

Roland Glaser

25. Jahrestagung der Bioelectromagn



Als Tagungsort für die Jubiläumsveranstaltung „1978-2003 - 25 Years of Excellence“ hatte man den Palmenstrand von Wailea auf der Hawaii-Insel Maui ausgewählt - ein sicherlich attraktiver, wenn auch heißer und zumindestens für den Europäer nicht gerade zentral gelegener Ort. Das Programm von Montag um 8 Uhr bis Freitag 13 Uhr war dicht gefüllt. Die Veranstaltung dauerte sogar einen Tag länger als gewöhnlich. Außer den vier Plenarveranstaltungen die alle Teilnehmer vereinen, fanden die Vorträge in jeweils zwei Parallel-Sitzungen statt. Die über 200 Poster waren während der gesamten Zeit zugänglich. Für Diskussionen mit den Autoren waren drei Zeiträume von je eineinhalb Stunden vorgesehen. Besonderer Wert wurde auch dieses Jahr wieder auf den wissenschaftlichen Nachwuchs gelegt - „Student-Posters“ und „Student-Presentations“ waren extra gekennzeichnet, die besten Arbeiten wurden wieder prämiert.

Wie im vergangenen Jahr, so waren natürlich auch diesmal Beiträge zur medizinischen Anwendung magnetischer und elektromagnetischer Felder im Programm vertreten - die vierte Plenarveranstaltung und mehrere Symposien waren diesem Thema gewidmet. Im Unterschied zu der vorjährigen Tagung in Kanada trat diese Thematik diesmal jedoch nicht so stark in den Vordergrund. Im Zentrum der Themen von Vorträgen und Diskussionen standen vielmehr wieder die weltweit geführte Erörterung um Grenzwerte und mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Felder technischen Ursprungs.



22.- 27. Juni 2003, Maui, Hawaii

etics Society (BEMS)

Die Jubiläumsveranstaltung erforderte natürlich auch einen Rückblick, der sich nicht nur in nostalgischen Reminiszenzen und einem Aufmarsch der Notablen der BEMS-Geschichte (sofern anwesend!) während des Fest-Bankettes äußerte, sondern auch in verschiedenen Vorträgen seinen Niederschlag fand. So lautete auch die Überschrift der ersten Plenarveranstaltung:

Die biologische Wirkung von EMF: Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft

Diese Sitzung wurde eingeleitet durch einen Vortrag von Larry Anderson (USA) (PL1-1) zum Thema: „Biologische Wirkungen von EMF: Was wissen wir im Jahre 2003 aus Tierversuchen?“ Der Referent sprach von 10 000 Studien dieser Art, die vorwiegend dem Krebsproblem, möglichen Reproduktionsstörungen, Herz-Kreislauf-Veränderungen, hormonellen Störungen sowie neurophysiologischen Problemen und Verhaltensänderungen gewidmet waren. Das Tierexperiment hat vor Untersuchungen an Zellen (*in vitro*) den Vorteil, dass es auch systemische Veränderungen erfasst, die eventuell erst durch Verstärkereffekte manifest werden könnten. Während in früheren Jahren 2/3 aller Untersuchungen dem HF-Bereich galten, dominierten später Untersuchungen im Frequenzbereich des Wechselstromes. Getrieben durch den enormen Aufschwung der Telekommunikation wird jedoch inzwischen wieder verstärkt der Hochfrequenzbereich bearbeitet. Diese Arbeiten werden entscheidend geprägt durch die

Fortschritte der Dosimetrie und die Konstruktion von Applikationseinrichtungen welche Versuche mit Mäusen und Ratten unter gut kontrollierbaren Bedingungen erlauben. Schwierigkeiten bereitet natürlich immer wieder die Übertragbarkeit der im Tierexperiment gewonnenen Resultate auf den Menschen. Dies liegt nicht nur an den physiologischen Unterschieden zwischen Mensch und Tier, sondern vor allem auch in der Dosimetrie und Feldverteilung. In diesem Zusammenhang steht natürlich auch die Frage: Was ist eine „repräsentative“ Exposition? Anderson listete weitere experimentelle Schwierigkeiten auf, welche diesen Experimenten anhaften und die Ergebnisse oftmals zweifelhaft machen. So wurde mitunter von Effekten berichtet, ohne diese durch genügende Wiederholung abzusichern. Manchmal war die Anzahl der verwendeten Versuchstiere zu gering, um statistische Signifikanz zu gewährleisten. Selten konnten einmal gefundene Effekte von unabhängiger Seite verifiziert werden.

Speziell auf die Krebs-Problematik eingehend, hob Anderson die Schwierigkeiten von Lang-Zeit-Versuchen hervor, die natürlich für diese Fragestellung von besonderer Bedeutung sind. Nicht nur der Kostenfaktor spielt dabei eine Rolle, der durch die Langzeithaltung einer genügend großen Anzahl von Versuchstieren entsteht, sondern auch die Gefahr von Fehlschlüssen durch andere Einflüsse, die bei einer Langzeithaltung der Tiere auftreten können. Besonders kritisch wird dieses Problem natürlich bei der Untersuchung sel-

tener Tumoren. Im Frequenzbereich des Wechselstromes führte er die umfangreichen Untersuchungen von McCormick et al. (98, 99), Mandeville et al. (97, 2000), Yasui et al. (97) und Rannug et al. (93, 94) an, die in Langzeit-Studien an Mäusen und Ratten vergeblich nach der Induktion irgendwelcher Tumoren gesucht hatten, auch wenn die Tiere bis zu 22 Stunden pro Tag den niederfrequenten Feldern ausgesetzt waren. Ähnlich ist die Situation im Hochfrequenzbereich. Selbst Versuche, bei Ratten und Mäusen durch langdauernde Exposition (2-4 Stunden pro Tag) mit Feldern im Frequenzbereich des Mobilfunks Krebs zu erzeugen schlugen fehl (Adey 2000, Chou 92, Frei 98, Toler 88, Zook 2001). Auf noch laufende Experimente der Gruppen um Roti Roti, Shirai und Perform mit hohen Tierzahlen kann man gespannt sein. Aufgrund dieser Erfahrungen wurden zahlreiche Versuche durchgeführt um der Frage nachzugehen, ob EMF wenn nicht als *Krebs-Initiator*, so vielleicht doch als *Krebs-Promotor* wirken könnte, ob also das Wachstum einer anderweitig ausgelösten Krebsgeschwulst durch EMF beschleunigt werden könnte. Man initiierte Krebsgeschwülste in den Tieren durch Implantation von Krebszellen, durch verschiedene Kanzerogene (z.B. DMBA, NMU) oder man verwendete genetisch prädestinierte Tiere, die mit hoher Wahrscheinlichkeit spontan Krebs entwickeln. Im NF-Bereich waren die Experimente überwiegend negativ. Hin und wieder positiv verlaufende Versuche konnten nicht reproduziert werden. Ähnliches gilt auch für die HF-Unter-

suchungen. Auch die Resultate des Experiments mit genetisch veränderten Mäusen von Repacholi et al. (97) konnten nicht reproduziert werden. Dieser Referent verwies auch hier auf eine Reihe von Studien, speziell in Australien, China, Finnland, Italien, Japan, Österreich und Schweden, die noch nicht abgeschlossen sind.

Die neurophysiologischen Tierexperimente zusammenfassend, kam Anderson zu dem Schluss, dass eine Reihe von Effekten gefunden werden konnte, die sich jedoch ausnahmslos als reversibel erwiesen und im HF-Bereich zumeist mit thermischen Veränderungen einhergingen. Bleibende Langzeitveränderungen konnten diesbezüglich nicht nachgewiesen werden. Untersuchungen über mögliche Beeinflussungen der Reproduktion wurden nicht nur bei Säugetieren, sondern auch bei Vögeln und Wirbellosen durchgeführt, wobei allerdings zu beachten ist, dass das Problem der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Menschen gerade auf diesem Gebiet mit größer werdender phylogenetischer Distanz immer gravierender wird. Im NF-Bereich konnten geringe Effekte nachgewiesen werden, die Anderson jedoch, besonders bei niederen Tieren, als „conflicting results“ charakterisierte. Im HF-Bereich, in dem hauptsächlich die 2,45 GHz-Frequenz untersucht wurde, konnten Effekte lediglich im Zusammenhang mit thermischen Veränderungen festgestellt werden. In diesem Zusammenhang verwies Anderson besonders auf die Notwendigkeit einer genauen Dosimetrie unter besonderer Beachtung von Heterogenität bei der Energieabsorption im Körper und des Auftretens mikrothermischer Effekte. Als generelle Schlussfolgerung zitierte der Referent aus einer Stellungnahme der US National Academy, wonach die derzeitig verfügbare Menge an Daten keine Anhaltspunkte dafür liefert, dass die Exposition durch diese Felder eine Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellt. Speziell gäbe es keine schlüssige und konsistente Evidenz dafür, dass die Exposition durch elektrische und

magnetische Felder der häuslichen Umgebung Auslöser für Krebs (außer eventuell Brustkrebs) oder Ursache für nachteilige neuro-psychische Effekte sowie reproduktive oder entwicklungsstörende Einflüsse sein könnte. Auch eine Reihe internationaler Gremien kommt zu dem Schluss, dass es keine Belege für die Annahme gibt, aus den elektromagnetischen Feldern des Mobiltelefons erwüchse eine Gefahr für die menschliche Gesundheit.

