

23.- 27. Juni 2002, Québec City, Kanada

24. Jahrestagung der Bioelectromagn

von Jörg Reißweber

I. Vorbemerkung

Nach wie vor herrschen in der Bevölkerung stark divergierende Meinungen hinsichtlich eines gesundheitsschädigenden Potentials im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern. Um hier zur Klärung beizutragen, lieferte auch die 24. Jahrestagung der internationalen Bioelectromagnetics Society eine Reihe neuer Erkenntnisse zur Frage der medizinisch-biologischen Wirkung niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder der Energieversorgung sowie hochfrequenter elektromagnetischer Felder der Mobilkommunikation – auch im Bereich der neuen UMTS-Technologie (siehe REFLEX-Programm). Fragen zur menschlichen Gesundheit im Hinblick auf Auswirkungen elektromagnetischer Felder standen direkt oder indirekt auch diesmal wieder in vielen Präsentationen – sowohl Vorträgen als auch Postern – im Vordergrund. Bemerkenswert war wiederum die doch beträchtliche Zahl deutscher Beiträge.

Besonderes Aufsehen erregte der Vortrag der Gruppe um D. Leszczynski von der STUK-Radiation and Nuclear Safety Authority, Helsinki. Diese hatte in Zusammenarbeit mit anderen europäischen Forschern Hinweise dafür gefunden, daß Mobilfunkstrahlung die Expression verschiedener Gene modifizieren könne, die eine Rolle bei der Reaktion des Organismus auf Streß spielen: Genexpressionsänderungen

seien bei verschiedenen Befeldungszeiten, SAR-Werten und Zellsystemen entdeckt worden (siehe unten). Da die Relevanz dieser Ergebnisse noch nicht abschließend beurteilt werden konnte, resultierte ein deutliches Medieninteresse: so gab Leszczynski am Rande der Tagung dem US-amerikanischen Nachrichtensender CNN ein vielbeachtetes Interview.

Breiter Raum wurde wiederum den medizinischen Belangen bei der Anwendung elektromagnetischer Felder eingeräumt, und zwar sowohl im Bereich der Diagnostik als auch der Therapie (siehe auch Plenarsitzungen I und II sowie Spezialsymposium III im Rahmen der Sitzung 10: „Aufstrebende Therapien“). Es wurden demnach offensichtlich ansatzweise auch Fortschritte in der Krebstherapie (durch statische Magnetfelder) sowie in der Schmerztherapie (ebenfalls durch statische Magnetfelder) sowie beispielsweise bei der Behandlung des Armlymphödems nach operativer Brustentfernung (durch gepulste Hochfrequenzfelder) gemacht, die allerdings noch in den Kinderschuhen stecken.

Im Gegensatz zu früheren Tagungen fanden diesmal die Sitzungen des Subcommittee SCC 28 des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) sowie der IEEE-Arbeitsgruppen COMAR und ICES nicht vor, sondern im Anschluß an den Kongreß statt, nämlich vom 27. bis 30. Juni 2002.

etic Society (BEMS)

2. Plenarvorträge

Alle vier Kongreßtage wurden mit Plenarveranstaltungen begonnen:

• Plenarsitzung I:

Transkranielle Magnetstimulation

(Vorsitz: Shoogo Ueno, Japan, und Frank Prato, Kanada)

– Shoogo Ueno, Japan, gab einen Überblick über den gegenwärtigen Wissensstand zur transkraniellen Magnetstimulation (TMS), die sich zu einem wichtigen Instrument einerseits für die Untersuchung der menschlichen Gehirnfunktion entwickelt habe, und andererseits für die Therapie von Erkrankungen des Zentralnervensystems. Er konnte beispielsweise zeigen, daß TMS das assoziative Lernen unterbricht. Er betonte dabei zusätzlich die Bedeutung von wiederholter Stimulation für die Heilung verletzter Neurone aus der Hippokampusregion bei Ratten.

