Warnen ja, aber wo bleibt die Entwarnung? WPK Quarterly IV/2003, 10-12 (2003) <http://www.wissenschafts-pressekonferenz.de/cgi-bin/WebObjects/WPKCMS.woa/wa/berichtPDF?documentId=4P4010056>
- [15] Frankfurter Rundschau v. 21.04.04, S. 9
- [16] <http://www.netzwerkrecherche.de/html/medienkodex.htm>
- [17] <http://www.netzwerkrecherche.de>
- [18] Berz, R.: Krank durch Mobilfunk? 1. Aufl., Verlag Hans Huber, Bern (2003)
- [19] Leute, U.: Was ist dran am Elektromog? 1. Aufl., J. Schlembach Fachverlag, Weil der Stadt (2001)
- [20] Leute, U.: Wie gefährlich ist Mobilfunk? 1. Aufl., J. Schlembach Fachverlag, Weil der Stadt (2002)
- [21] Leitgeb, N.: Machen elektromagnetische Felder krank? 3. überarb. Aufl., Springer-Verlag, Wien (2000)
- [22] <http://www.infoventures.com/emf.htm>
- [23] <http://www.europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/04/747&format=HTML&aged=0&language=DE&guiLanguage=en>
- [24] Jänz, H.: Machen Handys ihre Nutzer unfruchtbar? in 'Die Welt' v. 29.06.2004
- [25] Steger, U.: Umweltmanagement: Erfahrungen und Instrumente einer umweltorientierten Unternehmenspolitik, Wiesbaden 1988, S. 189
- [26] Schanne, M., Stalder, T.: Mobilfunk: Publizistische Medien und die Thematisierung von EMF-Risiken. Schlussbericht des Projektes im Rahmen der ETHZ-Forschungskooperation „Nachhaltiger Mobilfunk“, Zürich (2003) http://www.mobile-research.ethz.ch/var/sb_gysel_pref5.pdf
- [27] <http://www.research-goes-public.de> ; <http://www.zefo.de>
- [28] Mager, B. (Hrsg.): Forschungskommunikation und Design. Köln International School of Design, Fachhochschule Köln, www.research-goes-public.de (2002)
- [29] Mager, B., Hamacher, H. (Hrsg.): Marketing und Kommunikation von Forschung. Köln International School of Design, Fachhochschule Köln, www.research-goes-public.de (2003)
- [30] Wenn die Wissenschaft sich ausstellt. in: FTE info Nr. 41 der Europäischen Kommission, 20-23, http://www.europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_de.html (2004)
- [31] Im Blickpunkt: Das Wissenschafts-Café. in: FTE info Nr. 41 der Europäischen Kommission, 24, http://www.europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_de.html (2004)
- [32]

Vergleich der digitalen Modula mit den Synchronimp

Bernhard Liesenkötter

Zusammenfassung

In der Diskussion um die Schädlichkeit von Mobilfunkstrahlen wird betont, dass vor allem die impulsförmig modulierte Hochfrequenz des GSM-Standards biologisch wirksam sein soll. Die bekanntlich relativ hohen Feldstärken von Rundfunk und Fernsehen seien dagegen nicht so relevant. In diesem Beitrag werden die Impulsflankensteilheiten der GSM-Signale mit denen der Fernsehsignale verglichen. Das Ergebnis zeigt, dass die meisten Spektralanteile der GSM-Impulse auch im Spektrum der Fernseh-Synchronimpulse enthalten sind, letztere weisen jedoch eine um ein Vielfaches höhere Impulsflankensteilheit auf.

Eine Berücksichtigung der landesweit herrschenden Strahlungsintensitäten von Mobilfunk und Fernsehen kann zur Aussage führen, dass die seit über 50 Jahren weltweit eingeführte Fernseh-Technik die Behauptung der biologischen Schädlichkeit der Impulsflankensteilheit digital modulierter Hochfrequenz widerlegt.

1. Häufig behauptete Beeinträchtigung der Gesundheit durch steilflankige Impulse

In vielen deutschsprachigen Aufsätzen und in im Internet verbreiteten Ansichten wird eine mögliche Gesundheitsgefahr durch Mobilfunk begründet unter anderem mit Berichten über messbare Effekte, nach denen eine Mobilfunk-Exposition beispielsweise das EEG des Menschen deutlich beeinflusst. Die gesundheitliche Relevanz solcher Effekte ist jedoch noch unklar, auch konnte bisher noch keine Schädlichkeit des vermuteten Einflusses zweifelsfrei ermittelt werden.

Auf eine immer wieder betonte Schlüsselaussage in diesen Aufsätzen, dass vor allem die digitale pulsartige Modulation der Mobilfunkstrahlung die Gesundheitsgefährdung ausmache, soll in diesem Beitrag genauer eingegangen werden.

Eine vor allem von Mobilfunkgegnern häufig zitierte Aussage von [1] betont, dass nicht die Intensität unmodulierter oder herkömmlicher überwiegend analog modulierter Hochfrequenzaussendungen (im VHF-Bereich und darüber) die biologischen Abläufe im lebenden Körper beeinflusst, sondern die Steilheit der Impulsflanken von digital modulierten Signalen, wie sie in den Mobilfunkgeräten nach GSM-Standard verwendet werden.

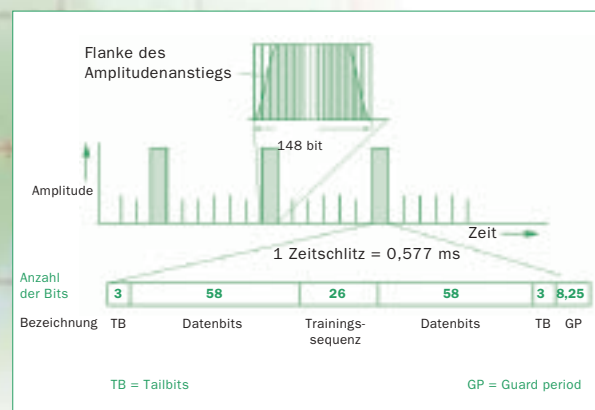


Abbildung 1: Struktur eines „normal burst“ mit Darstellung der Amplitudensteilheit (nach [2])

tion des GSM-Mobilfunks ulsen von TV-Sendern

Zitat aus [1]: „Es muss festgehalten werden, dass das biologische System auf die Änderung pro Zeit reagiert und die Periodizität dieser Signaländerung eine biologische Relevanz besitzt“.

Der dort gebrachte Hinweis auf die vergleichsweise Harmlosigkeit von TV-Signalen bringt bei der nun folgenden genaueren Betrachtung etwas mehr – für viele vielleicht verblüffende – Klarheit in die Diskussion um die mögliche Schädlichkeit der Mobilfunk-Aussendungen.

2. Technische Grundlagen und Vergleich zwischen Fernseh- und Mobilfunk-Aussendungen

Es werden im folgenden die bei Fernsehsendern und bei GSM-Mobilfunkgeräten vorkommenden Flankenteilheiten in der Modulation der Hochfrequenzsignale untersucht und dargestellt. Die Signalinhalte von Sendungen werden durch verschiedenartige Modulationen auf hochfrequente Träger aufgeprägt. Die üblicherweise als analog bezeichnete Modulation der TV-Sender ist eine Kombination aus analoger Amplitudenmodulation (Bildinhalt) und Frequenzmodulation (Toninhalt) sowie einer Impulsübertragung zur Bildsynchronisation. Die im folgenden genauer beschriebene digitale Modulation der Mobilfunkgeräte ist kom-

binert aus einer kontinuierlichen Phasenmodulation und einer Amplitudentastung (Ein-Aus-Schalten). Die Synchron-Impulse des TV-Signals können daher mit den Impulsen der amplitudengetasteten Mobilfunkstrahlung gut verglichen werden.

2.1 Analyse der Mobilfunkstrahlung

Die für den Benutzer stärkste und wegen der streng periodischen Pulsung¹ diskussionswürdige Feldstärke bzw. Strahlungsintensität im Mobilfunkbereich ist die der Mobilstationen (Mobilfunkendgerät, „Handy“). Die Basisstationen dagegen senden meist mehrere Signale in verschiedenen sogenannten Zeitschlitzten aus, so dass die resultierende Strahlung dort keine so deutliche gleichmäßige, periodische Pulsung beinhaltet; obendrein ist die Strahlungsintensität im öffentlich zugänglichen Bereich um die Basisstationen um Größenordnungen niedriger als die der Mobilstationen beim Telefonierenden und in dessen näherer Umgebung (Begleitung, Sitznachbar im öffentlichen Verkehrsmittel usw.).

In Abschnitt 3.3 wird der bezüglich der Pulsung bei einer Basisstation als ungünstig anzusehende Fall nur eines aktiven Zeitschlitzes angenommen, die Signalform entspricht dann der Aussendung einer Mobilstation.

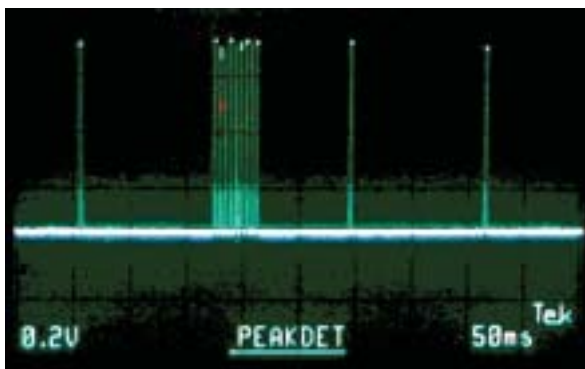


Abbildung 2: Eine gemessene Pulsform der Handy-Abstrahlung beim Zuhören (DTX-Modus, 12 Burst in einer Gesamt-Periode von 480 ms)

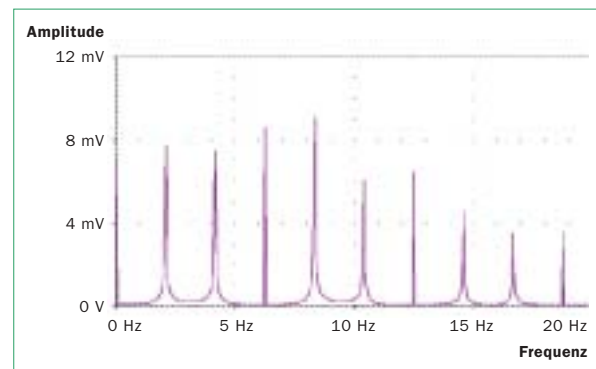


Abbildung 3: Signal-Spektrum der Handy-Aussendung nach Abb. 2 (demodulierter NF-Bereich, unterste Frequenzen)

2.1.1 Struktur der in einem Zeitschlitz gesendeten Signale

Eine Mobilstation sendet gemäß dem GSM-Standard sowohl den Sprachinhalt als auch zusätzliche Informationen zum Verbindungsaufbau und Betrieb als digital modulierte Trägerfrequenz, z.B. bei ca. 900 MHz. Die Modulation erfolgt in einem 4,615-ms-Rhythmus als Pulsfolgen (auch Bursts genannt) mit der Pulsdauer von je 0,577 ms. In der Pause von 4,038 ms zwischen den eigenen Bursts können sieben weitere Mobilstationen auf der gleichen Trägerfrequenz mit der gleichen Basisstation kommunizieren, so dass die Gesamtperiode in 8 Zeitschlitz unterteilt ist. Abb. 1 zeigt die Bursts einer Mobilstation und den Aufbau eines typischen Burst. Allen – teilweise unterschiedlich aufgebauten – Bursts gemeinsam sind die drei „Tailbits“ an Anfang und Ende, die einen Teil der Flankensteilheit des Bursts bestimmen.

Die Struktur eines typischen Bursts ist durch eine GMSK²-Modulation während der Bitfolge und durch eine kontinuierliche Amplitudenänderung von 0 auf Maximum zu Beginn bzw. von Maximum auf 0 am Ende der Bitfolge gekennzeichnet. Diese Amplitudenänderung kann (nach [2]) im Zeitrahmen der genann-

ten 3 Tailbits (das entspricht 11 μ s) erfolgen. Nach der offiziellen Spezifikation ist eine Zeitmaske von max. 28 μ s vorgesehen, die Industrie stellt einen Mittelwert von ca. 18 μ s ein.

2.1.2 Resultierendes Signal-Spektrum der Mobilstation

Aus der Pulsmodulation im 4,6-ms-Takt und einem Tastverhältnis von 1:8 kann die spektrale Verteilung des mit der Trägerwelle übertragenen Signals ermittelt werden (Fourieranalyse). Dabei ergibt sich, dass natürlich nicht nur die häufig zitierte 217-Hz-Schwingung, sondern – nur wenig schwächer – auch bei 434 Hz und 651 Hz Schwingungen auftreten, und dass ebenso noch weitere Spektrallinien vorhanden sind, deren Amplituden erst oberhalb von 1 KHz deutlich unter 50 % der 217-Hz-Amplitude absinken.

Seit einiger Zeit wird von besorgter Seite auch auf eine 8,33-Hz-Pulsung hingewiesen, die dann auftritt, wenn an der Mobilstation dem Gesprächspartner nur zugehört wird (im DTX-Mode). Dieser Effekt beruht darauf, dass keine eigene Sprach-Information übertragen werden muss und die Mobilstation alle 120 ms einige Messwerte überträgt. Dieser sogenannte

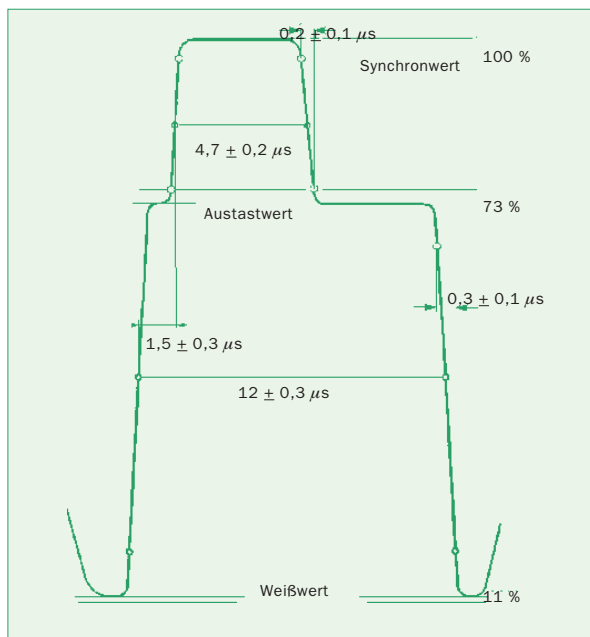


Abbildung 4: Spezifizierte Form der Synchronimpulse (73 % bis 100 %) am Senderausgang eines Fernsehsenders (Pflichtenheft Nr. 5/2.1)

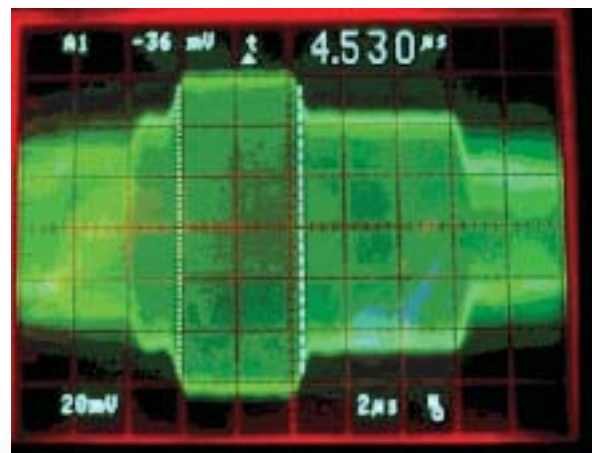


Abbildung 5: Gemessenes TV-Signal an der Empfangsantenne des Rundfunkteilnehmers. Darstellung des Bereichs um den Synchronimpuls (Mittelachse entspricht 0 % in der Abb. 4)

SACCH-Kanal der Mobilstation erscheint nur einmal im sogenannten „26-Multirahmen“, der insgesamt 120 ms Dauer aufweist. Die darauf beruhende Modulation besteht daher aus nur einem Burst pro 120 ms. Der gleichmäßige Rhythmus wird jedoch durch die Aussendung weiterer Informationen (je ein Burst in 8 aufeinanderfolgenden TDMA-Rahmen, alle 480 ms wiederholt) deutlich verändert. Abbildung 2 zeigt eine solche gemessene typische Aussendung eines Handys beim Nur-Zuhören.

Das Tastverhältnis von 1 : 240 des SACCH verursacht ein extrem breitbandiges Spektrum, in dem die 8,33-Hz-Schwingung genauso wie ihre Vielfachen bis zum Kilohertz-Bereich in praktisch gleicher (sehr geringer) Höhe erscheinen. Dieses theoretisch gleichmäßige Spektrum wird jedoch durch die Übertragung der Burst-Gruppe im 480-ms-Rhythmus dahingehend in seiner Struktur verändert, dass auch eine 2,08-Hz-Schwingung mit ihren Vielfachen (4,17 Hz, 6,25 Hz usw.) in sehr schwacher und wechselnder Intensität auftritt.

Abb. 3 zeigt die untersten Frequenzen der sich aus dem Signal von Abb.2 errechneten Spektralanteile (Annahme eines über 20 Sekunden unveränderten Signalinhalts). Es ist zu beachten, dass die Impulshöhe zu 1 V angenommen wurde, die verschiedenen im Signalgemisch vorhandenen harmonischen Schwingungen zeigen also jeweils nur eine Amplitude von ca. 0,8 % (auch die maximale Spektrallinie, die 217-Hz-Schwingung, erscheint nur mit 1,15 %).

