

NEWS

l e t t e r

G 14514 ● 9. Jahrgang ● Nr. 2 ● August 2001

Roland Glaser

Bericht über die 23. Jahrestagung der Bioelectromagnetic Society (BEMS)

10.- 14. Juni 2001, St. Paul, Minnesota

Diese Tagung fand in Kooperation mit der European Bioelectromagnetics Association (EBEA) statt. Neben drei Plenarvorträgen für alle Teilnehmer fanden die Kurzvorträge, die auf 15 Sitzungen verteilt waren, zu zwei Parallel-Veranstaltungen statt. Die Poster hingen während der gesamten Tagung vor den Vortragsräumen in den beiden Foyers. Dies alles erlaubte eine außerordentlich effektive Nutzung der dargebotenen Informationen und intensive Diskussionen.

Die thematische Gliederung der Tagung spiegelte sich hauptsächlich in den Vortrags-Veranstaltungen wieder. Nicht zu jeder derselben gab es auch eine gesondert ausgewiesene Poster-Abteilung (136 angemeldet, aber leider nur 104 tatsächlich ausgestellt). Zudem war es schwierig, die vielgestaltige Thematik der Poster einem eindimensionalen Schema zu unterwerfen. Dies wurde besonders in den Abschnitten Animal Studies und Cells & Tissues deutlich. Die hier dargestellten Experimente zum Einfluß statischer, niederfrequenter, hochfrequenter, sowie mannigfaltig modulierter, gepulster und kombinierter Felder waren auf Probleme des Arbeitsschutzes, der Grenzwertfindung, der medizinischen Anwendung oder auch der Biotechnologie gerichtet. Zusätzlich gab es natürlich Überschneidungen mit den Themenbereichen Genetik und Mikronuclei-Effekte. Der folgende Bericht bricht aus diesen Gründen mitunter mit der im Tagungsband angegebenen Einteilung und ordnet die Poster (in wenigen Fällen auch die Vorträge) thematisch anders ein.

S. 1

S. 26

S

S. 44

S. 44



Im Folgenden soll ein Überblick über die wichtigsten Resultate biologisch-medizinischer und biophysikalischer Arbeiten dieser Tagung aus der Sicht des Referenten gegeben werden. Dabei sind alle Themenkreise der Tagung berücksichtigt außer den technisch-physikalisch orientierten Sektionen: Exposure & Risk, Mobile Phones, sowie Radiofrequency Dosimetry (siehe dazu Bericht von Dr. Petrovic auf Seite 16).

Plenarvorträge

Die drei Plenarvorträge unterschieden sich in Art und Charakter deutlich voneinander, waren aber alle drei gut ausgewählt.

Im ersten Plenarvortrag gab Charles B. Grissom (Salt Lake City) eine Übersicht über magnetische Feldwirkungen auf enzymatische Reaktionen, erklärbar, durch den Mechanismus der Radikal-Paar-Rekombination (Radical Pair Mechanism). Dieser Vortrag umriss in klarer Form die Prinzipien dieser, auf McLauchlan und Steiner (1991) zurückgehenden Theorie, wonach eine Wirkung der magnetischen Komponente der Felder auf die Spinumkehr von Radikalen zurückgeführt wird. Dieser Prozess kann in enzymatischen Reaktionen wirksam werden, wenn ein Reaktionsschritt mit vorübergehender Radikalpaar-Bildung auftritt. Beispiele dafür sind die Reaktionen von Meerrettich Peroxidase (horseradish peroxidase, HRP), von Ethanol-Ammonium-Lyase in Bakterien, oder von Cytochrom C. Das Radikal-Paar, das im Reaktionsablauf solcher Enzymsysteme kurzzeitig erzeugt wird, besteht aus zwei Molekülen, die sich durch jeweils ein ungepaartes Elektron auszeichnen und folglich ein magnetisches Moment besitzen. Solche Radikale sind äußerst unbeständig. In weniger als einer Mikrosekunde rekombinieren sie gewöhnlich wieder, wenn nicht in dieser Zeitspanne, bedingt durch einen äußeren magnetischen Einfluß das magnetische Moment der ungepaarten Elektronen in einem der beiden Spezies umgepolt wurde.

Geschieht dies, so entsteht aus dem ursprünglichen Singulett-, ein Triplet-Zustand, dessen Rekombination mit anderen Zeitkonstanten und mitunter auch unter Entstehung anderer Reaktionsprodukte verläuft. Die Folge wäre eine Störung im Netzwerk biochemischer Reaktionsabläufe.

Der Referent erläuterte die quantenmechanischen Aspekte dieser Reaktion und verwies insbesondere auf die Rolle der Zeitkonstanten. Obgleich die Lebensdauer der Radikale in Relation zur Geschwindigkeit der Spin-Umkehr lang ist, wird dieser Prozesses bei schwachen Magnetfeldern sehr unwahrscheinlich und ist überhaupt nur durch Mittelung über viele reagierende Moleküle denkbar. Dies wirft die Frage nach dem unteren Schwellenwert der Magnetfeldstärke auf, bei der dieser Effekt überhaupt noch zu erwarten ist. Versuche an isolierten Enzymsystemen zeigten, dass erst im Millitesla-Bereich signifikante Effekte nachweisbar sind. Wie weit sich diese Grenze in Richtung auf geringere Feldstärken verschiebt, wenn die Reaktionen nicht im Reagenzglas, sondern in-vivo, also in einem System hoher supramolekularer Organisation ablaufen, bzw. in einem biochemischen Netzwerk mit Reaktionen unterschiedlicher Kontrollkoeffizienten, kann bisher nicht mit Sicherheit vorausgesagt werden. Der Referent brachte jedoch zum Ausdruck, dass er die Wirksamkeit dieses Effektes bei Feldstärken der technisierten Umwelt für unwahrscheinlich hält, zumal dann, wenn diese unter das Maß der geomagnetischen Felder sinken. Auch ist zweifelhaft, ob diese Mechanismen noch im HF-Bereich wirksam werden können, zumal wenn deren Schwingungs-Periode kleiner wird als die mittlere Lebensdauer der Radikale.

Der Referent des zweiten Plenar-Vortrages war Barry N. Ford vom Radiation Protection Bureau Canada (Ottawa). Hier ging es gar nicht vordergründig um die Wirkung elektromagnetischer Felder sondern um einen Überblick über neue Methoden und Technologien in der genetischen Toxikologie. In eindrucksvoller Weise de-

monstrierte der Referent, wie die stürmische Entwicklung von Analysetechniken in den letzten Jahren nicht nur neuartige Tests hervorgebracht hat, sondern wie sich diese Tests vor allem durch Einsatz modernster Techniken der Automatisierung und Datenverarbeitung, zu Routinemethoden mit hohem Durchsatz entwickeln konnten. Die enorm gestiegene Empfindlichkeit der Methoden, die Verminderung der erforderlichen Probenmenge, und schließlich der durch die Automatisierung erreichte Durchsatz an Proben haben die Tests revolutioniert. Diese Methoden erlauben es z.B. einige hundert Gene simultan zu bestimmen, oder auch die Expression von Proteinen in einzelnen Zellen zu analysieren. Gleichzeitig haben diese Untersuchungen jedoch gezeigt, dass das enge funktionale Geflecht zwischen Genexpression, Proteinsynthese und Proteinfunktion schier undurchschaubar komplex ist. Der Referent warnte in diesem Zusammenhang eindringlich vor vorschnellen Schlussfolgerungen auch bei einzelnen signifikanten Testergebnissen. Erstens würde die moderne Analysetechnik mitunter über Fehlermöglichkeiten der Analysen hinwegtäuschen, zum anderen würde der Nachweis partikulärer Effekte allein noch keine Aussage über eine biologische Wirksamkeit zulassen (The plural of anecdote is not data!).

Die Kompetenz des Referenten und die Brisanz des Themas führten im Anschluss an den Vortrag zu einer lebhaften Diskussion: Kann man sich bei solchen Tests auf einen bestimmten Kreis von Indikator-Genen festlegen? – Nein, keinesfalls, von zigtausend Genen kennt man die Funktion noch gar nicht! Kann man auf Signifikanz von Einzel-Ergebnissen bauen? – Nur bedingt, denn auch wenn der Test eine signifikant positive Aussage liefert, ist man nicht sicher, welches tatsächlich die Ursache dieser Veränderung ist. Wie kann man die Vieldeutigkeit eindämmen? – Indem man bei einem Verdacht auf einen Effekt mehrere Experimente mit modifizierten Bedingungen durchführt.

Der dritte Plenarvortrag war wissenschaftshistorischer Art. David J. Rhees, der Direktor des Bakken-Museums von Minneapolis sprach zum Thema: Von Frankenstein zum Herzschrittmacher – Reflexionen über die Geschichte von Elektrizität und Leben. Dies brachte eine gewisse Auflockerung in den strengen Gang wissenschaftlicher Diskussionen und war gleichzeitig eine Einstimmung auf die Exkursion zu diesem Museum, die man am Nachmittag des gleichen Tages organisierte. Earl Bakken (geb. 1924), Mitbegründer der Firma Medtronic (1949) und Konstrukteur des ersten batteriebetriebenen Herzschrittmachers (1957) hat in seiner Villa eine Reihe historischer Instrumente der Medizintechnik gesammelt. Dies, zusammen mit eindrucksvollen Experimenten zur Magneto- und Elektrostatik war später zu einem Museum ausgebaut worden, welches vor allem auch Kindern und Jugendlichen die Problematik näher bringen will (www.thebakken.org). (Natürlich durfte in einem amerikanischen Museum auch die Show nicht fehlen, und so konnte sich jeder Teilnehmer, den eventuell die Vorträge des Vormittags kalt gelassen hatten, einen Adrenalin-Stoß bei der 10-minütigen Vorführung im Frankenstein-Labor des Museums holen!)

