

Gerd Friedrich

6-8 September, 2001,  
Helsinki Finland

Das Marina Congress Center in Helsinki war in diesem Jahr der Veranstaltungsort für den fünften internationalen Kongress der „European BioElectromagnetics Association“ (EBEA). Vom 6. bis 8. September trafen sich 290 Wissenschaftler aus 32 Ländern, um über mögliche biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder wissenschaftlich zu diskutieren und Erfahrungen auszutauschen. Der EBEA war es gelungen, einen Kongress zu organisieren, mit Teilnehmern aus USA und Japan und sicher geographisch bedingt, waren auch viele Wissenschaftler aus Russland, der Ukraine und den baltischen Staaten angereist.

# Fifth International of the European



In fünf Plenarsitzungen, zehn Vortrags-sitzungen mit 67 Vorträgen und auf 70 Posterbeiträgen stellten Forscher aktuelle Entwicklungen und Forschungsergebnisse vor. Der Kongress beinhaltete wie üblich einige Grundsatz-Referate zur Situation länderübergreifender Forschungsprojekte, Plenarvorträge zusammenfassender Art, Kurzvorträge und Poster. Die Thematik reichte von biologischen Effekten an Einzelzellen und Geweben (in vitro-Untersuchungen), Tierversuchen (in vivo-Untersuchungen), Experimenten an Probanden und epidemiologischen Untersuchungen bis hin zu medizinischen Anwendungen.

In einer speziellen Sektion wurde über neue Vorstellungen zu Wirkungsmechanismen elektromagnetischer Felder diskutiert. Aspekte des Strahlenschutzes fanden in der Sektion zu „Risikobewertung und Kommunikation“ ihr Forum. Technische Probleme wurden in den Sektionen zur Dosimetrie und dosimetrisch kontrollierten Expositionssystemen sowie zur drahtlosen Telekommunikation diskutiert. Natürlich überstrichen die Beiträge den gesamten interessierenden Frequenzbereich bis hin zu 60 GHz Mikrowellen unter Einfluss starker statischer Magnetfelder.

## Plenar-Sitzungen

Am Anfang der Kongresstage informierten Experten über internationale Großprojekte wie das EMF-Projekt der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Dr. Mike Repacholi, der scheidende Leiter des EMF-Projekts, stellte Frau Dr. Leeka Kheifets als seine Nachfolgerin vor. In seinem Bericht mit dem Titel „Schutz der Öffentlichkeit vor elektromagnetischen Feldern“ vermeldete Repacholi erhebliche Verzögerungen im Zeitplan des internationalen EMF-Projekts. Die notwendigen experimentellen Standards, die die Basis für die Evaluierung wissenschaftlicher Arbeiten bilden sollen, konnten noch nicht erarbeitet werden. Dadurch verzögert sich die Bewertung von wissenschaftlichen Publikationen über Forschungsergebnisse aus dem Bereich der Funkfrequenzen um mindestens zwei Jahre.

Repacholi berichtete zunächst über den aktuellen Stand des WHO Projektes mit einer Laufzeit von 1996-2006. Er betonte in seinen Ausführungen, dass die wissenschaftlich fundierte Abschätzung eventueller gesundheitlicher Risiken, bedingt durch elektromagnetische Felder, eine große Aufgabe sei, der sich die WHO stelle.

Elektromagnetische Umweltverträglichkeit wird nach Repacholis Ansicht immer mehr eine politische Frage. Schließlich sei die Politik für den Schutz der Gesundheit verantwortlich. Die Wissenschaft könne nur die Grundlagen für die gesetzlichen Schutzmassnahmen liefern. Bemerkenswert ist seine Warnung vor der Einführung von Vorsorgewerten, welche die von der ICNIRP empfohlenen und von der WHO bestätigten Grenzwerte unterlaufen. Gleichzeitig plädierte er für eine verstärkte Kommunikation mit der Bevölkerung, um eine erhöhte Akzeptanz wissenschaftlicher Daten zu erreichen.

Das „Prinzip der Vorbeugung“ wurde bislang nur auf Umweltfragen angewendet. Die WHO wurde gebeten zu prüfen, ob dieses Prinzip auch für Aspekte der Gesundheit im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern heran gezogen werden kann. Somit muss nun diskutiert und entschieden werden, wann und unter welchen Bedingungen dieses Prinzip auf Gesundheitsfragen Anwendung finden kann und ob es in Einklang mit grundlegenden wissenschaftlichen Befunden steht. Der Kommentar, den die europäische Kommission im Februar 2000 herausgegeben hatte, erwies sich als nützlich bei der Bewertung des „Prinzips der Vorbeugung“.