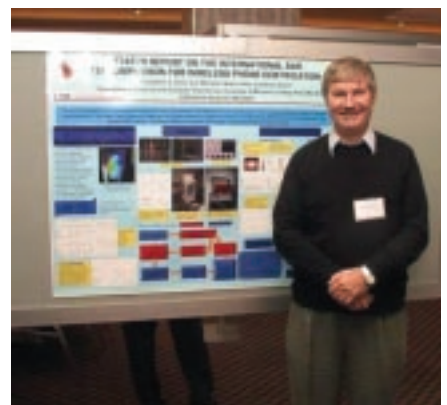
– John Rothwell, England, stellte im Detail die Wirkung von TMS auf das menschliche Gehirn vor. Er kommt zu dem Schluß, daß es sich dabei um das beste Werkzeug handelt, um die Aktivität des Gehirns zu beeinflussen. Besonders die Anwendung diagnostischer Möglichkeiten wie Positronenemissionstomographie, Magnetresonanztomographie und Elektroenzephalographie sei vielversprechend, um die Wirkung der TMS künftig noch besser verstehen zu können.

– Eric Wassermann, USA, erläuterte nochmals im Detail, daß die TMS des Gehirns mit verschiedenen Meßmethoden der Hirnaktivität kombiniert worden sei, um die lokalen Mechanismen verschiedener TMS-Effekte zu charakterisieren und um Verbindungen herzustellen zwischen dem stimulierten Areal und anderen Hirnregionen. Diese Meßmethoden schließen den zerebralen Blutfluß (Magnetresonanztomographie und Positronenemissionstomographie) ein sowie die Messung des Hirnstoffwechsels (Positronenemissionstomographie mit 18-Fluorodeoxyglucose), zudem das Hirnstrombild. Alle diese Methoden hätten Stärken und Schwächen, auf die der Referent detailliert einging. Er schließt mit der Bemerkung, daß die TMS, in verfeinerter Form und auf weitere Anwendungsgebiete ausgedehnt, künftig an Bedeutung gewinnen werde - vor allem in Kombination mit weiteren Meßmethoden.

• Plenarsitzung II: Schmerz – Ursachen und Behandlung

(Vorsitz: Michael McLean, USA)

– Ravi Menon, Kanada, referierte über neurale Substrate der Schmerzwahrnehmung beim Menschen mit Hilfe funktionseller Magnetresonanztomographie. Er kam zu dem Ergebnis, daß es identifizierte Areale im Gehirn gebe, die die psychophysische Schmerzwahrnehmung bei akutem und chronischem Schmerz verschlim-



mern können. Die Suche nach Interventionsmöglichkeiten, um spezifisch solche Hirnregionen zu aktivieren, biete deshalb eine Möglichkeit, um neue Behandlungsmöglichkeiten chronischer Schmerzzustände zu eröffnen.

– Stefan Lautenbacher, Deutschland, gab einen anschaulichen Überblick über die Rolle der Schmerzwahrnehmung bei der Entstehung chronischer Schmerzzustände und über die Ursache von diesbezüglichen Geschlechtsunterschieden. Er schloß mit der Feststellung, daß Frauen stärker als Männer dazu neigten, chronische muskulo-skeletäre Schmerzzustände wie Fibromyalgie, Gesichtsschmerz, Spannungskopfschmerzen, Schmerzen im Schläfen- und Kieferbereich etc. zu entwickeln – und zwar aufgrund eines schwächer ausgeprägten hemmenden Schmerzkontrollsystems. Dies führe bei Frauen zu einer intensiveren Schmerzwahrnehmung und zu einem erhöhten Risiko der Entwicklung chronischer Schmerzzustände.