Ein eventuell frequenzselektiv anregbares Medium kann also bei diesen untersten Signalfrequenzen nur mit $6,4 \cdot 10^{-5}$ (also 0,064 Promille) der Pulsspitzenleistung angeregt werden.

Bei der Überlegung, ob einige dieser Schwingungen eventuell lebende Organismen störend beeinflussen könnten – die Eigenfrequenzen des Resonators Erdkugel + Ionosphäre (7,5 Hz und erste Vielfache davon) sind alle irdischen Lebewesen gewohnt – sollte also einerseits immer beachtet werden, mit welchem minimalem Leistungsanteil diese Frequenzen im Informationssignal des Mobilteils enthalten sind, und andererseits, dass dieses niederfrequente Informationssignal der hochfrequenten Trägerschwingung erst über eine nichtlineare Funktion der Körperzellen durch Demodulation gewonnen werden müsste. Diese Nichtli-

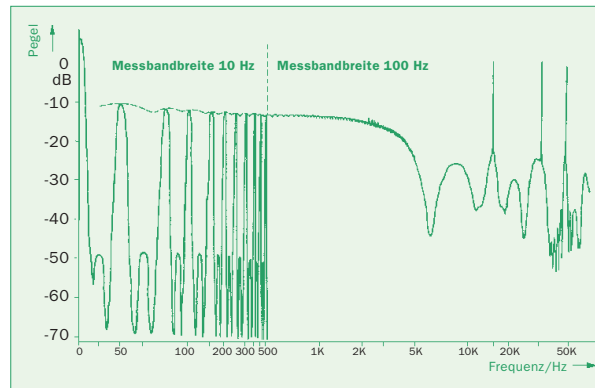


Abbildung 6: Spektrum des Fernseh-Synchronimpulses (aus (4))

nearität scheint jedoch bei den höheren Frequenzen noch nicht zweifelsfrei nachgewiesen worden zu sein (siehe z.B. [3]).

2.2 Analyse der Fernsehsignale

Die relativ komplexen Signale der Fernsehsender sind überwiegend analog moduliert (Bildinhalt und Toninhalt), die Synchronisation des Empfängers zur richtigen Bildwiedergabe wird jedoch durch einen Synchronisationspuls ermöglicht, der deshalb mit der digitalen Modulation des Mobilfunks verglichen werden kann.

Die TV-Signale zeigen im Bereich des etwa $4,7 \mu\text{s}$ langen Synchronisationsimpulses die in Abb. 4 spezifizierte Flankenform mit einem Anstieg von 75 % auf knapp 100 % der Signalamplitude innerhalb von $0,2 \pm 0,1 \mu\text{s}$. Zur Bestätigung dieser spezifizierten Signalform kann eine überall mit einer Antenne empfangbare TV-Aussendung verstärkt und auf einem Oszilloskop dargestellt werden, siehe Abb.5; hier kann die Form des Synchronisationsimpulses gut wiedererkannt werden.

Dieser Impuls wird zur Zeilensynchronisation (15,625 kHz) sowie zur Bildsynchronisation (50 Hz) verwendet. Sein Spektrum ist sehr breit, wie in Abb. 6 zu sehen ist.

Man kann feststellen, dass zahlreiche Signal-Frequenzen im Bereich zwischen 50 Hz und 1000 Hz, die von manchen Forschern im Zusammenhang mit Mobilfunk als bedenklich angesehen werden, auch in diesem TV-Signal enthalten sind.

3. Vergleich zwischen der Fernseh- und der Mobilfunk- Belastung der Bevölkerung

3.1 Messungen der Intensität von Fernseh- und Mobilfunkstrahlung

Im Rahmen der in Bayern als „Rinderstudie“ bekannt gewordenen Untersuchungen über Krankheiten und/oder Verhaltensanomalien von Rindern abhängig von der Intensität der elektromagnetischen Bestrahlung [5] wurden an den ausgewählten Bauernhöfen die Feldstärken von Mobilfunk-Basisstationen und von anderen HF-Quellen (z.B. TV-Sendern) gemessen. Es ergaben sich die in Abb. 7 gezeigten Intensitäten der Gesamtexposition im Vergleich zum gesetzlichen Grenzwert. Auffallend ist, dass auch die maximale Gesamt-Exposition nur 5,2 Promille des gesetzlich zulässigen Wertes betrug, der Mittelwert lag bei etwa 0,3 %.

Das Ergebnis dieser nicht optimal angelegten Studie war zwar sowohl für die Öffentlichkeit als auch für Fachleute enttäuschend, weil kein eindeutiges Ergebnis herausgearbeitet werden konnte. Jedoch können die dort durchgeführten ausführlichen Feldstärkemessungen von TV- und Mobilfunkausstrahlungen zum folgenden Vergleich der (als biologisch wirksam apostrophierten) Impulsflankensteilheit herangezogen werden.

3.2 Vergleich der Belastungen bei Betrachtung der Impulsanstiegs-Steilheit

Mehr als die Hälfte der in [5] ausgewählten Bauernhöfe lag – nach Meinung der Besitzer und/oder der auswählenden Institutionen – in einem Bereich erhöhter Strahlenbelastung, vor allem durch Mobilfunk.

Bei fast der Hälfte aller in Abb. 7 gezeigten Messstellen ergaben sich jedoch höhere Werte im Bereich der TV- und Rundfunksignale.

Die Berechnung der Steilheit der Impulsflanken für einen willkürlich ausgewählten Hof bei etwa 1 % der Grenzwertbelastung (Hof Nr. 32 in Abb. 5, auf der Weide) ergibt den in **Tabelle 1** ermittelten Vergleich (Messwerte aus [6]).

3.3 Ergebnis und Bewertung des Vergleichs

Die in der Tabelle 1 für den Hof Nr. 32 beispielhaft berechnete Impulsflankensteilheit ist bei den dort empfangenen Fernsehimpulsen über 60 mal so hoch wie bei den Mobilfunkimpulsen.

Diese Tatsache wird in der öffentlichen Diskussion offenbar deshalb nicht erkannt, weil sie häufig durch den Hinweis auf die vollständige Amplitudentastung des Mobilfunksignals verschleiert wird. Das in diesem Zusammenhang in [1] ausdrücklich angeführte logarithmische Maß der Amplitudenänderung zur Betonung der hundertprozentigen Tastung beim Mobilfunk ist völlig irrelevant, da diese Verhältniszahl bei verschwindendem Minimum-Pegel natürlich gegen Unendlich gehen muss.

Wegen der in [5] getroffenen Auswahl vieler Messstellen entsprechend einem vermuteten Bedrohungsschwerpunkt Mobilfunk ist davon auszugehen, dass im Durchschnitt aller Orte deutschlandweit die Strahlenbelastung durch den Impulsgehalt der TV-Signale wesentlich höher liegt (oder mindestens in der gleichen Größenordnung ist), wie die durch Basisstationen des Mobilfunks oder anderer Dienste.

	TV-Signal (bei 511 MHz)	Mobilfunksignal (Basisstation in der Nähe)
Gemessene elektr. Feldstärke	1,1 V/m (Mittelwert mehrerer Messstellen)	0,16 V/m (Maximalwert)
Feldstärke-Unterschied durch Modulationsgrad	0,297 V/m (= 100 % - 73 %)	0,16 V/m (= 100 %)
Impuls-Anstiegszeit	0,3 μ s (von 73 % auf 100 %)	min. 11 μ s (üblich: ca. 18 μ s)
Daraus resultierende		
Impulsflankensteilheit	1 V/m pro 1 μs	0,015 V/m pro 1 μs

Tabelle 1: Vergleich der Impulsflankensteilheiten zwischen TV-Signal und Mobilfunksignal

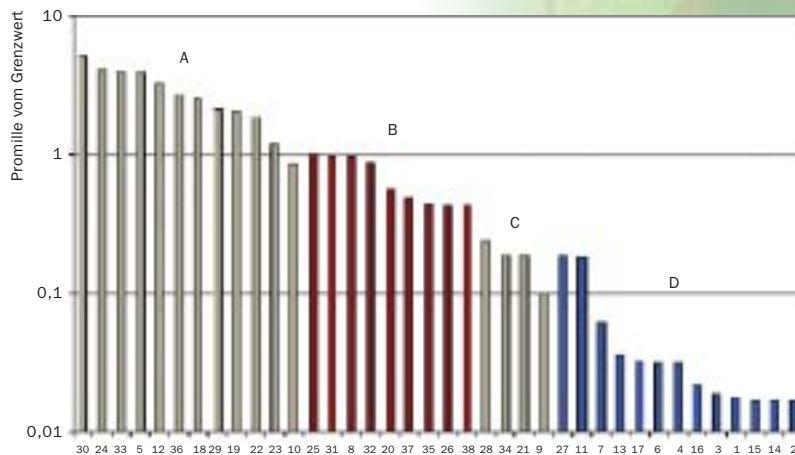


Abbildung 7: Gesamtfeldstärken (TV und Mobilfunk) in den ausgewählten Bauernhöfen (aus (5)); die Gruppen A, B, C, D unterscheiden sich bezüglich der TV- bzw. Mobilfunkanteile).

4. Schlussfolgerung

Die Behauptung in [1]: „dass das biologische System auf die Änderung pro Zeit reagiert und die Periodizität dieser Signaländerung eine biologische Relevanz besitzt“ mag im Prinzip durchaus auf nachvollziehbaren Überlegungen basieren und logisch erscheinen.

Abgesehen davon, dass offenbar noch keine Demodulator-Funktion bei hohen Frequenzen im lebenden Organismus sicher erkannt wurde, ist bei dieser Behauptung jedoch versäumt worden, die bereits seit Jahrzehnten real existierende elektromagnetische Umwelt in dieser Richtung zu analysieren.

Die hier vorgelegte Analyse bezüglich der behaupteten besonderen Gefahr impulsförmig modulierter Hochfrequenz zeigt als Resultat, dass die biologische Unbedenklichkeit der heute diskutierten Strahlenbelastung durch Mobilfunk-Antennenmasten (Basisstationen) durch die bereits in der Mitte des vorigen Jahrhunderts weltweit eingeführte Technik des Fernsehens eigentlich bereits hinreichend belegt sein müsste: In allen Ländern der Welt mit TV-Versorgung wird die Bevölkerung mit den in Abschnitt 2.2 beschriebenen periodischen steilen Impulsflanken belegt. Nach zwei Generationen der Menschheit und noch mehr Generationen bei den Nutztieren hätten schädliche Einflüsse durch diese impulsmodulierte Hochfrequenz mit ihren wesentlich steileren Impulsflanken und gleichzeitig ebenfalls meist wesentlich höheren Feldstärken als bei den Mobilfunkanlagen längst festgestellt werden können bzw. müssen.

Die zur Zeit laufenden Langzeit-Studien im Bereich Mobilfunk könnten deshalb möglicherweise das glei-

che Ergebnis der Unbedenklichkeit bringen wie die Experimentalstudie [7], die erst ein Jahrzehnt nach der Behauptung des Waldsterbens durch die elektromagnetischen Strahlen von Richtfunk und Radar diese Behauptung entkräftete.

Danksagung

Der Verfasser dankt den Herren Dosch und Dr. Wolf vom Institut für Rundfunktechnik für die Information zum ARD-Pflichtenheft, Herrn Braun (ehemals Fa. Mikom) für GSM-Daten, sowie Herrn Kaufmann vom HF-Labor der FH Augsburg für die Messungen zur Abb. 3.

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Liesenkötter, Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik, Fachhochschule Augsburg

Literatur

- [1] v. Klitzing, L.: Handys – ein gesundheitliches Risiko. Vortrag anlässlich der Winterschule 2000 der Deutsch. Gesellschaft für Medizinische Physik (DGMP) in Pichl, 24.01.2000
- [2] Eberspächer, J., Vögel, H.-J.: GSM – Global System for Mobile Communication. Verlag B.G. Teubner, Stuttgart 1997, S. 82-83.
- [3] Silny, J.: Rectification of RF Sine Wave Packages in Excitable Cells, Tested in In-Vivo-Investigations. BEMS (1999) Abstract Book, pp. 85 –86.
- [4] Mäusl, R.: Fernsehetechnik. 2. Auflage, Hüthig-Verlag, 1995.
- [5] Hecht, W., et al.: Untersuchungen zum Einfluss elektromagnetischer Felder von Mobilfunkanlagen auf Gesundheit, Leistung und Verhalten von Rindern. Kurzfassung Endbericht, www.umweltministerium.bayern.de/bereiche/mobilf/rinder.pdf.
- [6] Wuschek, M.: Detail zu [5], persönl. Kommunikation.
- [7] Götz, R., Käs, G.: Untersuchungen zur Wirkung elektromagnetischer Felder auf Waldbäume. Forschungsgemeinschaft Funk e.V., Newsletter **3** (1999), S. 12-14.

Fußnoten

- 1 „Pulsung“ steht als Synonym für periodische Amplitudentastung (= eine digitale Form der Modulation)
- 2 Gauss-Minimum-Shift-Keying, eine spezielle Phasenmodulation; die Amplitude bleibt konstant.

Angst vor steilen Fla

Karl-Otto Müller

Die meisten modernen Nachrichtensysteme, so auch der Mobilfunk nach GSM-Standard, arbeiten mit „digitaler Modulation“. Das Wort „digital“ spielt in Diskussionen über die Verträglichkeit der elektromagnetischen Felder auf Organismen, insbesondere auf den Menschen, eine herausragende Rolle. Gemeint sind in diesem Zusammenhang immer Übertragungen, bei denen die Trägerfrequenz gepulst ausgesendet wird. Das hat im Grunde mit dem Begriff der digitalen Modulation nur eingeschränkt zu tun, denn es gibt eine Reihe digital modulierter Aussendungen, bei denen die Hochfrequenzamplitude über der Zeit konstant ist. Nachdem der Ausdruck „digital“ aber so modern klingt und so griffig ist, wird er in Diskussionen über die Gefahren des Mobilfunks gern und ausgiebig benutzt. Übersehen wird dabei stets, dass gerade diese Art der Signalübertragung hilft, die Höhe der ausgesendeten Energie zu minimieren.

Technisch korrekt wäre es, von Puls-Amplitudenmodulation zu sprechen, denn das digital aufbereitete Signal wird letzten Endes auf diese Art dem Hochfrequenzträger aufgeprägt und ausgesendet. Es gibt keinen Grund dafür, dass ein Organismus auf den Modulationsinhalt, wie immer er aufbereitet ist, reagiert; er reagiert, wenn überhaupt, auf die Stärke der HF-Energie und deren zeitlichen Verlauf. Bis hierher lässt sich in öffentlichen Diskussionen, von denen der Autor einige miterlebt hat, mit einiger Mühe Einvernehmen erzielen. Dann kommt aber das Argument der „steilen Flanken beim Mobilfunk“. Diese seien besonders schädlich und etwas ganz Neues, was bis jetzt verwendete Nachrichten-Übermittlungen nicht aufwiesen. Diese Aussage ist schlicht falsch. Ein Blick in die Pegeldiagramme der CCIR- und FCC-Normen (Bild 1) zeigt, dass die Trägeramplitude beim Fernsehen in

deutlich kürzerer Zeit als beim Mobilfunk aufgetastet wird, nämlich in etwa einer halben Mikrosekunde gegenüber etwa 10 Mikrosekunden bei GSM (Bild 2). Die oft gehörte Argumentation, der auch von Fachleuten erstaunlich selten widersprochen wird, ist, dass das Fernsehen doch analog arbeite. Das gilt nur für den Bildinhalt; die Bild- und Zeilensynchronisation wird durch Synchron-Impulse bewirkt, die noch dazu mit dem höchsten Pegel ausgesendet werden. Diese Synchronspitzen haben Feldstärkewerte, die um den Faktor 1,33 über dem höchsten Wert der analogen Modulation („Schwarzpegel“) liegen. Leistungsmäßig sind sie damit um 78 % größer als der höchste Analogwert (Bildschwarz). Bei diesen Verhältnissen ist es durchaus zulässig, die seit Mitte der fünfziger Jahre des letzten Jahrhunderts in Deutschland vorhandenen Fernsehfeldstärken bezüglich ihrer Wirkung auf lebende Organismen mit den Aussendungen der GSM-Netze zu vergleichen: Das heutige Fernsehen ist, energetisch gesehen, ein gepulst arbeitendes System, nur dass hier die Pulsfrequenzen 50 Hz für den Bildwechselimpuls und 15,625 kHz für den Zeilenwechsel betragen im Gegensatz zum GSM-System, bei dem eine dazwischen liegende Pulsfrequenz (217 Hz) verwendet wird. Nachdem es bisher keinen wissenschaftlich untermauerten Beweis gibt, anzunehmen, dass lebende Organismen so frequenzselektiv sind, dass sie zwischen diesen verschiedenen Pulsfrequenzen unterscheiden, muss angenommen werden, dass der Einfluss der von Fernsehsendern erzeugten elektromagnetischen Felder sich nicht wesentlich von denen der Mobilfunksender unterscheidet.