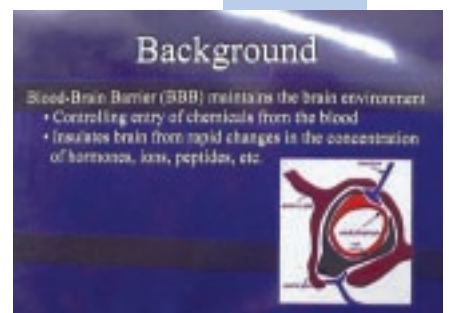
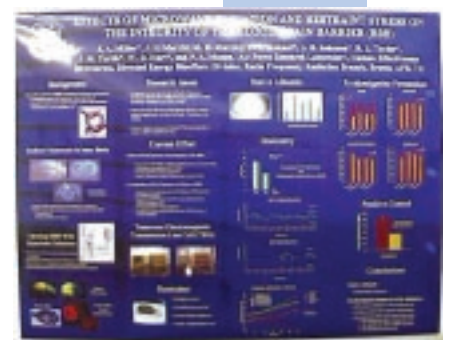
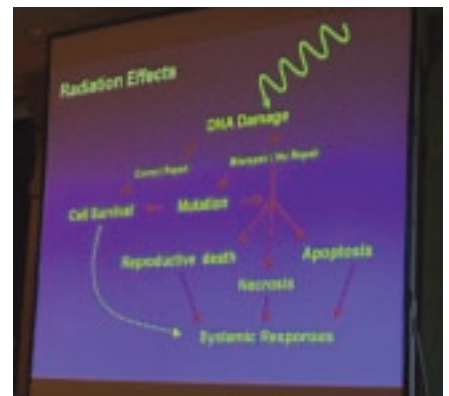
Mechanismen

Zu diesem Thema wurden acht Vorträge gehalten und fünf Poster ausgestellt. Außerdem ist natürlich der bereits referierte erste Plenarvortrag von C.B. Grissom hier einzuordnen. Neuartige Ideen kamen allerdings dabei nicht zur Sprache. Im Grunde handelte es sich um Diskussionen von bereits vor Jahren formulierten Hypothesen und um Resultate, welche diese stützen sollten.

Die Gruppe um V.V. Lednev (Pushchino, Russland), war durch einen Vortrag (1-1) und zwei Poster vertreten (Belova et al. P-8 und P-123, wobei das angekündigte Poster P-8 fehlte). Zu ähnlichem Thema gehörte auch der Vortrag von Wu et

al. (1-2), ebenfalls gestützt durch ein Poster (Wang et al. P-4). Dabei ging es um die bereits seit langem diskutierte Möglichkeit der kombinierten Wirkung eines statischen, mit einem niederfrequent schwingendem Magnetfeld, wobei in Abhängigkeit von der Intensität des statischen Feldes, Resonanzen bei biochemischen Reaktionen mit biologisch wichtigen Ionen bei bestimmten Frequenzen des Wechselfeldes auftreten sollten. Diese, von Lednev bereits im Jahre 1991 Magnetic-Paramagnetic-Resonance-Theory (MPR) genannte Hypothese entspricht im wesentlichen der von Blackman und Blanchard 1994 als Ion-Paramagnetic-Resonance-Mechanism (IPR) bezeichneten Vorstellung. Zu dieser Thematik ist auch der Vortrag von Belyaev et al. (13-3) zu rechnen. Er fand ein Intensitäts-Fenster mit einem Maximum von 10 μT bei 50 Hz bei Messungen der Chromatin-Kondensation in menschlichen Lymphozyten. Die von ihm hierzu angewandte Methode der anomalous viscosity time dependencies (AVTD), mit der er seit mehreren Jahren arbeitet, und u.a. auch Mikrowellen-Effekte bei Heffzellen gefunden zu haben glaubt, ist anzuzweifeln.

In seinem Vortrag (1-1) ging Lednev der Frage nach, warum es zwar einige Bestätigungen seiner Experimente der Feld-Beeinflussung der Ca^{++} -Calmodulin-Bindung durch einige Autoren, aber in einigen Fällen auch Fehlmeldungen gegeben habe. Seine Erklärung, wonach der Grund in der Reinheit der Reagenzien, bzw. in fehlerhaften Effekten bei Anwesenheit anderer Bindungsstellen ohne die vorgegebene Bindungs-Spezifität zu suchen sei, konnten zu mindest im Vortrag nicht überzeugend vermittelt werden. Das im Poster P-123 gezeigte scharfe Frequenzfenster bei 35,8 Hz (statisches Feld: 46,5 μT , AC-Feld: 86,0 μT ; weder bei 34 Hz noch bei 38 Hz ein Effekt!) der Beeinflussung des Geotropismus (senkrechte Ausrichtung von Pflanzen) verschiedener Stengel-Segmente wird als Resultat



spezifischer Ca^{++} -Bindung an eine Ca-spezifische Proteinkinase (Calmodulin-ähnlich) gedeutet. Man kann gespannt sein auf eine ausführliche Publikation dieser Ergebnisse.

Wenig überzeugend war auch der Vortrag von S. Wu (1-2), der versuchte verschiedene Forschungsergebnisse mit Voraussagen der Theorien Lednev's und Blackman's zu korrelieren, desgleichen das Poster von Wang et al. (P-4), in welchem frequenzabhängige Änderungen an Gap-Junctions (Verbindungskanäle zwischen den Zellen) von Hepatocytten untersucht wurden. Bei 38,4 mT statischem Feld fanden die Autoren Änderungen im Austausch eines Fluoreszenzfarbstoffes (Luciferin yellow) bei 45 Hz (24,4 mT), nicht jedoch bei 40, 42,5, 50 oder 60 Hz.

Es wirkt natürlich nicht sehr überzeugend, wenn ein Jahrzehnt nach Publikation einer Hypothese zu einem Wirkungsmechanismus lediglich die Autoren dieser Hypothese selbst, nicht aber unabhängige Gruppen an deren Untermauerung arbei-

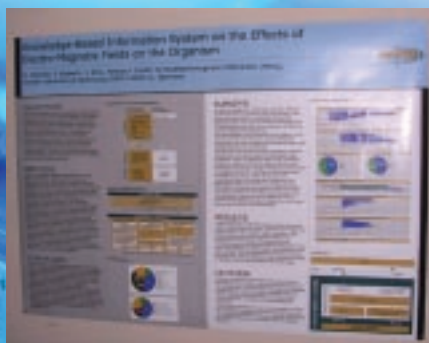
ten. Dies gilt auch für die immer noch aktive Liboff-Hypothese, die in zwei Postern ohne sichtliches Ergebnis diskutiert wird (Regling et al. P-109, Brueckner et al. P-110).

Lavrova et al. (Moskau) frischen in einem weiteren Vortrag (1-3) die Theorie der Beeinflussung von Reaktions-Diffusions-Reaktionen durch elektrische Wechselfelder auf. Diese Theorie beruht auf der Vorstellung, dass ein elektrisches Wechselfeld periodische Änderungen lokaler Ionen-Konzentrationen beeinflussen kann. Das Problem dabei ist die geringe Amplitude der Ionen-Bewegung in einem elektrischen NF-Feld einer Feldstärke, die so schwach ist, dass sie nicht bereits durch Membrandepolarisation als Reiz auf Nerven- und Muskelzellen wirkt. Die Autoren versuchten diese Schwierigkeit durch die Modellierung von Reaktionen mit einem hohen Empfindlichkeitsgrad gegenüber lokalen Konzentrationen etwas zu mildern.

In zwei Vorträgen (1-4 und 1-5) stellten T.M. Collison und N. Perdonet et al. (Stony Brook, NY) Vorstellungen über die Modifikation von Fibronectin-Netzwerken durch fixierte Ladungen dar. Diese sicher biotechnologisch interessante Feststellung kann jedoch kaum als Modellvorstellung für die Wirkung schwacher EMF dienen.

Q. Balzano und A. Sheppard (1-6) stellten eine Methode vor, mit welcher mögliche Demodulationen von HF-Feldern durch das biologische System nachgewiesen werden könnten. Sie beruht darauf, die nach einer eventuellen Demodulation im System erzeugten NF-Felder aufzunehmen, zu verstärken und zu registrieren. Die Methode wurde noch nicht realisiert und somit ihre tatsächliche Effektivität noch nicht getestet.

R. Adair (1-7) erläuterte kritische Gesichtspunkte zu der bereits 1968 von H. Fröhlich postulierten und später immer wieder diskutierten Möglichkeit elektrischer Mikrowellen-Resonanzen im molekularen Gefüge biologischer Systeme.



Bedenkt man die visköse Dämpfung, so ist eine solche Resonanz unwahrscheinlich.

Der Vortrag von C. McCreary (1-8) zu ELF-Einflüssen auf das Kalzium-Signalsystem gehört eigentlich in die Rubrik zelluläre Wirkungen und soll dort besprochen werden.

Von den zu dieser Thematik gehörigen Postern sei das von F. Barnes et al. (P-7) hervorgehoben, in welchem Berechnungen zu lokalen Energieabsorptionen im submikroskopischen Bereich demonstriert wurden. Ein erstes vereinfachtes Modell der Zellmembran als Plattenkondensator ergibt, dass frequenzabhängig erhebliche Unterschiede in der Absorption von HF-Feldern auftreten können. Dies müsste sich besonders bei gepulsten Feldern auswirken, könnte aber z.B. auch zu einer thermischen Demodulation amplitudenmodulierter HF-Felder führen.

Radiofrequenz und Blut-Hirn-Schranke (BHS)

Bedingt durch die Aktualität dieses Themas in der Öffentlichkeit, war diese Sitzung besonders gut besucht. Es wurden 6 Vorträge gehalten, eine spezielle Poster-Abteilung zu diesem Thema gab es nicht, lediglich zwei Poster (Masuda et al. P-51 und Miller et al. P-132) waren an anderer Stelle eingegliedert.