– Alex Thomas, Kanada, erläuterte auf der Anwendung von Magnetfeldern basierende Schmerztherapien und diagnostische Methoden. Er kommt zu dem Schluß, daß gegenwärtig viele Ärzte Patienten mit chronischen Schmerzzuständen im Sinne der Komplementär- oder Alternativmedizin auf nichtpharmakologische Therapien verweisen würden. Dazu zähle auch die Therapie mit niederfrequenten Magnetfeldern, die neben anderen Therapien dazu beitragen könne, die in den USA sich beispielsweise auf 10 000 bis 15 000 Dollars jährlich belaufenden Kosten pro Person für Schmerztherapien zu reduzieren. Aktuelle Studien hätten ergeben, daß gepulste Magnetfelder dazu beitragen könnten, akute Schmerzen effektiv zu lindern.

• **Plenarsitzung III: Epidemiologie**

(Vorsitz: Joachim Schüz, Deutschland)

– Maria Feychting, Schweden, gab einen Überblick über die Stärken und Grenzen epidemiologischer Methoden im Hinblick auf die gesundheitlichen Effekte elektro-

magnetischer Felder. So liefere die Epidemiologie die klarsten Hinweise darauf, ob umweltmedizinische Expositionen Krankheitsrisiken beeinflussten. Ausführlich geht sie auf die Themen „Missklassifikation“ und „Störfaktoren“ ein. Sie schließt mit der Aussage, daß man sich täusche, wenn man glaube, epidemiologische Studien seien leicht zu verstehen und durchzuführen.

– Leeka Kheifets, USA, sprach über elektromagnetische Felder im Rahmen des öffentlichen Gesundheitswesens. So habe die Weltgesundheitsorganisation WHO mehrere grundlegende Übersichtsarbeiten veröffentlicht, zum Teil in Kooperation mit dem internationalen Krebsforschungsinstitut (IARC) in Lyon (zum Thema Krebs) und zum Teil in Zusammenarbeit mit dem englischen National Radiological Protection Board (zum Thema der neurodegenerativen Erkrankungen). Im Jahr 2003 werde die WHO eine exakte Beurteilung der Gesundheitsrisiken durch Magnetfelder einschließlich einer Beschreibung der Feldquellen und Dosis-Wirkungsbeziehungen vorlegen, zudem Risikoberechnungen auch für andere Erkrankungen als Krebs. Diese Bewertung solle dann als Environmental Health Criteria (EHC)-Monographie der WHO erscheinen.

– Mary McBride, Kanada, gab einen Überblick über epidemiologische Studien zum Thema der Hochfrequenzfelder bzw. Mikrowellen mit einem Schwerpunkt bei den potentiellen Gesundheitsrisiken im Bereich der drahtlosen Kommunikation. Sie kommt zu dem Schluß, daß gegenwärtig das epidemiologische Datenmaterial nicht ausreiche, um Gesundheitsrisiken im Zusammenhang mit einer Exposition in Hochfrequenzfeldern bzw. Mikrowellen zu bewerten. Die meisten der früheren epidemiologischen Studien sind nur von eingeschränktem Wert, hauptsächlich aufgrund methodischer Grenzen und hinsichtlich der Risikobewertung. Zudem würden manchmal Informationen über Störfaktoren fehlen, eine mangelhafte statistische Power zu vermerken sein oder Probleme bei der

Expositionsbestimmung und andere das Studiendesign betreffende Mängel zu beklagen sein. Aktuellere Studien – einschließlich der großen gegenwärtig laufenden Handy-Studie der WHO würden definitivere Ergebnisse erbringen. Letztere Studie untersuche Risiken von Tumoren des Gehirns und der Speicheldrüsen sowie das Leukämierisiko in 13 Ländern Europas, Nordamerikas und des Pazifischen Raumes und werde von der IARC gefördert.