Unbestritten ist, dass die Feldstärken im öffentlich zugänglichen („nicht kontrolliertem“) Bereich in Deutschland überall unterhalb der international zu-

nken?

lässigen Grenzwerte liegen; strittig ist nur der sogenannte nicht-thermische Einfluss der modulierten Felder. Quantitativ lässt sich dazu sagen, dass der Sicherheitsabstand zu den genannten Grenzwerten für Basisstationen fast überall über dem Faktor 100 liegt, meist aber über 1000 hinaus bis zu 50000. Für die Feldstärken von Fernsehsendungen findet man allgemein Sicherheitsabstände von 1000 bis 10000. Typisch für Fernsehsignale ist, dass sich ihre Feldstärkewerte außerhalb von Ortschaften wegen der großen Distanz zu den zentral arbeitenden starken Sendern nur wenig unterscheiden. Die dagegen schwachen Basisstationen versorgen nur kleine Gebiete, ihre örtliche Abhängigkeit der Feldstärken ist dadurch stärker. Mit anderen Worten: Auf freiem Feld überwiegen die Felder der Fernsehsender, in bebautem Gebiet örtlich eng begrenzt die Felder der Mobilfunkstationen.

Diesen überall vorhandenen Feldern kann in Deutschland seit etwa 60 Jahren niemand entrinnen. Nachdem hier die nicht-thermische Wirkung der Felder angesprochen wird, ist es müßig, über einen Sicherheitsabstand von 100, 1000 oder 10000 zu diskutieren. Festzustellen ist, dass trotz diesen Daueraufenthalts in den gepulsten Feldern der Fernsehsender auch nach dieser langen Zeit keine nachweisbar negativen Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen festgestellt wurden. Das gibt begründeten Anlass zu der Hoffnung, dass die ebenso schwachen Felder der Mobilfunkstationen, deren Pulsflanken noch dazu um den Faktor 20 weniger steil sind als die Pulsflanken der Fernsehsignale, keinen realen Einfluss auf das Wohlbefinden der Menschen haben.

Dipl.-Ing. Karl-Otto Müller

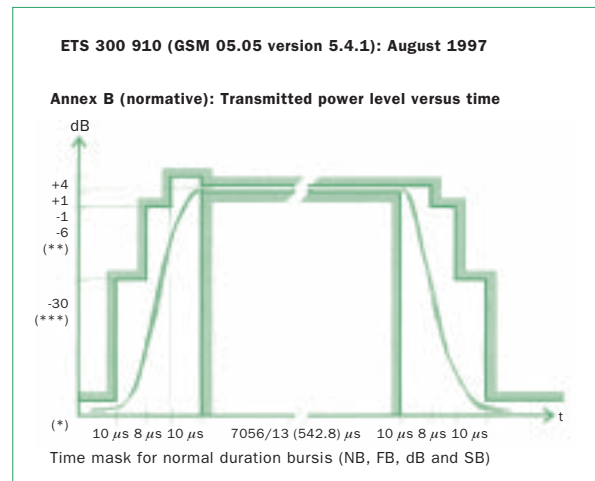


Bild 1: Zeilen-Synchronimpuls nach CCIR, wie er heute von allen Fernsehsendern in Mitteleuropa ausgestrahlt wird. Zu erkennen ist, dass die Anstiegszeit zwischen Weißwert (= 10% des Maximalwertes) und sogenanntem Synchronwert $0,3 \mu\text{s} + 0,1 \mu\text{s}$ beträgt.

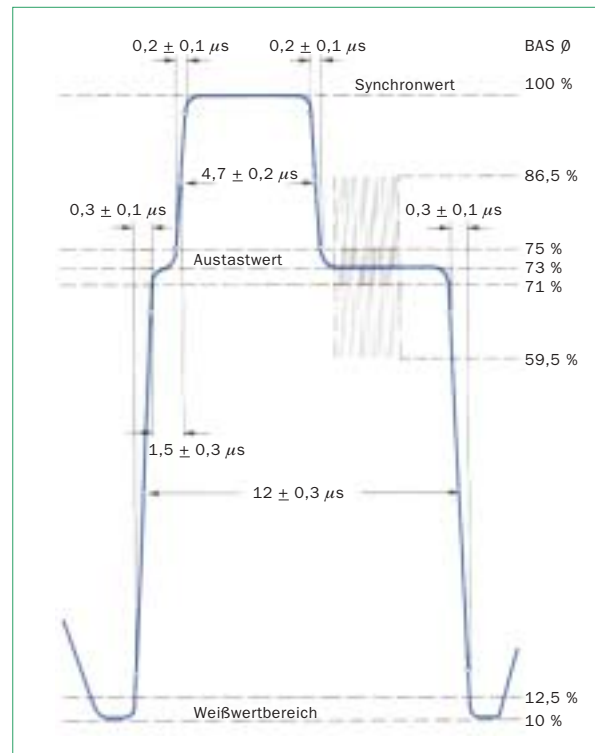
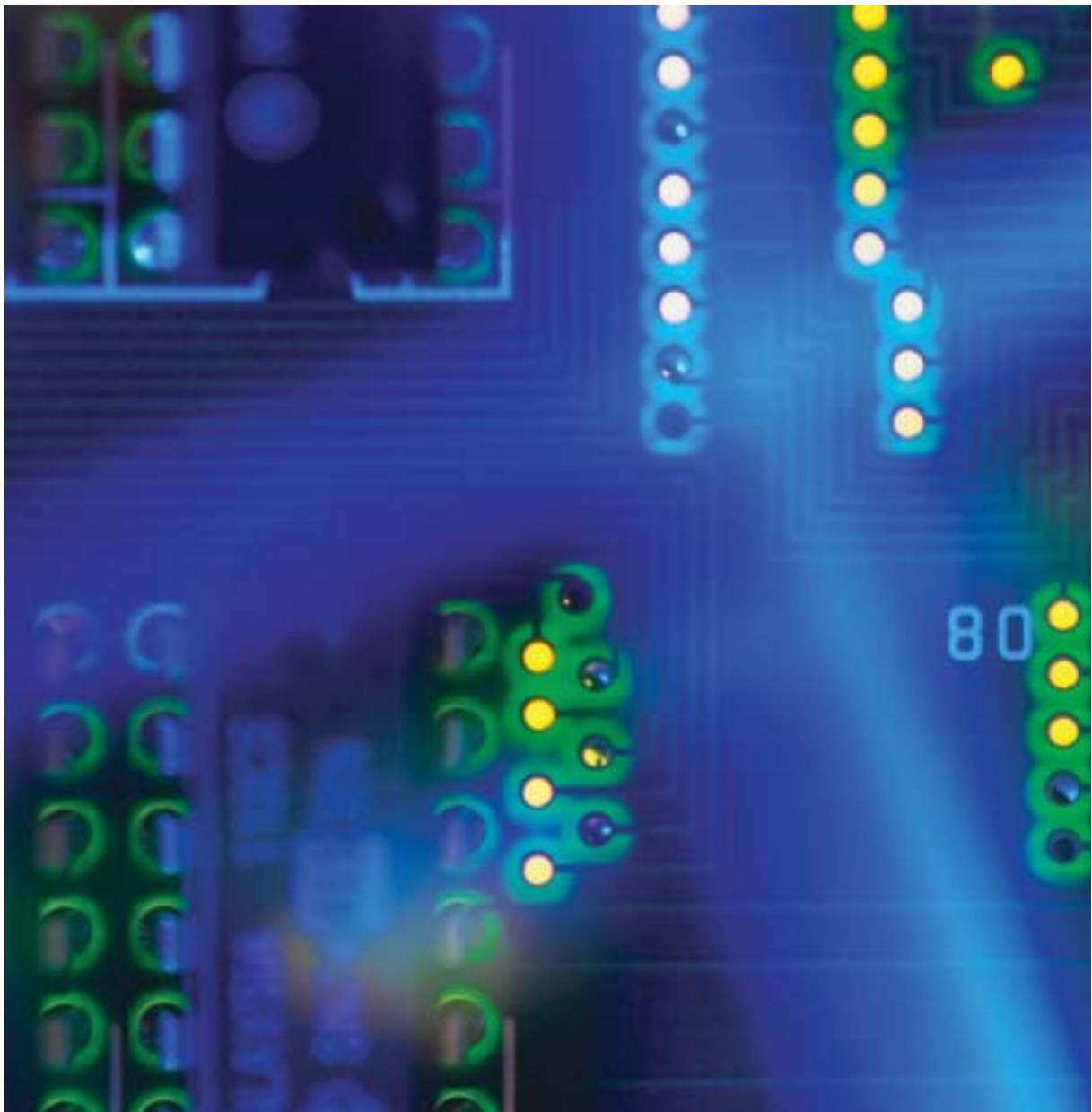


Bild 2: Toleranzmaske in der ETSI-Norm ETS 300 910, eingezeichnet ein möglicher Amplitudenverlauf. Um die belegte Bandbreite so klein wie möglich zu machen, wird versucht, das Toleranzfeld auszunützen, das heißt, die Pulsflanken so flach wie zulässig zu machen.

Der Gabri

Fritz Jörn

»Besonders bemerkenswert war die Reaktion der Kühe. Sie liegen nun am liebsten in den Ecken des Stalles, die mit den Chips entstört wurden, und trinken nicht mehr wie bisher das Wasser auf der Weide, sondern das entstörte Wasser im Stall.« – Meldung auf den Internetseiten der Gabriel-Tech GmbH, zwei Tage vor Weihnachten 2003¹.





e-Chip

Der *Gabriel-Chip* ist ein kleiner runder Aufkleber gegen »bekannte gesundheitliche Nebenwirkungen von Mobilfunk- und Elektrostrahlung«² und kostet mit einem Durchmesser von 25 bis 35 Millimeter knapp dreißig Euro³. Größere Varianten für Lenksäulen, Monitore und Sicherungskästen mit 40 oder 42 Millimeter Durchmesser kosten knapp 40, ja 50 Euro. Mengenrabatte werden geboten.⁴

Die Bezeichnung *Chip* deutet hier nicht, wie man technisch gemeinhin glauben könnte, auf kleine elektronische Schaltkreise hin. Die »selbstklebende, aluminiumbedampfte Polypropylenfolie«⁵ ist homogen wie ein edles Etikett oder ein Chip am Roulettetisch. Einen Hauptgewinn muss dieser Chip für seine Hersteller und Händler tatsächlich sein, wenn ihnen schon durch eine einzige kritische Glosse (allerdings veröffentlicht in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung⁶) »ein Schaden in Millionen Euro Höhe« entsteht⁷.

Nach *Gabriel* heißt der Aufkleber nicht frommen Andenkens an den Erzengel Gabriel, den Schutzpatron aller Boten und Briefmarkensammler, Fernmeldetechniker und Spionagedienste, der im Volksglauben bei ehelicher Unfruchtbarkeit angerufen wird, sondern nach den Erfindern und Patentinhabern⁸ Franz *Gabriel* und *Gabriele* Gruber aus der Winklerstraße 1 in Hallein in Österreich, der Stadt 19 Kilometer südlich von Salzburg, aus der die Melodie der »Stillen Nacht«⁹ stammt.

Wir sind dem Phänomen Gabriel-Chip wiederholt nachgegangen – und: Wir haben uns immer wieder verlaufen. Die Vielfalt der heilsamen Wirkungen, die Wirkungsweise und ihr angeblicher Nachweis durch den Vorsitzenden der Gabriel-Forschungs-Gesellschaft selbst und zugleich Amtsleiter für Natur- und Umweltschutz im Magistrat Linz, die Überlegungen von Befürwortern und Kritikern, wie das denn alles sein könne, führen zu nichts. Mag es jahrhundertlang das Bestreben von Mathematik und aller ernsthaften Naturwissenschaften gewesen sein, die Erscheinungen unserer Welt möglichst *einfach* zu erklären, hier ist

dieses Prinzip ins Gegenteil verkehrt. Entspricht es überall sonst dem Stand von Wissenschaft und Technik, dass einfache Erklärungen und Formeln einfach besser sind als komplizierte, so enden die Folgerungen und Überlegungen bei Gabriel oft in Analogien, in einem »man kann sich das vorstellen wie ...«, in »sozusagen«. Zuweilen werden wunderschöne Gedanken ausgesprochen, etwa: »Der Mensch ist wie ein Radio immer auf Empfang«¹⁰ – was ja Gott sei Dank nicht einmal beim Radio richtig ist. Weiter geht es gleich mit: »Die Erde erzeugt durch ihr Erdmagnetfeld seit Jahrtausenden ganz bestimmte Frequenzen, also Schwingungen, die unseren Körper elementar beeinflussen. Im Laufe der Evolution hat sich jedes Organ und jede Körperfunktion auf eine dieser natürlichen Schwingungen ausgerichtet. Es ist gewissermaßen die ureigene ›Lebensfrequenz‹. Das Gehirn nutzt diese Frequenzen, um die Organe zu steuern und mit ihnen zu kommunizieren. Genau wie eine Radiostation, die Signale aussendet und empfängt.« Was soll man dagegen sagen, gegen ein so schön schwingendes Erdmagnetfeld? Gegen einen Rundfunksender, der nicht nur sendet, sondern auch empfängt? Und was tut das hier zur Sache? Es bleibt einem immer wieder »die Spucke weg«, die Argumente zerrinnen zwischen den Fingern. Das Labyrinth von Behauptungen verstrickt jeden, der sich hineinwagt. Das wird – um selbst einmal eine Analogie zu gebrauchen – wohl wie mit Dornröschens Hecke¹¹ noch hundert Jahre lang so bleiben. Man tritt in ein Dunkel gedanklichen Gebräus – oder man fragt sich, ob man denn in der Schule oder beim Elektrotechnikstudium zu wenig aufgepasst hat?

Bei Gabriel liest sich das so¹²: »Wer zum ersten Mal einen Gabriel-Chip sieht, stellt fast zwangsläufig immer die gleiche Frage: Wie kann eine selbstklebende, Aluminium bedampfte Polypropylenfolie eine so wesentliche Veränderung auf elektromagnetische Wellen bewirken? ... Die Antwort liegt in der physikalischen Veränderung der Folie. Das Prinzip der Her-

stellung eines Gabriel-Chips ähnelt dabei dem Verfahren zur Produktion einer Musik-CD. Auch hier gibt es eine Original-CD (den Master), von der dann viele identische Kopien erzeugt werden. Beim Gabriel-Chip besteht der Master – das Kopieroriginal – aus einem Gemisch naturidentischer Silikate. Dieses Silikatgemisch ist der eigentliche Auslöser, denn es trägt auf vielen Frequenzen einen »natürlichen« elektromagnetischen Impuls in sich. Ihre Eigenschaften werden durch ein patentiertes, elektromagnetisches Verfahren auf die Folie [den Gabriel-Chip] übertragen.«

Gehen wir erst gar nicht der Frage nach, ob es »auf Frequenzen« in Silikatgemischen überhaupt »natürliche elektromagnetische Impulse« gibt oder geben kann. Werfen wir nur einmal einen stichprobenartigen Blick auf das »patentiertes, elektromagnetisches Verfahren«, mit dem das alles auf den Chip gelangen soll. Im österreichischen Patent AT 409 930 B von Franz Gabriel und Gabriele Gruber finden wir eine Vorrichtung, die den Erdleiter einer Steckdose über die zu gabrielisierende Folie mit einer Metallplatte elektrisch verbindet. Auf ihr steht ein »Behälter, vorzugsweise eine Glasflasche« – bekanntlich isolierend – mit »zumindest 200 ml, vorzugsweise zumindest 500 ml, von Radiästheten als rechtsdrehend bezeichnetem Wasser«. Nach drei, »vorzugsweise 4 bis 5 Stunden« kann der 5 Zentimeter breite und bis zu 1,5 Meter lange Folienstreifen entnommen und in einzelne Chips aufgeteilt werden.¹³

Nun lässt sich darüber streiten, ob das Ganze wie versprochen ein »elektromagnetisches Verfahren« ist. Man mag als Anfänger im Okkultismus der Frage nachgehen, wer »Radiästheten« sind und was »rechtsdrehendes Wasser« eigentlich sei – erstere sind nicht süddeutsche Rettichverzierer, sondern landläufig Wünschelrutengänger, letzteres ist eher *keine* physikalische Eigenschaft, – wieder kommt man alsbald »in den Wald«. Für den Techniker fließt durch die ganze Geschichte kein Strom, es führt auch kein gedanklicher Weg vom Wasser zur Wirkung im Chip.

Verlassen wir diesen Holzweg und wenden uns erneut dem Patent zu. Dort heißt es: »Unter dem Begriff Störstrahlung werden im vorliegenden Fall vor allem physikalisch nicht einwandfrei messbare, allenfalls

biologische Effekte bewirkende Strahlungen verstanden, so zum Beispiel die Ausstrahlungen von Wasseradern, von Stromleitungen, elektrischen und elektronischen Einrichtungen, Geräten und Maschinen, von geodätischen Reizzonen sowie alle weiteren von Radiästheten feststellbaren Strahlungen.« Aha! Es geht Gabriel gar nicht um messbare, objektivierbare Effekte, sondern letztlich nur um von »Radiästheten feststellbare Strahlungen« – und wer könnte dagegen argumentieren!

Mögliche schädliche Wirkungen von Mobilfunkstrahlen sind seit einem Vierteljahrhundert umstritten, jedenfalls nicht zweifelsfrei und routinemäßig nachvollziehbar zu messen. (Die Forschungsgemeinschaft Funk hätte sonst auch nichts mehr zu tun). Um wie viel weniger ist es möglich, einen Schutz gegen Unbekanntes, Unmessbares messbar zu machen! Das wäre ja gerade so – Analogie! –, als prüfe man die Qualität einer chemischen Reinigung an des Kaisers neuen Kleidern¹⁴, märchenhaft!