Auf die „Grenzwertdiskussion“ ging Repacholi besonders ein. Er sieht in der Verbindung von wissenschaftlich fundierten Grenzwerten und freiwilligen Vorsichtsmaßnahmen einen geeigneten Weg, die Exposition durch elektromagnetische Felder zu verringern. Die willkürliche Übernahme von zusätzlichen „Sicherheitsfaktoren“ in die Definition von Grenzwerten, nur im Namen der Vorsicht, hält Repacholi für falsch. „Dies untergräbt die wissen-

schaftliche Basis für die Festlegung von Grenzwerten und macht die „Hunderte von Millionen“ Dollar, die für die Wissenschaft ausgegeben werden, wertlos“. Hier bezog Repacholi klar Stellung. Er sprach sich aber auch für eine stärkere Beteiligung der Öffentlichkeit an der Abschätzung von Gesundheitsrisiken aus. Durch bessere Risikokommunikation und exaktere Information soll die Öffentlichkeit Teil haben an entsprechenden Entscheidungen. Das Vertrauen der Öffentlichkeit in die Wissenschaft und in die Regierungen der einzelnen Länder muss nach Repacholis Meinung gestärkt werden.

Dr. Alastair Mc Kinley gab einen Überblick über die Arbeit der „International Commission of Non-Ionizing-Radiation-Protection“ (ICNIRP) in den letzten zehn Jahren. Besonders hob er die Richtlinien vor, die die ICNIRP 1998 mit Unterstützung der WHO erarbeitete und die heute als Basis für Grenzwerte in vielen Ländern Europas dienen.

Dr. Elizabeth Cardis, Vorsitzende der International Agency for Research on Cancer (IARC) stellte die INTERPHONE-Studie vor. An der Interphonestudie sind 14 Länder beteiligt. Ziel des Projekts ist, anhand von Bevölkerungsstudien Auskunft über den Einfluss elektromagnetischer Felder hervorgerufen durch die Benutzung von Handys auf die Häufigkeit bestimmter Tumorarten zu erhalten.

Zunächst wurde seitens der Projektplaner eine Recherche durchgeführt, die aufzeigen sollte, dass es prinzipiell möglich sein müsste, eine epidemiologische Untersuchung dieser Frage mit signifikanten Ergebnissen zu beginnen. Die Beobachtungen in den letzten Jahren ergaben, dass die Interphonestudie in Ihrer Konzeption,

Methodik und Zielsetzung durchführbar ist, da Mobiltelefone in den letzten fünf Jahren ausreichend in der Bevölkerung verbreitet gewesen sind, um Gesundheitsrisiken durch die Nutzung der Handys abschätzen zu können. Selbst Effekte, die mit geringer Häufigkeit auftreten, könnten erfasst werden.

Hauptaugenmerk wird gegenwärtig auf die Dosimetrie der Handys gelegt. Dafür schlug Frau Cardis vor, software-modifizierte Geräte (software-modified-phones, SMP) einzusetzen, die speziell von einigen Herstellern entwickelt werden. Diese Mobiltelefone können Parameter wie Ausgangsleistung oder Gesprächsdauer während eines Telefonats speichern und an wissenschaftliche Einrichtungen versenden. Die SMPs werden für einen Monat an Probanden ausgegeben, um ein repräsentatives, praxisnahes Bild vom Telefonierverhalten eines Handybenutzers aufzuzeichnen.

Auch im Zusammenhang mit der Interphonestudie wird es Verzögerungen geben. Cardis stellte fest, dass die IARC vor Abschluss der Interphonestudie keine Aussage über mögliche Zusammenhänge zwischen Funkwellen und Tumorzahlfrequenz treffen wird. Mit Statements seitens der IARC ist somit nicht wie geplant im Jahr 2004, sondern erst im Jahr 2006 zu rechnen. Erste Ergebnisse dazu wurden von Adroino et al. in der Sektion „Epidemiologie und Experimente an Probanden“ vorgestellt.

Zum ähnlichen Problem der Realisierbarkeit zuverlässiger epidemiologischer Untersuchungen über mögliche Wirkungen mobilen Telefonierens trugen Mitarbeiter des finnischen Krebs-Registers, der nationalen Strahlenschutzbehörde und des

Finnischen Instituts für Arbeitsschutz vor (Auvinen, Hietanen, Luukkonen, Koskela). Sie planen eine Studie an Hand der mehr als 500.000 in Finnland registrierten Nutzer von Mobiltelefonen. Falls es dadurch tatsächlich zu einer Erhöhung der Inzidenz von Hirntumoren käme, wäre dies nachweisbar, wenn der Signifikanz-Faktor über 1,4 läge. Beim Nachweis der feldinduzierten Induktion von Speicheldrüsen-Krebs müsste die Rate allerdings bei mehr als 2,8 liegen, um statistisch signifikant zu sein. Diese Überlegungen sind sicher beeinflusst durch die kürzlich publizierte entsprechende Untersuchung in Dänemark (Johansen, C., Boice, J. D., McLaughlin, J. K., and Olsen, J. H.: „Cellular telephones and cancer - A nationwide cohort study in Denmark“; National Cancer Institute 93 (2001) 203-207). Nähere Informationen über diese Programme enthielten die beiden in der Sektion „Epidemiologie und Experimente an Probanden“ gehaltenen Vorträge von Auvinen et al.