Als zweiter Referent berichtete Michael Repacholi (WHO) (PL 1-2) über die Resultate des 1997 etablierten WHO-Projektes über die „Einschätzung von gesundheitlichen und Umwelt-Einflüssen elektromagnetischer Felder im Frequenzbereich von 0-300 GHz“. Dabei geht es im Wesentlichen um die ständige Beobachtung und Registrierung des Standes der Forschung auf diesem Gebiet, die Identifikation von Lücken und die Erarbeitung von Empfehlungen für weitere Forschungsprojekte. Bei diesen Aufgaben ist die WHO auf eine enge Zusammenarbeit sowohl mit anderen internationalen Gremien (IARC, UNEP, ICNIRP, ILO, IEC, NATO, ITA, EC) als auch mit den jeweiligen nationalen Institutionen angewiesen. Repacholi verwies in diesem Zusammenhang auf die in der letzten Zeit erschienenen Publikationen der WHO, in welchen Forschungsergebnisse zur Wirkung verschiedener Arten elektromagnetischer Felder zusammenfasst sind.

Zur möglichen Krebsgefahr durch niederfrequente Felder gibt es die vorläufige Einschätzung der WHO aus dem Jahre 2001 (publiziert 2002), wonach diese in die Gruppe 2B der WHO Klassifikation eingestuft wurden: „Possibly carcinogenic to humans“. Diese Einschätzung ist durch die Unklarheit bezüglich epidemiologischer Erhebungen zur Kinder-Leukämie begründet. Damit befinden sich die elektromagnetischen Felder des Wechselstroms in der gleichen Gefährdungs-Kategorie wie: Kaffee, sauer eingelegtes Gemüse, Auspuffgase oder Schweiß-Dämpfe, und sind eine Kategorie harmloser, als die Gruppe 2A

(„Probably carcinogenic to humans“), zu der z.B. Diesel-Auspuff, Höhensonnen, UV-Strahlung und Formaldehyd zählen.

Im Unterschied zu den Feldern des Kraftstromes ist eine entsprechende Einschätzung der Hochfrequenz-Felder des Mobilfunks zur Zeit noch nicht möglich. Hier wartet die WHO auf die Resultate weiterer Forschung, insbesondere auf die Klärung von publizierten Effekten, die jedoch bisher unbestätigt geblieben sind, wie Gedächtnisverlust, Krebspromotion, Blutdruckänderung, Permeabilisierung der Blut-Hirn-Schranke, Veränderung psychischer Reaktionszeiten sowie diverse subjektive Effekte (Hypersensitivität). Diesbezüglich sind eine Reihe von Studien derzeit in Arbeit und lassen in den nächsten Jahren neue Aufschlüsse erwarten. Auch wird die Notwendigkeit unterstrichen, zuverlässigere Dosimeter für hochfrequente Felder zu entwickeln.

Als besonders bedauerlich unterstrich Repacholi den Umstand, dass es in letzter Zeit keine neuen Vorstellungen zu biophysikalischen Mechanismen gibt, die als Arbeitshypothesen die experimentelle Forschung lenken könnten. In diesem Bezug empfahl er mikrodosimetrischen Untersuchungen auf zellulärem und subzellulärem Niveau eine erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Vielleicht ließe sich dort der Ort einer Feldwirkung finden. Für die Bevölkerung ist es natürlich von besonderem Interesse die Frage zu klären, ob es einen Langzeiteffekt sehr schwacher Felder geben kann, etwa solchen, die von einer Basisstation ausgehen. Bisher gibt es dafür allerdings weder empirische noch biophysikalische Anhaltspunkte. In diesem Zusammenhang warnt der Referent eindringlich davor, einem „public pressure“ folgend, die Grenzwerte zu senken. Damit würde jede wissenschaftliche Basis verlassen und die Diskussion der politischen Willkür preisgegeben.

Wie soll es also weitergehen? Es erscheint dringend geboten, die Forschungsprogramme weiter zu koordinieren und auf Schwerpunkte zu fokussieren. Die WHO



bittet deshalb alle Gruppen, die sich mit Forschungen auf diesem Gebiet befassen, ihre Daten zur Verfügung zu stellen. Diese müssen transparent sein und in einer nutzerfreundlichen Weise vorliegen, damit Bevölkerung, Behörden und Industrie etwas damit anfangen können.

Die zweite Plenarveranstaltung leitete über zu dem Thema:

Epidemiologie

Zunächst gab Frau Maria Feychting (PL 2-1) vom Institute of Environmental Medicine, Stockholm, einen Überblick über epidemiologische Studien zu möglichen Folgen der Nutzung von Mobiltelefonen. Im Mittelpunkt stand die Frage: Warum differieren die Resultate dieser Studien zum Teil so erheblich? Welches sind die häufigsten Fehlermöglichkeiten bei diesen Erhebungen? Zunächst wurde die kürzlich erschienene dänische Kohortenstudie (Johansen et al., J. National Cancer Institute. 2001; 93, 203-207.), die unter Verwendung des nationalen Krebsregisters keinen Zusammenhang zwischen der Handy-Nutzung und Häufigkeit einer Krebserkrankung fand, mit der finnischen Erhebung (Auvinen et al., Epidemiology. 2002; 13, 356-359) verglichen, in der man eine entsprechende Korrelation glaubte gefunden zu haben.

Frau Feychting sieht die hauptsächlichen Fehlerquellen in einem Mangel an genauen Expositionswerten der Handy-Nutzer (Wie viel, und wie lange wurde tatsächlich telefoniert und wie hoch und wie schwankend waren dabei die SAR-Werte?) und in einer Fehl-Klassifikation der Kohorten (Sind die kranken „Nutzer“ in Relation zur Gesamtbevölkerung, oder in Relation zu gesunden „Nicht-Nutzern“ zu stellen?). Spezielle Zweifel äußerte die Referentin an den finnischen Daten, relativierte jedoch die Aussagen beider Studien in Anbetracht der Kürze der betrachteten Zeitspanne.

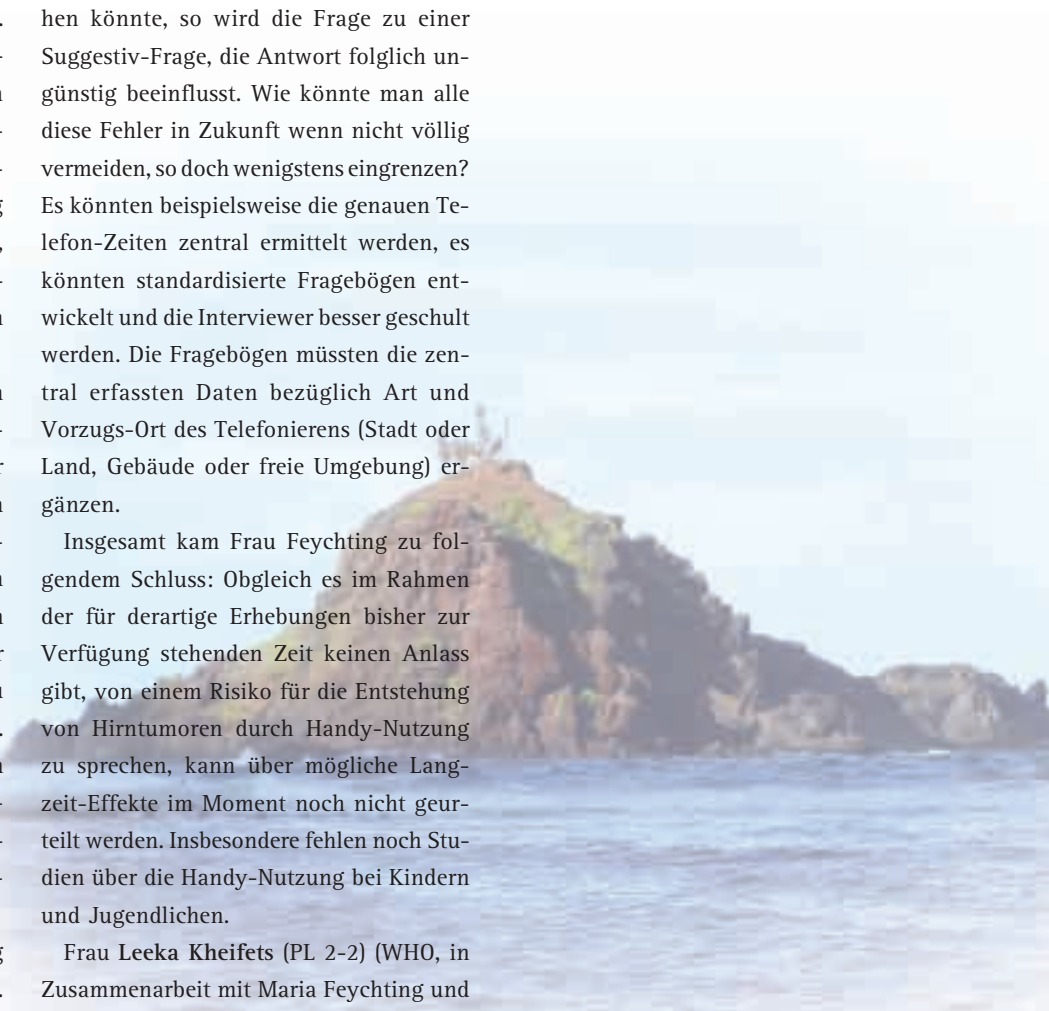
Im folgenden analysierte Frau Feychting die Studien von Hardell et al. (Int. J. Radiat.