Absolut folgerichtig geht es Vertretern des Gabriel-Chips nicht beispielsweise um Messungen der spezifischen Absorptionsrate und deren möglicher Verringerung. Sie weisen darauf hin, dass dieser SAR-Wert »überhaupt nichts über die nicht-thermischen Effekte aussagt, die die Emissionen eines Mobiltelefons auf den Benutzer ausüben können« und bringen diese Überlegungen bis zum europäischen Parlament.¹⁵ Gegenargumente von Technikern, weder einen Wirkungsmechanismus erkennen noch selbst etwas messen zu können, lassen Gabriel-Befürworter kalt. Warum auch nicht? Es kommt doch auf die Wirkung auf Mensch und – wie wir anfangs gelesen haben – auf Tier an, und nicht auf Verstand oder Messgeräte. Die Medizin hat weltweit über tausend Jahre lang mit den Lehren von Claudius Galen¹⁶ gelebt, ohne sie zu überprüfen. Johann Wolfgang von Goethes Farbenlehre¹⁷ wird heute noch gerne genommen, und doch ist sie falsch.

Wie bei Dingen der Esoterik gilt es, gerade *nicht* den Wegen des Schulwissens zu folgen: »Es gibt mehr Ding' im Himmel und auf Erden, als Eure Schulweisheit sich träumt, Horatio.«¹⁸ Die Hersteller und Vertreter des Gabriel-Chips weisen immer wieder auf



die berichteten heilsamen Wirkungen des Chips hin, und können damit all jene überzeugen, die lieber glauben als wissen – wissen, das, in Parenthese, auch viel mehr Mühe machte. In der Tat ist ja Skepsis gegenüber wissenschaftlich-technischen Aussagen angebracht. Zahlreiche blauäugige Argumentationen haben die Folgerungen der Industrie in Misskredit gebracht – so nachprüfbar sie sein mögen. Dazu kommt gelegentliches Nachgeben selbst der standhaftesten Vertreter von Logik und Wissenschaft um des lieben Friedens willens, es könne ja vielleicht doch, dereinst, etwas gefunden werden, etwas dran sein – an jedem nur hartnäckig genug vertretenen, für sie irrealen Argument.

Gabriel hat einen Doppelblindversuch unter Dr. Lebrecht von Klitzing angekündigt, dem vormaligen Leiter des klinisch-experimentellen Forschungslabors der Universität Lübeck mit gewiss nicht unumstrittener Haltung zum Mobilfunk¹⁹, »zur unumstößlichen Untermauerung und gerichtlichen Akzeptanz«²⁰, dessen Ergebnisse zunächst im ersten Quartal 2004 vorliegen sollten, dann Ende Mai²¹. Wir werden also vielleicht noch sehen, inwieweit sich eine objektivierbare Wirkung andeutet. Grundsätzlich müssen wissenschaftliche Ergebnisse, um gemeinhin anerkannt zu werden, von Fachleuten desselben Gebietes (Peers) geprüft und wenigstens einmal anderswo praktisch bestätigt werden, was Dr. Lebrecht von Klitzing für unrealistisch hält²². Wenn doch, dann wird auch dies noch seine Zeit dauern. Wirklich unerschütterliche Nachweise der positiven Wirkung des Gabriel-Chips – und/oder möglicher negativer Nebenwirkungen – in einer Art, wie sie von herkömmlichen Medikamenten verlangt werden, sind demnach beim besten Willen kurzfristig nicht zu erwarten. Das macht nichts, teilt der runde Gabriel-Chip dann doch höchstens das Schicksal homöopathischer Globuli²³, denen es ähnlich ergeht: Man muss daran glauben; vielleicht auch an rechtsdrehendes Wasser, insbesondere an »Grander-Wasser« mit seinen Urinformationen²⁴ für 12,60 Euro je Liter ... Man mäkelte ja auch nicht an Weihwasser herum, das allerdings für Gotteslohn zu haben ist. Damit wären wir beim Placebo-Effekt, dem einzigen, mit dem sich für den technisch-wissenschaftlich Fol-

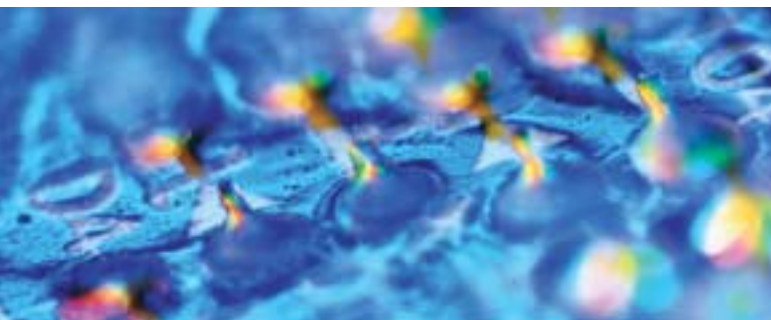
gernden die Wirkung des Gabriel-Chips erklären lässt. Wenn wir so einen Effekt – als zugegebenermaßen Ungläubige – überhaupt abschätzen können, so bringt der Gabriel-Chip dafür die besten Voraussetzungen mit: Er ist richtig teuer – die Wirkung sollte also adäquat sein; er ist geheimnisvoll, selbst Physiker verstehen seine Wirkungsweise nicht – das hilft wohl gegen wenig verstandene Strahlen aller Art; und dennoch hat er einen »amtlichen Wirknachweis«²⁵. Dieser besagt zunächst, ein empfangsbereites Mobiltelefon verstärke die Inhomogenitäten des geomagnetischen Hintergrundfeldes, folgert dann flugs, dass sich dadurch »dessen biologische Reizwirkung« erhöhe, und findet schließlich, dass ein Gabriel-Chip diese Feldstörungen ausgleiche. Der Amts- und Versuchsleiter Dr. Medinger mag zwar allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger sein, dennoch ist er hier als Vorsitzender der Gabriel-Forschungs-Gesellschaft²⁶ Partei. Selbst eine unabhängige Wiederholung seiner Messungen – die unseres Wissens nicht erfolgt ist – könnte seine sehr weitreichenden, allgemeinen Behauptungen über die Nah- und insbesondere die Fernwirkungen des Gabriel-Chips nicht belegen. Dazu kommt, dass die von Dr. Medinger postulierte »biologische Reizwirkung« offen ist. Gestatten wir uns zum guten Ende dennoch einen längeren Seitenblick in Dr. Medingers amtlichen Mess- und Wirkbericht. Wörtlich resümiert er: »Brachte man hingegen einen von Herrn Franz Gabriel informationstechnisch behandelten Chip aus dem gleichen Material an, setzte sofort eine messbare und einem Kristallisationsprozess vergleichbare Reorganisation des Feldes ein, die in Verbindung mit einer weiteren Messung nach 15minütiger Einwirkung des Mobilfunktelefons im Stand-by-Modus mit Verum-Chip als eine Art Einschwingvorgang der Feldlinien beobachtet werden konnte. Weiter zeigte sich um das geschützte Handy ein ausgeprägter diamagnetischer Effekt, der auf Superleitfähigkeit bei Raumtemperatur hindeutet und den ordnungsstiftenden Einfluss des Chips auf das magnetische Feld untermauert.« – Soviel amtlich. Mit »Verum-Chip« ist hier der Gabriel-Chip im Gegensatz zu einer »unbehandelten« Folie gleicher Art gemeint. Doch zurück zur Sache, zum Resümee.

Wie alledem physikalisch-biologisch auch sei: Wenn wir annehmen, dass durch die zahlreichen, bei Gabriel veröffentlichten, äußerst positiven Kundenerfahrungen²⁷ und durch andere Effekte eine heilsame Wirkung vom Aufkleber ausgeht, die viele empfinden können, so sei ihnen das von Herzen gegönnt. Schaden tut das Pickerl²⁸ sicher nicht.

Dipl.-Ing. Fritz Jörn, freier Journalist, Bonn

Fußnoten

- ¹ http://www.gabriel-tech.de/tech_cms/presse/aktuelle_meldungen/entstoerung_bauer.php
- ² <http://www.gabriel-tech.de/>
- ³ Einzelpackung Handy (Euro 29,95): http://www.gabriel-tech.de/tech_cms/Produkte/gabriel_chips/handy.php und an vielen anderen Orten wie http://www.michaelsverlag.de/index.php?action=liste&pg_id=3
- ⁴ http://www.gabriel-tech.de/tech_cms/Produkte/produkteueberblick.php
- ⁵ http://www.gabriel-tech.de/tech_cms/Basiswissen/Gabriel_Chip/53_Chip_herstellung.php
- ⁶ Frankfurter Allgemeine Zeitung, Technik und Motor, 1.7.2003: »Humbug auf hoher Ebene. Purer Unfug: Der Gabriel-Chip als »Handy-Strahlen-Neutralisierer.«, <http://www.joern.de/Gabriel.pdf>
- ⁷ Schreiben vom 6. 10. 2003 von Rechtsanwalt Michael Walter, Frankfurt am Main, an Fritz Jörn, den Autor des Artikels (www.Joern.De/GabrielggJoern.pdf)
- ⁸ Österreichisches Patent AT 409 930 B über eine »Anordnung und [ein] Verfahren zur Beeinflussung von metallischen oder Metallpulver oder Metallpigmente enthaltenden Folien beziehungsweise Blättchen«. Zur Patentsuche (nur Titelblatt): <http://depatis.net.dpma.de>, deutsche Fahne, Einsteigerrecherche, dann in der Suchanfrage im ersten Feld der Veröffentlichungsnummer aus dem Klappenmenü z. B. AT wählen, im breiten Feld die Patentnummer ohne Leerstelle eingeben, z. B. 409930 oder 397346, und schon die »Recherche starten«, anschließend PDF-Datei anzeigen lassen.
- ⁹ Franz Xaver Gruber (1787 - 1863)
- ¹⁰ http://www.gabriel-forschung.de/tech_cms/gabriel_tech_tour/tour_3.htm
- ¹¹ <http://gutenberg.spiegel.de/grimm/maerchen/dornroes.htm>
- ¹² http://www.gabriel-tech.de/tech_cms/Basiswissen/Gabriel_Chip/53_Chip_herstellung.php
- ¹³ <http://www.joern.de/Gabrielwie.htm>
- ¹⁴ http://www.maerchen.bodendiek.de/maerchen?id=43_0_1_0_C
- ¹⁵ Aus einem Options-Brief an das europäische Parlament über »die psychologischen und umweltrelevanten Auswirkungen nichtionisierender elektromagnetischer Strahlung« auf <http://www.voak.at/frames/artikel.php?artikel=stoa> und http://www.europarl.eu.int/stoa/publi/pdf/summaries/00-07-03sum_de.pdf
- ¹⁶ <http://home.tiscalinet.ch/biografien/biografien/galen.htm>
- ¹⁷ »Wo Goethe die Newton'sche Lehre von der Brechbarkeit des Lichts kritisierte, befand er sich in allen Punkten im Irrtum. Seine physikalischen Theorien zur Erklärung der Farbenvielfalt sind falsch.« <http://www.goethes-farbenlehre.com/>
- ¹⁸ http://gutenberg.spiegel.de/shakespr/hamlet1_Druckversion_hamlet.htm
- ¹⁹ Gegenstimme: <http://www.handywellen.de/canvas.html?klitzing.htm&2> Eigene Aussage: <http://www.rhein-sieg-kreis.de/rhein-sieg-kreis/kreisverw/umwelt/elektrosmog/Tagungsband-8.pdf>
- ²⁰ wörtlich so im Schreiben Walter an Jörn, s. o. und www.Joern.De/GabrielggJoern.pdf
- ²¹ http://www.gabriel-tech.de/tech_cms/presse/aktuelle_meldungen/matrix_empfehlung.php : »Die fertigen Ergebnisse liegen voraussichtlich Ende Mai vor und werden auf dieser Webseite und in der Presse umfassend veröffentlicht.«
- ²² Dr. Klitzing: »... Und dann das Thema »Reproduzierbarkeit«: Kein Wissenschaftler wird Versuche exakt wiederholen, da er Gefahr läuft, dasselbe herauszubekommen, was dann natürlich nicht publikationsfähig ist. ...« <http://www.rhein-sieg-kreis.de/rhein-sieg-kreis/kreisverw/umwelt/elektrosmog/Tagungsband-8.pdf> Seite 5
- ²³ Vergleiche dazu auf <http://f27.parsimony.net/cgi-bin/topic-indent.cgi?Nummer=67168&ThreadNummer=3319> die Diskussion um Placebo-Effekte im Zusammenhang mit Mobilfunk
- ²⁴ <http://www.grander-technologie.com/de/>
- ²⁵ Aus der Zusammenfassung auf Seite 6 des Berichts vom 20. Dezember 2002 über die »Magnetfeld-Rastermessung« am 18.12.2002«, Dr. Walter Medinger, Neues Rathaus, Amt für Natur- und Umweltschutz, Zimmer 1115, Hauptstraße 1-5, A-4041 Linz, +43-70-7070-2690, Walter.Medinger@mag.Linz.At http://www.gabriel-tech.de/tech_cms/Downloads/Amtliche_Pruefung.pdf (über http://www.gabriel-tech.de/tech_cms/Basiswissen/Gabriel_Chip/55_wirknachweise.php)
- ²⁶ Laut http://www.gabriel-tech.de/tech_cms/Basiswissen/physik.php ist er eine »Koryphäe der theoretischen Physik und Biophysik im Bereich der Ordnungszustände in Feldern und lebenden Organismen. Weitere Positionen: Umweltschutz-Sonderbeauftragter für die EU-Osterweiterung, Vorstandsmitglied im intern. Klimabündnis europäischer Städte, Mitglied und Arbeitsgruppenvorsitzender des österreichischen Normungsinstituts sowie Berater des österreichischen Parlaments.
- ²⁷ http://www.gabriel-tech.de/tech_cms/news/kundenstimmen.php
- ²⁸ österreichischer Ausdruck für einen Aufkleber, meist für die erfolgte Kfz-Überprüfung nach § 57 a, seltener für die Autobahn-Vignette.



Ist Essen aus der Mikrowelle ungesund?



Regina Reichardt

Zusammenfassung

In diesem Beitrag soll die Frage geklärt werden, ob und – falls ja – warum Essen aus der Mikrowelle ungesund sein könnte. Dabei wird sowohl auf die Verminderung von für den menschlichen Körper wertvollen Nährstoffen eingegangen als auch auf ein mögliches Überleben schädlicher Salmonellen, Listerien etc. Nach Betrachtung von Kochgeschirr und Mikrowellengerät selbst hinsichtlich möglicher negativer Ausdünstungen und Leckstrahlung spiegelt sich das Ergebnis schließlich in der Schlussbetrachtung wider.

Eine Einführung in die Begriffe

Zunächst zum besseren Verständnis ein kleiner Exkurs, wie ein Mikrowellenofen, oder kurz Mikrowelle genannt, überhaupt funktioniert.

Die Mikrowelle ist eine der großen Erfindungen des 20. Jahrhunderts. In zig Millionen Haushalten findet sich solch ein Gerät. Die Mikrowelle ist praktisch, weil sie sehr schnell arbeitet und gleichzeitig sehr effizient ist im Hinblick auf ihren Energieverbrauch: sie erwärmt nur die Speisen, nicht aber die Gefäße, in denen sich die Speisen befinden. Die Geräte werden mit Leistungen zwischen 500 und 1100 Watt angeboten, wobei bei jedem Gerät diverse Leistungsstufen für die einzelnen Garvorgänge gewählt werden können. Dabei werden aber stets Mikrowellen mit größter Leistung erzeugt, die bei kleineren Stufen jedoch zeitlich gepulst sind und so im zeitlichen Mittel für weniger Erwärmung sorgen.

Wie der Name schon vermuten lässt, gelangen bei dieser Garmethode Mikrowellen zum Einsatz. Sie werden von einem Klystron innerhalb des Geräts erzeugt, liegen bei Frequenzen um 2,45 Gigahertz (GHz) und

haben die interessante Eigenschaft, von Wasser, Fett und Zucker absorbiert zu werden. Dabei versetzen sie die einzelnen Moleküle in Schwingungen und es entsteht (Reibungs-)Wärme respektive Hitze. Andererseits werden diese Wellen nicht von Plastik, Glas oder Keramik absorbiert, weshalb sich diese Materialien auch nicht erwärmen. Luft ist ebenfalls für diese Wellen durchlässig, so dass sich die Temperatur im Innern einer Mikrowelle ebenfalls nicht verändern wird. Metall reflektiert Mikrowellen und ist daher nicht geeignet für den Gebrauch in einem solchen Gerät.

Oft hört man, Mikrowellen erhitzen die Speisen von innen nach außen. Aber was bedeutet das?

Will man einen Kuchen in einem herkömmlichen Ofen backen, dann verwendet man eine Temperatur um die 220 Grad Celsius. Würde man eine höhere wählen, wie beispielsweise 350 Grad Celsius, dann würde der Kuchen außen schnell verbrennen, während innen der Teig noch roh wäre. In einem herkömmlichen Backofen gelangt nämlich die Hitze ganz langsam von außen nach innen in die Mitte des Teiges. Zudem bewirkt die trockene heiße Luft im Ofen, dass sich eine knusprige Außenhülle bildet, während die Feuchtigkeit innen und so das Innere saftig bleibt – abhängig von der Länge der Backzeit.

In der Mikrowelle findet dagegen keine Erhitzung von außen nach innen statt; hier durchdringen die Wellen die Speisen und damit ist auch die Wärme entsprechend verteilt. Optimiert wird dieser Prozess durch den Drehteller, der durch langsame Rotation für eine gleichmäßige Durchdringung der Wellen sorgen soll. Die Ausnahme: Durch Interferenzen können sogenannte „hot spots“ entstehen, winzige extrem heiße Stellen, ebenso wie natürlich entsprechend „cool spots“, nicht erhitzte Punkte. Da die Temperatur in einem Mikrowellengerät auch im Betrieb gleich der Umgebungstemperatur ist, wird sich so natürlich keine „Kruste“ bilden und Feuchtigkeit kann nach außen „diffundieren“.