Über Fortschritte auf dem Gebiet von Kognition und Gedächtnis beim Menschen berichtete Dr. Shoogo Ueno von der Universität Tokyo. Bei den Untersuchungen mussten Probanden zwischen einfachen Zeichnungen, rotationssymmetrischen und spiegelbildlichen Darstellungen unterscheiden. Zudem wurde den Testpersonen räumliches Vorstellungsvermögen abverlangt; sie mussten die Abbildungen vor ihrem geistigen Auge drehen und analysieren. Dabei wurden die Aktivitätsverteilungen in drei Hirnbereichen erfasst (in der Parietalregion, der hinteren Temporalregion und im supplemetär-motorischen Areal). Die Ergebnisse zeigten Unterschiede in der Aktivierung der hinteren linken Temporalregion und der linken Parietalregion bei Verarbeitung der komplexeren Abbildungen.

Des Weiteren führte Ueno die Ergebnisse einer Studie an Ratten an. Hier sollte die Wirkung eines elektromagnetischen Felds mit der Frequenz 1,439 MHz auf das Gedächtnis von Ratten untersucht werden. Die spezifische Absorptionsrate (SAR) wur-

de für das Gehirn mit maximal 7,4 W/kg angegeben. Die durchschnittliche Ganzkörper SAR betrug bei einer Antennenleistung von sechs Watt 1,4 W/kg. Die Ratten hatten eine Orientierungs- und Erinnerungsaufgabe in einem T-Labyrinth zu lösen. Ueno und seine Kollegen konnten keine Veränderungen in der Gedächtnisleistung oder der Durchlässigkeit der Blut-Hirnschranke aufgrund der Befeldung feststellen. Ueno folgert aus seinen Ergebnissen, dass der Gebrauch von Mobiltelefonen für den Menschen sicher ist.

Dr. Lluis Mir vom CNRS-Institut Villejuif, Frankreich stellte Möglichkeiten zum therapeutischen Einsatz der Elektropermeabilisierung vor. Die Elektrochemotherapie und der nicht-virale Gentransfer sind nach Mirs Darstellung zwei Anwendungen, die in naher Zukunft eine große Bedeutung erlangen könnten. Bei der Elektropermeabilisierung werden Zellmembranen für kurze Zeit durch elektrische Impulse von einigen hundert Mikrosekunden Dauer durchlässig gemacht. Die schnelle Permeabilitätsänderung reicht aus, um Wirkstoffe in lebende Zellen einzubringen. Für die Behandlung von Tumoren wird zum Beispiel Bleomycin, eine der zur Zeit wirksamsten tumorhemmenden Verbindungen, durch Elektropermeabilisierung in Tumorzellen transferiert. 500 eingeschleuste Bleomycinmoleküle reichen aus, um eine Tumorzelle zu töten. Mehrere klinische Studien haben gezeigt, dass die Elektrochemotherapie am Menschen erfolgreich durchgeführt werden kann. Dabei wurden Bleomycin oder Cisplatinum in verschiedene Tumorarten eingeschleust.

Auch von der zweiten praktischen An-

wendung der Elektropermeabilisierung verspricht sich Mir therapeutische Erfolge. Der DNA-Elektrotransfer könnte für die Gentherapie ein wichtiges Werkzeug werden. Die elektrischen Pulse führen zu einer Permeabilisierung der Zellmembran und verbessern zum Anderen die Interaktion zwischen extrazellulärer DNA und der Zellmembran. Dies begünstigt wiederum die Aufnahme der Fremd-DNA in die Zelle. Das angelegte Feld hat noch eine weitere positive Wirkung. Da DNA-Moleküle elektrisch geladen sind, werden sie im elektrischen Feld beschleunigt. Die Internalisierung des Fremd-Moleküls in die Zielzelle wird unterstützt. Die elektrischen Impulse für den DNA-Elektrotransfer sind mit etwa 20 Millisekunden deutlich länger als die Impulse, die bei der Elektrochemotherapie eingesetzt werden. Das elektrische Feld ist mit 200 bis 250 V/m eher schwach.

Bislang wurde der DNA-Elektrotransfer an Mäusen, Ratten und Primaten erfolgreich durchgeführt. Die Methode könnte eine Alternative zum viralen Gentransfer werden. Gene auf elektrisch injizierten DNA-Molekülen wurden in Muskelzellen über Monate exprimiert. Inzwischen kann der DNA-Elektrotransfer durch die eingesetzten elektrischen Impulse ausreichend genau gesteuert werden, um zuverlässige Aussagen über die nachfolgende Genexpression zu treffen. Dies war aus verfahrenstechnischen Gründen lange nicht möglich.