• **Plenarsitzung IV: Wirkungsmechanismen**
(Vorsitz: Abraham Liboff, USA)

– Stefan Engström, USA, gab einen Überblick über den gegenwärtigen Wissensstand zu den physikalischen Wirkungsmechanismen im Rahmen der Interaktion elektromagnetischer Felder mit biologischen Systemen. Er stellte heraus, daß die Transkranielle Magnetstimulation bei der Behandlung von Verhaltensstörungen und Epilepsie mithelfen könne und streifte auch den Radikalpaarmechanismus, Resonanzmodelle sowie ferromagnetische Effekte und das Licht als elektromagnetisches Phänomen.

– Martin Blank, USA, erläuterte die vielfältigen Möglichkeiten der Wirkung von Feldern auf biologische Systeme, die von einfachen Enzymreaktionen bis hin zur Geninduktion und Proteinbiosynthese reichen würden und ging unter anderem detailliert auf seine Untersuchungen zur feldbedingten Auslösung von Transkriptionsprozessen im Rahmen der Stressantwort ein. Er vermutet, daß letztere Prozesse durch eine Interaktion der Felder mit sich innerhalb der DNA bewegenden Elektronen möglich werden.

– Dean Astumian, USA, stellte mögliche Effekte hochfrequenter elektromagnetischer Felder niedriger Intensität auf Reparaturmechanismen bei der DNA-Synthese vor. Er betonte, daß starke Hinweise dafür existierten, daß die genannten Felder die meisten biologischen Prozesse nicht direkt beeinflussen könnten. Eine Ausnahme könnte das Ablesen der DNA im Rahmen der Transkription darstellen, wobei ein Pro-

tein eine bestimmte DNA-Basensequenz mehrfach abtaste, bevor ein entsprechendes anderes Protein entsprechend synthetisiert werde. Möglicherweise könnte ein schwaches Wechselfeld diese Hin- und Herbewegung entlang der DNA leicht modifizieren, was hypothetischerweise zu einer Reduktion der Ablesegenauigkeit bei der Transkription und in der Folge zu gesundheitlichen Auswirkungen führen könnte. Allerdings lägen die Schwellenwerte für solche Effekte immer noch um viele Größenordnungen über den üblichen Umgebungsfeldstärken.

2. Kurzzusammenfassungen ausgewählter Sitzungen und Vorträge

– M. Fedrowitz, Hannover, referierte über die Wirkungen magnetischer Felder im Rahmen des DMBA-Brustkrebsmodells bei unterschiedlichen Unterstämmen von Sprague-Dawley (SD)-Ratten. Sie wies darauf hin, daß der Reproduktionsversuch der früheren Ergebnisse der Hannoveraner Arbeitsgruppe (tumorkopromovierender Effekt von 50-Hz-Feldern im mT-Bereich hinsichtlich Brustkrebs bei der Ratte) durch das US-amerikanische Battelle-Institut nicht gelungen sei und beschrieb in ihrem Vortrag ein Konzept, um diesen Widerspruch in den Ergebnissen zu erhellen: so wurden im gegenwärtig präsentierten Versuch bewusst verschiedene Unterstämme der SD-Ratten verwendet, weil man in genetischen Unterschieden zwischen den einzelnen Unterstämmen die Ursache für den unterschiedlichen Versuchsausgang sieht. Die Referentin kommt zu dem Schluß, daß die unterschiedliche Reaktion des Brustdrüsengewebes bei den Unterstämmen SD 1 und SD 2 frühere Studien bestätigt, die darauf hindeuteten, daß Unterstämme deutlich differieren hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber dem Karzinogen DMBA sowie gegenüber 50-Hz-Magnetfeldexposition im mT-Bereich.