Was versteht man unter dem Begriff „ungesund“?

Bedeutet **ungesund**, dass die Nahrungsmittel nach dem Garvorgang weniger oder gar keine Vitamine, Antioxidantien oder sonstige für den menschlichen

Organismus wertvolle Stoffe enthalten? Oder heißt es, dass schädliche Stoffe weniger oder nicht abgebaut bzw. zerstört werden oder sich vielleicht Stoffe, die die Gesundheit beeinträchtigen können, erst durch die Art des Garvorgangs bilden? Oder können die elektromagnetischen Wellen der Mikrowelle während des Garvorgangs das Essen so verändern, dass nicht nur eine Veränderung der Zellen der Nahrungsmittel eintreten kann, sondern – dadurch bedingt – gegebenenfalls sogar eine Veränderung der Zellen von derjenigen Person, die dieses Nahrungsmittel zu sich nimmt? Ist dann, so die weiterführende Frage dazu, diese Beeinträchtigung nur vorübergehend, ist sie dauerhaft oder bewirkt sie gar eine Veränderung der Gene? Das alles soll im folgenden betrachtet werden.


Untersuchen wir die einzelnen Aspekte der Reihe nach:

1. Kann das Garen mit der Mikrowelle Inhaltsstoffe abbauen, die für den menschlichen Organismus wertvoll sind?

Wissenschaftler vom CEBAS-CSIC-Forschungsinstitut der Universität Murcia in Spanien fanden heraus, dass Mikrowellenherde Nährstoffe in Nahrungsmitteln, insbesondere die so genannten **Antioxidantien**, zerstören können. Wie der *New Scientist* in seiner Ausgabe vom 25. Oktober 2003 schrieb, sei das Garen mit Wasserdampf in einem Dampfkochtopf bei weitem die gesündeste Art, um Gemüse zu kochen – und der Mikrowellenofen die schlechteste.

Es gibt drei Typen von Antioxidantien: die Flavonoide, die Derivate der Kaffeoylchinasäure und die so genannten Sinapinsäuren (auch bekannt als Vitamine A,C,E, Folsäure etc.). Antioxidantien können schädliche Stoffe, die sogenannten freien Radikale, auffangen und dadurch einen Überschuss der Moleküle verhindern, die unerwünschte chemische Reaktionen hervorrufen können. Sie kommen in Ballaststoffen und vielen Obst- und Gemüsesorten vor, wie beispielsweise Broccoli, Paprika und Tomaten. Aber auch: **„Kräuter enthalten ungewöhnlich viele Antioxidantien.“**

Kräuter verleihen Speisen nicht nur die gewisse Würze, sondern sie enthalten auch ungewöhnlich viele Antioxidantien und sind deshalb sehr gesund.



Im Frühjahr 2002 untersuchten Wei Zheng und Shioh Y. Wang vom U.S. Department of Agriculture in Beltsville, USA, 39 verschiedene Kräuter auf ihren Gehalt an Antioxidantien. Das Pizzagewürz Oregano schnitt bei ihrer Untersuchung am besten ab, es hatte die höchste antioxidative Aktivität der untersuchten Gewürze. Ihre Studie haben die Forscher im Journal of Agricultural and Food Chemistry veröffentlicht (Vol. 49, S. 5165).

Die antioxidative Wirkung von Oregano ist auch im Vergleich zu Früchten oder Gemüsen, die ebenfalls für ihren hohen Gehalt an Antioxidantien bekannt sind, überragend. Oregano hat eine 42 mal höhere antioxidative Wirkung als Äpfel, eine 30 mal höhere als Kartoffeln und eine 4 mal höhere als Blaubeeren. „Ein Esslöffel Oregano enthält dieselbe Menge an Antioxidantien wie ein mittelgroßer Apfel.“ erläuterte Wang. Aber auch andere Kräuter wie Dill, Pfefferminze, Thymian oder Basilikum haben einen vergleichsweise hohen Gehalt an Antioxidantien.

Die genauen Hintergründe der oft tödlichen Mangelkrankheit bei Kleinkindern, **Kwashiorkor** genannt, sind jetzt aufgeklärt. Nach Meinung eines US-Forscherteams ist der Mangel an Antioxidantien in der Nahrung für die Krankheit der Kinder verantwortlich. Zur Zeit sind weltweit etwa 40 Millionen Kinder betroffen – vor allem in den Dritte-Welt-Ländern.

Wissenschaftler der University of Florida (UF) und der Washington University hatten laut ihrem Bericht im Journal of Pediatrics Urinproben von Kleinkindern aus Malawi untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass Kinder mit Kwashiorkor einen sehr hohen Anteil an Indikatoren für so genannten oxidativen Stress in sich trugen, verursacht durch einen Mangel an Antioxidantien. Dies führt dazu, dass gesunde Zellen im Körper zerstört werden und die Abwehrkräfte nachlassen.

Es ist, so die Forscher, eine extreme Form der Fehlernährung, bei der die Kinder zum einen psychisch betroffen sind – sie werden reizbar, lethargisch oder apathisch. Zum anderen bekommen die Kinder große Wundstellen auf der Haut und einen aufgeblähten Bauch. Die davor schützenden Antioxidantien sind Substanzen, die eine Schädigung der Zellen durch freie Sauerstoffradikale verhindern.

Das spanische Forscherteam um Cristina Garcia-Viguera hatte nun die verbleibenden Nährstoffe – im Blickpunkt standen insbesondere die Antioxidantien – in Broccoli verglichen, nachdem das Gemüse entweder im Dampfkochtopf, in kochendem Wasser, im Wasserbad oder in der Mikrowelle gegart worden war. Der Wasserdampf des Dampfkochtopfs beeinträchtigte die krebshemmenden Antioxidantien nur wenig, während der Mikrowellenherd sie fast vollkommen eliminierte. Wasserbad und herkömmlicher Kochtopf bauten beide deutlich weniger Antioxidantien ab als die Mikrowelle.

In Zahlen ausgedrückt liest sich das folgendermaßen: Beim schonenden Garen über heißem Dampf verringern sich die Antioxidantien nur geringfügig – um genau zu sein: um 11 Prozent der Flavonoide und um 8 Prozent der Derivate der Kaffeoylchinasäure – die Sinapinsäuren bleiben vollständig erhalten. Im Gegensatz dazu treten bei den anderen beiden Garvarianten große Mengen der Antioxidantien in das Kochwasser aus, weshalb das Gemüse nach dem Wasserbad bzw. dem Garen im Kochtopf nur noch 20 bis 45 Prozent der in rohem Broccoli enthaltenen Antioxidantien aufweist. Bei der Mikrowelle verbleiben dagegen nur noch etwa 3 bis 25 Prozent, je nach Typ: „Die Mikrowelle kann bis zu 97 Prozent der Flavonoide, 87 Prozent der Derivate der Kaffeoylchinasäure und 74 Prozent der Sinapinsäuren abbauen.“

Im Kochwasser werden diese Stoffe dann durch die starke Hitzeeinwirkung nochmals drastisch reduziert. Wird das Kochwasser anschließend nicht mit verwendet und weg geschüttet, geht auch der verbliebene Rest dieser Stoffe dem menschlichen Organismus unwiderruflich verloren.

Nicht vergessen werden darf auch in diesem Zusammenhang der Hinweis, dass in der Mikrowelle meist Fertiggerichte und/oder eingefrorene Speisen zubereitet werden. Das Forscherteam hatte zu letzterem eine weitere Untersuchung vorgenommen: Gemüse, das vor dem Gefrieren grundsätzlich blanchiert wird, um Konsistenz und Farbe zu behalten, verliert im Schnitt dadurch allein schon ein Drittel seiner Antioxidantien: Karotten, Erbsen und Broccoli etwa 30 Prozent an Vitamin C, während grüne Bohnen bei 10 Prozent und Spinat bei 40 Prozent lagen. Bei letztere-

rem kommen nochmals 40 Prozent Verlust an Kalium und 70 Prozent an Folsäure hinzu. Der Gefriervorgang selbst baut zusätzlich – allerdings in geringerem Maße – Antioxidantien ab (bei Spinat sind es dennoch etwa 30 Prozent an Folsäure).

Nun kann man sich leicht ausrechnen, was für den menschlichen Organismus an wertvollen Stoffen übrig bleibt, wenn Broccoli – erst blanchiert und tiefgefroren und anschließend in der Mikrowelle erhitzt – auf den Tisch kommt.

Dass Muttermilch nicht in der Mikrowelle erwärmt werden soll, ist verbreitete Lehrmeinung. Eine bereits 1992 publizierte Studie der Stanford Universität analysierte die im Mikrowellenofen erwärmte Muttermilch und kam zu dem Schluss, dass diese dann ihre Fähigkeit verliert, Infektionen zu bekämpfen. Außerdem würde sie sich extrem schnell zersetzen und so könnten sich Escherichia Coli-Bakterien (Darmbakterien) bilden.

Die Forscher schrieben: „Unsere Forschungserkenntnisse zeigen, dass die Mikrowelle kein geeignetes Kochinstrument für Muttermilch ist, da sie einen signifikanten Verlust der das Immunsystem stärkenden Stoffe zur Folge hat.“

Auch das Forschungsinstitut für Kinderernährung in Dortmund weist darauf hin. Begründet wird dies einerseits mit der Tatsache, dass durch die Mikrowelle so genannte „hot spots“ entstehen, einzelne Hitzeherde, deren Temperatur nicht mehr kontrollierbar ist. So könnten dem Kleinkind Verbrennungen in Mundhöhle und Speiseröhre zugefügt werden, da diese Hitzespots nach außen nicht merkbar sind, was sich aber durch ausreichendes Schütteln verhindern ließe. Andererseits – und das ist das Entscheidende – gehen schon bei Temperaturen zwischen 30 und 50 Grad Celsius wertvolle Enzyme und Inhaltsstoffe verloren, die insbesondere für die Immunabwehr des Kindes von großer Bedeutung sind.

Experten raten daher generell von einem Aufwärmen der Muttermilch ab, empfehlen aber für Ausnahmen die so genannten Flaschenwärmer mit Thermostat, bei denen eine Überhitzung ausgeschlossen ist.

Damit wird klar, dass das Essen aus der Mikrowelle weniger gesund ist als das Garen über heißem Dampf.


Einerseits, weil hierbei durch die Art des Garvorgangs wesentlich mehr Antioxidantien verloren gehen. Andererseits und mittelbar, weil oftmals Nahrungsmittel – z. B. fertigvorgegart und/oder tiefgefroren – verwendet werden, die von vorne herein weniger der gesundheitsfördernden Stoffe enthalten. Die Erwärmung von Muttermilch sollte völlig ausgeschlossen werden, da hier zusätzlich noch Stoffe zur Immunabwehr zerstört werden und sich gleichzeitig vermehrt Bakterien bilden können.

2. Werden schädliche Stoffe weniger oder gar nicht abgebaut oder bilden sich gar neue durch das Garen in der Mikrowelle?

Die Mikrowelle gart Lebensmittel und Speisen nicht ganz gleichmäßig aufgrund der schon zu Anfang erwähnten Interferenzen. Die sogenannten „Cool Spots“, punktförmige Bereiche, die nicht oder nicht ausreichend erhitzt werden konnten, können somit zu einem Rückzugsplatz für **Bakterien, Listerien** oder **Salmonellen** werden, wenn aufgewärmte, gefrorene oder aufgetaute Lebensmittel zum Einsatz kommen oder solche, die nicht sachgemäß gelagert wurden. Diese nicht abgetöteten Mikroorganismen vermehren sich dann explosionsartig, sollte das Essen anschließend ungekühlt aufbewahrt werden, und können so die Gesundheit des Menschen stark beeinträchtigen (aus „Spoiled“ von Nichols Fox, Jahrbuch 1997).

„Vorsicht bei Geflügel aus der Mikrowelle“ rät auch die Stiftung Warentest in ihrem Heft test 3/2000. Potenzielle Krankheitserreger wie Listerien und Salmonellen können in Geflügel, das in der Mikrowelle gegart wurde, überleben. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung rät deshalb von mikrowellengegarten Hähnchen & Co. ab. Auch das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz empfiehlt Verbrauchern, die im Umgang mit der schnellen Welle ungeübt sind, Geflügel, Hackfleisch und Eierspeisen besser im Backofen oder auf der Herdplatte zuzubereiten.

Listerien kommen besonders in Rohmilchprodukten und rohem Fleisch vor. Sie können speziell bei Personen mit geschwächtem Immunsystem Fieber, Durchfall, sogar Hirnhautentzündungen und Fehlgeburten verursachen. Amerikanische Forscher ließen frische, listerienbefallene Hähnchen in der Mikrowelle garen.



In mehr als der Hälfte der Proben waren danach weiterhin Listerien nachweisbar – unabhängig von Wattzahl, Garraumgröße oder Drehteller. Normalerweise töten Gartemperaturen über 70 Grad Celsius solche Bakterien ab, aber die mikrowellenspezifische ungleichmäßige Erwärmung der Lebensmittel ermöglicht ein Überleben der Keime. Fisch, Hühnchen oder Eier sollten daher grundsätzlich nicht in der Mikrowelle zubereitet werden, insbesondere, wenn sie nicht frisch ihre Verwendung finden.

Tipp für die Mikrowelle: Damit die Lebensmittel durch und durch auf die nötigen Temperaturen von mehr als 70 Grad Celsius kommen, sind längere Garzeiten bei kleinerer Leistungsstufe besser als kurze Garzeiten bei hoher Wattzahl, am besten mit einem zugeschaltetem Grill. Lassen Sie das Lebensmittel danach noch einige Minuten im Gerät stehen, damit sich die Temperaturen im Inneren ausgleichen können. Gefrorene Speisen müssen vor dem Garen komplett aufgetaut sein (am schonendsten im Kühlschrank), damit sie innen genug erhitzt werden können.

Dabei ist nicht zu vergessen: Mit dem gleichen Problem wird man auch konfrontiert, wenn man diese Speisen mit herkömmlichen Methoden zu kurz oder nicht ausreichend heiß werden und durchgaren lässt. Dies haben Mediziner der bakteriologischen Abteilung des Royal Hallamshire Hospital, Sheffield, UK, schon Anfang 1995 nachgewiesen und in ihrem Bericht „Das Überleben von Salmonellen bei in der Mikrowelle gekochten Eiern“ publiziert (J. Hosp. Infect. 1995 Feb;29(2):121-7). Zunächst stellten sie fest, dass bei dieser Garmethode eine ganze Reihe von bakteriellen Infekten auftritt. Die Forscher untersuchten genau die Überlebenschancen von Salmonellen in künstlich kontaminierten Eiern im Vergleich zwischen zwei bekannten Garmethoden: Kochtopf und Mikrowelle. Dabei wurden sechs Typen von Salmonellen aus verschiedenen Impfkulturen verwendet. Die Eier wurden so gekocht, dass das Eigelb noch weich war. Das Ergebnis:

„Salmonellen überleben in weichgekochten Eiern, unabhängig davon, um welchen Typ von Salmonellen bzw. welche Impfkultur es sich handelt und welche Garmethode benutzt wird.“

Das Überleben dieser Organismen stand außerdem in direktem Verhältnis zu der Zahl der Organismen, die ursprünglich im rohen Ei vorhanden waren. Waren die Eier jedoch hart, d.h. entsprechend durchgekocht, konnten keine Erreger mehr auffindig gemacht werden. So kamen sie zu der wichtigen Erkenntnis: Nicht die Mikrowelle war schuld daran, dass es zu Salmonellenausbreitung kam, sondern die Tatsache, dass erstens die Eier infiziert und zweitens innen noch weich und damit nicht genügend erhitzt waren, um die schon vorhandenen Mikroorganismen abzutöten. Eine weitere potentielle Gesundheitsbeeinträchtigung wird in den durch die Mikrowelle hervorgerufenen hohen Temperaturen gesehen. Gerade Flüssigkeiten werden in der Mikrowelle sehr schnell sehr heiß und „beinhalten“ dabei noch die zu Anfang erwähnten „Hot Spots“. Werden diese Flüssigkeiten dann schnell getrunken, können sie zu Verbrennungen der Speiseröhre führen und damit zu Schmerzen, bzw. auf Dauer die Magenschleimhaut schädigen. Im „New England Journal of Medicine“ vom 13. August 1998 hatten sich verschiedene Ärzte zu dem Thema geäußert. Wasser kann in der Mikrowelle hochehitzt werden – ohne Anzeichen von Blasenbildung. Wenn dann aber das die Flüssigkeit enthaltende Gefäß, z. B. eine Tasse, bewegt wird, können sich diese Blasen explosionsartig bilden und zu Verbrennungen führen. Zum Schutz davor empfiehlt Ann Landers in „The Daily Progress“, Charlottesville/Virginia, vom 12. Juli 2002, einen Holzstift oder – löffel in das Gefäß zu stellen oder einfach 30 Sekunden zu warten, bevor man die Tasse der Mikrowelle entnimmt. Auch sollte man anschließend nicht Hand oder Gesicht direkt über die Tasse halten.

Was besagen die vorangegangenen Beispiele? Nicht die Mikrowelle an sich ist hier für die gesundheitsschädigenden Auswirkungen verantwortlich zu machen, sondern der unüberlegte oder unvorsichtige Gebrauch eines neuen Gargerätes. In jedem Fall sollten aus Gesundheitsgründen daher stets die Benutzerhinweise des Herstellers und natürlich die hygienischen Grundregeln beachtet werden.