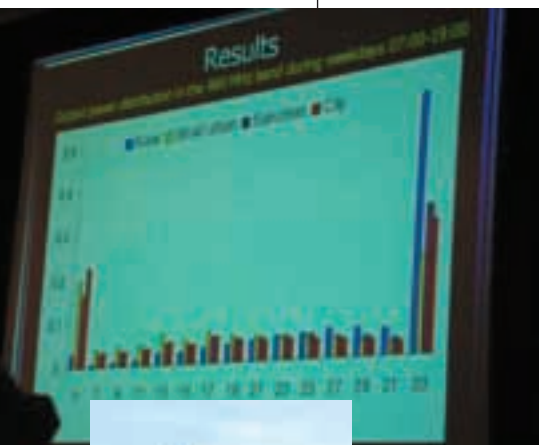
Biol. 2002; 78, 931-936; Intern. J. Oncology. 1999; 15 113-116), Inskip et al. (N-Engl-J-Med. 2001; 344,79-86) und Muscat et al. (JAMA. 2000; 284, 3001-3007), die sich speziell auf Hirntumoren beziehen und zum Teil auf Patienten-Aussagen stützen. Übereinstimmend konnte in keiner der drei Studien eine Gesamt-Korrelation zwischen Handy-Nutzung und Hirntumor festgestellt werden, doch glaubt Hardell einen Bezug zwischen der Kopf-Seite gefunden zu haben, in welcher der Tumor auftrat, und der Vorzugshaltung des Gerätes beim Telefonieren. Neben den bereits oben erwähnten Problemen sieht die Referentin hier zusätzlich eine Fehlermöglichkeit im Erinnerungsvermögen der befragten Personen und insbesondere in deren Beeinflussbarkeit. Wird nämlich durch einen Fragebogen die Aufmerksamkeit darauf gerichtet, dass ein Zusammenhang zwischen dem Tumor und der Gewohnheit des Telefonierens bestehen könnte, so wird die Frage zu einer Suggestiv-Frage, die Antwort folglich ungünstig beeinflusst. Wie könnte man alle diese Fehler in Zukunft wenn nicht völlig vermeiden, so doch wenigstens eingrenzen? Es könnten beispielsweise die genauen Telefon-Zeiten zentral ermittelt werden, es könnten standardisierte Fragebögen entwickelt und die Interviewer besser geschult werden. Die Fragebögen müssten die zentral erfassten Daten bezüglich Art und Vorzugs-Ort des Telefonierens (Stadt oder Land, Gebäude oder freie Umgebung) ergänzen.

Insgesamt kam Frau Feychting zu folgendem Schluss: Obgleich es im Rahmen der für derartige Erhebungen bisher zur Verfügung stehenden Zeit keinen Anlass gibt, von einem Risiko für die Entstehung von Hirntumoren durch Handy-Nutzung zu sprechen, kann über mögliche Langzeit-Effekte im Moment noch nicht geurteilt werden. Insbesondere fehlen noch Studien über die Handy-Nutzung bei Kindern und Jugendlichen.

Frau Leeka Kheifets (PL 2-2) (WHO, in Zusammenarbeit mit Maria Feychting und

Epidemiologie





Joachim Schüz) referierte anschließend zum Thema: „Epidemiologie und Basisstationen des Mobilfunks“. Ausgangspunkt waren natürlich die weit verbreiteten Bedenken in der Bevölkerung gegen die Errichtung solcher Stationen. Hier stehen sich die geringe Wahrscheinlichkeit einer solchen Wirkung aus wissenschaftlicher Sicht und die vielen Einzelfallberichte aus der Bevölkerung gegenüber. Dem Argument der Geringfügigkeit der Feld-Intensität wird der Umstand entgegengehalten, dass es sich um eine Ganzkörperbefeldung und zudem um eine Langzeitexposition handle. Auch wird mit der komplexen Befeldung durch heterogene Quellen argumentiert, zumeist jedoch, ohne diese genau zu kennen. All dies ruft nach epidemiologischen Studien, die es aber bislang nur bezüglich Anwohnern von nahen Rundfunk- und Fernsehantennen gibt.

Ist eine entsprechende Studie für Basisstationen des Mobilfunks überhaupt machbar? Zunächst treten zwei Problemkreise auf, die es dabei zu lösen gilt. Der eine betrifft die Dosimetrie: Ist es überhaupt möglich, ein Maß zu finden, welches die individuelle Exposition eines Anwohners durch eine solche Anlage wiedergibt? Das zweite bezieht sich auf die zu erfassenden Befindlichkeiten: Man klagt über akute Beschwerden wie Schlafstörungen, Kopfschmerzen, über längerfristige Effekte wie Beeinträchtigung des Lernvermögen oder befürchtet gar chronische Folgen wie Leukämie oder andere Arten von Krebs. Eine sinnvolle epidemiologische Studie setzt natürlich voraus, dass der subjektive Faktor weitgehend zurückgedrängt wird. Bereits bei der Dosimetrie treten jedoch große Schwierigkeiten auf. Bekanntlich ist das Feld um eine Basisstation sowohl räumlich als auch zeitlich außerordentlich heterogen. Die einfache geometrische Betrachtungsweise, d.h. eine Einteilung der Umgebung in radiale Abstandsbereiche wurde schon bei den epidemiologischen Untersuchungen um Rundfunk- und Fern-

sehantennen als sachlich nicht gerechtfertigt kritisiert. Die Referentin demonstriert die vielen Abhängigkeiten der lokalen Feldstärken und erläutert andere Faktoren, welche die Aussagekraft einer solchen Untersuchung mindern können. Umfangreiche Analysen sind in Vorbereitung um erst einmal zu klären, ob solche Studien überhaupt machbar sind.

Ein dritter Beitrag von Frau Elisabeth Cardis (PL 2-3) (International Agency for Research on Cancer) zu „Radiofrequenz-Exposition, Mobiltelefon und Krebs“ hatte bereits zum Untertitel: „Methodologische Schwierigkeiten und Perspektiven“. So hob auch diese Referentin wieder die Schwierigkeiten und Probleme vorliegender Erhebungen hervor. Ihr Referat informierte vorwiegend über eine bereits im Jahre 2000 begonnene internationale Fall-Kontrollstudie („INTERPHONE“) zu dieser Fragestellung, die all diese Argumente berücksichtigen und wenn möglich verlässlichere Daten liefern soll. Es ist vorgesehen, dass bis Ende 2003 in mehreren Ländern Personen im Alter von 30-59 Jahren erfasst werden, die an Glioma, Meningioma, akustischen Neurinoma und Parodont-Drüsen Tumoren leiden. Die Auswertung der Daten ist für 2005 vorgesehen. Die Studie ist international angelegt, umfasst Kollektive in mehreren Kontinenten und wird somit voraussichtlich über mehr als 6000 Fälle erfassen können. Damit hofft man ein statistisches Material zu erhalten, welches eine relevante Aussage erlaubt. Die Referentin erläutert den Fragebogen, der durch ein Expertengremium ausgearbeitet wurde und einheitlich bei allen beteiligten Gruppen Verwendung findet. Dabei sollen Aussagen im persönlichen Interview mit Angaben aus den Mobilfunk-Zentralen über individuelle Dauer und Zeitverteilung des Telefonierens miteinander verglichen werden. Da relevante Feldintensitäten nur in antennen-nahen Bereichen des Kopfes zu erwarten sind, wurden bereits Dosis-Verteilungsberechnungen durchgeführt, die dann mit der Lokalisation auftretender Tumoren ver-



glichen werden sollen. Dies ist ein umfangreiches Unternehmen, muss man doch berücksichtigen, dass in dem Einzugsgebiet mehr als 400 verschiedene Typen von Mobiltelefonen verwendet werden.

Außer diesen Plenarvorträgen waren noch 8 Kurzvorträge und 9 Poster dem Thema **Epidemiologie** gewidmet. Auch hier wurden die Problematik einer genauen Erfassung der tatsächlichen Expositionswerte im Hochfrequenzbereich diskutiert und Lösungsmöglichkeiten vorgeschlagen (Sheppard et al. 12-8). Einige Beiträge, besonders unter den Poster-Präsentationen, hatten auch die Niederfrequenz-Problematik zum Thema bzw. konzentrierten sich auf die berufliche Exposition.