Vortrag und Poster von J. Merrit und P. Mason (2-1, P-132), sowie die Vorträge von J. Lin (2-2) und Nagawa et al. (2-4) und auch das Poster von Masuda et al. (P-51) unterstrichen einhellig den mehrfach publizierten Befund, wonach eine Permeabilitätsveränderung der BHS durch HF-Felder lediglich dann auftritt, wenn eine Erwärmung erfolgt. Dazu sind Flächenleistungsdichten erforderlich, die über den zugelassenen Grenzwerten liegen. Leider war kein Mitglied der schwedischen Gruppe (B. Persson, A. Brun, L.G. Salford) als Opponent dieser Auffassung angereist, so dass der angemeldete Vortrag (2-5) von einem nicht als Autor genannten Kollegen gehalten wurde, der in

der Diskussion keine sachkundigen Auskünfte erteilen konnte. Dieser Vortrag enthielt die bereits in den Jahren 1992, 93, 94 von G.Salford publizierte und in der Literatur wegen mangelnder Reproduzierbarkeit der Resultate und methodischer Schwächen mehrfach kritisierten Experimente zum Albumin-Durchtritt durch die BHS bei Langzeit-Befeldung von Ratten bereits bei SAR-Werten von 0,02 W/kg (915 MHz GSM). Auf diese Arbeiten gingen Mason et al. in einem weiteren Vortrag ein (2-6), indem sie demonstrierten, dass die Ergebnisse der schwedischen Gruppe trotz aller kritischen Bedenken durchaus ernst genommen werden, und unter Vermeidung der methodischen Fehler in einer umfangreichen Untersuchung unter Einbeziehung der schwedischen Autoren verifiziert werden sollen. Mit den Ergebnissen ist in nächster Zeit zu rechnen.

Aus Vorträgen und Postern ergab sich letztlich, dass es nach wie vor keine gesicherten Befunde gibt, die darauf hinweisen, dass die Blut-Hirn-Schranke durch HF-Felder einer Intensität, die nicht zu einer deutlichen Erwärmung des Gehirns führen, in irgend einer Weise beeinflusst würde.

Erwähnung verdient noch der Vortrag von F.S. Prato (2-3) über mögliche Veränderungen der BHS durch die starken Magnetfelder der Magnet-Resonanz-Tomographie. Es konnte unter diesen Bedingungen an Ratten ein signifikanter, wenngleich auch reversibler Übergang von Meerrettich-Peroxidase in das Nervengewebe des Gehirns festgestellt werden. Erste Untersuchungen mit ¹⁵³Gd markiertem Gd-DTPA zeigten tatsächlich eine signifikante, wenn auch geringe Penetration.

Diese Ergebnisse sind besonders deshalb interessant, weil sie die Frage aufwerfen, ob nicht vielleicht auch das toxische, aber wegen fehlender Resorbierbarkeit im Körper als Kontrastmittel verwendete Gadolinium-Präparat Gd-DTPA in das Gehirn gelangen könnte.

Epidemiologie

Alle 6 in dieser Sitzung gehaltenen Vorträgen bezogen sich auf den Frequenzbereich des Kraftstroms; lediglich eines der drei ausgestellten Poster hatte eine HF-Exposition zum Gegenstand. Drei dieser Vorträge behandelten die Exposition der Bevölkerung, die übrigen bezogen sich auf berufsbedingte Expositionen.

J. Schüz (3-1) berichtete über eine deutsche Studie mit der Fragestellung, ob in Wohnungen mit einer Magnetfeld-Exposition über 0,2 μ T durch den 50Hz-Wechselstrom eine Erhöhung der Anzahl von Erkrankungen mit Kinder-Leukämie auftrat. Da diese Exposition nur durchschnittlich 1,5 % aller deutschen Haushalte betrifft, war die Zahl der untersuchten Fälle relativ gering. Wieweit die sieben erfassten Fälle von Kinder-Leukämie unter diesen Bedingungen, verglichen mit den vier Fällen unter Kontrollbedingungen, tatsächlich aussagekräftig sind, mag dahingestellt sein. Bedenklich ist auch, dass von den nach stochastischen Methoden ausgewählten Haushalten nur etwa 50 % einer epidemiologischen Erfassung zustimmten. Damit ist natürlich in Frage gestellt, inwieweit die Auswahl noch als repräsentativ gelten kann.

M.G. Preece stellte in einem Vortrag (3-3) die These zur Diskussion, in wieweit die Beeinflussung der Gesundheit des Menschen durch Hochspannungsleitungen nicht direkt durch das emittierte Feld, sondern vielmehr indirekt durch Veränderungen der chemischen Umgebung zu erklären sei. Dies versuchte er durch die Analyse epidemiologischer Daten unter Beachtung der jeweiligen Hauptwindrichtung zu stützen. Dabei wird natürlich die ohnehin diesen Erhebungen anhaftende Unsicherheit durch die kleine Zahl der Fälle, durch Teilung der Kohorten noch erhöht. Auch liegen die Trassen nicht immer eindeutig quer zur Windrichtung. Die Autoren konnten kleine insignifikante Unterschiede nachweisen. Ob die Autoren bei diesem Mechanismus an allgemeine Zersetzungsprodukte durch Spitzenentladungen an den

Hochspannungsleitungen, um sogenannte Luftionen, oder, wie von ihnen bereits 1996 publiziert, an lokaler Radon-Anreicherung dachten, wurde nicht ausgeführt.

In diesem Zusammenhang ist auch der von Wachtel und Pearson präsentierte Vortrag (3-4) zu sehen. Diese Autoren gehen davon aus, dass Stromleitungen häufig entlang von Verkehrsstraßen mit entsprechender Abgas-Emission verlaufen. In diesem Sinne sind natürlich chemische Co-Faktoren der Kanzerogenese zu berücksichtigen. Diese wiederum werden selbstverständlich wind-abhängig verbreitet.

Das von einer schwedischen Gruppe erarbeitete Poster (Soderberg et al. P-9) ging der Frage nach, ob eine Früh-Exposition von Säuglingen durch Magnetfelder in Brutkästen eine Auswirkung auf spätere Leukämie-Erkrankungen haben könnte. Zu diesem Zweck wurden zunächst derartige Einrichtungen in verschiedenen Kliniken vermessen und dabei Feldstärken von 0.30 μT bis 4,36 μT festgestellt. Multipliziert mit der Dauer der Exposition kam man zu Werten zwischen 0,3 $\mu\text{T}^*\text{h}$ und 613 $\mu\text{T}^*\text{h}$. Es wurden 752 Fälle kindlicher Leukämie-Erkrankungen ausgewertet, die zwischen 1973 und 1989 registriert waren und diese einer entsprechenden Kontroll-Gruppe gegenübergestellt. Es konnte eine geringe, nicht-signifikante Korrelation zwischen Leukämie-Erkrankung und Exposition in Brutkästen gefunden werden. Auch hier stellt sich natürlich dringend die Frage nach möglichen Kofaktoren.

Konkrete Untersuchungen über eine berufsbedingter Exposition wurden lediglich durch die schwedische Studie von Hakansson et al. (3-2) dargestellt. Dabei ging es um 537.692 Männer und 180.529 Frauen, die zwischen 1985 und 1996 Betrieben angehörten, die mit Elektro-Schweiß-Technik, vor allem Punkt-Schweiß-Geräten ausgerüstet waren. Dabei erreichte die Magnetfeld-Exposition maximal Millitesla-Werte. Je nach aktueller Tätigkeit (von der Sekretärin bis zum Schweißer) wurden die Betroffenen in verschiedene Expositions-

gruppen eingeteilt. Es konnte eine Risikoerhöpfung bezüglich Alzheimer-Erkrankung, sowie amyotrophischer Lateral-Sklerose gefunden werden. Die Autoren selbst halten ihre Befunde jedoch für bestätigungswürdig. In der Diskussion wurde auf mangelnde Dosimetrie und vor allem darauf hingewiesen, dass diese Berufsgruppen natürlich zusätzlich einer ganzen Reihe chemischer Einflüsse ausgesetzt waren, die hier unberücksichtigt geblieben sind.

Die Vorträge von Renew et al. (3-5), sowie Kelsh et al. (3-6) waren mehr methodischer Art. Im ersten Fall handelt es sich um die Darstellung eines Modells, welches eine bessere Klassifizierung von Arbeitern in Kraftwerken bezüglich ihrer Magnetfeldexposition erlaubt, im zweiten Fall wird die Situation chinesischer Arbeiter in der Textilindustrie der USA hinsichtlich durchschnittlicher Exposition und unter Berücksichtigung des individuellen Bildungsstandes und der Kenntnis um mögliche Gefahren analysiert.

Das von E.Dunn et al. (P-11) ausgestellte Poster zu epidemiologischen Erhebungen an Kinder-Leukämie-Erkrankungen in der Nähe von Basis-Stationen in Südwest-England stellte lediglich Probleme und Ansätze laufender Untersuchungen dar, ohne zu neuen Schlussfolgerungen zu kommen.

Versuche an Probanden

Auch diese Thematik konzentrierte sich vorwiegend auf den Bereich statischer und niederfrequenter Felder. In einem ersten Beitrag berichteten Reißweber et al. (6-1) über Experimente zur Frage des nächtlichen Melatoninspiegels von Probanden unter dem Einfluß eines 100 μT , 50 Hz Feldes während des Schlafes. Im Gegensatz zu Lichtsignalen, welche bekanntlich den Melatoninspiegel während der Nachtzeit deutlich senken, konnten ähnliche Effekte mit dem magnetischen Wechselfeld nicht erreicht werden.

Haugsdal und Tynes (6-7) untersuchten Arbeiter, die während der Nachtschicht in

einer Aluminium-Schmelz-Anlage starken statischen Magnetfeldern (2,3-4,9 mT), bzw 50 Hz-Feldern (3,1-78,7 μ T) ausgesetzt waren. In Urinproben konnte im Falle der Exposition im statischen Magnetfeld eine Erhöhung des Gehaltes an Prostaglandin (8-epi-PFG2 α), gemessen werden, wobei der Effekt jedoch nicht mit der Feldstärke korreliert. Der Gehalt an Neopterin, einem End-Produkt im Prozess der Aktivierung von T-Lymphozyten, erhöhte sich dabei nicht. Im Falle der 50 Hz-Exposition stieg hingegen der Neopterin-Gehalt im Harn, wohingegen die Prostaglandin-Konzentration konstant blieb. Die Ergebnisse werden im Zusammenhang mit anderen Faktoren diskutiert, welche während der Exposition einwirken könnten. Insbesondere ist das in diesen Räumen entstehende Chlor-Gas ein Kandidat für mögliche physiologische Störungen.