– J. Silny, Aachen, hielt einen Vortrag über den gegenwärtigen Wissenstand zu den

Wahrnehmungs-, Adaptations- und Schmerzschwellen ausgelöst durch elektromagnetischer Felder und die damit zusammenhängenden im Gewebe induzierten bzw. influenzierten Stromdichten. Ziel war es, die innere Gewebestromdichte bei der Wahrnehmungsschwelle als Maß der Sensitivität der Rezeptoren in der Haut gegenüber nicht adäquater Stimulation zu bestimmen. Im Ergebnis belief sich der gefundene Wert der Wahrnehmungsschwelle der Stromstärke bei 50 Hz auf 170 mA. Berücksichtigt man diesen Wert, so errechnet sich eine Gewebestromdichte von 30 mA/cm² am Ort der erregten Mechanorezeptoren als Ergebnis einer Worst-case-Schätzung. Er schließt mit der Aussage, daß zur Schwellenwertfestlegung die Stromdichte geeigneter sei als die Stromstärke, weil erstere nicht vom jeweiligen Versuchsdesign abhängt – wie dies bei der Stromstärke der Fall sei – und zudem die Stromdichte die reale Situation innerhalb eines Organs reflektiere.

– J. Silny hielt zwei weitere Vorträge, zum einen über den Anteil von GSM-Signalen verschiedener Frequenzen auf die Störschwelle von Herzschrittmachern und zum anderen über die Bewertung des Verhaltens von Herzschrittmachern in niederfrequenten Feldern.

– W. Sontag, Karlsruhe, sprach über die Induktion von Hitzeschockproteinen in HL-60-Zellen durch niederfrequente Magnetfelder. Er betonte, dass die Behandlung dieser Zellen mit thermischem Stress (30 Minuten bei 43 °C) zu einer 2,5 fachen Induktion des Hitzeschockproteins (hsp) 72 mit einem Maximum 2 Stunden nach der Behandlung führe, wobei interessanterweise eine 15-minütige Befeldung mit einer magnetischen 50-Hz-Flußdichte von 1 mT ein ähnliches Ergebnis zeitigte: der hsp-72-Spiegel stieg an bis zu einem Maximalwert zwei Stunden nach der Wärmebehandlung und fiel danach unter den Kontrollwert ab. Im Frequenzbereich von 0 bis 60 Hz war der hsp-72-Protein-Spiegel lediglich bei 20 Hz (Abfall) und bei 50 Hz (Anstieg) statistisch

unterschiedlich von den Kontrollversuchen. Der Referent schließt mit der Feststellung, daß Magnetfeldexposition von HL-60-Leukämiezellen die Expression des hsp 72 in frequenzabhängiger Weise modifiziert, auch wenn die Behandlung mit Feldern unter den gegebenen Bedingungen (15 Minuten bei 1 mT) weniger effektiv sei als die thermische Geninduktion.

– F. Thoss, Leipzig, berichtete über sensationelle Resultate seiner Forschungen am visuellen System. So fand er, daß Änderungen des Erdmagnetfeldes die Empfindlichkeit des menschlichen Auges – gemessen anhand der Unterschiedsschwelle – beeinflussen können. Es zeigte sich nämlich, dass die Blickrichtung in Beziehung zur Richtung des Erdmagnetfeldes beim Menschen einen Einfluss auf die Empfindlichkeit des Auges ausübt: änderte man nämlich die Richtung des künstlich erzeugten Erdmagnetfeldes, so änderte sich auch die visuelle Empfindlichkeit.

• Sitzung 11: Tierstudien II

(Vorsitz: Bernard Veyret, Frankreich, und Ronald Seaman, USA)

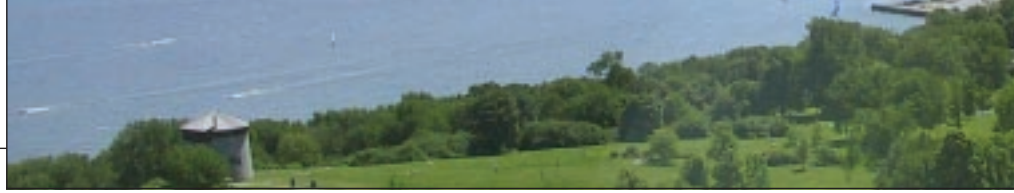
– L. Gatta, ENEA, Biotechnology Unit, Rom, berichtete über in-vivo-Experimente mit peripheren Lymphozyten von C57BL/6-Mäusen, die innerhalb einer TEM-Zelle für 1, 2 oder 4 Wochen in Feldern von 900 MHz (GSM) exponiert waren (1 oder 2 W/kg). Getestet wurden Zellzahlen, Zytokin-Produktion, der Zellphänotyp sowie die Expression der „early activation marker“ CD 69 und CD 25. Das Ergebnis zeigte unter diesen experimentellen Bedingungen keinerlei feldbedingte Beeinflussung peripherer Lymphozyten.