### In-vitro Versuche:

Die Beiträge zu in vitro-Versuchen sind teilweise recht widersprüchlich. Zum Teil liegt es daran, dass „preliminary results“ präsentiert wurden. Dieses Prädikat ist sehr

wichtig zur Einschätzung und Wertigkeit der vorgestellten Arbeit und sollte schon im Titel des Beitrags vermerkt sein. Mehrere Autoren wiesen ehrlicher Weise im Text darauf hin; mitunter ergibt sich dies jedoch erst aus näherer Betrachtung der Methodik bzw. aus Sicht der statistischen Angaben. Auf diese Weise werden häufig Zwischenergebnisse berichtet und Informationen weitergegeben, deren eigentliche Bestätigung oder Widerrufung zumeist übersehen wird.

Nach mehreren eigenen Publikationen zur Wirkung gepulster Felder auf tierische Zellen gingen Pakhomov et al. in einem Beitrag auf dieser Konferenz der Frage nach, ob der SAR-Wert kurzer Feldpulse (9,3 GHz, 0,5  $\mu$ s) demjenigen im Falle kontinuierlicher Befeldung gleichzusetzen ist. Bemerkenswert an diesen Experimenten ist die verwendete Versuchstechnik. Es wurde das Wachstum von Hefezellen untersucht, die in einem Gel suspendiert waren. Bedingt durch die begrenzte Eindringtiefe des HF-Feldes in diesen Gel-Block, konnte auf diese Weise mit einem einzigen Versuch das Verhalten der Zellen bei unterschiedlichen SAR-Werten untersucht werden. Der von außen auf 25 °C temperierte Block wurde nach 6-stündiger Befeldung in Scheiben von je 2 mm Dicke zerlegt. In diesen Scheiben variierte der SAR-Wert je nach Position zwischen 0,6 mW/kg bis 3,2 kW/kg. Da es in diesen Schichten zu unterschiedlicher Erwärmung kam (mit Thermistoren gemessen), zeigten die Versuche das typische Temperaturverhalten der Zellteilung. Selbst bei den intensivsten Expositionen konnten jedoch keine spezifischen Feldeffekte gefunden werden. Gepulste Felder verhielten sich genau so wie kontinuierliche.

Weitere Arbeiten zur Wirkung von 900 MHz-Feldern auf Hefezellen wurden in Postern von Campanella et al. und von Markkanen et al. vorgestellt. In der ersten Arbeit konnte bei einer Leistungsflussdichte von ca. 38 W/m<sup>2</sup> ein Einfluss auf die Atmungsintensität der Zellen gefunden werden, wobei unklar ist, ob dies nicht einfach

durch die Erwärmung der Probe verursacht wurde. In der finnischen Arbeit wurde ein spezieller thermosensibler Hefestamm (cdc48) mit dem Wildtyp (Kgy417) verglichen. Es wurde der Einfluss des Feldes (0,6 W/kg) zuzüglich einer UV-Bestrahlung auf Kolonie-Bildung und Apoptose untersucht. Es scheint, dass die UV-Bestrahlung den Feldeffekt verstärkt, jedoch bedürfen die Experimente einer Wiederholung.

Eine finnische Gruppe (Jeszczanski et al.) berichtete über Erhöhung der Proteinphosphorylierung, Expression des Hitzeschockproteins Hsp27 und anderer Proteine nach Befeldung von Kulturen menschlicher Epithelzellen (EA.hy926) mit einem 900 MHz GSM-Feld während einer Stunde mit Intensitäten von 1,8-2,5 W/kg. Leider wurden zu dieser Arbeit keinerlei Angaben zu einer kritischen Evaluierung der verwendeten gentechnischen Methoden und einer statistischen Bearbeitung der Daten gemacht.

Ebenfalls bereits im Titel als „preliminary“ apostrophiert, waren die von einer französischen Gruppe (Lagroye et al.) vorgestellten Ergebnisse zur Wirkung eines GSM-900 Feldes auf die Stickoxid-Bildung in Micorglia-Zellen. Aus den nach 48 Stunden (0,6 W/kg) Befeldung gefundenen geringfügigen Induktionen einer Stickoxid-Oxydase könnte auf einen Schutzmechanismus gegen Krebsinduktion geschlossen werden.

Nach Ansicht von Experten erscheint der Ansatz einer spanischen Gruppe (Lederer et al.) unlogisch, Experimente mit einigen 0,1 mT NF-Magnetfeldern (8,3 und 217 Hz) als Beiträge zur Wirkung modulierter bzw. gepulster GSM-Felder zu betrachten. Diese Gruppe, die bisher einige Arbeiten über statische und niederfrequente Felder an sehr unterschiedlichen Objekten publiziert hat, fand Einflüsse im Niederfrequenzbereich auf die bioelektrische Aktivitäten von Neuronen. Die Autoren verkennen dabei völlig die biophysikalischen Grundlagen dieser Einwirkungen. Ein Bezug zu GSM Feldern ist jedenfalls daraus nicht ersichtlich. Mehrere Beiträge bezogen sich