Die bereits in der Literatur in den letzten Jahren durch Arbeiten über den Einfluß geomagnetischer Anomalien auf den Melatonin-Haushalt des Menschen hervorgetretene Gruppe um Burch et al. war mit einem Poster (P-25) über die Modulation der Anzahl natürlicher Killerzellen und dem Spiegel der Ornithindecaboxylase (ODC) bei Elektrizitätsarbeitern präsent. Arbeiter als Probanden wurden mit einem Gerät versehen, welches automatisch im Verlaufe von drei aufeinander folgenden Arbeitstagen in 15 s Intervallen sowohl das 60-Hz Magnetfeld, als auch die Lichtintensität registrierte. Am Ende der 3-Tages-Periode wurde an Hand von Blutproben bei jeder Versuchsperson der ODC-Gehalt, die Aktivität der natürlichen Killerzellen und andere Blutzell-Parameter bestimmt. Bei einer breit streuenden Magnetfeld-Exposition (0,02-4,6 μ T, Mittelwert: 0,3 μ T) zeigt sich eine Verminderung der Killerzellen- (p=0,02) und der ODC-Aktivität (p=0,06). Die Autoren vermerken, dass weitere Untersuchungen erforderlich sind, um diese Resultate zu verifizieren.

Zwei Vorträge legten direkt oder indirekt den Gedanken nahe, dass auch der

Mensch durch das geomagnetische Feld beeinflusst werden kann. So berichteten Thoss et al. (6-8) über die Abhängigkeit der Lichtempfindlichkeit von Probanden von der Richtung des geomagnetischen Feldes. Thomas und Prato (6-2) stellen erste Ergebnisse zu einem Test vor, in welchem der Gleichgewichts-Sinn von Probanden bei verschlossenen Augen als Indikator für die Einwirkung niederfrequenter Magnetfelder verwendet wird.

Sandstrom et al. (6-4) gehen der Frage nach dem Wesen sogenannter elektromagnetischer Hypersensibilität von Personen nach. Dabei wurde eine vom Department of Occupational Medicine and Dermatology der Norrland-Universität (Umeå, Schweden) ausgesuchte Gruppe von 14 als hypersensibel definierte Probanden mit einer gleich-großen, in Geschlecht und Alter gleichermaßen zusammengesetzten Kontrollgruppe verglichen. Über 24 Stunden eines normalen Arbeitstages wurden bei diesen Probanden automatisch eine Reihe wichtiger Parameter der zentralen und autonomen Regulation von Körperfunktionen gemessen. Die Analyse der Variabilität der Herzfrequenz war in der Gruppe der Hypersensitiven sowohl am Tag, als auch während der Nachtzeit höher als in der Kontrollgruppe. Diese Untersuchungen geben zwar keinen Hinweis auf eine erhöhte Elektrosensibilität, weisen die Gruppe jedoch als Personen mit erhöhter sympathischer Aktivität aus, die damit generell anfälliger gegenüber Umwelteinflüssen sind.

Scholten und Silny (6-6) untersuchen kritische Feldstärken der menschlichen Umgebung, die zu Fehlfunktionen eines Herzschrittmachers führen können. Zu diesem Zweck wurden an Versuchspersonen die durch ein 50Hz-Magnetfeld induzierten Körperströme direkt gemessen, und anschließend als Störgrößen auf Herzschrittmacher verschiedener Konstruktion getestet. Dabei traten Fehlfunktionen je nach Typ zwischen 0,64 mV_{pp} und 1,57 mV_{pp} auf. Für den worst case würde dies

eine Missfunktion bei einem äußeren Feld von 1,55 kV/m bedeuten.

Zur HF-Problematik ist lediglich der Vortrag von Adair et al. (6-3) zu erwähnen, unterstützt durch ein Poster (P-23). Hier wurden die bereits publizierten Studien ergänzt, zur Frage, ob es einen Unterschied in der Erwärmung eines Probanden durch Erhöhung der Außentemperatur einerseits, und der diathermischen Erwärmung durch HF-Felder andererseits gibt. Die ursprünglich mit 450 und 2450 MHz durchgeführten Experimente wurden auf den Frequenzbereich von 100 MHz ausgedehnt. Diese Frequenz zeichnet sich gegenüber den anderen einmal durch den geringeren Skin-Effekt und damit eine erhöhte Eindringtiefe aus, zum anderen liegt die Körper-Resonanz des Menschen in diesem Bereich. Das subjektive Wärme-Empfinden gilt als Indikator für die Befunde.

Lediglich ein Poster war der Frage gewidmet, ob die extrem geringen Intensitäten eines GSM-Signales von einem Sendemast in der Lage sind, Reaktionszeiten des Menschen zu beeinflussen (Scanlon et al. P-24). Dabei wurde eine Flächenleistungsdichte im Fernfeld-Bereich eines Senders von 0,28 μ W/cm², also 0,06 % des ICNIRP-Grenzwertes verwendet. Es konnte bei keinem der 10 Probanden in 72 Experimenten ein Einfluß gemessen werden.

Radiofrequenz-Einfluß auf Micronuclei

Diese Sektion erfreute sich wegen ihrer Aktualität und wegen der Widersprüchlichkeit der bisherigen Forschungsergebnisse einer beachtlichen Resonanz, was sich in der großen Anzahl der Hörer erwies. Es wurden jedoch lediglich 6 Kurzvorträge gehalten, wobei allerdings in zwei weiteren Vorträgen anderer Sektionen die Problematik der Mikronuclei bezüglich möglicher Niederfrequenz-Wirkung angesprochen wurde (11-2, 13-2; der unter 8-5 angemeldete Vortrag zu diesem Themenbereich fiel aus). Eine spezielle Poster-



Abteilung zu diesem Thema gab es nicht, zwei Poster dazu (P-80, P-131) waren an anderer Stelle eingegliedert.

Zunächst gab G. Krishna (7-1) einige biologische und methodische Informationen genereller Art über die Entstehung von Mikronuclei als Folge von Chromosomenbrüchen und Anomalien in der Telophase der Mitose. Das Auftreten dieser kleinen Nebenkerne kann folglich als Hinweis auf bestimmte Schäden im genetischen Apparat dienen, sodass deren Nachweis routinemäßig als Indikator für genotoxische Einflüsse eingesetzt wird. Zumeist geht das Auftreten von Mikronuclei mit dem Gehalt an Zentrosomen einher, die sich selektiv anfärben lassen. Werden im normalen Verlaufe der Erythrozyten-Reifung die Kerne der Erythroblasten ausgestoßen, dann lassen sich die eventuell vorhandenen Mikronuclei in den ansonsten kernlosen Zellen leicht nachweisen. Dieses System eignet sich deshalb besonders für eine automatisierte Auswertung großer Zahlen von Zellen in Zell-Scannern nach Anfärbung mit Immunofluoreszenz Farbstoffen. Diese Übersicht über zellbiologische und methodische Hintergründe unter Berücksichtigung möglicher Fehlinterpretationen bildete eine gute Einstimmung auf die folgenden Beiträge.

G. J. Hook et al. (7-2) untersuchten sowohl Doppelstrang-Brüche in der DNA als

auch das Auftreten von Mikronuclei in menschlichen Lymphozyten, die *in vitro* verschiedenartig gepulsten und modulierten Signalen mit Trägerfrequenzen von 837 bzw. 1909,8 MHz ausgesetzt waren. Dabei wurden unter Temperatur-Kontrolle ($37 \pm 1^\circ \text{C}$) SAR-Werte von 1 W/kg, 5 W/kg und 10 W/kg über eine Dauer von 3 bzw. 12 Stunden appliziert. Bei keiner der verwendeten Expositions-Intensitäten konnte eine signifikante Erhöhung von DNA-Schäden festgestellt werden. Auch führten die 3-stündigen Expositionen nicht zu einer Veränderung der Anzahl von Mikronuclei. Eine signifikante Erhöhung der Anzahl von Lymphozyten mit Mikronuclei trat allerdings dann auf, wenn die Proben im Verlaufe von 24 Stunden hohen SAR-Werten (5 W/kg, 10 W/kg) ausgesetzt waren. Dabei war die Art der Modulation der Felder für das Ausmaß des Effektes unbedeutend.

Auch J.L. Roti Roti et al. (7-3) fanden nur bei hohen Expositions-Intensitäten eine Erhöhung der Anzahl von Zellen mit Mikronuclei. Sie verwendeten embryonale Maus-Fibroblasten (C3H 10T1/2), die sowohl während der exponentiellen Wachstumsphase, als auch im Zustand stationären Wachstums Feldern in Frequenzen von 835,62 MHz (FDMA) bzw. 847,74 MHz (CDMA) für die Dauer von 3, 8, 16 und 24 Stunden ausgesetzt wurden. Als Positiv-Kontrolle wurde in diesen Versuchen eine γ -Bestrahlung (^{137}Cs) angewandt, die ab 0,3 Gy zunehmend Mikronuclei induzierte. Lediglich bei der Applikation höchster SAR Werte von 4,8-5 W/kg trat eine Erhöhung der Anzahl von Zellen mit Mikronuclei auf, die nach 24-stündiger Exposition eine signifikante Differenz zur Kontrolle aufwies ($p < 0,05$). Die Autoren sind bestrebt, diese Ergebnisse durch den Einsatz höherer SAR-Werte zu verifizieren.

Die italienische Gruppe um d'Ambrosio et al. (7-4) untersuchte eine mögliche Kooperativität zwischen HF-Feldern und dem Mitose-Hemmer MitomycinC. Dabei wurden auch hier menschliche Lymphozyten von freiwilligen Spendern verwendet. Die

unmodulierten Felder von 1,748 GHz wurden *in vitro* appliziert (15 Minuten) und erreichten SAR-Werte von 2 W/kg. Diese, von den Autoren als vorläufig bezeichneten Befunde zeigen keinen Einfluß der Felder auf unbehandelte Lymphozyten, jedoch erhöhte sich die Anzahl der Mikronuclei signifikant über den durch MitomycinC allein erzielten Effekt, wenn die Zellen zusätzlich durch das Feld exponiert wurden. In der anschließenden Diskussion wurde die Dosimetrie der verwendeten Versuchsanlage kritisiert.

Wie auch schon in den bereits publizierten Experimenten, so konnte auch in neuerlichen Untersuchungen die Gruppe um Frau Vijayalaxmi (7-5) keinen Feld-einfluss auf kultivierte menschliche Lymphozyten finden. Diese wurden mit unmodulierten Feldern in Frequenzen von 835,62 MHz bzw. 2450 MHz über 90 Minuten mit mittleren SAR-Werten von 4,4-5 bzw. 12,46 W/kg bestrahlt. Auch hier wurde eine γ -Bestrahlung als Positiv-Kontrolle verwendet (1,5 Gy). Während eine deutliche Erhöhung der Anzahl der Doppelkern-Zellen und solcher mit Mikronuclei bei der γ -Bestrahlung auftrat, konnten keine signifikanten Ergebnisse bei der HF-Befeldung festgestellt werden.