Die dritte Plenar-Sitzung galt dem Thema:

Mechanismen.

Hier wurden zwei Vorträge gehalten. Der erste, von D. Leszczynski (PL 3-1) (Finnland), hatte mit diesem Thema eigentlich wenig zu tun, sondern enthielt zunächst allgemeine Betrachtungen zur Forschungsmethodik, wobei der Autor dem von anderen Forschern verwendeten „Classic Science Approaches“ seinen eigenen Ansatz, den er „Discovery Science“ nannte, entgegenstellte, ohne den Unterschied eigentlich klarzustellen. Als Beispiel demonstrierte er eigene Untersuchungen unter Verwendung einer „high-throughput screening techniques“ (HTST), einer neuerdings in der Molekularbiologie allgemein verwendeten automatisierten Analysemethode, die in kurzer Zeit eine hohe Anzahl von Transkriptionen zu erkennen gestattet. So konnte er nach einstündiger Befeldung von menschlichen Endothelial-Zellen mit einem 900 MHz GSM-Signal (ca. 2,4 W/kg) einige Dutzend von Genen (von 3600 untersuchten) als angeschaltet erkennen, sowie die Aktivität von mehreren hundert Proteinen erhöht und einigen Dutzend (von ca. 1300 untersuchten) neu exprimiert finden. Obgleich der Autor daraus noch nicht unbedingt den Beweis für eine gesundheitliche Gefährdung ablesen wollte,

zog er doch umfangreiche Schlüsse auf die daraus möglicherweise entstehenden biologischen Konsequenzen. Leider hielt sich der Referent weniger bei der Frage nach der Zuverlässigkeit seiner Methoden, der statistischen Signifikanz der von ihm demonstrierten Daten oder der tatsächlichen applizierten Dosis und der Homogenität des Feldes auf (der Effekt wurde nicht-thermisch genannt, da die Temperatur auf 0,3 Grad genau kontrolliert sei), sondern konzentrierte sich vielmehr auf den Triumph der Ergebnisse und deren mögliche Bedeutung.

In einem Kurzreferat von Kuokka und Leszczynski (3-4) wurden später ähnliche Resultate der Gruppe vorgetragen. Auch das Referat von Maercker et al. (1-5) aus der gleichen Gruppe und deren Poster (P-36), wo ebenfalls eine Vielzahl von Protein-Expressionen als Resultat einer Befeldung (1,8GHz, 1-1,3W/kg) demonstriert wurde vermittelten einen ähnlichen Eindruck. Auch hier versäumte man es, auf die biologische Variabilität und somit auf die Fehlermöglichkeiten der Methode und die Signifikanz der Resultate näher einzugehen. Eine sorgfältige Analyse dieser Art ist jedoch immer Voraussetzung bei der Nutzung einer neuen Versuchstechnik. Auf diese Sachverhalte verwies speziell S.A. Johnston (1-6) in seinem Referat über Forschungskriterien. Sie betonte darin, dass es nicht reicht, eine formale Signifikanz der Ergebnisse nachzuweisen, sondern es muss auch gezeigt werden, dass derartige Abweichungen nicht auch durch zufällige Schwankungen im Systemverhalten oder durch indirekte Effekte ausgelöst sein könnten. In diesem Zusammenhang wies sie auf thermoregulatorische Eigenschaften von Nervenzellen hin, welche bereits auf Temperaturerhöhungen reagieren können, die noch weit unterhalb der durch Thermistoren erfassbaren Schwelle liegen.

Den zweiten Vortrag in dieser Plenarsitzung hielt Earl Prohofsky (PL 3-2) (USA) zum Thema: „Vibrationsmoden in biologischen Molekülen bei HF-Frequenzen“

und bezog sich nun wirklich auf mögliche Mechanismen. Der Referent konzentrierte sich auf die Frage, ob die so genannten athermischen Effekte auf einer direkten Energie-Übertragung der HF-Schwingung auf makromolekulare Komponenten biologisch relevanter Moleküle beruhen könnten und somit direkt, unter Umgehung allgemeiner stochastischer Temperatur-Erhöhung eine Wirkung auf das System ausüben? Zweifellos koppeln die elektrischen Hochfrequenz-Felder an Ladungen und Dipole in Molekülen und beeinflussen diese somit mechanisch. Wieweit es dabei zur Induktion mechanischer Schwingungen kommt, hängt von der Resonanz der HF-Frequenz mit der mechanischen Eigenfrequenz des entsprechenden Moleküls bzw. Molekülteiles ab. Diese Eigenfrequenzen liegen nun aber mindestens in der Größenordnung von einigen hundert GHz und verhalten sich umgekehrt proportional zur molekularen Dimension.

Weit höher noch liegen die Eigenfrequenzen der Vibrationen von molekularen Komponenten, die für die biologische Energieübertragung verantwortlich sind. Nun sind natürlich alle Biomakromoleküle hydratisiert, d.h. sie enthalten gebundenes Wasser an der Oberfläche und zum Teil auch im Inneren. Dieses Wasser wirkt auf die induzierten Vibrationen stark dämpfend, wobei das Maximum der Dämpfung, und folglich auch der Energiedissipation, im GHz-Bereich liegt. Der Referent kommt zu dem Schluss, dass sowohl Proteine als auch DNA-Moleküle für elektromagnetische Schwingungen im GHz-Bereich viel zu langsam sind, um biologisch relevante Vibrationen anzuregen, dass außerdem die dämpfende Eigenschaft der Wassermoleküle solche Anregungen verhindert. Die absorbierte Energie kann also nicht direkt in die Energetik des molekular-biologischen Geschehens eingreifen. Dies ist eine wichtige Schlussfolgerung, die im Gegensatz zur Wirkung energiereicher Quanten ionisierender Strahlung gegen eine „direkte“ athermische Feldwirkung spricht.

Während also aus der statistischen Thermodynamik immer wieder Bedenken bezüglich der Dominanz thermischen Rauchens in Relation zu einer möglichen Wirkung schwacher elektromagnetischer Felder vorgebracht werden, ist dies hier ein zusätzliches Argument in dieser Diskussion. Gleichzeitig wird hier die Rolle des Wassers, insbesondere des gebundenen Wassers unterstrichen, dessen breit ausge dehntes Dispersionsgebiet im Bereich der Mobilfunk-Frequenzen liegt und somit als Mediator von Feldwirkungen fungieren kann, die zwar von Natur aus thermisch, jedoch eventuell ohne messbare makroskopische Temperaturänderungen einhergehen könnten. Leider war dieser inhaltlich außerordentlich wichtige Vortrag didaktisch wenig auf die Zuhörer zugeschnitten, sodass er wahrscheinlich nicht die ihm gebührende Beachtung fand. Die von Prohovsky vorgetragene Sachverhalte wurden in einem Poster (P-192) durch Untersuchungen der Vibrationsmoden von Myoglobin und Hämoglobin ergänzt.

Um beim Thema: „Mechanismen“ zu bleiben, sei noch auf die Sektion 2 hingewiesen, deren Überschrift man aber, mangels tatsächlich neuer Konzepte zu Wirkungsmechanismen, erweitert hatte zu: „Mechanismen und Modellierung“. So gab es auch lediglich einen einzigen Beitrag von DelGuidice et al. der sich auf mögliche Wirkungsmechanismen niederfrequenter Felder bezog (siehe auch die Publikation der Autoren: *Bioelectromagnetics*. 2002; 23, 522-530). Die Autoren, offenbar unbeschwert durch Kenntnis der Literatur zur Wasserstruktur in biologischen Systemen und dem Lehrbuchwissen zur Debey-Hückel-Theorie der Ionenleitfähigkeit, postulieren kugelförmige Wasserdomänen, um welche die Ionen mit bestimmten Resonanz-Frequenzen kreisen und sich dadurch elektromagnetisch beeinflussen lassen.

Unter den Postern wäre noch der Beitrag von F. Barnes et al. (P-191) zu erwähnen, die Feldgradienten in Membrannähe als Möglichkeiten von Wirkungsme-

chanismen diskutierten, wobei sie sich eines extrem idealisierten Membran-Modells bedienten. Die Problematik „nicht-thermischer“ Wirkung hochfrequenter Felder wurde unter philosophisch-soziologischen Aspekten in einem Poster (P-208) von C.R. Miller diskutiert, physiologisch hingegen durch E. R. Adair et al. (P-188). In dem letztgenannten Beitrag wird, wie bereits in vielen früheren Publikationen von Frau Adair betont, dass Temperatureffekte des physiologischen Regelsystems, basierend auf den außerordentlich sensiblen Thermorezeptoren an der Körperoberfläche, aber auch im Zentralen Nervensystem (ZNS) bereits auftreten können, lange, bevor Temperaturänderungen im Körper messbar sind. Entscheidend für diese Reaktionen sind nicht so sehr die absoluten Temperaturänderungen, als vielmehr die Steilheit induzierter Temperatursprünge, d.h. die Ableitung der Temperatur nach der Zeit.