– J. Buschmann, Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Aerosolforschung, Hannover, referierte über die Wirkung gepulster Hochfrequenzstrahlung von 890 MHz Trägerfrequenz (moduliert mit 1,733 kHz, 217 Hz, 8 Hz und 2 Hz und ganzzahligen Vielfachen davon) während der Schwangerschaft auf die Nachkommen von Wistar-Ratten. Die festgestellten reproduktiven Parameter

waren Uterusgewicht, Anzahl der Gelbkörper, Implantationsorte, Anzahl und Lokalisation früher und später Resorptionen, Anzahl und Position lebender und toter Feten, das Geschlecht, die Position und das individuelle Gewicht lebender Feten, zudem das jeweilige Plazentargewicht und äußerlich sichtbare Anomalien der Feten, Skelettanomalien sowie Anomalien der Eingeweide.

Ergebnis: Kein statistisch signifikanter Feldeinfluß konnte auf den Gesamtkörpergewichtszuwachs und den Gewichtszuwachs der Muttertiere gefunden werden mit Ausnahme des Uterusgewichtes, wenn auch die Werte in der feldexponierten Gruppe niedriger waren als in der scheinexponierten Gruppe. Die Tiere zeigten keine ungewöhnliche klinische Symptome während der Studie, es traten auch keine Todesfälle und keine Aborte bzw. vorzeitigen Geburten bei den exponierten und scheinexponierten Weibchen auf. Allerdings könnten die beobachteten – statistisch nicht signifikanten – Effekte besonders auf den Gewichtszuwachs der Muttertiere, auf den Eiverlust vor und nach der Einnistung, auf das Gewicht der Feten (bei männlichen Feten signifikant!) und das Plazentargewicht den Beginn eines unspezifischen schädlichen Effektes der Befeldung auf die pränatale Entwicklung bedeuten.

– M. La Regina, Division of Comparative Medicine, Washington University School of Medicine, St. Louis, USA, hielt einen Vortrag über die Auswirkungen chronischer Exposition in mobilfunktypischen Feldern (835,62 MHz EMCW oder 847,74 MHz CDMA) auf das Auftreten spontaner Tumoren bei F344-Ratten. Untersucht wurden postmortal makroskopisch und histopathologisch fast alle Organe einschließlich Herz, Gehirn, Rückenmark, Nasenhöhle, Speicheldrüsen, Ösophagus, Magen, Darm, Leber und Pankreas, Nebennieren, Schilddrüse, Nieren, Harnblase und Geschlechtsorgane, Lunge und Trachea, Milz, Thymus und Halslymphknoten. Dabei wurden Anzahl und Art der Tumoren und Hy-



perplasien eines jeden Organes mit der Kontrollgruppe verglichen. Im Resultat zeigte sich, daß eine chronische Exposition mit den oben genannten Hochfrequenzfeldern keinen Einfluß auf Überlebensrate, Körpergewicht oder Inzidenz spontaner Tumoren bei F344-Ratten ausübte.