auf die viel diskutierte Beeinflussung des Enzyms Ornithindecaboxylase (ODC) – einem Schlüsselenzym in der Polyaminbiosynthese – durch hochfrequente Felder. Nachdem die amerikanische Gruppe um L. Cress und R. Owen bereits im NF-Bereich keinen Einfluss auf die Aktivität der ODC in Maus-Lymphozyten (L929) finden konnte (Cress, L. W et al., Carcinogenesis 20, 1999, 1025-1030), stellte sie hier ihre ebenfalls negativen Resultate nach Befeldung der gleichen Zellen im TDMA-Regime (835 MHz, 1-15 W/kg) vor. In einem zweiten Poster wurde von der gleichen Gruppe (Anderson et al.) gezeigt, dass auch nach 4-tägiger Befeldung (1,62 GHz, 1,6-5 W/kg, 2 h/d) im Gehirn von Fischer-344-Ratten und deren Föten keine Änderung der ODC-Aktivität auftrat. Eine finnische Gruppe (Ruotsalainen et al.) fand im Bereich von 900 MHz (0,3-0,5 W/kg, 2,8 bis 24 Stunden) an den gleichen Zellen wie Cress et al. sogar eine 40-prozentige Verminderung der ODC-Aktivität im Vergleich zur Kontrolle. Diese Angaben, zusammen mit den vielen Daten aus der neueren Literatur, scheinen geeignet, den von Litovitz immer wieder publizierten (angeblichen) ODC-Effekt zu widerlegen.

In diesem Zusammenhang erscheint der Hinweis der Gruppe um Cress et al. auf die hohe Temperaturempfindlichkeit dieses Systems von Bedeutung. Diese Ergebnisse stehen auch im Widerspruch zu den Resultaten, die Litovitz zu Beginn der neunziger Jahre erarbeitet hat. Er beobachtete eine deutliche Erhöhung der ODC-Aktivität in Säugerzellen nach Befeldung. Er wählte damals ein amplitudenmoduliertes Feld mit einer Frequenz von 835 MHz. Die SAR-Werte lagen mit 2,5 W/kg deutlich höher als in den vorliegenden Experimenten von Ruotsalainen. Nach Ruotsalainens Interpretation seiner Ergebnisse können elektromagnetische Felder auch bei deutlich geringeren SAR-Werten Zellen beeinflussen.

Zur Induktion von Mikronuklei, einem Indikator für mögliche Veränderungen im



Genom der Zellen, wurde ein Poster aus der Gruppe um D'Ambrosio aus Italien vorgestellt. Diese Gruppe hatte bereits früher mit Vorsicht über derartige Effekte publiziert (D'Ambrosio, G. et al. *Electromagnetobiology* 14, 1995, 157-164) und in diesem Zusammenhang auf mögliche unkontrollierbare Temperaturerhöhungen als Ursache für die Effekte hingewiesen (LaCara, F. et al., *Bioelectromagnetics* 20, 1999, 172-176). Inzwischen ist wohl eine Publikation dieser Gruppe mit einem Positiv-Resultat im Druck, welches jedoch durch das hier präsentierte Poster wieder in Frage gestellt wird. Offenbar waren bei den in der Publikation dargestellten Experimenten lokale SAR-Werte um 5 W/kg mit entsprechenden Erwärmungen aufgetreten. Werden diese vermieden (GSM 1,748 GHz, 2 W/kg, 15 min), so tritt dieser Effekt in menschlichen Lymphozyten nicht auf.

Einige Beiträge betrafen Frequenzen oberhalb des für den Mobilfunk interessanten Bereiches: Eine russische Gruppe (Ogay und Novoselova), die kürzlich bereits über Feldeffekte im Bereich 8,15-18 GHz berichtet hatte (Fesenko, E. E. et al., *Bioelectrochem. Bioenergetics* 49, 1999, 29-35; Novoselova, E. G. et al. *Bioelectrochem. Bioenergetics* 49, 1999, 37-41) präsentierte ein Poster, welches auf den Einfluss von Feldern dieses Frequenzbereiches ( $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) auf das Immunsystem von Erdhörnchen in unterschiedlichen Stadien der Überwinterung hinweist.

Nach inzwischen publizierten Daten im 50 Hz-Bereich (Shckorbatov, Y. G. et al.,

*Bioelectromagnetics* 22, 2001, 106-111) dehnte eine Gruppe aus der Ukraine ihre Untersuchungen auf den Bereich 18,75 GHz und 37,5 GHz aus. Gemessen wurde dabei die elektrophoretische Beweglichkeit der Kerne von Epithelialzellen. Es ist fraglich, ob Resultate, gemessen mit einer derart unspezifischen Methode, tatsächlich auf funktionelle Änderungen des Zellkerns schließen lassen.

Eine armenische Gruppe (Trchounian) berichtete über den Einfluss von Mikrowellen (53,5-68 GHz) auf das Bakterienwachstum. Dabei ist allerdings ein thermischer Effekt nicht auszuschließen.

Über eine Aktivierung von Signalübertragungswegen und Stressmechanismen in befeldeten Zellen berichtete Dr. Leszczynski aus Finnland. Nach seinen Ergebnissen führt die Exposition von menschlichen Endothelzellen in einem 900 MHz GSM Signal zu Veränderungen in Signalübertragung und Stressantwort. Leszczynskis Arbeitsgruppe fand eine deutlich erhöhte Proteinphosphorylierung in befeldeten Zellen und wertete dies als Zeichen für Aktivierungen der Signalwege.