Mehrere japanische Arbeiten aus der Gruppe um S. Ueno beschäftigen sich mit Mechanismen der Wirkung starker statischer Magnetfelder. Im Gegensatz zu den Feldeffekten schwacher Magnetfelder sind hier die Wirkungsmechanismen biophysikalisch durchaus verständlich. Während es sich bei Applikation starker Magnetfeldgradienten um Ortsbewegungen diamagnetischer Areale handelt, sind in homogenen Feldern orientierende Kräfte wirksam, die auf Zellen, Membranen und Makromoleküle wirken, die über einen hohen Grad an magnetischer Anisotropie verfügen. So können diese Felder, wenn nicht die Reiz-Leitungsgeschwindigkeit, so doch die Aktionspotentiale unmyelinierter Froschnerven beeinflussen (Y. Eguchi et al., P-185) und über eine Wirkung auf das Zytoskelett die Selbstorganisation von Geweben steuern (M. Iwasaka et al., P-187). Y. Eguchi et al. (8-6) wiesen auf die Möglichkeit hin, durch starke Magnetfelder (8 T) die Regeneration Schwann'scher Zellen bei Nervenverletzungen zu beeinflussen. M. Iwasaka et al. (P-194) zeigten



ferner die Rolle von Konvektions-Strömen, die bei Flussdichten um 14 T und Feldgradienten von 10-100 T/m in Zellsuspensionen auftreten und zu Orientierungsphänomenen führen können. In einem weiteren Poster (M. Iwasaka und S. Ueno, P-197) wiesen die Autoren auf Effekte dieser Felder auf den Sauerstoff-Gas-Austausch hin, indem bei Flussdichten über 14 T unmittelbar der paramagnetische Sauerstoff beeinflusst wird.

Im Gegensatz zu diesen biophysikalisch klaren Wirkungen *starker Magnetfelder* gelang es mit sehr viel weniger Überzeugungskraft die angeblichen Wirkungen *schwacher Magnetfelder* zu erklären, die für therapeutische Zwecke immer wieder angepriesen werden. Etwas unverständlich ist der Versuch von D. Muehsam und A.A. Pilla (P-201) das Larmor-Präzessions-Modell aufzuwärmen, das bereits vor 10 Jahren D. T. Edmonds (Bioelectrochem. Bioenerg. 1993; 30) vergeblich bemühte, und die beiden Autoren selbst (Bioelectrochem. Bioenerg. 1997; 43) vor einigen Jahren schon vorschlugen. Die Gegenargumente, die schon damals aufgeworfen wurden, sind immer noch die gleichen: das thermische Rauschen ist seitdem nicht geringer geworden und die applizierten Flussdichten nicht größer.

Wenn also die Konferenz keine prinzipiell neuen Erkenntnisse zu Wirkungsmechanismen schwacher elektromagnetischer Felder bescherte, so sind doch die Bemühungen bemerkenswert, durch Impedanzmessungen und Modelle, auf diesen Daten basierend, die Orte der Feldabsorption bis hin zu mikroskopischen Strukturen zu verfolgen. Während J.M. Ziriak et al. (2-1) auf die Notwendigkeit verwiesen, frequenzabhängige Spezifitäten der HF-Absorption in Organ-Teilen zu berechnen und dies an der Heterogenität verschiedener Hirnbereiche demonstrierten, gingen M. Sekino et al. (2-5) in der räumlichen Auflösung noch weiter und schlugen vor, die Leitfähigkeit von Hirnteilen mit Hilfe der Kern-Spin-Tomographie zu messen. Diese

Methode macht nicht nur unabhängig von Elektrodeneffekten, sondern gestattet es außerdem mit hoher räumlicher Auflösung nicht nur die dielektrische Inhomogenität des Organs, sondern darüber hinaus auch die räumliche Anisotropie der Leitfähigkeit zu bestimmen. J. Gimsa (2-6) demonstrierte am Beispiel roter Blutzellen die Modellierung und Messung dielektrischer Parameter auf zellulärer und subzellulärer Ebene.

Bevor auf die Vorträge der vierten Plenarsitzung zu medizinischen Problemen eingegangen werden soll, seien noch einige generelle Resultate zur elektromagnetischen Feldwirkung referiert, die in Sektionen und Postersitzungen behandelt wurden zum Thema:

in-vitro-Studien.

Die Sektion zu diesem Thema hatte drei Fortsetzungen und enthielt insgesamt 20 Kurzreferate. Über 60 Poster zeigten entsprechende Resultate, vom subzellulären bis zum Gewebe- und Organ-Niveau. Im Rahmen dieses Berichtes kann natürlich nur auf einige, den Referenten besonders interessant erscheinende Resultate eingegangen werden.

Von dem von der Gruppe Salford kürzlich wieder behaupteten Einfluss hochfrequenter Felder auf die Blut-Hirn-Schranke war auf der Tagung wenig zu hören. Die Salford-Gruppe hatte ein Poster angemeldet und im Abstract-Band angekündigt, die Ergebnisse einer neuen Untersuchung zum Kongress vorzulegen, das entsprechende Poster: J.L. Eberhardt, B. Persson, L.G. Salford und A. Brun (P-26) wurde jedoch zurückgezogen. Andererseits demonstrierten H. Franke et al. (1-1) in einem Kurzvortrag Ergebnisse aus Versuchen an einem in-vitro-Modellsystem zu dieser Fragestellung. Es handelt sich dabei um eine Monoschicht aus Endothelialzellen, die normalerweise die Hirn-Kapillaren bedecken und die Blut-Hirn-Schranke bilden. Diese ließ man auf einer Filter-Unterlage aufwachsen und schuf eine experimentell leicht zugängliche Modell-

Blut-Hirn-Schranke. Die Dichtigkeit dieser Schicht konnte man durch Einsatz von 14-C-Zuckern leicht messen, auch erlaubt diese Anlage eine Befeldung unter gut kontrollierten Bedingungen. Es ergab sich, dass auch nach 4 Tagen Befeldung (1,966 GHz, maximal 4,5 W/kg) keine Veränderung auftrat. Erst eine Erwärmung des Systems auf Temperaturen über 38 Grad zeigte eine Verminderung der Barriere-Eigenschaften.

Da in der Literatur immer noch die von Bawin et al. 1975 behaupteten Einflüsse von EMF auf das Kalzium-System der Zellen geistert, obgleich bisher niemand diese Experimente reproduzieren konnte, untersuchten auch Green et al. (1-2) ein solches System. Sie konnten jedoch ebenfalls keinen Einfluss eines 380 MHz-Feldes, moduliert nach ETSI-TETRA-Standard mit SAR-Werten bis 0,4 W/kg auf den Ca-Metabolismus kultivierter Herz-Zellen finden. Sollte man nicht endlich einmal diese alten Befunde als offensichtliche Artefakte *ad acta* legen?

Den Problembereich möglicher Einflüsse von HF-Feldern auf genetische Prozesse schnitten G. J. Hook et al (3-1) an, unterstützt durch das Poster von T. D. Whitehead et al. (P-163), beide aus der Arbeitsgruppe um J. L. Roti Roti. Beide Arbeiten befassten sich mit dem Einfluss von HF-Feldern (2,45 GHz, 1,9 W/kg, 2 Stunden) auf verschiedene DNA-Reaktionen. Auch als Folgereaktion einer Gamma-Bestrahlung konnten keine Veränderungen, wie z. B. DNA-DNA- bzw. DNA-Protein-Vernetzungen durch den Einfluss des Feldes beobachtet werden. Da trotz bisher verblicher Bemühungen um Replikation immer noch die Resultate der Publikationen von Lai und Singh (Int. J. Radiat. Biol. 1996; 69,513) im Raum stehen, welche Doppelstrangbrüche als Folge einer 2,45 GHz-Befeldung von Hirnzellen gefunden hatten, führten G. J. Hook et al. (11-4) erneut Untersuchungen an Hirnzellen exponierter Ratten durch (837 MHz verschiedener Modulationsarten, 1, 5 und 10 W/kg). Auch hier konnten keine DNA-Verän-

derungen gefunden werden. In diesem Zusammenhang sei der Kurzvortrag von I. Belyaev et al. (7-6) erwähnt. Der Referent konstatierte eingangs die von Lai und Singh behaupteten Doppelstrangbrüche als unbestrittene Tatsache, ebenso wie die von Persson und Salford (Mitautoren dieses Vortrages!) behaupteten Einflüsse auf die Blut-Hirn-Schranke und stellte Untersuchungen vor, bei denen Ratten mit 0,4 W/kg eines GSM-Signals befeldet wurden (4 Tiere befeldet, 4 Tiere als Kontrolle, Befeldungsdauer: zwei Stunden). Die Autoren fanden zwar keine DNA-Doppelstrangbrüche, jedoch wiesen sie mit Hilfe des Affymetrix U34 Gen-Chips nach, dass 11 Gene durch die Befeldung aktiviert worden seien. In der Diskussion gab der Referent zu, keine Aussagen über die normale Variabilität dieses Parameters machen zu können, zumal die Methode rein qualitativ sei.