– L. De Jager, School of Health, Bloemfontein, South Africa, hielt einen Vortrag über Wirkungen eines 50-Hz-Magnetfeldes im Flußdichtebereich von 0,5 bis 77 mT (Mittelwert: 2,75 mT) auf den Immunstatus der Maus (*Mus musculus*) bei Lang- und Kurzzeitexposition. Die Expositionszeiten betragen 1 Woche, 14 Wochen oder 12 Monate. Resultat: Es ergaben sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Zellzahlen in den Subpopulationen der Lymphozyten in der Expositions- und Kontrollgruppe. Andere bemerkbare Unterschiede bei Immunparametern waren allerdings nicht signifikant. Der Vortrag schließt mit der Feststellung, daß die Reaktion des Immunsystems auf Magnetfelder wohl von der Expositionsdauer abhängt.

– R. L. Seaman, Microwave Bioeffects Branch, Brooks AFB, Texas, USA, referierte über Einzelexpositionen von 12 Sprague-Dawley-Ratten in gepulster Mikrowellenstrahlung im Frequenzbereich 1,25 GHz (Dauer: 6 ms; spezifische Absorptionsrate: 0,6 W/kg), die die motorische Aktivität bzw. die akustische Weckreaktion unmittelbar nach der Exposition nicht beeinflussten. Nur ein einziger Verhaltensparameter, nämlich die Dauer stereotyper Bewegungen, zudem die Kolontemperatur der Ratten veränderten sich bei Expositions- und Kontrollgruppe in unterschiedlicher Weise. Man schließt daraus, daß die Feldexposition die überwiegende Zahl neuronaler Schaltkreise (die den meisten Verhaltensweisen zugrunde liegen) nicht meßbar beeinflussen konnte.

• **Sitzung 13: Spezialsymposium IVA:
Kombinierte Wirkungen von
elektromagnetischen Feldern im
Konzert mit weiteren Agenzien**

(Vorsitz: Vijayalaxmi, USA, und Junji Miyakoshi, Japan)

In dieser Sitzung wurden nur wenige neue Erkenntnisse vorgestellt, die meisten Referenten interpretierten bereits bekannte Ergebnisse. Summa summarum läßt sich feststellen, dass die bisherigen Ergebnisse aus dem REFLEX-Programm auf die Möglichkeit einer Beeinflussung biologischer Systeme durch Exposition in hochfrequenten elektromagnetischen Feldern hinweisen. Allerdings steht eine Reproduktion noch aus.

• **Sitzung 14: Spezialsymposium IVB:
Präsentation der Ergebnisse des
REFLEX-Programmes**

(Vorsitz: Franz Adlkofer, Deutschland)

– F. Adlkofer, VERUM-Stiftung, München, stellte in seinem Einführungsreferat das REFLEX-Projekt und die daran beteiligten 12 Forschungspartner kurz vor. Diese hätten die Aufgabe, offene Fragestellungen im Zusammenhang mit der Wirkung elektromagnetischer Felder auf zellulärer, subzellulärer und molekularer Ebene im Rahmen von fünf Arbeitspaketen zügig abzuklären. Im einzelnen würden diese Arbeitspakete direkte und indirekte genotoxische Effekte von elektromagnetischen Feldern beinhalten sowie Feldwirkungen auf Differenzierung und Funktion embryonaler Stammzellen, Effekte auf Proteinbiosynthese und Genexpression, zudem Feldwirkungen auf Zelltransformation und Apoptose. Das letzte Arbeitspaket beinhaltet eine Qualitätskontrolle, d. h. die Expositionsbedingungen verschiedener Zelllinien in elektromagnetischen Feldern sowie die Dosismessung und die Temperatur würden registriert, um reproduzierbare und verlässliche Daten zu erhalten.

Im Anschluß wurden einige Teilvorhaben des REFLEX-Programmes besonders hervorgehoben:

– S. Schuderer, ITIS, Zürich, referierte über Expositionssysteme und dosimetrische Qualitätskontrolle innerhalb des REFLEX-Projektes: So seien bislang fünf HF- und

vier ELF-Anlagen in den Labors des Konsortiums der VERUM-Forschergruppe eingerichtet worden, die er detailliert darstellt. Ein Ziel sei es dabei auch, die von Kuster im Jahr 2000 definierten Mindestanforderungen an Versuchsanlagen für Bioexperimente einzuhalten.