Das Hitzeschockprotein HSP 27 lag in Zellen, die eine Stunde befeldet wurden, stärker phosphoryliert vor als in unbefeldeten Zellen. In Zellen, die mehrere Stunden befeldet wurden, war dieser Effekt nicht mehr beobachtbar. Leszczynski betont jedoch, dass dieses Phänomen der Phosphorylierung und anschließenden Dephosphorylierung typisch sei für HSP 27 und bei anderen Stressantworten ebenso auftrete. Die Arbeitsgruppe trifft die Schlussfolgerung, dass elektromagnetische Felder in Zellen zwar eine Stressantwort auslösen könnten, sich daraus aber kein Rückschluss auf gesundheitliche Effekte ableite.

Van der Plas und Mitarbeiter untersuchten Wechselwirkungen zwischen Magnetfeldern von Hochspannungsleitungen und der Häufigkeit von Kinderleukämie in den Niederlanden. Nach ihren Ergebnissen kann höchstens einer der 110 Fälle von Kinder-

leukämie, die in den Niederlanden jedes Jahr neu auftreten, mit der Exposition in Magnetfeldern von Hochspannungsleitungen erklärt werden. Für einen kausalen Zusammenhang – oder gar einen biologischen Mechanismus – gibt es nach Ansicht der Autoren keine Hinweise.

Im Rahmen der Vorträge über in vitro-Studien präsentierte Dr. Pakhomov aus San Antonio, USA, ein interessantes Verfahren zur Befeldung von Zellen. Die Arbeitsgruppe bettete Hefezellen in eine mit Agarosegel gefüllte Plastikkuvette ein. Bei Befeldung verläuft entlang der Längsachse des Gefäßes ein Gradient mit absteigenden SAR-Werten. Dieser Versuchsaufbau erlaubt schnell die Untersuchung von Effekten an Zellen, die einer großen Bandbreite von SAR-Werten ausgesetzt waren. Bei einer Frequenz von 10 GHz nimmt die spezifische Absorptionsrate je Millimeter Entfernung von der elektromagnetischen Feldquelle um den Faktor zwei ab. Zwischen dem maximalen und dem minimalen SAR-Wert besteht über die Länge der Messkuvette ein Faktor von deutlich mehr als einer Million. Im Experiment wurden zum Beispiel SAR-Gradienten zwischen zwei Watt je Gramm und einem Mikrowatt je Gramm erzeugt. Das Gel kann nach der Exposition im Feld in dünne Schichten geschnitten werden, um die darin eingebetteten Zellen zu untersuchen. Die Autoren verweisen auf die Temperaturerhöhung in den Küvetten während der Befeldung. Dennoch sollen sich unterschiedliche Befeldungen, zum Beispiel gepulste und kontinuierliche Felder, vergleichen lassen, da die Temperaturverteilungen nach Meinung der Autoren im Experiment ebenfalls vergleichbar sind.

### In-vivo-Untersuchungen

Diese Sektion wurde durch einen Übersichtsvortrag von Murphy et al. über den Stand der Untersuchungen zu Millimeterwellen (30-300 GHz) eröffnet. Hierbei sind in erster Linie Temperatureffekte der Haut zu beachten. Als unterste Empfindlichkeits-

schwelle für diesen Effekt ist die mit 0,1 °C einhergehende Erwärmung der Haut durch eine 10-minütige Exposition mit 94 GHz einer Leistungsflußdichte von 4,5 mW/cm<sup>2</sup> zu betrachten. Als Schmerzgrenze wurde im gleiche Frequenzbereich eine Befeldung mit 1250 mW/cm<sup>2</sup> ermittelt, die zu einer Erwärmung der Haut um 9,9 °C führt. Für die Cornea wurde ein Grenzwert für akuten Schaden gefunden, der bei 5 J/cm<sup>2</sup> lag. Krebs-initiiierende, oder -fördernde Wirkung dieser Felder konnte bisher nicht nachgewiesen werden.

Eine französische Gruppe (Mausset et al.) stellte kombinierte neurohistochemische und verhaltensbiologische Untersuchungen an Ratten zur Wirkung starker 900 MHz-Felder (4 und 32 W/kg) vor. Während keine signifikanten Einflüsse auf das lokomotorische Verhalten der Ratten festgestellt werden konnten, ergaben sich bereits bei 15 minütiger Befeldung mit 4 W/kg Einflüsse auf Aktivitäten verschiedener Neurotransmitter. Auch diese Ergebnisse werden als „vorläufig“ bezeichnet.