Zur Frage der „Induktion von Hitzeschockproteinen als Antwort auf eine HF-Befeldung“ gab es zwei Vorträge, wobei der erste von S. Kwee (1-4) methodisch etwas fragwürdig war (qualitative Aussagen, keine ausreichende Statistik, schlecht kontrollierte Befeldung). Frau Kwee demonstrierte eine gesteigerte Produktion von HSP-70 in transformierten menschlichen Amnion-Zellen nach einer 25 min. Befeldung mit einem 960 MHz GSM-Signal (2,1 mW/kg).

F. Poulliet de Gannes et al. (3-2) berichteten über Versuche der französischen Gruppe, die u.a. von Leszczynski et al. (Differentiation. 2002; 70,120-129) gefundene Expression von Hitzeschockproteinen unter dem Einfluss von HF-Feldern zu reproduzieren. Zu diesen in-vivo-Experimenten, die mit Tier-Versuchen gekoppelt sind, liegen bisher erst abgesicherte Daten zu ersteren vor, nämlich zu Untersuchungen an primären neuronalen Zellen und Keratozyten, sowie Kulturen von Astrozyten und Fibroblasten, die bis zu 48 Stunden einem GSM-Feld ausgesetzt waren (2 W/kg). Mit fluoreszierenden Antikörpern wurde die Expression von Hsp-27 und Hsp-70

geprüft. Im Gegensatz zu den Positiv-Kontrollen (Erwärmung, UV-Einfluss) konnten jedoch im Unterschied zu der o.g. Publikation in den Zellen nach Feldeinwirkung keine Hitzeschockproteine nachgewiesen werden. Die abschließende Beurteilung der Ergebnisse der Tierexperimente steht noch aus.

Eine Behandlung peripherer menschlicher Blutzellen mit niederfrequenten Feldern (50 Hz, 0,1 mT) führte ebenfalls zu keiner Expression von HSP (L.A. Coulton et al. 5-3). Um so befremdender wirkt die Empfehlung von M.O. Mattsson et al. (9-3) eine kurzzeitige Befeldung mit 50 Hz (0,01 bis 0,1 mT) und damit eine Induktion von HSP als Schutz vor UV-Bestrahlung vorzunehmen (Die Autoren folgen damit einer Publikation von DiCarlo et al., J. Cell. Biochem. 2002; 84, 447-454).

Eine Reihe weitere Kurzvorträge und auch Poster waren der Wirkung der niederfrequenten Felder des Wechselstroms gewidmet, wobei M. Simkó et al. (3-6) nach 45 min Befeldung von Zellen mit 1 mT eine Erhöhung einer Wasserstoffsuperoxyd Produktion fanden, während G.-R. Ding et al. (5-4) feststellten, dass 5 mT nur dann in der Lage sind, apoptotische Veränderungen in Zellen zu stimulieren, wenn diese zuvor durch Wasserstoffsuperoxyd eingeleitet war. Zwei Kurzvorträge (A. L. Knidzelskii et al. 5-5 und H. R. Petty et al. 5-6) zeigten interessante Einflüsse gepulster elektrischer Felder auf langsame NAD(P)H-Oszillationen der Membran von menschlichen Neutrophilen.

Interessant waren Beiträge zur Wirkung von Mikrowellen, d.h. HF-Feldern über 3 GHz, die in verschiedenen Sektionen vortragen wurden. Dies entsprach auch der steigenden Anzahl derartiger Publikationen in den letzten Jahren und leitet sich wohl aus der vermehrten technischen Nutzung dieser Frequenzen ab, aus dem militärischen Interesse dafür und zum Teil auch aus dem Versuch, diese Strahlung für medizinische Zwecke einzusetzen. A. G. Pakhomov et al. (1-3) berichteten über den



Einfluss von Feldern der Frequenz von 9,6 GHz auf spontane Erregungen von Zellen in Schnitten aus Hippocampus-Gewebe. Erst bei SAR-Werten, die zu einer merklichen Erwärmung der Präparate führten (0,6 und 3 W/g) konnten Effekte gemessen werden, die allerdings denen einer einfachen Temperaturerhöhung entsprachen. Diese Resultate wurden unterstützt durch ein Poster aus derselben Gruppe (J. Doyle et al. P-174). Den Einfluss von Frequenzen zwischen 5,8 und 110 GHz auf das vegetative Nervensystem von Probanden untersuchten J. Kantz et al. (11-6) ohne signifikante Effekte zumindestens bei Feldstärken bis 15V/m gefunden zu haben. Mehrere Beiträge befassten sich mit der Frage nach der therapeutischen Wirkung von Millimeter-Wellen (42,2; 53,6; 61,2 GHz), die in Russland bereits seit längerer Zeit in der Therapie eingesetzt werden. M. K. Logani et al. (7-2) überprüften an einem Tiermodell, ob die von Logani und Ziskin (Electro Magnetobiology 1999; 18, 165-176) publizierte Verminderung gegenüber der Toxizität des Kanzerostatikums Cyclophosphamid genutzt werden kann, um eine kombinierte Therapie von Melanomen durchzuführen, fanden jedoch keinen praktikablen Effekt. Eine ähnliche Studie aus dem gleichen Labor stellte auch V. R. Makar (8-3) vor. A. A. Radzievsky et al. (11-7) zeigten, dass offensichtlich endogene Opioide an der Modifikation von Immunreaktionen nach einer Mikrowellenbefeldung beteiligt sind. D. Popovic et al. (P-175) schlugen vor, Impedanzmessungen mit Frequenzen zwischen 3 und 20 GHz zur Diagnose von Brustkrebs einzusetzen.

Dies leitet bereits über zu dem umfangreichen Sektor:

in-vivo-Experimente.

Diesem Bereich war ja bereits das Einführungreferat von Larry Anderson gewidmet. Es gab jedoch noch eine spezielle Sektion mit drei Sitzungen zu diesem Thema, in welcher 20 Kurzvorträge gehalten wurden. Letztlich ist auch noch die Frei-

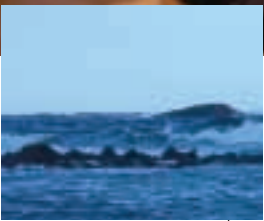
tags-Veranstaltung zu nennen, das Symposium III, gesponsert durch das National Toxicology Programm, zum Thema: „Karzinogenitäts-Studien an Laboratoriumstieren zu Hochfrequenzfeldern des Mobiltelefons“. Einige Befunde von in-vivo-Experimenten wurden bereits an anderer Stelle in diesem Bericht referiert.

J. C. Lin et al. (7-1) berichteten von Experimenten, bei denen Ratten selektiv mit gepulsten 837 MHz am Kopf befeldet wurden (30 min, SAR im Gehirn: 1,6 und 16 W/kg). Erstaunlicherweise konnten selbst bei maximalem SAR eine Woche nach der Befeldung keine immunhistologisch erfassbaren Veränderungen nachgewiesen werden. Die Autoren betonen jedoch, dass es sich hierbei erst um vorläufige Resultate mit noch wenigen Tieren handelt. Zu ähnlich negativen Resultaten kamen L. Gatta et al. (7-3, vorgetragen von C. Marino) bei Mäusen, die mit einem mittleren Ganzkörper SAR-Wert von 1 bzw. 2 W/kg im Verlaufe von einer Woche befeldet wurden (2 Stunden/Tag). Auch hier konnte keine Aktivierung des Immunsystems der Tiere nachgewiesen werden. N. Carrere et al. (7-5) gingen der Frage nach, ob eventuell das Gehör von Ratten durch die Befeldung mit 900 bzw. 1800 MHz beeinträchtigt wird (2 W/kg, 2 Stunden/Tag, 4 Wochen). Obgleich die Experimente noch nicht abgeschlossen sind, konnte bisher jedoch kein Einfluss gefunden werden. Verschiedene Beiträge betrafen die Wirkung starker HF-Felder auf die Thermoregulation von Versuchstieren (S.-T. Lu et al. 11-2, M. Kojima et al. 11-3, H. Masuda et al. 11-8).

Am Rande seien noch zwei japanische Arbeiten erwähnt, die allerdings keinen Zusammenhang mit Hf-Feldern hatten. O. Hiwaki (9-5) konnte nachweisen, dass sich die circadiane Periodik von Mäusen verschiebt, wenn sie vom natürlichen Magnetfeld abgeschirmt und einem 30 Mikrottesla 50 Hz-Feld ausgesetzt sind. Ein ganz anderer, aber nicht minder interessanter Zusammenhang mit Umweltparametern

wurde in einem Poster von S. Yokoi et al. (P-13) vorgestellt. Die Autoren hatten bereits zuvor Daten publiziert, woraus hervorging, dass Mäuse, die sich zu diesem Zeitpunkt zufällig in einem Bewegungstest befanden, das Erdbeben von Osaka vom 17. Januar 1995 durch ungewöhnliche Aktivitäten bereits einen Tag zuvor signalisierten (Bioelectromagnetics. 2003; 24, 289-291). Auf der Suche nach der Ursache für dieses Verhalten wurde in dem nun ausgestellten Poster mitgeteilt, dass Feldpulse von 0,07 ms Dauer, 9 V/m, 50 Hz Wiederholung ein c-fos-Gen aktivieren, das im suprachiasmatischen Nukleus des Gehirns für die biologische Uhr zuständig ist. Es wird damit die Hypothese verbunden, dass dem Erdbeben vorausgehende elektrische Pulse geologischen Ursprungs für die Reaktion der Mäuse verantwortlich sein könnten.