Als letzter Referent dieser thematischen Sitzung stellte D.J. Brusick (7-6) die provokatorische Frage, ob „nicht-eindeutig“ + „nicht-eindeutig“ = „eindeutig“ sei. Dies verneinend, untersuchte er mögliche Gründe für die auftretenden Divergenzen in den Ergebnissen unterschiedlicher Labors. Er schrieb dies hauptsächlich folgenden Faktoren zu: sub-optimale Größe der Proben, Fehler bei der Interpretation der Ergebnisse, technische Fehler der Expositionseinrichtungen, unphysiologische Versuchsbedingungen (pH, Temperatur, Osmolarität, Ionengehalt...). Weiterhin nahm er die verwendeten Tests für genetische Toxikologie selbst unter die Lupe. Dabei unterstrich er die Fehlerquote dieser Tests und die Variabilität der Resultate von Labor zu Labor. In einer Liste verglich er 125 publizierte Ex-

perimente zu genotoxischen Effekten hochfrequenter Felder, wobei 27 davon einen positiven, 98 hingegen einen negativen Effekt zeigten. Er erklärte die positiven Befunde als Zufallstreffer bei einer Überbeanspruchung der Empfindlichkeit der verwendeten Tests. Wären die elektromagnetischen Felder ein beliebiges Agens in der langen Liste geprüfter Chemikalien, dann hätte man sie wohl längst schon als „unbedenklich“ eingestuft und das Problem ad acta gelegt! (Diese Auffassung wurde von den Autoren bereits publiziert: Environ. Mol. Mutagen. 1998;32:1-16).

In dem oben genannten Poster von Lagroye et al. (P-80) wird die Absicht bekundet, die bisher negativen Befunde genetischer Veränderungen an Zellen unter dem Einfluß von DMBA und GSM-1800 - Feldern zu überprüfen. Auch das unter P-131 registrierte Poster von Lehmann et al. zeigt noch keine Resultate, sondern empfiehlt, einen in der chemischen Toxikologie angewandten Test mit Pflanzenzellen der Gattung *Tradescantia* für Untersuchungen über die Entstehung von Mikronuclei einzusetzen.

Tierexperimente

Die 6 angemeldeten und 5 gehaltenen Vorträge dieser Sparte (Vortrag 8-5 fiel aus) waren thematisch recht heterogen. Ein Vortrag (Anderson et al. 15-6) aus der Sparte Zell-Und-Gewebeuntersuchungen ist dort falsch eingegliedert und wird hier besprochen.

G. Neubauer et al. (8-1) berichteten über Veränderungen der Impedanz-Eigenschaften des Gehirns im Hochfrequenzbereich beim Übergang vom Leben zum Tod. Untersuchungen an Versuchstieren zeigten beispielsweise, dass die im Frequenzbereich um 1 GHz gemessene Leitfähigkeit von 1,3 S/m nach 3 Stunden *post mortem* auf etwa 1,1 S/m absinkt. Die Autoren halten diese Befunde für bedeutsam in Hinblick auf dosimetrische Modelle, in welche bislang vorwiegend Impedanz-Parameter eingehen, die an isolierten Organen bzw. an Leichen-

Material gewonnen wurden. Der Vortrag wurde durch ein Poster (Schmid et al. P-135) von der gleichen Gruppe unterstützt.

Auf hochfrequente Felder bezog sich ferner der Vortrag von H. Yamaguchi et al. (8-4). Diese Gruppe führte Verhaltensexperimente an Ratten durch, unter dem Einfluß von 1,439 GHz (PDC-Standard) mit einem Ganzkörper SAR von 1,4 W/kg und einem Gehirn-SAR von 7,4 W/kg. Selbst bei dieser intensiven Exposition konnten keine Einflüsse der Strahlung auf das Lernverhalten der Versuchstiere gefunden werden.

Auch die Arbeit der französischen Gruppe um R. Anane et al. (8-6) befasste sich mit möglichen Einwirkungen von HF-Feldern. Hier ging es um die Frage, ob Felder einer GSM-1800 Sendeanlage (2 Stunden/Tag, 5 Tage/Woche, 9 Wochen, SAR: 0,1; 1,4 und 3,6 W/kg) das durch DMBA-induzierte Wachstum von Mamma-Karzinomen in Ratten beeinflussen können. Während im ersten Experiment eine geringe Verminderung der Wachstumsgeschwindigkeit gemessen wurde, zeigte die Wiederholung ein gegenteiliges Resultat. Die statistische Auswertung der Daten ist noch nicht abgeschlossen.

Es wurde bereits im Abschnitt „Versuche an Probanden“ im Zusammenhang mit der möglichen geomagnetischen Sensibilität des Menschen auf die Arbeit von Thomas und Prato (6-2) hingewiesen. Im hier zu behandelnden Abschnitt über Tierexperimente stellen die gleichen Autoren (Prato et al. 8-2) Tierversuche vor, in welchen die Schmerzgrenze von Mäusen in Abhängigkeit vom äußeren Magnetfeld untersucht wurde. Wie bereits in einigen vorausgegangenen Publikationen (z.B.: Prato et al.: *Bioelectromagnetics* 1997; 18:284-291), so zeigten Prato et al. auch hier, dass das Schmerzempfinden von Mäusen in einem durch Metall abgeschirmten Käfig völlig anders ist, als ohne Abschirmung, während weder ein Faraday-Käfig ($E=0$), noch eine ausschließlich das geomagnetische Feld abschirmende Helmholtzspule ähnliche Effekte zeigten.

Anderson et al. (P-15-6) setzten sich mit dem Problem der Ornithin-Decarboxylase-Erhöhung (ODC) durch HF-Felder auseinander. Dabei wurde das Hirngewebe der Föten trächtiger Ratten auf ihren ODC-Gehalt untersucht, nachdem die Muttertiere zwischen dem 18. und 21. Tag der Trächtigkeit mit 1,6 GHz mit SAR Werten von 0,16 W/kg, 1,6 W/kg und 5,0 W/kg 2 Stunden pro Tag befeldet wurden. Es konnte nach gründlichen statistischen Auswertungen keine Abweichung des ODC-Gehaltes im Vergleich zu den Kontrollen gefunden werden.

Im Gegensatz zu den wenigen Vorträgen, waren „Animal Studies“ auf den Poster-Tafeln sehr reichhaltig vertreten (P-27 bis P-53). Diese 26 Poster zeigten eine große Heterogenität in Bezug auf Feldparameter und Fragestellung. Alle, die Anwendung der Felder in der Therapie betreffenden Poster dieser Sparte werden in diesem Bericht im Abschnitt „Medizinische Anwendungen“ diskutiert.

Mehrere Poster bezogen sich auf die Wirkung schwacher 50/60 Hz-Felder, zeigten jedoch insgesamt sehr widersprüchliche Resultate. Fedrowitz et al. (P-32) demonstrierten die Weiterführung der in der Arbeitsgruppe Löscher durchgeführten Untersuchungen über die Wirkung von Magnetfeldstärken von 50 μ T dieser Frequenz auf das Tumorwachstum und konnten einen Einfluß auf das Wachstum epithelialer Stammzellen feststellen. Kumlin et al. (P-34) fanden, dass die durch UV-Strahlung angeregte Apoptose von Hautzellen der Maus durch zusätzliche Befeldung mit 100 μ T, 50 Hz wahrscheinlich gehemmt wird. Yamaguchi et al. (P-38) fanden einen geringen Anstieg ($p < 0,05$) des Pteridin-Gehaltes im Gewebe von Mäusen, die im Verlaufe von 6 Wochen einer Exposition von 500 μ T, 50 Hz ausgesetzt waren. Bonhomme-Faivre et al. (P-41) fanden, dass nach 109 Tagen Exposition von Mäusen in einem 50 Hz-Feld von 5 μ T eine signifikante Verminderung der Anzahl von Leukozyten auftrat ($p < 0,01$).

McNamee et al. (P-42) konnten durch ihre Experimente die Hypothese nicht stützen, dass eine akute Exposition von Mäusen in einem 60 Hz, 1 mT Feld DNA-Einstrangbrüche im Cerebellum erwachsener Mäuse verursacht. Interessant ist vielleicht noch der Hinweis auf das Poster von Hoff et al. (P-45) in Bezug auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Magnetfeld-Sinn und einer 50 Hz-Wirkung. Die Autoren stellten fest, dass sich die normalerweise durch das geomagnetische Feld beeinflusste Ausrichtung von Kaulquappen des Kralenfrosches durch ein eingestrahlt 50 Hz-Feld einer Flussdichte von 5 μ T stören läßt.

Eine ähnliche Heterogenität der Befunde zeigt sich auch in den Postern, die sich auf den HF-Bereich bezogen. Thuróczy et al. (P-27) zeigten bei einer 30-minütigen Befeldung von Ratten mit 900 MHz GSM-ähnlich modulierten Feldern (Gehirn-SAR= 1,32 W/kg) kurzzeitige Änderungen in der spontanen Hirn-Aktivität. Dubreuil et al. (P-53) konnten jedoch keine Veränderungen in der Lern- Gedächtnisfunktion von Ratten nach 45-minütiger Exposition bei 900 MHz (GSM-Modulation, 1 und 3,5 W/kg) erkennen. Seaman et al. (P-43) erhielten unklare Befunde bei einer Untersuchung zur Frage nach einer möglichen Wechselwirkung eines Neurotoxins und gepulster HF-Strahlung (1,25 GHz). Eine russische Gruppe aus St.Petersburg (Ivanova et al. P-49) fand Einflüsse von modulierten 980 MHz-Feldern auf das EEG von Katzen (leider ohne Angabe des SAR-Wertes), wobei insbesondere das auditorische System beeinflusst wurde. J.E. Morris (P-28) fand keine Beeinflussung der Embryonalentwicklung von fötalen Ratten, wenn diese während mehrerer Tage (2 Stunden/Tag) mit 1,62 GHz, maximal 5 W/kg bestrahlt wurden. Im Gegensatz dazu stellten Alonso et al. (P-37) fest, dass eine länger andauernde 900 MHz (GSM)-Befeldung eine signifikant veränderte hippocampale Neurogenese embryonaler Mäuse zur Folge hat. Diese Arbeit krankt allerdings an einer ungenügenden Dosimetrie

der Experimente. Eine japanische Gruppe um Wang et al. (P-44) beschrieb eine Methode, die eine kontrollierte und selektive Befeldung von Mäusen im 1,5 GHz-Bereich erlaubt, um mögliche Einflüsse auf die Entstehung von Hautkrebs zu untersuchen. In einem zweiten Poster (Imaida et al., P-48) zeigte diese Gruppe Untersuchungen, die mit dieser Methode ausgeführt wurden und für einen Ganzkörper-SAR-Wert von 2 W/kg keinen Effekt nachweisen konnte. Auch die durch DMBA-künstlich induzierten Haut-Tumoren wurden durch die Strahlung nicht beeinflusst.