In einigen Studien zum Thema „Mikrowelle und die Qualität der Speisen“ hat man sich auch mit der

Frage beschäftigt, inwieweit schädliche Stoffe durch die Mikrowelle ausgelöst oder erzeugt werden können. Dabei ist natürlich ein wichtiger Punkt das **Material des Kochgeschirrs**. Andererseits sind auch die Verpackungen, mit denen die Nahrungsmittel umgeben sind und in denen sie teilweise auch in der Mikrowelle zubereitet werden, nicht außer acht zu lassen.

Verpackungen oder Kochgeschirr aus Plastik können beim Erhitzen in der Mikrowelle insbesondere in Verbindung mit Fett schmelzen oder/und dabei gegebenenfalls enthaltene Weichmacher, Dioxine oder andere giftige Bestandteile an die Speisen abgeben. So wird Plastikgeschirr teilweise mit bleihaltigen Farben hergestellt. Dieses Blei kann beim Erhitzen austreten und in die Nahrungsmittel übergehen. Abhängig ist die Menge des austretenden Bleis dabei vom pH-Wert der Speisen, der verwendeten Hitze bzw. Leistung (in Watt) und der Dauer des Garvorgangs, wie die Forscher D. Inthorn, O. Lertsupochavanich, S. Silapanuntakul, D. Sujirarat und B. Intaraprasong des Department of Environmental Health Sciences der Fakultät „Public Health“ der Mahidol Universität in Bangkok/Thailand Ende 2002 feststellten.

Auch wenn ein Hersteller die Zubereitung in der Verpackung vorgesehen hat, sollte man diese dennoch nur für ein kurzes Erwärmen nutzen. Diverse Verbraucherschutzorganisationen (u.a. niedergelegt im Ver-

braucherreport zum Garen in der Mikrowelle, Health Newsletter, Juni 2001) empfehlen deshalb: „Für das richtige Garen in der Mikrowelle sind Gefäße aus hitzebeständigem Glas zu verwenden.“


Andererseits wird beim Garen mit der Mikrowelle das krebserregende Benzpyren vermieden, das entsteht, wenn beim herkömmlichen Garvorgang die Kruste zu dunkel ausfällt bzw. wenn Speisen am heißen Topfboden „anbrennen“.

Stoffe, die von der Mikrowelle selbst neu „gebildet“ werden und die die Gesundheit schädigen, gibt es keine. Oftmals wird in diesem Zusammenhang jedoch von Strahlung und ihren gesundheitsbeeinträchtigenden Eigenschaften gesprochen. Darauf soll im nächsten Kapitel eingegangen werden.

3. Können elektromagnetische Wellen das Essen „verstrahlen“ und/oder nach außen dringen und durch ihr Feld die Gesundheit des Menschen beeinträchtigen?

Wie das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) mitteilt, ist in seriösen Versuchen und Forschungen kein einziger Hinweis auf eine Schädigung von Gewebe oder Zellen der Personen gefunden worden, die in der Mikrowelle zubereitete Nahrung zu sich genommen hatten. Auch aktuelle Untersuchungen seriöser Wissenschaftler lassen keine Hinweise auf irgendwelche Schädigungen erkennen.





Um Missverständnisse zu vermeiden, gleich vorweg: „Nahrungsmittel, die in der Mikrowelle zubereitet werden, werden dadurch nicht verstrahlt!“, wie leider immer wieder fälschlicherweise behauptet wird. Wenn das Gerät ausgeschaltet ist, gibt es auch keine Mikrowellen mehr – weder innerhalb des Geräts noch im Essen selbst. Vergleichen kann man dies mit dem sichtbaren Licht: ist der Schalter auf AUS, dann bleibt auch kein Licht zurück. So ist auch die Geschichte von der Strahlung, die durch das Garen in der Mikrowelle ins Essen eindringt, dort verbleibt und dann durch den Essvorgang in den Magen gelangt, um von hier aus gesundheitliche Schäden auszulösen, nichts weiter als eine Geschichte und physikalisch weder begründbar noch möglich.

Im niederländischen TNO Nutrition and Food Research Institute in Zeist unternahm im April 1995 D. Jonker und HP. Til folgende Untersuchung: Sie fütterten 10 männliche und 10 weibliche Wistar-Ratten mit für Menschen vorgesehenen diätischen Lebensmitteln. Dabei wurde ein Teil der Nahrung im konventionellen Ofen erhitzt, das Futter der anderen in der Mikrowelle zubereitet. Beide „Futterarten“ wurden anschließend gefriergetrocknet, granuliert und mit entsprechenden Vitaminen und Mineralstoffen angereichert. Nun teilte man die Ratten in zwei Gruppen, denen man das unterschiedlich zubereitete Futter dreizehn Wochen lang reichte. Eine vollständige Untersuchung der Ratten, insbesondere hinsichtlich Wachstum, Vermehrung, Knochendichte, Gendefekten, Blutinhaltsstoffen etc., ergab keinerlei Hinweis auf irgendwelche Unterschiede bezüglich der verwendeten Garmethoden.

Auch das Bundesamt für Strahlenschutz hat sich zu diesem Thema geäußert: Nach heutigem Erkenntnisstand kommt es zu keinen gesundheitlich bedenklichen Veränderungen in Lebensmitteln durch Mikrowellenbehandlung. Sowohl hinsichtlich des ernährungsphysiologischen Wertes als auch der hygienischen Qualität der erhitzten Lebensmittel ist vor allem die Sorgfalt bei der Zubereitung und Erhitzung entscheidend. Die Herstellerhinweise zum Garen von Speisen in Mikrowellengeräten sollten deshalb unbedingt beachtet werden.

Auch die Frage, ob Mikrowellen aus dem Gerät austreten und dann Personen, die sich in der Nähe aufhalten, schädigen können, wird des öfteren gestellt. Dabei muss zunächst verdeutlicht werden, dass es keine Wellen gibt, weder im Gerät noch außerhalb des Gerätes, wenn das Gerät selbst nicht eingeschaltet ist.

Auch die Anmerkung „Nehmen sie das Gerät nicht in Betrieb, wenn es leer ist“ ist keine Warnung, dass die Wellen dann nach außen treten, sondern dient lediglich dem Schutz des Gerätes, da durch unerwünschte Reflexion – aufgrund des fehlenden Gargutes – das Klystron zerstört werden könnte.

Die ICNIRP (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection) hatte 1998 eine entsprechende Richtlinie veröffentlicht, die sich auf die sog. Leckstrahlung bezieht. Verschiedene Länder, wie auch die Internationale Elektrotechnik Kommission (IEC), das Internationale Komitee zur Elektromagnetischen Sicherheit (ICES), der IEEE und das europäische Komitee für elektrotechnische Standards (CENELEC) haben hierfür einen Grenzwert von 50 Watt pro m² festgelegt, der an keinem Punkt außerhalb von 5 cm der Gehäuseoberfläche der Mikrowelle überschritten werden sollte.

„Sorgen um gesundheitsschädliche Wirkungen durch eine Leckstrahlung sind unbegründet. Sie liegt um das Tausendfache unter dem Grenzwert!“ bestätigt das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), nachdem es umfangreiche und repräsentative Messungen an Mikrowellengeräten durchgeführt hat. Bei allen Geräten trat zwar in der Umgebung der Sichtblende und der Türen Leckstrahlung auf; sie war jedoch stets äußerst gering. An den üblichen Aufenthaltsorten in der Umgebung von Mikrowellengeräten liegt die (gerade noch) erfassbare Strahlung um mehr als das Tausendfache unter den gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerten. Gesundheitsgefahren gehen daher von intakten Geräten nicht aus.

4. Schlussbetrachtung

Die Betrachtung der unterschiedlichen Aspekte zum Thema „Ist Essen aus der Mikrowelle ungesund?“ kann man folgendermaßen zusammenfassen.

Kritische Aus Thesen

Essen aus der Mikrowelle ist nicht gesund, weil

- oftmals minderwertige und vorgefertigte Speisen wie auch tiefgefrorene Nahrungsmittel verwendet werden, die aufgrund dessen allein schon weniger an „gesunden“ Inhaltsstoffen enthalten und
- Speisen in der Mikrowelle durch die Art des Garvorgangs einen großen Verlust an wichtigen Antioxidantien erleiden.

Die Mikrowelle ist aber nicht schädlich, da

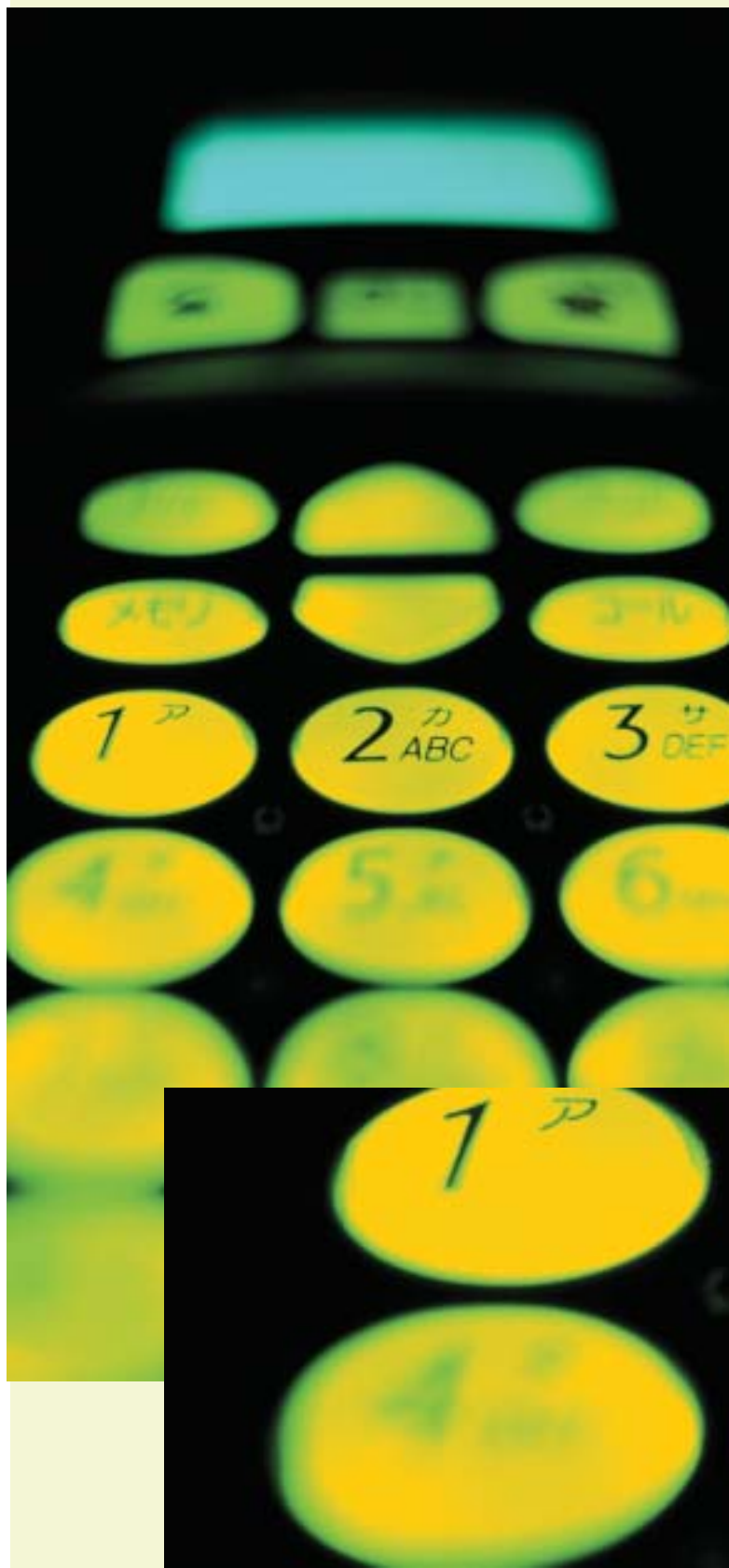
- keine Mikrowellen nach außen dringen bzw. eine eventuell vorhandene Leckstrahlung weit unter den Grenzwerten liegt und
- sie nach dem heutigen Stand der Wissenschaft und Forschung die Nahrungsmittel weder radioaktiv werden lässt noch sie so verändert, dass die Gesundheit des Menschen beeinträchtigt wird.

Hält man sich an die üblichen Hygienegrundregeln und Herstellerhinweise, sind auch Gefahren wie Vergiftung (falsches Kochgut), Salmonellenerkrankungen u.ä. (nicht genügend durchgegart) bzw. Verbrennungen (unvorsichtige Vorgehensweise) auszuschließen, zumal sie bei anderen Garmethoden ebenso passieren können.

Dipl.-Ing. Regina Reichardt, Forschungsgemeinschaft Funk, Bonn

Literatur/Quellen

- Stiftung Warentest, test 10/2002: www.warentest.de
- Uni Bonn, Zweig Ernährungswissenschaften, „Gesundes Essen“: <http://www.ehw.uni-bonn.de>
- Forschungsinstitut für Kinderernährung in Dortmund, „Muttermilch“: <http://www.fke-do.de>
- Deutsches Ernährungsberatungs- und Informationsnetz: <http://www.ernaehrung.de>
- Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, „Ernährung und Hygiene“: <http://www.bfa-ernaehrung.de>
- BFS, „Sind Mikrowellengeräte gefährlich?“: www.bfs.de
- Bfe: <http://www.bfa-ernaehrung.de/Bfe-Deutsch/Information/ehlm06/irradiat.htm>
- WHO, Regional Office for Europe, „12 steps to healthy eating“: http://www.who.int/health_topics/en
- „Mikrowellenöfen zerstören Antioxidantien“: <http://www.wissenschaft.de/wissen/news/231069.html>
- „Microwave Cooking“: <http://www.xpressnet.com/bhealthy/microwave.htm>
- „Veggies Lose Antioxidants in the Microwave“: <http://www.non.ch/News/HSN/515591.htm>
- June Russel, „June Russel's Health Facts; Microwaves“: <http://www.jrussellshealth.com/microwaves.html>
- Nicols Fox, „Spoiled“, Jahrbuch 1997; Toxic Environment Program 97-08-31-B; <http://www.wpr.org/book/970831b.htm#segment%201>
- Medizin – 14.12.2000; „Mangel an Antioxidantien Ursache von Kwashiorkor“; [University of Florida \(UF\)/Washington University](http://www.universityofflorida.edu/WashingtonUniversity); Bericht im *Journal of Pediatrics*
- Wei Zheng, W. und Wang, S. Y., U.S. Department of Agriculture in Beltsville, USA, „Herbs“-Studie im *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 2002
- Leitgeb, Norbert: „Machen elektromagnetische Felder krank?“, ISBN 3-211-83420-6 Springer Verlag Wien New York, 1990
- Ramesh, M.N., Wolf, W., Tevini, D., Bognár, A.: „Microwave Blanching of Vegetables“, *Journal of Food Science* – Vol. 67, Nr. 1, 2002



einandersetzung mit den von Bo Sernelius

Kenneth R. Foster

Wie wirken Mobilfunkfelder im Organismus? Dies ist eine theoretische Frage von weitreichender praktischer Bedeutung. Über Mechanismen, durch die Hochfrequenzfelder (HF-Felder) zu biologischen Wirkungen führen könnten, haben schon viele Wissenschaftler spekuliert (vgl. in jüngster Zeit z. B. J. Silny 2000), ohne dass Mechanismen biologischer Wirkungen bei niedrigen Expositionswerten, wie in der drahtlosen Kommunikation üblich, etabliert werden konnten. Zwei neue wissenschaftliche Studien stellen dieses Thema erneut auf den Prüfstand.

Die erste Studie, verfasst von dem Physiochemiker Bo Sernelius (Universität Linköping, Schweden), erschien, begleitet von großem Medienrummel, Anfang 2004 im Internet. Auf vielen Websites von Aktivisten wird die Studie jetzt als ein weiterer Beleg der Schädlichkeit von HF Energie angeführt.

Sernelius stellte Berechnungen zu interzellulären Kräften an, den so genannten Dispersionskräften. Dabei errechnete er einen starken Anstieg um elf Größenordnungen dieser in der Regel schwach ausgebildeten Kräfte unter dem Einfluss von Handy-Strahlung, was dem Verhältnis zwischen der Größe eines Menschen und dem Abstand zwischen Erde und Sonne entspricht. Unter normalen Umständen sind die zwischen Zellen wirksamen Dispersionskräfte nicht signifikant. Sernelius behauptet nun, die unter dem Einfluss von Handy-Strahlung entstehenden Dispersionskräfte reichten aus, um die Zellen verklumpen zu lassen, und könnten so möglicherweise zu biologischen Wirkungen führen.



„Man kann natürlicherweise davon ausgehen, dass es möglich ist, die Kräfte zwischen Objekten in Lösungen mit hohem Wassergehalt durch elektromagnetische Wellen des Mikrowellenspektrums zu beeinflussen. Dieser Frequenzbereich aber ist zufällig auch der, den Handys verwenden.“

„Das brachte mich auf die Idee zu untersuchen, auf welche Weise die zwischen zwei Blutzellen wirksamen Kräfte durch die Strahlung von Handys beeinflusst werden.“ Interview mit Bo E. Sernelius. <http://www.rsc.org/is/journals/current/pccp/Sernelius.htm>



Diese Theorie weist allerdings eine entscheidende Schwachstelle auf, wie der Physiker Robert Adair aus Yale in einem bisher unveröffentlichten Brief an die Zeitschrift klarstellt. Dispersionskräfte entstehen aus der Interaktion zwischen den sehr kleinen Dipolmomenten, die sich spontan aus der Bewegung der Elektronen in Partikeln ergeben. Die Bewegung der Elektronen ist außerdem verantwortlich für die schwarze Körperstrahlung (die bei Temperaturen über dem absoluten Nullpunkt von aller Materie freigesetzt wird). Daher besteht ein Zusammenhang zwischen den Dispersionskräften zwischen Partikeln und der ausgesandten schwarzen Körperstrahlung.