Das Symposium III zu Karzinogenitäts-Studien an Laboratoriumstieren begann mit einem Vortrag von M. Repacholi und L. Goldstein zu den Pim-1-Studien: „Wo sind wir heute?“ Es war eine nicht ganz vom Versuch der Selbstrechtfertigung freie, z.T. etwas unfair wirkende Auseinandersetzung des Referenten mit der Arbeit von T. D. Utteridge (Radiation Research. 2002; 158), in welcher die Resultate der eigenen Untersuchung (Radiat. Res. 1997; 147) bekanntlich nicht bestätigt werden konnten. Der Referent konzentrierte sich auf die Feststellung, dass die Utteridge-Arbeit nicht als Replikation anzusehen sei, da man die ursprünglichen Bedingungen modifiziert hätte. Da auch die Utteridge-Arbeit noch Fragen offen ließ, sollte man weiter forschen, insbesondere seien die Resultate der noch laufenden italienischen Studie abzuwarten. Im zweiten Referat kamen die Autoren der Utteridge-Arbeit zu Worte (T. R. Kuchel et al. 15-2). Hier kam zum Ausdruck, dass man in der Folgestudie versucht hatte, die Schwächen der ersten Arbeit zu vermeiden, d.h. die Expositionsbedingungen der Tiere reproduzierbarer zu



gestalten, die Anzahl der Versuchstiere zu erhöhen, die Expositionsdauer zu verlängern und auch die überlebenden Tiere einer genauen pathologischen Analyse zu unterwerfen. Unter Beachtung dieser erforderlichen Veränderungen halten die Autoren ihre Arbeit tatsächlich für eine Replikation der Repacholi-Studie und kommen zu dem klaren Schluss, dass eben die von Repacholi gefundenen Veränderungen nicht bestätigt werden konnten.

In einem weiteren Vortrag ging N. Kuster als Referent (J. Fröhlich et al. 15-3) auf die technischen Probleme ein, die zu lösen sind um Vorrichtungen zu bauen, die es erlauben, eine größere Anzahl von Versuchstieren über längere Zeit zu exponieren. Beispiele für solche Anlagen wurden demonstriert. In diesem Zusammenhang betonte der Referent, dass der mittlere Ganzkörper-SAR-Wert der Tiere im Hinblick auf Geometrie und dielektrische Heterogenität des Körpers ein schlechtes Maß für die Beurteilung biologischer Effekte im Tierversuch ist. Es lässt sich zum Beispiel nachweisen, dass bei bestimmter Orientierung der Tiere im Feld der SAR-Wert im Schwanz einer Maus, in dem sich sogar noch die meisten Wärmerezeptoren befinden, den mittleren Ganzkörper-Wert um das zehnfache übersteigen kann. In diesem Zusammenhang bot der Vortrag von M. Soffritti et al. (15-5) ein deutliches Negativ-Beispiel. Hier ging es um die Konzeption eines „Mega-Experiments“, wie der Referent betonte, in welchem über 10.000 Tiere in einer gigantischen Anlage in Italien lebenslang, d.h. vom Embryo bis zum Tode unter „realistischen“ Bedingungen befördert werden sollen. Als realistisch oder praxisnah betrachten die Autoren eine Antenne, die sich in einem elektronisch nicht gedämpften Raum einfach inmitten der Tierkäfige befindet. Die Einwände Kuster's in der anschließenden Diskussion, dass dies alles andere als praxisnah sei, schon allein deshalb, da die Maus kleiner sei als der Mensch, zum anderen jedoch auch wegen der völlig unklaren Feld-

bedingungen in einem solchen Raum, wurden von den Autoren ohne weitere Begründung abgewiesen. Es fragt sich, ob die sicher nicht unbedeutenden Mittel, die von der „European Ramazzini Foundation of Oncology and Environmental Sciences“ dafür offenbar bereitgestellt werden, nicht von vornherein in den Sand gesetzt sind.

C. Dasenbrock et al. (15-4) berichteten über ein von der EU finanziertes Projekt PERFORM, das den Einfluss von 900 und 1800 MHz-Feldern auf Ratten nach Langzeitexposition prüfen soll und deren Ergebnisse im Jahre 2005 erwartet werden. Auch A. L. Melnick et al. (15-7) stellen ein laufendes Projekt in diesem Frequenzbereich vor.

In der anschließenden Panel Discussion wurden folgende Problemkreise angesprochen: Kann man von *einer* Frequenz des Mobilfunks auf *eine andere* extrapolieren oder müssen bei jeder technischen Neuerung alle Tests wiederholt werden? - Sheppard wies in diesem Zusammenhang auf die Diskussionen in Münstereifel 2000 und Washington 2001 hin und unterstrich die Übertragbarkeit der Befunde, zumindestens innerhalb eines begrenzten Frequenzbereiches. Wie bereits mehrfach an anderer Stelle dieser Tagung, so wurde auch hier wieder die Frage angesprochen: Was sind eigentlich die kritischen Expositionsdaten? Was verlangt man von einer aussagekräftigen Dosimetrie? Diese Fragen berühren tatsächlich ein zentrales Problem, als Voraussetzung aller Bemühungen zur Konstruktion von Personal-Dosimetern. Als sicherlich unzulässige Extrapolation aus dem Bereich der ionisierenden Strahlung wird als „Dosis“ zumeist das Zeitintegral der absorbierten Energie verwendet. Für die Relevanz dieses Maßes zur Beurteilung von Einwirkungen hochfrequenter Felder gibt es jedoch keinerlei wissenschaftliche Begründung. Der Gesetzgeber, in Übereinstimmung mit internationalen Expertengremien, schreibt Schwellenwerte maximaler Feldstärken vor, aus denen sich SAR-Werte ableiten lassen. Eine zeitliche Inte-



gration der absorbierten Energie ist dabei nicht vorgesehen. Die Klärung dieser Frage müsste sich aus der Biophysik des zugrundeliegenden Wirkungs-Mechanismus ergeben, doch der ist unbekannt. Zur möglichen Krebsinzidenz von HF-Feldern wurde in der Diskussion ausgeführt, dass es seit 1997 bereits 12 Langzeitstudien dazu gibt, die alle, mit Ausnahme der oben diskutierten Repacholi-Studie, keinen Effekt nachweisen konnten.

Relativ wenig neue Aspekte gab es zum Thema:

medizinische Anwendung.

Die entsprechende Plenarsitzung mit der Überschrift „EMF Bedingungen für eine Beschleunigung der Heilung durch Erhöhung der Durchblutung und der Schmerz-Reduktion“ enthielt zwei Vorträge. H. Mayrovitz (PL 4-1) (USA) berichtete über elektromagnetische Therapie der Wundheilung, wobei er sich in Art eines Firmenvertreters in Allgemeinplätzen erging und Erfolgsbehauptungen ohne Belege aufstellte. Bedenkt man die generelle Überschrift der Sitzung, dann ist immerhin bemerkenswert, dass die einzige wissenschaftliche Publikation, die sich von diesem Autor finden lässt, eingesteht, dass eine Behandlung mit Permanent-Magneten zu keiner messbaren Änderung der Durchblutung führt (Bioelectromagnetics. 2001; 22, 494-502). Auch die Wahl des zweiten Plenar-Referenten erwies sich als ungünstig. C. Haslewood (PL 4-2) (USA) der sich in seiner aktiven Zeit viel mit der Wasserstruktur in biologischen Systemen beschäftigt hatte, jedoch bisher mit keiner einzigen Arbeit zu magnetischen oder elektrischen Wirkungen an die Öffentlichkeit getreten ist, sprach zum Thema: „Magnetfeld und Schmerzlinderung: Eine Rolle für das Wasser?“ In diesem Vortrag referierte er Lehrbuchwissen zur Wasserstruktur in Zellen und Geweben, vergaß aber dabei die Magnetfelder, sodass A. Pilla als Chairman dieser Sitzung zum Schluss selbst danach fragte: „What does the magnet do?“ - Die Antwort war lapidar: wahr-

scheinlich wirkt das Feld auf irgendwelche Rezeptoren, irgendwie ändert sich dann der Zellzustand und damit auch die Wasserstruktur!