Zwei Poster einer chinesischen Arbeitsgruppe (Zhao et al. P-39 und P-40) befassten sich mit möglichen Wirkungen elektrischer Pulse hoher Feldstärke (60 kV/m, 20-40 ns Anstieg, 25-30 μ s Dauer) in der Umgebung von Ratten auf deren Verhalten. Offenbar wurde die Lernfähigkeit und die Gedächtnisleistungen der Tiere beeinflusst, ein Effekt, der sich auch in der Funktion des Hippocampus widerspiegelt.

Betrachtet man die Heterogenität und Widersprüchlichkeit der Resultate der hier dargelegten Poster, dann sei auf die Besonderheit von Tagungs-Postern verwiesen, auf die am Anschluss dieses Berichtes einzugehen ist. Erst gründlich ausgeführte Publikationen, die eine genaue Beschreibung sämtlicher methodischer Parameter, wie der Dosimetrie der Feld-Applikation, der Tierhaltung, der Auswertestatistik etc. beinhalten, können zu ernsthafter Evaluation von Feldeffekten herangezogen werden.

Genetische Effekte

Zu diesem Thema waren sechs Vorträge und acht Poster angemeldet. Im Grunde sind natürlich auch die bereits im Abschnitt über Mikronuclei dargestellten Beiträge diesem Bereich zuzuordnen.

Zunächst erläuterten Blank und Goodman (11-1) ihr bereits mehrfach vorgestelltes Modell möglicher unmittelbarer Beeinflussung des Transcriptionsvorganges durch elektromagnetische Felder. Dies

basiert auf der Vorstellung von einer Elektronenleitfähigkeit des DNA-Moleküls.

Experimentelle Untersuchungen folgten im Vortrag von Testa et al. (11-2), der sich mit einem möglichen genotoxischen Effekt eines relativ starken 50 Hz-Magnetfeldes beschäftigte. Dabei wurden Blutproben gesunder Probanden für jeweils zwei Stunden einem uniformen Magnetfeld von 1 mT ausgesetzt. Danach wurden Chromosomen-Aberrationen, Micronuclei, Schwester-Chromatin-Austausch und Kommet-Assay-Verhalten getestet. In keinem der Tests konnten positive Resultate gefunden werden.

Leszczynski et al. (11-3) befledeten menschliche Endothelialzellen (EA.hy926) während einer Stunde mit einem 900 MHz GSM-Signal, wobei SAR-Werte von durchschnittlich 2 W/kg erreicht wurden. Anschließend wurden eine Reihe von Tests durchgeführt wie zum Beispiel: Bestimmung der Gen-Expression, indirekt über den mRNA-Gehalt, Protein-Analyse mit Hilfe der 2D-Elektrophorese. Auf diese Weise konnte die Expression von 2400 Genen erfasst werden. Bei 6 dieser Gene wurde eine mindestens 3-fache Erhöhung der Expressionsrate im Vergleich zur Kontrolle gemessen. Auch eine Veränderung in der Protein-Zusammensetzung der Zellen als Folge der Befeldung wurde nachgewiesen. Dies zeigt nach Ansicht der Autoren einen deutlichen Einfluß des Feldes auf verschiedene Signalwege der Zelle.

Über das in diese Sektion eingegliederte Poster von Lagroye et al (P-80) wurde bereits in dem Abschnitt über Mikronuclei berichtet. Vier Poster beinhalten Untersuchungen zum 50/60 Hz-Feld. Interessant ist die japanische Arbeit von Koana et al. (P-81) die zeigte, dass Mutationen in Larven der Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) in einem 50 Hz, 20 mT Feld nur dann auftreten, wenn durch Position derselben in einem Gefäß mit Elektrolyt-Lösung hoher Leitfähigkeit, nicht hingegen in einer schlecht leitenden Zucker-Lösung, Wirbelströme erzeugt werden. Wirksam ist

also offenbar nicht direkt das Magnetfeld, sondern das induzierte elektrische Feld. Leider sind in dieser Arbeit keine genauen Angaben über die Stärke dieser Wirbelströme gemacht. In zwei Postern (Markkanen et al. P-83 und P-84) wurde der kombinierte Einfluß von UVB (200-300 Jm⁻²) und einem 50 Hz-Feld (110T) untersucht. Die als „vorläufig“ bezeichneten Resultate weisen auf eine Erhöhung der Mutationen von Hefezellen (*Saccharomyces cerevisiae*) hin, wenn beide Einflüsse kombiniert werden. Eine japanische Gruppe (Nakasono et al. P-86) konnte weder eine Änderung in Verhaltenstests, noch genetische Einflüsse bei Mäusen feststellen, die 24 Stunden einem starken 50 Hz-Feld ausgesetzt waren (300 mT).

Lediglich ein Poster (d'Ambrosio et al. P-82) befasste sich in diesem Bereich mit dem Einfluß von HF-Feldern. Es wurde der Frage nachgegangen, ob ein, durch 4 Gy γ -Strahlung gesetzter genetischer Schaden in menschlichen Lymphozyten in vitro durch eine 15-minütige Befeldung mit modulierten (GMSK, TDMA) bzw. unmodulierten 1,748 GHz-Feldern (2 W/kg) verstärkt werden kann. Es wurden jedoch keine signifikanten Veränderungen gefunden.

Beachtlich ist die hohe Aktivität japanischer Forschungsgruppen auf dem Gebiet starker magnetostatischer Felder. Zwei Arbeiten (Takashima et al. P-85 und Ikehata et al. P-87) des gleichen Forschungskollektivs untersuchten genetische Folgen solcher Felder. Sie fanden, dass eine 24-stündige Exposition von *Drosophila* in einem 5 T-Feld verschiedene chromosomale Mutationen auszulösen im Stande ist. Eine Exposition von *Saccharomyces* während der gleichen Zeit in einem 14 T starken Feld führte jedoch zu keiner erkennbaren Änderung spezifischer Gen-Kaskaden. Offenbar ist die Wirkung nicht molekular sondern bezieht sich auf chromosomale Vorgänge.

Diese Untersuchungen bezogen sich auch auf andere Effekte an biologischen Systemen. In einem Vortrag (Nakahara et al.



13-1) wurden Untersuchungen dargestellt, welche zeigten, dass ein statisches Magnetfeld von 10 T keinen Einfluß auf das Wachstum von tierischen Zellen (CHO-K1) hat. Entsprechend früheren Arbeiten untersuchten Iwasaka et al. (P-29) die Larven-Entwicklung des Krallenfrosches (*Xenopus laevis*) unter der Einwirkung starker Magnetfelder (1-14 T). Sie stellten fest, dass ab 10 T die Orientierung der Eifurchung durch das Magnetfeld beeinflusst wird. Tatsuoka und Ueno (P-116) wiesen nach, dass ein 14 T-Magnetfeld die Geschwindigkeit der Nervenleitung beeinflussen kann

Iwasaka et al. (P-67) berichteten über die Orientierung von Zellen und Organellen in starken magnetischen Feldern (14 T). In diesem Zusammenhang sind auch die weiteren Poster dieser Gruppe zu nennen (Ogiue-Ikeda et al. P-120, Iwasaka et al. P-121) in welchen gezeigt wird, dass nur Zellen bestimmter Geometrie eine Orientierung in einem starken statischen Magnetfeld zei-

gen. Auch isolierte Spermien-Flagellen orientieren sich in starken statischen Magnetfeldern (Takeuchi et al. P-125). Iwasaki et al. (P-106) untersuchten die magnetophoretische Bewegung von Hefezellen in starken Magnetfeldgradienten.

Zell- und Gewebs-Untersuchungen

Dieser Themenbereich, der im Vergleich mit anderen Sparten die meisten Vorträge und Poster-Beiträge beinhaltet, überschneidet sich zwangsläufig mit mehreren anderen hier aufgeführten Themen. Die Veranstalter untergliederten ihn in einen NF- und einen HF-Bereich, wobei die Untersuchungen zu statischen Feldern notgedrungen dem NF-Bereich zugeschrieben wurden. Die therapeutisch ausgerichteten Publikationen dieses Themenabschnittes werden wir wieder unter der Rubrik „medizinische Anwendungen“ besprechen.

Natürlich waren einige Arbeiten der seit langem diskutierten Kalzium-Problematik gewidmet. Bereits im Themenbereich „Mechanismen“ wurde der Vortrag von McCrea-ry und Prato (1-8) gehalten, der sich mit dem Problem beschäftigt, ob ein 60Hz-Feld in der Lage ist, Ca-Signale in tierischen Zellen (Jurkat E6.1) auszulösen. In diesen Fällen wurden die Zellen zusätzlich durch μ -Metall-Behälter von dem geomagnetischen Feld abgeschirmt und durch das Mitogen α -CD3 stimuliert. Geringe Veränderungen konnten bei Expositionen in einem $100\mu\text{T}$ Feld nur mit speziellen statistischen Techniken ermittelt werden die darauf hinweisen, dass die biologische Variabilität bezüglich dieses Effektes sehr groß ist.

Der gleichen Thematik war auch der Vortrag von R.P. Liburdy (13-5) gewidmet, der jedoch keine neuen Daten lieferte sondern lediglich seine bereits früher publizierten, von vielen jedoch angezweifelten Resultate über den Einfluß schwacher 60 Hz-Felder auf Kalzium-Ionen-Kanäle verteidigte.