In seinen Berechnungen hatte Sernelius die reguläre schwarze Körperstrahlung einer Zelle durch „Mobiltelefonstrahlung“ ersetzt, d.h. er ging praktisch davon aus, dass die Zellen bei 850 MHz und bei einer Intensität ähnlich der, die Handys im Gewebe erzeugen, Energie aussenden. Wie Adair zeigt, sind solche Felder aus externen Quellen nicht in der Lage, Kräfte von der Stärke zu induzieren, die Sernelius voraussetzt. Experimente haben klare Anhaltspunkte dafür geliefert, dass elektrische Felder zwar interzellulär wirksame Kräfte induzieren, jedoch bei 850 MHz sehr stark sein müssten, um wahrnehmbare Bewegungen in den Zellen auszulösen (Foster 1992, 2000).

Eine andere theoretische Studie über Interaktionsmechanismen erschien im Oktober 2003 im *European Biophysics Journal*. Die Autoren, A. Budi and Mitarbeiter, stellen ein Modell zur Beschreibung der Bewegung von Atomen in einem Insulinmolekül vor. „Kurzzeitiger thermischer Stress“ wurde über 2 Nanosekunden durch die (numerische) Erhöhung der Temperatur um 100° C erzeugt. Die Berechnungen ergaben signifikante thermisch induzierte Veränderungen im Molekül. Längst nicht so klar ist allerdings, was dies für die biologischen Wirkungen gepulster Mikrowellenenergie bedeutet. Nicht einmal HF-Experten sind in der Lage, Sender zu bauen, die in so kurzer Zeit im biologischen Präparat derart hohe Temperaturanstiege erzeugen können.

Die Interaktionsmechanismen zwischen HF-Feldern und biologischen Systemen sind seit vielen Jahren Gegenstand der Forschung. Eine Vielzahl von Me-

chanismen, durch die solche Felder potenziell biologische Wirkungen erzeugen könnten, wurde etabliert. Allerdings sind sehr hohe Feldstärken Voraussetzung für die Erzeugung sichtbarer Effekte, weit oberhalb von Feldstärken, die zu einer schädlichen Erwärmung führen. Theorien, die den Anspruch erheben, die Mechanismen niederfrequenter Feldwirkungen zu erklären, sind entweder technisch fehlerhaft (Sernelius) oder erfordern sehr hohe Expositionswerte (Budi et al.).

Zu welchem Zweck beschäftigt man sich aber eigentlich mit den Mechanismen, die in der Interaktion zwischen HF-Feldern und Gewebe wirksam werden? In der Praxis werden Gesundheitsrisiken basierend auf den Daten beurteilt, die aus Human- und Tierstudien gewonnen wurden. Nur in seltenen Fällen, wenn überhaupt, sind die mit Risiken in Zusammenhang stehenden molekularen Mechanismen bekannt.

Wenn die Gesundheitsorganisationen auch zögern, ein potenzielles Risiko auszuschließen, nur weil die Mechanismen nicht bekannt sind, so brauchen wir doch ein gewisses Verständnis der Mechanismen, um Voraussagen über möglicherweise schädliche Expositionsbedingungen zu treffen. Dies ist besonders wichtig im Umgang mit der HF-Energie, die bei der Verwendung etlicher Frequenzbereiche, Modulations-eigenschaften und Intensitäten produziert wird. Von den Gesundheitsorganisationen ist zu erfahren, dass viele „nicht-thermische“ Effekte von HF-Feldern gefunden wurden, d.h. in erster Linie nicht auf eine bloße Erhöhung der Temperatur zurückzuführende Effekte. Allerdings wissen wir noch zu wenig, um diese Daten zur Festlegung von Sicherheitsempfehlungen zu nutzen.

Nach vielen Jahren der Forschung und etlichen Studien zu diesem Thema ist eine Vielzahl von Mechanismen der Interaktion zwischen HF-Feldern und biologischen Systemen dokumentiert. Die relevanten Grenzwerte (wie die der ICNIRP) basieren auf der Vermeidung exzessiver Erwärmung von Gewebe, einem thermischen Mechanismus. Ebenso wurde eine Vielzahl nicht-thermischer Mechanismen identifiziert (Foster 2002), doch setzen diese im Allgemeinen sehr starke Felder weit oberhalb der geltenden Limitierungen voraus, um erfassbare Wirkungen zu erzeugen.

„Unser Ziel ist die Etablierung von Methoden zur Untersuchung molekularer Mechanismen proteinstruktureller und energetischer Veränderungen, die auf externen Stress in Verbindung mit nichtionisierender Strahlung zurückgehen. Hierzu verwenden wir eine Kombination experimenteller and theoretischer Ansätze.“

Aus A. Budi, S. Legge, H. Treutlein, I Yarovsky (2004) Effect of external stresses on protein conformation: a computer modelling study. *European Biophys. J.* 33: 121-129.

Andererseits ist das Fehlen plausibler Mechanismen der Interaktion schwacher Feldwirkungen Grund genug, die Gültigkeit experimenteller Daten zu solchen Wirkungen sorgfältig zu prüfen. Viele der berichteten Effekte verschwinden bei näherer Betrachtung, was nahe legt, dass es sich um Artefakte handelt.

Die Suche nach Mechanismen niederenergetischer Wirkungen geht derweil weiter, so dass regelmäßig neue Faktoren in Betracht gezogen werden müssen.

Kenneth R. Foster ist Professor für Bioingenieurwissenschaft an der University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, USA.

Literatur

- J. Silny (1999) Wie wirken Mobilfunkfelder im Organismus?, FGF Newsletter, Dez. 1999
- B. E. Sernelius (2004), Possible induced enhancement of dispersion forces by cellular phones, *J. Phys. Chem. Chem. Phys.* 6: 1363-1368.
- R. K. Adair (submitted to *J. Phys. Chem. Chem. Phys.*) Comments on a Calculation by Sernelius of the Enhancement of Dispersive Forces by the Presence of Endogenous Fields
- K. R. Foster, F. A. Sauer, and H. P. Schwan (1992). Electro-rotation and levitation of cells and colloidal particles, *Biophysical J.* 63: 180-190.
- A. Budi, S. Legge, H. Treutlein, I Yarovsky (2004) Effect of external stresses on protein conformation: a computer modelling study. *European Biophys. J.* 33: 121-129.
- K. R. Foster (2000) Thermal and nonthermal mechanisms of interaction of radiofrequency energy with biological systems, *IEEE Trans. Plasma Science* 28: 17-23.

Neues aus der Wissenschaft

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

Roland Glaser

Vor Jahren waren von einer Arbeitsgruppe der Universität Freiburg Untersuchungen publiziert worden, wonach die Nutzung von Mobiltelefonen zu einer Erhöhung des Blutdrucks führt (Braune et al., Lancet. 351, 1857.1998). Diese Arbeit wurde in der Folge methodisch kritisiert (Reid et al., Lancet. 352, 576.1998), was die Autoren veranlasste, nach vergeblichen Versuchen einer Reproduktion, die Ergebnisse zurückzuziehen (Radiat. Res. **158**, 352-356. 2002. Siehe auch: „Neues aus der Wissenschaft“ in **11 (1)**, 2003, S.: 30-33). Unter Bezug auf diese Publikationen und die trotzdem andauernden Irritationen in der Bevölkerung, wurden kürzlich im Universitäts-Hospital in Kuopio (Finnland) in Kooperation mit Physikern und Technikern aus Helsinki und Turku gründliche Untersuchungen an 32 Probanden beiderlei Geschlechts der Altersgruppe von 23-55 Jahren in dieser Richtung durchgeführt. Diese, als Doppelblind-Studie angelegte Untersuchung berücksichtigt neben Schein-Expositionen die Frequenzen von 900 und 1800 MHz, emittiert durch Mobiltelefone der Firma Nokia, die an Helmen fixiert waren. Mit Hilfe von Phantom-Messungen wurden dabei maximale SAR-Werte von 1,58 W/kg (900 MHz) bzw. 0,70 W/kg (1800 MHz) erreicht. In einem umfangreichen Testprogramm, das verschiedene Atem-Rhythmen einschloss, wurden Blutdruck und Herzfrequenz der Probanden gemessen. Es konnten mit hoher Sicherheit keinerlei Einflüsse der HF-Felder auf diese Parameter gefunden werden. (Tahvanainen,


K. Nino J. Halonen P. Kuusela T. Laitinen T. Länsimies E. Hartikainen J. Hietanen M. Lindholm H.: Cellular phone use does not acutely affect blood pressure or heart rate of humans. Bioelectromagnetics.; **25**, 73-83 2004).

Im Jahre 1994 berichteten Lai, Horita und Guy über Verhaltensexperimente an Ratten, wobei sie fanden, dass eine Befeldung mit 2450 MHz (2 ms Pulse, 500 pps, 1 mW/cm², mittl. Körper SAR 0.6 W/kg) zu einer Beeinflussung der Lernfähigkeit führt (Bioelectromagnetics **15**, 95-104). Eine Reihe von Studien anderer Autoren konnte dieses Ergebnis nicht bestätigen, jedoch wichen die jeweils verwendeten Frequenzen und Intensitäten von denen der Gruppe um Lai ab. Ein direkter Vergleich war somit gar nicht möglich. Nun liegt eine Publikation vor, in welcher die Versuche von Lai et al. möglichst genau wiederholt wurden. Mit gleichen Feldern und in einem Labyrinth gleicher Konstruktion mussten die Ratten nach Befeldung lernen, das Futter zu suchen. Im Gegensatz zu den Experimenten von Lai et al. konnte jedoch keine Beeinflussung durch das elektromagnetische Feld beobachtet werden. Lag dies vielleicht daran, dass im Unterschied zu Lai's Experimenten hier auf eine Holz-Konstruktion des Labyrinths zugunsten einer Kunststoff-Variante verzichtet wurde? Man hat damit den Einfluss von Duftmarken verhindert, welche die Tiere setzen könn-




chaft

ten (Cobb, B. L., Jauchem, J. R., and Adair, E. R.: Radial arm maze performance of rats following repeated low level microwave radiation exposure. *Bioelectromagnetics* **25**, 49-57. 2004).



Zwei voneinander unabhängige Experimente zur Frage möglicher Krebs-Promotion durch 900 MHz-GSM-Felder zeigen zwar keinen Effekt, werfen jedoch ein bezeichnendes Licht auf die Problematik derartiger Experimente. Bei Sprague-Dawley-Ratten wurden durch Verfütterung des Kanzerogens DMBA Mama-Karzinome erzeugt. Die bereits in verschiedenen ähnlichen Untersuchungen gestellte Frage lautete: Beeinflussen HF-Felder in Intensitäten um und über den für Menschen geltenden Grenzwert das Wachstum oder die Expression dieser Tumore? In beiden zeitlich aufeinander folgenden Experimenten wurden jeweils 64 Tiere in Gruppen zu je 16 aufgeteilt, von denen eine Gruppe als Kontrolle diente, während die anderen drei im Verlaufe von 9 Wochen täglich zwei Stunden befeldet wurden. Drei Wochen nach Ende der Befeldung, also in der 12. Woche des Experiments, wurden die Tiere getötet und histologisch untersucht. Man hatte zuvor ermittelt, dass nach dem t-Test die Gruppengröße ausreichen müsste, um mit 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit einen Effekt nachweisen zu können, wenn er >35% Abweichung von der Kontrolle ergäbe. Prinzipiell zeigte keiner der Versuche eine derartige Abweichung, weder im Zeitablauf der Tumorentstehung, noch in deren Anzahl oder Größe. Interessant und vielleicht bezeichnend für derartige Versuche ist jedoch, dass die beiden Versuche durchaus unterschiedlich verliefen. Während das erste Experiment eine geringe Steigerung der Tumorzinzidenz bei 1,4 W/kg, weniger bei 2,2 W/kg und keinen Effekt bei 3,5 W/kg zeigte, wiederholte sich dieser Effekt im zweiten Experiment nicht. Im Gegenteil, vernachlässigt man die Statistik, könnte man sogar von einem Schutzeffekt der Befeldung sprechen. Die Au-

toren führen diese Unterschiede auf die hochgradige Abhängigkeit des untersuchten Prozesses von vielen biologischen Parametern zurück, die sich trotz aller Versuche zur Standardisierung nicht ausschließen lassen. Dies sollte eine Warnung sein an alle, die einer formalen Statistik zu viel Wert beimessen (abgesehen von der Frage, ob der t-Test für diesen Fall tatsächlich geeignet ist!). (Anane, R.; Dulou, P. E.; Taxile, M.; Geffard, M.; Crespeau, F. L., and Veyret, B.: Effects of GSM-900 microwaves on DMBA-induced mammary gland tumors in female Sprague-Dawley rats. *Radiation Research* **160**, 492-497.2003).



Eine mögliche Einwirkung hochfrequenter Felder auf das Immunsystem kann sowohl an Lymphozyten-Kulturen *in vitro* als auch *in vivo* im Tierversuch untersucht werden. Experimente an isolierten Lymphozyten schalten natürlich verschiedene Mechanismen möglicher Reparaturen aus, über die der Organismus als Ganzes verfügt. Aus diesen Gründen untersuchte eine italienische Gruppe von Toxikologen mögliche Veränderungen des Immunsystems von Mäusen nach 1, 2 und 4 Wochen Befeldung (900 MHz GSM, 2 Stunden/Tag, Ganzkörper SAR: 1 bzw. 2 W/kg). Weder die Anzahl der Milz-Zellen noch das Verhältnis von B- zu T-Lymphozyten änderte sich bei dieser Behandlung. Sowohl bei 1 als auch bei 2 W/kg konnte nach einer Woche Exposition eine geringe, wenn auch signifikante (t-Test: $p > 0,01$) Erhöhung der Cytokin-Produktion (Ifng) ermittelt werden, die jedoch nach 2 und 4 Wochen Befeldung nicht mehr nachweisbar war. Diese Reaktion ist vergleichbar jener, die durch einen Schock der Tiere entstehen würde; ein Verschwinden könnte auf einen Gewöhnungseffekt hindeuten. Was den Schock verursacht ist unklar, denn auch die Kontrolltiere wurden den räumlichen Zwängen einer Schein-Befeldung unterzogen (sollten vielleicht Wärme-Rezeptoren der Tiere unter Feldeinfluss aktiviert worden sein?). Die Toxikologen schätzen diesen Effekt je-

doch nicht als gesundheitsschädlich ein und kommen zu dem Schluss, dass die Befeldung insgesamt ohne klinische Relevanz sei (Gatta, L., Pinto, R., Ubaldi, V., Pace, L., Galloni, P., Lovisolo, G. A., Marino, C., and Pioli, C.: Effects of in vivo exposure to GSM-modulated 900 MHz radiation on mouse peripheral lymphocytes. *Radiation Research* **160**, 600-605. 2003).



In letzter Zeit rücken Millimeter-Wellen und ihre mögliche biologische Wirksamkeit stärker in den Blickpunkt des Interesses sowohl aus medizinischer Sicht, als auch aus Gründen des Strahlenschutzes. Eine chinesische Arbeitsgruppe widmet sich der Fragestellung, inwieweit eine Befeldung mit 30,16 GHz (1 und 3,5 mW/cm²) Einfluss auf die Zell-Zell-Kommunikation durch so genannte Gap-Junctions hat. Bekanntlich beruht die ungehemmte Vermehrung von Krebszellen u.a. auf der Störung dieses Kommunikations-Systems zwischen benachbarten Zellen. Krebserregende Substanzen, wie das TPA (Tetradecano-Phorbol-Acetat) so wird vermutet, entfalten ihre Wirkung durch die Blockierung dieses Zellkontaktes. Die Experimente an Kulturen von Hautzellen (Keratinocyten) zeigen keinen Einfluss der Felder auf die Verteilung von Fluoreszenzfarbstoff in der Kultur, scheinen jedoch die durch TPA hervorgerufene Hemmung der Zell-Zell-Kommunikation bis zu einem gewissen Grad aufheben zu können. Die Autoren sehen darin einen möglichen Einsatz der Millimeter-Wellen in der Krebstherapie (Chen, Q., Zeng, Q. L., Lu, D. Q., and Chiang, H.: Millimeter wave exposure reverses TPA suppression of gap junction intercellular communication in HaCaT human keratinocytes. *Bioelectromagnetics* **25**, 1-4. 2004).