Abgesehen von medizinisch orientierten Beiträgen in anderen Sektionen wurde dieses Thema in einer speziellen Sitzung zur medizinischen Anwendung mit 6 Kurzvorträgen und mit einem speziellen Symposium zu Fortschritten der EMF-Therapie mit 16 Beiträgen abgehandelt. In der erstgenannten Sitzung berichtete R. Korenstein et al. (8-1) über die Unterstützung der Chemotherapie von Krebs durch die Applikation elektrischer Felder. Dabei wurde im Mäuse-Modell die Aufnahme von Cis-Platin, Bleomycin bzw. Taxol durch Feldimpulse von ca. 40 V/cm (Pulslänge 0,18 ms, Pulsfrequenz 500 Hz), appliziert durch dicht am Melanom eingestochene Platin-Elektroden erhöht und damit der Therapie-Effekt deutlich gesteigert. K. Ito et al. (8-2) demonstrierten eine Applikationseinrichtung zur Hyper-Thermie-Behandlung, die eine interstitielle Erwärmung großvolumiger Tumoren ermöglichte. Auch der Beitrag von M. Okoniewski et al. (8-5) bezog sich auf ein technisches Problem, nämlich auf die Konstruktion einer Mess-Sonde zur Bestimmung dielektrischer Parameter von Geweben.

Weitere Beiträge dieser Sektion sind im Bericht bereits an anderer Stelle besprochen worden, wie denn auch medizinische Aspekte der Anwendung elektrischer und magnetischer Felder an verschiedenen Stellen der Tagung verstreut waren. Somit konnte zwar der Zweifel an der therapeutischen Wirksamkeit statischer Magnetfelder im mT- Bereich nicht zerstreut werden, die von den Japanern anvisierte Nutzung starker Felder verspricht jedoch in Zukunft an Bedeutung zu gewinnen. Auch sei an die bereits besprochenen Arbeiten zur therapeutischen Nutzung von Millimeterwellen erinnert, die nicht unbedingt nur im Sinne einer Hyperthermiebehandlung zu sehen ist. Das Symposium über Fortschritte der EMF-Therapie war in

Qualität und Ausrichtung recht heterogen und ließ mitunter die Vermutung aufkommen, dass mehr die kommerzielle Werbung denn die Wissenschaft dominierten. Das ist bedauerlich, da dieses sicherlich prinzipiell zukunftssträchtige Gebiet dadurch immer stärker in unverdienten Misskredit gerät.

Der Versuch eines Resümees

Es ist nicht leicht, ein zusammenfassendes Resümee des Kongresses zu schreiben. Auf alle Fälle ist ein solches natürlich subjektiv geprägt, wie auch der vorliegende Bericht insgesamt, zumal ein Einzelner gar nicht in der Lage war, alle Vorträge dieser Veranstaltung zu besuchen. Von echten Höhepunkten zu sprechen ist schwer, wohl auch deshalb, weil durch die hohe zeitliche Dichte ähnlicher Veranstaltungen Überraschungen kaum zu erwarten sind. Auffallend war die große Anzahl von Beiträgen, die nicht Resultate, sondern Planungen von Forschungsprojekten betrafen oder nur „preliminary results“ präsentierten.

Eine besondere Beachtung in diesem Zusammenhang, das zeigten viele Vorträge dieser Tagung, bilden nach wie vor die so genannten „nicht-thermischen“ Effekte. Wie an verschiedenen Stellen dieses Berichtes hervorgehoben, betonten mehrere Autoren, dass eine Mikrodosimetrie erforderlich sei, um kleinste Bereiche maximaler Energieabsorption zu erfassen. Dies bedeutet nicht nur, dass manche Effekte als „nicht-thermisch“ bezeichnet werden, da sie ohne messbare Temperaturerhöhung des Gesamtsystems einhergehen, tatsächlich aber „mikrothermisch“ sind, da sie auf lokalen Erwärmungen beruhen. Wichtiger noch erscheinen Effekte, die durch die empfindlichen Wärmesensoren des Organismus als Resultat normaler Thermoregulation zu erklären sind. Hier klafft noch eine Lücke in der biophysikalischen Forschung, denn den Mechanismus dieser hochempfindlichen Sensoren kennt man noch nicht.



Als Jubiläumsveranstaltung „25 Years of Excellence“ hätte man sich einmal einen kritischen wissenschaftstheoretischen Rückblick gewünscht, der den besonderen Charakter dieser Forschungsrichtung beleuchtet und versucht hätte die Frage zu beantworten, warum sich diese eigentlich von anderen so deutlich unterscheidet. Der Berichterstatter, der jahrzehntlang den Fortschritt auf anderen Gebieten der Biophysik verfolgte, fragt sich: wo liegt eigentlich der echte Erkenntniszuwachs auf dem Gebiet der EMF-Forschung? Warum beschränkt sich der Fortschritt auf diesem Gebiet lediglich auf die Anwendung neuer Methoden zum Nachweis biologischer Veränderungen und auf Perfektionierung der Dosimetrie und der Technik zum Bau von Applikationseinrichtungen? Im Kern der Sache, d.h. in der Frage, ob es tatsächlich Wirkungen schwacher elektromagnetischer Felder gibt, welcher Art diese sind, und welche Mechanismen dafür verantwortlich sein könnten, ist ein Fortschritt nicht auszumachen. Hier tritt man auf der Stelle

und wird ständig durch Sensationen überrascht, die sich später als nicht reproduzierbar erweisen. Es wurde schon erwähnt, dass in letzter Zeit keine neuen biophysikalischen Wirkmechanismen vorgeschlagen wurden. Repacholi bedauerte dies in seinem Einführungsvortrag (PL 1-2) und spornete an, darüber nachzudenken. Ist aber nicht vielleicht das Reservoir der Möglichkeiten erschöpft? Schließlich haben die Biophysiker in den letzten Jahrzehnten eine ganze Reihe möglicher Mechanismen vorgeschlagen, die von der Wirkung statischer Felder bis in den Hochfrequenzbereich hinein reichen. Einige davon konnten experimentell verifiziert werden. Nur zeigen diese übereinstimmend Schwellenwerte, die über den geltenden Grenzwerten liegen und weit über den realen Werten unserer täglichen Umgebung. Unterhalb derselben können sich die Biophysiker keine Wirkung vorstellen. Fordert man nicht vielleicht theoretische Erklärungen für Prozesse, die es in Wirklichkeit gar nicht gibt?

Ein Rückblick hätte vielleicht wenigstens eine der möglichen Ursachen für diese Situation beleuchten können: Wie bei jeder neuen Forschungsrichtung, so begann man vor 25 Jahren auch hier mit „sondierenden“ Untersuchungen. Es fehlten Erfahrungen in der Dosimetrie, besonders im HF-Bereich, und die heute zumeist gut funktionierende Zusammenarbeit zwischen HF-Technikern und Biologen war noch nicht ausreichend etabliert. Die Biologen verwendeten technisch völlig unzureichende Expositionseinrichtungen und die Techniker setzten nicht immer die aussagekräftigsten biologischen Methoden ein. Auch betrachteten sie mitunter das biologische Geschehen mit einer gewissen Naivität.

Was Wunder, dass die Ergebnisse breit streuten und damit auch sensationelle und damit pressewirksame Berichte über biologische Wirkungen kleinster Feldstärken keine Seltenheit waren. An vielen konkreten Beispielen könnte man nachweisen, wie sich im Verlaufe der Jahre diese Forschungsgruppen qualifizierten, wie sich

Techniker und Biologen zusammenfanden und wie sich die „Sensationen“ als Artefakte entpuppten, auch wenn sie leider aus der öffentlichen Diskussion mitunter nicht eliminierbar sind. So mancher Wissenschaftler, frustriert durch fortlaufende Negativergebnisse seiner Experimente, wandte sich daraufhin einem ergiebigeren Forschungsfeld zu. In den USA wurden in den letzten Jahren nachweislich staatliche Forschungsgelder von diesem Gebiet abgezogen und auf gesellschaftlich brennendere Fragen verwendet. Die Forschung läuft aber weiter. Vakante Plätze wurden und werden laufend von „Newcomern“ eingenommen, denen es gelingt Forschungsgelder zu finden, die durch politischen Druck immer wieder ausgeschrieben werden. Diese neuen Gruppen durchlaufen nun häufig den oben beschriebenen Erfahrungsprozess erneut. So sterben in dieser „unendlichen Geschichte“ die Sensationen nicht aus, und Manchem kommt das auch gar nicht ungelegen.

Doch wie immer ist Selbstkritik fördernd, und so soll auch mit diesem Gedankengang, der eben leider nicht in dieser Form als Resüme von „25 Years of Excellence“ vorgetragen wurde, weder die Notwendigkeit bestritten werden, sorgfältige Untersuchungen zu möglichen gesundheitlichen Auswirkungen technisch genutzter elektromagnetischer Felder durchzuführen, noch behauptet werden, Forschung auf dem Gebiet der Wechselwirkungen von EMF mit biologischen Systemen sei uninteressant. Viele Beiträge sowohl in der wissenschaftlichen Literatur als auch auf dieser Tagung zeigten ein hohes Verantwortungsgefühl der Wissenschaftler für diese Fragestellung und auch durchaus weiterführende Ideen der Anwendung elektromagnetischer Felder in Medizin und Biotechnologie. Nur gilt es hier, wie überall, die Spreu vom Weizen zu trennen, was mitunter nicht leicht fällt.

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