Das Poster von Park et al. (P-108) befasst sich ebenfalls mit der Problematik

der Stimulation von Kalzium-Signalen in der Zelle. Sie verwendeten jedoch zu diesem Zweck sehr starke statische Magnetfelder von 1,5 T, die im Verlaufe von 3 Sekunden wechselweise an- und ausgeschaltet wurden. Die gemessenen Effekte werden als Membranerregung durch die somit erzeugten Wirbelströme erklärt.

Hirakawa et al. (13-6) knüpften an ihre bereits publizierten Resultate an (Hirakawa et al. Bioelectromagnetics 1996, 17:322), wonach 60 Hz-Magnetfelder geringer Intensität die DNA-Synthese in zellfreien Systemen beeinflussen. In der vorliegenden Studie wurde gefunden, dass ein $70\mu\text{T}$ Feld, nicht jedoch ein 14, 140, oder $280\mu\text{T}$ Magnetfeld dieser Frequenz die Aktivität des Cytochrom P450 (CYP2C9) verändert. Dieser Effekt wird als ein direkter Einfluß des Magnetfeldes auf die Häm-Gruppe dieses Enzyms gedeutet. Eine Erklärung für die Ursache des gefundenen Intensitätsfensters konnte nicht gegeben werden.

Frau Simko (Simko et al. 13-2) berichtete über das Auftreten von Micronuclei unter dem Einfluss eines 1 mT starken 50 Hz-Feldes in embryonalen Zellen des syrischen Hamsters (SHE-Zellen), die gleichzeitig durch den Tumor-Initiator Benzpyren (BP), sowie den Tumor-Promotor TPA behandelt wurden. Während das Feld allein keine Veränderungen erkennen ließ, konnte eine deutliche Erhöhung des Effektes von BP durch Feldeinfluss festgestellt werden. Die Autoren führen dieses Resultat möglicherweise auf die Rolle von Sauerstoffradikalen zurück. Dieser Vortrag wurde durch ein Poster aus der gleichen Arbeitsgruppe gestützt (Lange et al., P-111). Hier konnte mit der gleichen Expositionsart gezeigt werden, dass Zellen aus menschlicher Amnion-Flüssigkeit durch Änderung ihres Zellzyklus auf das Feld reagieren. Es konnte eine signifikante Verminderung von Zellen in S-Phase unter dem Einfluß des Feldes gemessen werden.

Yomori et al. (P-118) konnten keinen Einfluss eines 60 Hz-Feldes (0,5 mT, 3 bis 23 Stunden) auf den biochemischen

Apoptose-Mechanismus tierischer Zellen feststellen. Cao und Wang (P-122) fanden jedoch, dass ein in der Therapie eingesetztes elektrisches Puls-Gerät (60 kV/m, 20 ns Puls-Anstieg, 25 ms Pulslänge) die Proliferation von Lungen-Carcinoma Zellen hemmt und die Apoptoserate noch 6 Stunden nach der Befeldung erhöht. Daraus leiteten sie eine therapeutische Wirksamkeit ab.

Miyakoshi et al. (P-113) zeigten, dass eine Langzeit-Befeldung von menschlichen Glioma-Zellen mit 5 mT, 60 Hz über 8 Tage die Anzahl der γ -Strahlen-induzierten Mutationen erhöht und gleichzeitig die Anzahl der apoptotischen Zellen vermindert. In ähnlicher Problemstellung untersuchten Slapar et al. (P-117) den synergistischen Effekt von UVB-Bestrahlung (313 nm, 100 und 800 Jm⁻²) und den Einfluß eines niederfrequenten elektromagnetischen Feldes (15-100 Hz, 0,15-1,5 mT) auf Jurkat Zellen. Es konnte eine Frequenzabhängigkeit der durch das Feld beeinflussten, UVB induzierten Zell-Apoptose nachgewiesen werden, wobei die funktionellen Zusammenhänge noch unklar sind.

Der Versuch von Ishido et al. (P-112) mit Hilfe der von Liburdy bereitgestellten Zelllinie eines menschlichen Mammakarzinoms (MCF-7) bei einwöchiger Befeldung mit einem 100 μ T, 60 Hz-Feld eine Wirkung auf Zellen zu erzielen deren Proliferationsrate zuvor mit Melatonin gehemmt war, zeigte keinen Erfolg.

Von den 6 angemeldeten Vorträgen zum Thema: Hochfrequenz-Einflüsse auf Zellen und Gewebe fielen zwei aus (Niu et al. 15-1 und Kwee u. Velizarov 15-4), zwei weitere (Nind et al. 15-2, Anderson et al. 15-6) werden in den Rubriken: „medizinische Anwendungen“ bzw. Tierexperimente behandelt.

Pakhomov et al. (15-3) verwiesen auf die Notwendigkeit, der Wirksamkeit hochenergetischer HF-Pulse in Zukunft eine höhere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Sie stellten Befunde vor über die Auswirkung von Pulsen mit SAR-Peaks von 330 W/kg

(Trägerfrequenz: 9,2 GHz, Pulslänge: 2 μ s, Repetition: 0,5 Hz) auf neuronale Funktionen von 30 (m dicken Saggital-Schnitten durch den Hippocampus von Rattenhirn. Eine solche Leistung würde das Gewebe mit einer Geschwindigkeit von 105 Ks-1 erwärmen. Reversible Erregungen des Nervengewebes konnten auf kurzzeitige Erwärmungs-Peaks zurückgeführt werden. Es wurden jedoch keine nachhaltigen Effekte gefunden.

D'Inzeo stellte in einem Vortrag (Apollonio et al. 15-5) Berechnungen aus dem bereits mehrfach vorgetragenen und publizierten italienischen komplexen Computer-Modell der HF-Feldwirkung vor und leitet daraus ab, dass auch im HF-Bereich Membranpotential-Änderungen auftreten könnten.

In den Postern wurden einige mehr oder weniger unsichere Effekte vermeldet, die zum Teil bei höheren SAR-Werten auftraten. Verwunderlich ist ein Intensitätsfenster, das in *E. coli* ATP-Gehalt und Membranpotential verändern soll (Vernege et al. P-126). Dieser Effekt, hervorgerufen durch 900 MHz (GSM-Signal) soll bei 0,5 und 2 W/kg, nicht aber bei 4 W/kg auftreten. Leszczynski et al. (P129) berichteten über schwache Änderungen in der Expression des Stress-Proteins EA.hy927 in Kulturen menschlicher Endothelial-Zellen, induziert durch ein GSM-Signal mit einem SAR-Wert von 2 W/kg. Dies, ebenso wie die von Wojtyasiak und Kullnick (P-133) vorgestellte Änderung des elektrischen Widerstandsverhaltens von Endothelialzellen unter HF-Einfluß sind nicht unbedingt als „nicht-thermisch“ zu bezeichnen. Der letztgenannte Beitrag, im Titel sogar als „nonthermal effect“ ausgewiesen verglichen den Effekt einer 1,9 GHz-Erwärmung um wenige Grad mit einem solchen einfacher Erwärmung durch das Medium. Die gemessenen Unterschiede des Effektes in beiden Erwärmungsarten werden dann „nicht-thermischen“ Wirkungen der HF-Befeldung zugeschrieben. Vergessen wird dabei allerdings, dass keine Aussagen über Tem-

peraturgradienten und lokale Erwärmungen in dem einen oder dem anderen Fall gemacht werden konnten.

Motzkin et al. (P-138) konnten bei 27 MHz und 2,45 GHz-Befeldung von menschlichen LN-71-Glioma-Zellen selbst dann keine Änderungen im Proliferationsverhalten messen, wenn die SAR-Werte bis 100 W/kg erhöht wurden.

Medizinische Anwendungen

Eine spezielle Vortrags-Sektion befasste sich mit verschiedenen Aspekten der medizinischen Nutzung elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder. Entsprechend gab es auch eine Rubrik mit 16 Postern. Tatsächlich waren auch mehrere Beiträge zu diesem Thema in anderen Abteilungen eingeordnet. Auch das Spezialsymposium über Biofilme gehört in diesen Themenkreis und soll im Anschluss behandelt werden.

In der Vortragsveranstaltung ging es zunächst um die Optimierung der Magnetischen Puls-Stimulation bei neuronalen Erkrankungen (Li und Gandhi 10-1, Borrelli et al. 10-2), sowie um deren Einsatz bei der Therapie chronischer Rückenschmerzen (Rauscher et al. 10-3, Holcomb et al. P-64, Holcomb et al. P-64). In beiden Fällen wird die Wirkung nicht primär den magnetischen Feldpulsen, sondern den im Körper induzierten Wirbelströmen beigemessen. Der Vorteil der Magnetostimulation liegt darin, dass sie sich mit entsprechender Technik gut fokussieren lässt, und ohne Belastung der Haut durch Elektroden-Effekte applizierbar ist. Van Bise und Rauscher (P-66) glauben magnetische Feldimpulse auch zur Therapie von Herz-Arhythmien einsetzen zu können.

Auch die neuerdings stärker verwendete Methode der verbesserten Pharmakawirkung durch Elektro-Permeabilisation von Haut und Gewebe wurde dargestellt (10-6).

Neben diesen therapeutischen Anwendungen mit klarer biophysikalischer Basis, wurden auch eine Reihe weiterer

Möglichkeiten diskutiert, deren Wirkungsmechanismus, wenn überhaupt existent, zumindest noch im Dunkeln liegt. Dies betrifft z.B. die seit langem untersuchte und auch bereits praktizierte Anwendung elektromagnetischer Pulse zur Förderung des Knochenwachstums. In diesem Zusammenhang wurden sowohl klinische Ergebnisse und Tierversuche, als auch Untersuchungen an isolierten Knochenzellen und Zell-Linien vorgestellt.