Eine überraschende klinische Anwendung empfiehlt eine russische Gruppe (Sinitova et al.), indem sie glaubt nachgewiesen zu haben, dass eine langandauernde (1,5 Stunden/Tag, 30 Tage) Befeldung von Mäusen mit 8,15 - 18 GHz (0,3 µW/cm<sup>2</sup>) deren Immunsystem stärkt. Sowohl die Anzahl der Makrophagen, als auch diejenige der T-Lymphozyten wurde signifikant erhöht. Auch die Aktivität des Tumor-Nekrose-Faktors und des Interleukins (IL-3) erhöhte sich. Die Autoren empfehlen die chronische Bestrahlung als Prävention vor Infektionen. Deshalb taucht ein weiterer Report dieser Gruppe (Glushkova et al.) in der Sektion medizinischer Anwendung auf (ein überraschend neuer Aspekt in der Diskussion um den Elektromog!). Allerdings berichteten in der gleichen Sitzung Wissenschaftler aus Südafrika (deJager et al.) von gegenteiligen Effekten. Sie fanden eine Verminderung der Lymphozyten-Zahl bei Mäusen nach 14 Wochen Exposition mit 50 Hz Magnetfeld-

ern, die zwischen 0,5 und 77 µT stochastisch schwankten.

Untersuchungen zum viel umstrittenen Einfluss von HF-Feldern (900 MHz-GSM-Pulse) auf die Blut-Hirn-Schranke wurde in einem Vortrag von Töre et al. dargestellt. Dabei wurden normale Ratten mit solchen verglichen, welche unter einer Infektion der Dura mater litten.

Ogleich nach der Befeldung (2 W/kg mittlerer Ganzkörper SAR, 20 W/kg in der Dura mater, 2 Stunden Exposition) der Durchtritt von Plasma-Proteinen in den infektiösen Ratten stärker war, konnten deutliche Spuren auch in den normalen Tieren nachgewiesen werden. Die Versuche sollen mit Verminderung der Feldintensität fortgesetzt werden. Zum gleichen Problem, aber zu gegenteiligem Resultat kam eine japanische Gruppe (Nagawa et al.), die bereits kürzlich darüber publiziert hatte (Tsurita, G., Bioelectromagnetics 21, 2000 364-371). Sie konnte keinerlei Effekte dieser Art an Ratten nach Exposition mit 1,439 GHz, 0,99 bzw. 4 W/kg, 1 Stunde/Tag über 2 bis 4 Wochen finden.

Wie bereits in einem ähnlichen Versuch publiziert (Heikkinen, P. et al. Intern. J. Radiat. Biol. 77, 2001, 483-495) berichtete die gleiche finnische Gruppe (Kumlin et al.) auch hier über Experimente, die keinen Schluss darauf zulassen, dass 50 Hz Magnetfelder die durch ionisierende Strahlen (in diesem Fall durch UV) induzierte Krebsentwicklung fördern.

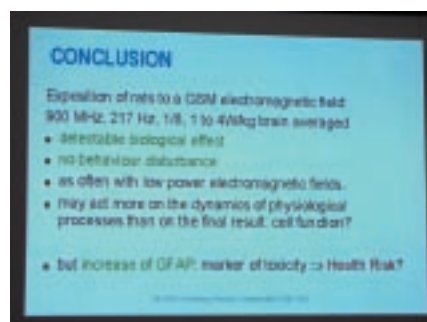
Prof. Adlkofer informierte über ein anlaufendes Projekt (REFLEX), in dem 12 Laboratorien zusammengeschlossen sind, wobei man sich speziell um mögliche Wir-

kungen schwacher Felder bemüht. Dabei handelt es sich sowohl um Untersuchungen im NF- als auch im HF-Bereich. Einige erste Effekte bedürfen noch der Reproduktion.

Eine Reihe weiterer Tierversuche wurden in Postern demonstriert. Yamaguchi et al. zeigten, dass auch eine Bestrahlung des Gehirnes mit 7,4 W/kg (bei 1,439 GHz) keinen Einfluss auf das Gedächtnis von Ratten im Verhaltensexperiment zeigte. Zum gleichen Ergebnis kamen auch B. Cobb und E. Adair nach Befeldung von Ratten 500 pps Pulsen einer mittleren Dosis von 0,6 W/kg. Sie widerlegten damit ausdrücklich die Arbeit von Lai (Lai H., et al., Bioelectromagnetics 15, 1994, 95-104). In drei Postern (Salamon et al. und zwei mal Kubinyi et al.) berichteten ungarische Gruppen über erfolglose Experimente zum Einfluss von GSM-Feldern auf Melatonin und sonstige Enzym-Veränderungen an Ratten. Die polnische Gruppe um Szmiagielski (Reijt et al.) stellte in einem Poster eine Analyse des Brutverhaltens von Kohl- und Blaumeisen in der Nähe einer Radar-Station vor, ohne allerdings überzeugende Daten zu liefern.