Aus der Universität Turku (Finland) kam im Jahre 2000 die Mitteilung, dass die Hochfrequenzfelder eines Handys während der Erfüllung von Aufgaben im Psychotest von Probanden die EEG-Signale im Alpha-Frequenzbereich signifikant verändern (Krause et al.: *Neuroreport* **11**, 761, Intern. J. Rad. Biol. **76**, 1659). Diese Resultate versuchten die Autoren in einer neuen Studie zu replizieren, wobei sie im Unterschied zu den früheren Untersuchungen doppel-blind Experimente durchführten. Die Probanden (24 Personen beiderlei Geschlechts, mittleres Alter: 24,3 ± 8,1 Jahre)


wurden durch ein am Kopf befestigtes Mobiltelefon mit 902 MHz befeldet (Nokia 6110, 217Hz gepulst, 0,25W, SAR 0,878 W/kg auf 1 g bezogen). Ihnen wurden im Verlaufe von 1,5 Sekunden 4 finnische Verben genannt. Nach einer Pause von 2 s folgte ein weiteres Verb. Sie mussten entscheiden, ob das später genannte Verb in der Liste der vier zuvor genannten enthalten war. Während der etwa einstündigen Testzeit mussten die Probanden 192 dieser Proben über sich ergehen lassen, wobei jeweils die Hälfte der Zeit das Feld eingeschaltet war. Generell konnte eine Erhöhung der Fehl-Antworten unter Feld-Einfluss festgestellt werden (19,1 ± 4,2 gegen 6,3 ± 3,1, p<0,001), im Gegensatz zu den früheren Versuchen, in denen eine Erhöhung der Vigilanz unter Feldeinfluss ermittelt wurde. Auch die EEG-Einflüsse konnten nicht reproduziert werden. Lediglich im Theta-Band wurde eine leichte Veränderung festgestellt. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass der Einfluss hochfrequenter Felder auf das EEG und Psychotests variabel und aus unbekanntem Gründen nicht leicht zu reproduzieren sei (Krause, C. M., Haarala, C., Sillanmaki, L., Koivisto, M., Alanko, K., Revonsuo, A., Laine, M., and Hamalainen, H.: Effects of electromagnetic field emitted by cellular phones on the EEG during an auditory memory task. A double blind replication study. *Bioelectromagnetics* **25**, 33-40. 2004).



Wird durch Exposition mit GSM-modulierten 900 MHz bzw. 1800 MHz-Feldern die Hormonproduktion in der Hypophyse beeinflusst? Ändert sich die Melatonin-Produktion im Pineal-Organ? Dieser viel diskutierten Frage ging erneut eine Gruppe ungarischer Kollegen nach, indem sie in mehreren Wiederholungen Experimente mit Ratten durchführten, die im Verlaufe von zwei Wochen jeweils 2 Stunden am Tag befeldet wurden. Als Intensitäten wurden die in Ungarn gültigen Grenzwerte verwendet (0,1 mW/cm² für 900 MHz und 0,02 mW/cm² für 1800 MHz). Abgesehen von einem deutlichen Anstieg der Melatonin-Konzentration im Urin nach dem ersten Versuchs-Tag, gleichermaßen bei exponierten und schein-exponierten Tieren, wahrscheinlich stressbedingt, konnten keine Unterschiede gefunden werden (Bakos, J.; Kubinyi, G.; Sinay, H., and Thuroczy, G: GSM modulated radiofrequency radiation does not affect 6-sulfatoxymelatonin excretion of rats. *Bioelectromagnetics* **24**, 531-534. 2003).





Ginkgo-Blatt Extrakte gegen Handy-Schäden? Eine türkische Arbeitsgruppe glaubt dies aus Experimenten an 9-11 Ratten pro Gruppe, befeldet durch Handys (900 MHz, geschätzter SAR am Kopf 2 W/kg, 1 Stunde/Tag, 7 Tage) zu schließen. Verschiedene in den Ginkgo-Blättern enthaltene Substanzen sollen die durch die Felder entstehenden reaktiven Sauerstoff-Radikale (ROS) binden (Ilhan, A.; Gurel, A.; Armutcu, F.; Kamisli, S.; Iraz, M.; Akyol, O., and Ozen, S.: Ginkgo biloba prevents mobile phone-induced oxidative stress in rat brain. *Clinica Chimica Acta.* **340**, 153-162. 2004).



Eine Gruppe von Immunologen, Genetikern, Zellphysiologen und Molekularbiologen aus Instituten von Bologna, Pisa und Rom haben einen ersten Bericht über Experimente vorgelegt, die, durch mehrere Projekte gesponsert, noch im Gang sind. Dabei geht es um die Wirkung schwacher kontinuierlicher 900 MHz-Felder auf Wachstum, Proliferation und Apoptose kultivierter Leukämie-Zellen (CCRF-CEM). Diese wurden in einer TEM-Zelle einem Feld von 24 mW/m² ausgesetzt, was zu einem SAR-Wert innerhalb der Kulturen von <1 mW/kg führte. Temperaturmessungen sowie Kontrollexperimente mit Vergleichen außerhalb und innerhalb der nicht eingeschalteten TEM-Zelle sicherten die Ergebnisse gegen Wärme- und andere Fehl-Effekte ab. Nach 24 Stunden Kulturzeit im Feld zeigte sich eine signifikante Verminderung der Proliferation bzw. der Überlebensfähigkeit (eine Unklarheit, die sich leider aus dem Widerspruch zwischen der Koordinaten-Beschriftung „Cell Viability“ und der Legende „Proliferation index“ der Abb. 3 ergibt). Genauere Analysen zeigen, dass bereits nach 2 Stunden Exposition ein Anstieg der Apoptose-Aktivität einsetzt, der zu einem DNA-Abbau führt. Das dadurch verursachte Auftreten von DNA-Fragmenten wiederum scheint das Signal für eine Wachstumshemmung und die Aktivierung von pro-Apoptose-Genen zu sein. Die Arbeit beinhaltet somit eine interessante Einsicht in den Ablauf von Prozessen der Zell-Regulation unter dem Einfluss relativ schwacher HF-Felder. Man darf gespannt sein auf die weiteren Resultate dieses Projektes und insbesondere auf sicher dadurch angeregte Versuche, die Ergebnisse von unabhängiger Seite zu reproduzieren (Marinelli, F.; LaSala, D.; Ciccotti, G.; Cattini, L.; Trimarchi, C.; Putti, S.; Zamparelli, A.; Giuliani,

L.; Tomassetti, G., and Cinti, C.: Exposure to 900 MHz electromagnetic field induces an unbalance between pro-apoptotic and pro-survival signals in T-lymphoblastoid leukemia CCRF-CEM cells. *J. Cell. Physiol.*; **198**, 324-332. 2004; Korrektur einer Seite im gleichen Heft, Seite 479).



Es liegen vorläufige Ergebnisse einer australischen Studie über EEG-Messungen bei Handy-Nutzung vor. In einer Pilotstudie an 12 Probanden wurde untersucht, inwieweit nach 30-60 Minuten Exposition durch das Feld eines an der rechten Seite am Kopf befestigten Nokia 6110-Telefons Änderungen von akustisch evozierten Potentialen im EEG messbar sind (geschätzter SAR-Wert im Kopf 0,87 W/kg). Gleichzeitig wurde die Reaktionsgeschwindigkeit auf akustische Signale gemessen. Den Versuchspersonen nannte man stochastisch gewürfelt in schneller Folge die Zahlen von 0 bis 9. Bei „sechs“ mussten sie auf einen Knopf drücken. Die durch den Stimulus evozierten Potentiale, abgeleitet an verschiedenen Stellen des Kopfes, wurden hinsichtlich Amplitude und Zeit nach erfolgtem Stimulus ausgewertet. Es zeigte sich eine Beschleunigung der Reizaufnahme (entsprechend dem 100 ms-Signal), aber eine offenbar verlangsamte Verarbeitung des Reizes (300 ms-Signal). Diese Änderungen traten jedoch nur bei Ableitungen an derjenigen Seite des Schädels auf, an der das Handy befestigt war, und abgeschwächt noch in den Ableitungen in der Mitte des Kopfes. Die Autoren werten diese Reaktionen nicht als Gefahr für den normalen Handy-Nutzer, lagen doch Befeldungs-Dauer und -Intensität in dieser Studie über den Durchschnittswerten. Sie diskutieren ausführlich, weshalb ihre Daten denen anderer Autoren (Hladký, Freude, Jech, Koivisto) offensichtlich widersprechen. Einmal glauben sie, dass in den meisten Experimenten ihrer Kollegen die Expositionszeit zu gering war, eventuell auch die Intensität, zum anderen könnte die biologische Variabilität die Ursache für diese Differenzen sein. In diesem Zusammenhang verweisen sie auf die Fortsetzung ihrer Untersuchungen (Hamblin, D. L.; Wood, A. W.; Croft, R. J., and Stough, C.: Examining the effects of electromagnetic fields emitted by GSM mobile phones on human event-related potentials and performance during an auditory task. *Clinical Neurophysiology* **115**,171-178. 2004).



Internationaler NIR Workshop & Symposium in Sevilla

Vom 20. bis 22. Mai 2004 trafen sich mehr als 200 international anerkannte Fachleute aller Fachrichtungen der nichtionisierenden Strahlung bei dem von der ICNIRP und WHO in Zusammenarbeit mit URSI (Union Radio-Scientifique Internationale) und ICOH (International Commission on Occupational Health) durchgeführten Workshop. Themenschwerpunkte waren u. a. Dosimetrie, Interaktionsmechanismen, biologische und gesundheitliche Effekte, Standards und Schutzmaßnahmen aus allen Bereichen der nichtionisierenden Strahlung, vom statischen Feld bis zur ultravioletten Strahlung. Zu den Highlights gehörten die Diskussionen über die ICNIRP-Philosophie zum Schutz vor NIR, die Programme der WHO, Vorsorgeprinzipien sowie medizinische Aspekte nichtionisierender Strahlung. Der Tagungsband auf CD kann unter info@icnirp.org angefordert werden.

„miniWatt“ zeigt Konzept zur Expositionsminimierung

Das im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) durchgeführte Projekt „miniWatt“ gibt Hinweise, wie die elektromagnetische Exposition trotz wachsender Mobilkommunikation auch in der Zukunft auf dem heutigen Niveau gehalten werden kann. Dafür wurden alternative Funksysteme mit minimaler Strahlungsleistungsdichte im mobil verwendeten Rundfunk, Mobilfunk und anderen drahtlosen Netzen untersucht. Durch die Beteiligung von acht Universitäten, drei Industrieunternehmen, vier mittelstän-

dischen Unternehmen sowie einem Fraunhoferinstitut wurde das Thema „Strahlungsreduzierung“ erstmals intensiver durch einen bundesweiten Kreis von Experten durchleuchtet.

Zu dem Projekt hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) als Projektträger für das BMBF eine Broschüre herausgegeben, die kostenlos bestellt oder im Internet heruntergeladen werden kann (http://www.pt-dlr.de/PT-DLR/kt/miniwatt_broschue_re.pdf).

IEE veröffentlicht Positionspapier 2004 zu schwachen elektromagnetischen Feldern

In ihrem aktuellen Positionspapier vom Mai 2004 kommt die IEE, Europas größte Ingenieursvereinigung, zu dem Schluss, dass nach der Auswertung von über 800 Studien aus den Jahren 2002 und 2003 keine Beweise für gesundheitsschädigende Wirkungen schwacher elektromagnetischer Felder im Frequenzbereich bis 300 GHz vorliegen. Die kumulierten Erkenntnisse der letzten 20 Jahre deuten darauf hin, dass eine Existenz schädlicher Gesundheitseffekte unwahrscheinlich ist. Trotz des geringen Risikos befürwortet IEE weitere Forschungen, um offene Fragen in der Zukunft zu klären.

http://www.iee.org/Policy/Areas/BioEffects/POSTAT_02final.pdf

Ratgeber Technik informiert über Schutz vor Elektrosmog

In der ARD-Ratgebersendung vom 18.04.2004 ließ der NDR durch eine Schulklasse im Physikleistungskurs verschiedene Schutzprodukte testen, mit denen die Handystrahlung deutlich verringert werden soll. Unterstützt wurden sie dabei von Dr. Cornelia Baldermann vom Bundesamt für Strahlenschutz und von Professor Jürgen Detlefsen, Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik an der TU München. Mit Hilfe eines Phantom-Messkopfes prüften die Schüler die versprochenen Schutzwirkungen von unterschiedlichen Chips, Filzen, Ferritkernen usw. Die Ergebnisse waren insgesamt niederschmetternd: Eine Verminderung der gemessenen SAR-Werte wurde (fast) gar nicht festgestellt, in einem Fall

stieg sogar der Messwert. Fazit von Detlefsen: „Wenn irgendwas ein bisschen eine Wirkung hätte, dann würde man vielleicht seriös argumentieren – die Strahlung kann gemindert werden. Aber hier wird immer gesagt, sie wird völlig beseitigt. Die negativen Anteile werden in positive verwandelt und so etwas wirkt in hohem Maße unseriös und ist auch unseriös.“

http://www.ndrtv.de/ratgebertechnik/themen/20040418_elektrosmog.htm

NRPB befürwortet Einführung internationaler Richtlinien

Das britische National Radiological Protection Board (NRPB) befürwortet in seiner Pressemitteilung vom März 2004, die ICNIRP-Richtlinien zur Begrenzung elektromagnetischer Felder zwischen 0-300 GHz in Großbritannien einzuführen und damit die bisher geltenden Grenzwerte abzusenken. Dies geschieht unter Berücksichtigung der Auswertungen der unabhängigen Advisory Group on Non-ionising Radiation (AG-NIR), nach deren letzter Stellungnahme vom Januar 2004 weder von Mobiltelefonen noch von Mobilfunkanlagen gesundheitliche Beeinträchtigungen zu befürchten sind. Mit dieser Empfehlung will das NRPB die britischen Grenzwerte internationalen Empfehlungen angleichen und dem Vorsorgegedanken Rechnung tragen.

Praktisch hat die Einführung der ICNIRP-Richtlinien keine Auswirkungen, da bereits im Jahr 2002 eine entsprechende Empfehlung herausgegeben und auf freiwilliger Basis eingehalten wurde.

http://www.nrpb.org/press/press_releases/2004/press_release_5_04.htm

Mobilfunkbetreiber legen Rechenschaftsbericht zur Selbstverpflichtung vor

Im März 2004 haben die Mobilfunkbetreiber ihren zweiten Rechenschaftsbericht vorgelegt. Die Gutachter, das Beratungsunternehmen B.A.U.M. Consult und das Deutsche Institut für Urbanistik, ziehen in ihrem Bericht eine positive Bilanz. Im Gutachten wurden alle Aspekte der Selbstverpflichtung – Kommunikation und Partizipation, Verbraucherschutz, Forschungs-

förderung und EMF-Monitoring – beleuchtet. Die Gutachter stellten fest, dass die Netzbetreiber auch im Jahr 2003 ihre Zusagen gewissenhaft erfüllt haben. Bei den Fragen der Standortsuche für Mobilfunkbasisstationen bescheinigen die Gutachter den Mobilfunkbetreibern und Kommunen ein hohes Maß an Kooperations- und Konsensbereitschaft.

Der Rechenschaftsbericht 2003 ist unter <http://www.izmf.de> verfügbar; die Pressemitteilung des Bundeswirtschaftsministeriums unter <http://www.bmwi.de>.

IZMF startet Schulprojekt Mobilfunk

Wie können mobilfunkrelevante Themen für den Unterricht aufbereitet werden, um Schülern wichtige Kompetenzen im Umgang mit Medien und Umwelteinflüssen zu vermitteln? Diese Frage will das Informationszentrum Mobilfunk (IZMF) mit Hilfe von Unterrichtsmaterialien beantworten, die speziell für die Klassen 5 bis 8 aufbereitet wurden. Behandelt werden die Schwerpunkte „Text digital“, „Mensch und Mobilfunk“ sowie „Mensch, Medien, Umwelt“, die auf jeweils 40 Seiten Sachinformationen, Anregungen für den Unterricht, didaktische Hinweise sowie Aufgaben und Arbeitsblätter bereitstellen.



Die Unterrichtsmaterialien sind kostenlos beim Informationszentrum Mobilfunk zu beziehen und stehen als Download unter www.schulprojekt-mobilfunk.de im Internet.

Runder Tisch sorgt für mehr Transparenz

Welche Auswirkungen hat der Mobilfunk auf den Menschen und auf die Umwelt? Seit 2002 wird diese Frage unter Federführung des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) und im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms (DMF) erforscht. Jetzt hat das BfS mit dem „Runden Tisch zum Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm“ (RTDMF) zusätzlich ein unabhängiges Gremium eingerichtet, das das DMF beraten und unterstützen soll. Der RTDMF soll unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppen und Institutionen die Möglichkeit geben, sich über den Stand des Programms zu informieren und selbst Anregungen zu geben. „Wir wollen hierdurch die laufenden Forschungen zu den Wirkungen des Mobilfunks für die Bürger transparenter und nachvollziehbarer gestalten“, sagte der Präsident des BfS, Wolfram König.

Beim DMF selbst werden unter Federführung des Bundesamtes für Strahlenschutz von 2002 bis 2006 Forschungsvorhaben zur Untersuchung unterschiedlicher Aspekte des Mobilfunks vergeben. Das Programm unterstützt u.a. das internationale EMF-Projekt (Untersuchung elektromagnetischer Felder) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und wird anteilig vom Bund und den Netzbetreibern finanziert.

Forschungsschwerpunkte des DMF sind die Wirkungsmechanismen hochfrequenter Felder, Auswirkungen auf Tiere und Menschen, Erfassung der Exposition sowie Risikokommunikation.

www.bfs.de, www.deutsches-mobilfunk-forschungsprogramm.de

Veranstaltungen

Hinweise auf aktuelle Veranstaltungen finden Sie im Internet unter: <http://www.fgf.de/aktuell/veranst/index.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>

Konzeption und Redaktion:

Gerd Friedrich (verantw.),

Regina Reichardt

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. 2 – Gollnick, S. 34, 35, 36,

37, 39 – Liesenkötter, S. 31 –

Müller, alle anderen – Archiv

Erscheinungsweise:

4 x jährlich

Auflage:

4.500 Exemplare

Nachdruck und Reproduktion

erwünscht

ISSN 0949-8745