Li et al. berichteten über die Wirkung von 7,5 Hz, 0,4 mT-Pulsen (PEMF) zur Förderung des Wachstums von Osteoblasten. Zu dieser Thematik gehört auch das Poster von Supronovicz et al. (P-105). Hier wurden Langzeitmessungen an Primär-Osteoblasten durchgeführt, wobei nach 1, 7, 14 und 21 Tagen die Genexpression für bestimmte Kollagene sowie der Kalzium-Gehalt gemessen wurde. Der letzt genannte Parameter stieg unter dem Einfluss eines elektrischen Wechselstromes (10 μ A, 10 Hz, Stromdichte?), blieb unverändert bei 70 mT statischem Magnetfeld, und verminderte sich bei Befeldung mit einem 15 Hz, 300 μ T Wechselfeld. Man schloss daraus, dass nicht direkt die magnetische, sondern die elektrische Komponente auf das Knochenwachstum einwirkt. Aus diesem Grund führten Buechler et al. (P-65) Berechnungen über die Generation von Wirbelströmen im menschlichen Knie bei Behandlung mit Magnetfeldpulsen durch. Hosokawa et al. (P-107) untersuchten Mäuse-Osteoblasten, die im Verlaufe mehrerer Tage einem Magnetfeld (60 Hz, 1,25-3 mT, Wirbelströme: 10-17 mAm^{-2}) ausgesetzt waren. Diese Zellen wurden gleichzeitig mit Trijod-Thyron (T3) behandelt, einem Hemmer der Proteinsynthese, der gleichzeitig die Differenzierung der Zellen fördert. Es konnte nachgewiesen werden, dass T3 und das Magnetfeld gleichsinnig die Produktion von Oseocalzin, und damit die Differenzierung der Osteoblasten fördern.

Chang et al. (P-36) berichteten, dass der Knochenabbau bei ovari-ectomierten Ratten durch eine Behandlung mit elektro-

magnetischen Pulsen (PEMF, 0,4-0,4mT, 0,3 ms-Pulslänge, 7,5 Hz) aufgehalten werden konnte.

Einige Vorträge und Poster bezogen sich auf eine in der früheren UdSSR offenbar bereits seit 25 Jahren praktizierte Therapie mit mm-Wellen. Dazu gehört auch der, im Abschnitt über Experimente an Probanden eingegliederte Beitrag von Radzievsky et al. (6-4) über vergleichende Effekte von mm-Wellen-Exposition bei der Schmerzbekämpfung. Die hier vorgestellten Experimente zeigen, dass eine 15 minütige Befeldung mit HF-Feldern von 61,22 GHz (15 mW/cm^2) eine deutliche Hypoalgesie bei chronischen und akuten nicht-neuropathischen Schmerzen bei Mäusen verursacht. Da Naloxon dies blockiert, gehen die Autoren davon aus, dass die Schmerzlinderung über endogene Opiode gesteuert wird. Zu dieser Thematik gehört auch der Beitrag von Temuryants et al. (P-69). Auch zwei chinesische Poster (Lu und Quian P-75, Quian 76) bezogen sich auf diese Therapie im Zusammenhang mit der Behandlung von Ösophagus-Carcinomen. Logani et al. (8-3) stellte die Frage: kann man durch mm-Wellen Bestrahlung (42,2 GHz) Nebenwirkungen der Chemotherapie von Krebsleiden mildern? Er konnte jedenfalls mit dieser Behandlung keine Effekte registrieren.

Eine andere, offenbar auch in Russland übliche Therapie besteht in einer Kombination statischer mit niederfrequenten magnetischen Feldern. Auch dieser Methode waren einige Beiträge gewidmet. So kombinierten Zubkova et al. (P-30, identisch mit P-52) ein 30 mT statisches Magnetfeld mit einem 15 mT Feld von 50 Hz und konnten damit ein gestörtes Lipidspektrum rekonstruieren, sowie die vasomotorische Aktivität von Ratten beeinflussen. Tofani et al. (P-35) fanden mit einer ähnlichen Kombination (3,59 mT) eine Hemmung des Tumor-Wachstums bei Ratten. Kostenkova et al. (P-47) führen die Effekte auf eine Beeinflussung des körpereigenen Opioid-Systems zurück. Dobrynin et al. (P-77) berichteten

über eine kombinierte chirurgisch-chemotherapeutisch-magnetische Behandlung von Mammakarzinomen (3 mT, 100 Hz).

Mehrere Poster waren der Wirkung statischer magnetischer Felder gewidmet. Eine japanische Gruppe (Okano et al. P-50) untersuchte die Wirkung statischer Magnete auf die Hämodynamik von Versuchstieren. Bereits 4,5-5,5 mT sollen angeblich signifikant Prozesse der Vasokonstriktion beeinflussen und damit eine Änderung des Blutdruckes bewirken. Coghill (P-72) kommt nach einer klinischen Studie mit 47 Arthritis-Patienten zu dem Schluß, dass zumindest eine Schmerzlinderung mit aufgelegten Permanent-Magneten erreichbar ist. Auch Kader (P-73) berichtet von therapeutischen Erfolgen mit Permanent-Magneten bei 265 Patienten innerhalb der letzten vier Jahre. Pilla (P-71) referierte die ganze Problematik statischer Feldwirkungen, die von absoluter Wirkungslosigkeit bis hin zu Therapie-Erfolgen in Schmerzbehandlung, Muskel-Verletzungen, Ödeme etc. reicht und Flussdichten zwischen 0,2 mT bis 0,35 T erfordert. Obgleich vieles, insbesondere ein möglicher Wirkungsmechanismus unklar ist, kommt er zu dem Ergebnis: it is clear that static magnetic fields can produce significant therapeutic effects. Nicht jeder wird dieser Überzeugung beipflichten.

Nind et al. (15-2) untersuchte die Frage, inwieweit eine Kombination von UVB und elektromagnetischen Befeldung bei der Behandlung von Haut-Erkrankungen eingesetzt werden kann. Sie untersuchten einen weiten Frequenzbereich (15 Hz bis 30 kHz, 0,1 mT bis 1 mT) und kamen zu dem Schluss, dass diese Kombination durchaus sinnvoll sein kann, die optimale Frequenz jedoch noch nicht gefunden wurde.

Mit 4 Vorträgen war eine Spezial-Sektion „Biofilms“ vertreten. Als Biofilm wird eine bakterielle Schicht bezeichnet, die sich auf Implantaten, Prothesen sowie auf chirurgischen Gerätschaften jeder Art ausbildet. Im Körper lassen sich solche Infektionen schwer behandeln, oftmals sind sie

resistent gegenüber Antibiotika. Nach einem Einführungsvortrag (Costeron, 4-1) und einem Beitrag zur Nachweisbarkeit derartiger Filme (Erlich, 4-2) wurde die Möglichkeit der Bekämpfung solcher Schichten durch Ultraschall (Pitt et al. 4-3) und elektromagnetische Felder (McLeod und Costerton 4-4) behandelt. Wenn diese physikalischen Hilfsmittel auch nicht allein ausreichen, um die Bakterien abzutöten, wirken sie doch synergistisch zu den Antibiotika.

Schlussfolgerungen

Überblickt man die Fülle der vorgestellten Daten, so fällt es schwer, neuartige Vorstellungen über biologische Wirkungsmechanismen zu erkennen, oder ernst zu nehmende Daten zu finden, die geeignet wären, die derzeit überall geführte Grenzwert-Diskussion zu beeinflussen. Es gibt immer wieder Experimente, die von biologischen Effekten unterhalb der zulässigen Grenzwerte berichten, sowohl bei Frequenzen der 50/60 Hz-Felder, als auch im HF-Bereich. In der Regel handelt es sich jedoch dabei um neuartige Experimente, nicht um Wiederholungen und Weiterführungen früherer Ergebnisse. Natürlich ist es müßig, eine Statistik darüber aufzustellen, wie sich die Anzahl positiver Befunde zu denen negativer verhält. Bisher gibt es jedenfalls keine verifizierten Nachweise solcher Effekte früherer Experimente.

Vergleicht man die hier präsentierten Erkenntnisse mit den Ergebnissen vorausgegangener Konferenzen, so kann man sich des Eindruckes einer Stagnation auf diesem Forschungsgebiet nicht erwehren. Diese Situation kontrastiert stark zu Tagungen anderer Wissenschaftsgebiete, auf denen, von kleinen Irrwegen abgesehen, ein schrittweiser Fortschritt in der Erkenntnis von Jahr zu Jahr zu verzeichnen ist.

Vielleicht würde es sich einmal lohnen, diese Situation aus wissenschafts-soziologischer Sicht zu analysieren. Man sollte einmal versuchen zu erfassen, aus welchen soziologischen Nischen immer wie-

der spektakuläre Meldungen auftauchen, die kaum reproduzierbar sind, oftmals jedoch zumindest in der Presse für Aufmerksamkeit sorgen. Aus welchen Ländern, welchen Labors kommen solche Befunde, und wie korreliert dies mit dem allgemeinen Niveau der Wissenschaft in diesen Ländern. Immerhin fällt auf, dass in Ländern mit langer wissenschaftlicher Tradition auf diesem Gebiet, in verstärktem Maße Publikationen erscheinen, die sich kritisch mit Resultaten aus früheren Jahren auseinander setzen.

Zur Bewertung der Relevanz der hier vorgetragenen Ergebnisse sei noch Folgendes vermerkt: Die Vorträge, mehr noch die Poster dieser Tagung sind wie üblich durch das wissenschaftliche Komitee auf Grund der eingereichten Abstracts in gewissem Maße evaluiert worden. Dies ist jedoch nicht vergleichbar einem Referee-System, wie dies bei Original-Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften üblich ist. Aus diesem Grund wurden hier, wie auf jeder Tagung dieser Art, Ergebnisse sehr unterschiedlicher Qualität und Glaubwürdigkeit vorgelegt. In jedem Fall sollte man diese Resultate erst dann wirklich in weitergehende Auswertungen einbeziehen, wenn sie evaluiert, und in voller Ausführlichkeit in wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert sind.

Auffällig ist die hohe Beteiligung japanischer Wissenschaftler an dieser Konferenz. Obgleich auch eine Reihe japanischer Arbeiten zu Wechselfeldern unterschiedlicher Frequenzbereiche vorgestellt wurden, dominierten japanische Kollektive eindeutig in der Forschung zur Wirkung starker statischer Magnetfelder. Diese Arbeiten sind im vorliegenden Bericht am Ende des Abschnittes über genetische Effekte zusammengefaßt. Offenbar zielen diese Untersuchungen auf biotechnologische Anwendungen.

Prof. em. Dr. Roland Glaser war bis März 2000 Inhaber des Lehrstuhls für Experimentelle Biophysik an der Humboldt-Universität Berlin.