## Wirkungsmechanismen

Diese Sitzung enthielt acht Beiträge, ohne jedoch einen wesentlichen Erkenntniszuwachs auf diesem Gebiet zu vermitteln. Prof. Martin Blank stellte wieder seine Theorie zur möglichen Beeinflussung der Elektronenleitfähigkeit in Makromolekülen dar, ohne auf die auf seine Publikationen inzwischen erfolgten kritischen Gegendarstellungen einzugehen. In einem zweiten Vortrag erläuterte er die möglichen Konsequenzen dieses Modells für die Gentechnologie. Die italienische Gruppe um D'Inzeo (Ramundo-Orlando) war ebenfalls mit zwei Vorträgen vertreten. In einem stellte sie die Rolle des Connexins in den Mittelpunkt, ein Protein, welches für die Herstellung der Gap-Junctions, der Verbindungskanäle zwischen den Zellen verantwortlich ist. In einem zweiten



**Tabelle: Verteilung der Vorträge und Poster auf die Themengebiete; EBEA-Kongress 2001**

Thema	Anzahl Vorträge	Anzahl Poster
Session Interacion Mechanisms	8	3
Session Exposure Assessment	6	4
Session Wireless Telecommunication	5	5
Session Epidemiological and Human Studies	6	8
Session Risk Assessment and Communication	5	5
Session in vivo Studies	8	18
Session in vitro Studies	6	16
Session Dosimetry I und II	14	9
Session Medical Applications	5	4

Beitrag zeigte sie eine Berechnung aus dem oft demonstrierten italienischen Computer-Programm. All dies sind von mehreren anderen Kongressen bekannte Überlegungen, die keine neuen Erkenntnisse zur Einsicht in das tatsächliche Geschehen ergeben können.

In einem Poster stellten French et al. die interessante Frage: „Kann durch niederenergetische, hochfrequente (athermische) Felder (durch die Aktivierung von Hitzeschockproteinen) induzierter Krebs entstehen?“ Dies ist eine Weiterführung der kürzlich publizierten Arbeit (Laurence, J. A., et al.; J. Theoret. Biology 206, 2000, 291-298) in welcher diskutiert wird, inwieweit Proteine unter Bedingungen erwärmt werden, die nicht zu einer Temperaturerhöhung des Gesamtsystems führt. Diese Hypothese müsste erst noch durch Experimente verifiziert werden.

**Epidemiologie und Versuche an Probanden**

Zur Epidemiologie wurden keine neuen Erkenntnisse und Daten mitgeteilt. Wie bereits eingangs erwähnt, beinhalteten zwei der sieben in dieser Sektion gehaltenen Vorträge nähere Einzelheiten zum INTERPHONE-Projekt (Adoino et al.), sowie zu der vorgesehenen finnischen Studie

(Auvinen et al.). Hakansson et al. berichteten über eine bisher noch nicht ausgewertete Studie über berufsmäßige Exposition mit Feldern extrem geringer Frequenz auf Mortalität und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Eine polnische Studie der Szmigielski-Gruppe (Sobiszewski et al.) berichtete über Untersuchungen an 115 feld-exponierten Arbeitern nach mehrjähriger Tätigkeit. Subjektiv wurden Dysregulationen der Herzfunktion angegeben, die sich jedoch klinisch nicht objektivieren ließen.

Drei weitere Beiträge beinhalteten Versuche an Probanden. Eine Gruppe von der Technischen Universität Tallin berichtete in einem Vortrag und einem Poster (Lass et al.) über Versuche mit Probanden, die einem 450 MHz-Feld ausgesetzt waren, welches mit 7 Hz moduliert war (keine SAR-Angaben). Zweck der Versuche war die Frage, wie weit dadurch Vigilanz und Kurzzeit-Gedächtnis beeinflusst würden. Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zur Kontrolle festgestellt werden.

In drei weiteren Beiträgen ging es um einen möglichen Einfluss elektromagnetischer Felder auf das Herz-Kreislaufsystem. Mann und Röschke stellten in einem Vortrag den Einfluss eines 900 MHz-GSM-

Feldes auf Herzfrequenz während verschiedener Stadien des Schlafes vor. Die Signifikanz der gefundenen Einflüsse ist nicht sehr hoch. Offenbar spielen individuelle Unterschiede eine große Rolle. Eine finnische Gruppe (Tahvanainen et al.) ging der Frage nach, ob HF-Felder auf Herzfrequenz und Blutdruck gesunder Probanden einwirken. Sie befeldeten im Verlaufe von 35 Minuten die Probanden mit 900 bzw. 1800 MHz (keine SAR-Angabe). EKG, arterieller Blutdruck, Respiration, Ohr-Temperatur, Intrathorakal-Druck wurden gemessen. Es konnten jedoch an den 11 Probanden keine Effekte nachgewiesen werden.

**Resumee**

Die grosse Mehrzahl der Ergebnisse, die beim fünften Kongress der European Bio-Electromagnetics Association präsentiert und diskutiert wurden, wiesen keine Effekte von elektromagnetischen Feldern auf biologische Systeme aus. Ein Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Risiken und der Exposition in elektromagnetischen Feldern des Alltags kann somit auf der Basis neuer berichteter wissenschaftlicher Daten nicht hergestellt werden.

*Dr. Gerd Friedrich, Geschäftsführer der Forschungsgemeinschaft Funk e.V.*