– H. W. Rüdiger, Klinik für Arbeitsmedizin der Universität Wien, sprach über genotoxische Effekte niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder (50 Hz; 24 h; Flußdichte: 1000 mT) auf menschliche Zellen in vitro. Verwendet wurden zur Identifizierung von DNA-Einzel- bzw. Doppelstrangbrüchen der alkalische und der neutrale Comet-Assay. Der Referent betonte, daß intermittierende Befeldung mit Niederfrequenz reproduzierbar und dosisabhängig klastogene Wirkungen produzieren könne, und zwar überwiegend Doppelstrangbrüche, wobei die Dosis-Wirkungsbeziehung bei 70 mT beginne (wirksamstes Befeldungsmuster: 5 min Feld an/10 min Feld aus). Im Gegensatz dazu seien bei kontinuierlicher Exposition keine DNA-Einzel- bzw. Doppelstrangbrüche aufgetreten.

– C. Maercker, Zentrum für Genomforschung, Heidelberg, referierte über Untersuchungen zur Genexpression unter dem Einfluß von niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern verschiedener Zeitmuster des Ein- und Ausschaltens (50 Hz; 2,3 mT; 5 min an und 30 min aus; über einen Zeitraum von 6 Stunden bzw. 50 Hz; 1000 mT, 5 min an/10 min aus über einen Zeitraum von 24 Stunden bzw. 50 Hz, 100 – 2000 mT, 5 min an/5 min aus über einen Zeitraum von 16 Stunden bzw. 100 mT, kontinuierlich über einen Zeitraum von 42 Stunden). Es wurden exponiert: menschliche Fibroblasten, embryonale Stammzellen der Maus (Wildtyp und p53-defizient), menschliche Promyelozyten (HL 60), humane Neuroblastomzellen (NB 69). Im Resultat zeigten sich Hinweise, daß ELF-Felder die Proliferation von NB 69 Zellen positiv beeinflussen können. Auch Gene aus der Genfamilie des Niko-

tinrezeptors erwiesen sich als durch Felder beeinflussbar. Diese Experimente werden nun auf der Ebene der Proteinbiosynthese wiederholt. Weitere Experimente mit RNA aus verschiedenen Zelllinien scheinen mit noch weiter verfeinerten Untersuchungsmethoden nötig zu sein, um die Möglichkeit einer Up- und Downregulierung von Genen wie *egr-1*, *p21* und *c-jun* etc. durch EMF-Felder weiter zu erforschen.

– F. Adlkofer (siehe oben) berichtete über die Ergebnisse der Berliner Arbeitsgruppe von der Abteilung für Klinische Chemie, Klinikum Benjamin Franklin der Freien Universität Berlin (K. Schlatterer, R. Tauber, R. Fitzner), zum Thema gentoxischer Wirkungen von Hochfrequenzfeldern. Dabei wurden Zellen der menschlichen Promyelozytenzelllinie HL 60 einem kontinuierlichen 1800 MHz-Feld bei 37 °C ausgesetzt (SAR: 1,3; 1W/kg/24 Stunden). DNA-Doppelstrangbrüche wurden hier mit dem Comet-Assay gemessen. Ergebnis: es zeigten sich Hinweise auf die Existenz von Zellen mit einer erhöhten Empfindlichkeit gegenüber gentoxischen Effekten durch Feldeinfluß. Dies könne mit Veränderungen in den Reparaturenzymen in Zusammenhang stehen.

– B. Billaudel, PIOM, École Nationale Supérieure de Chimie et de Physique, Bordeaux, präsentierte Erkenntnisse von in-vitro-Versuchen über die Wirkung von Mobilfunkstrahlung auf die Gen- und Proteinexpression. Ziel war es, an drei verschiedenen Forschungsstandorten zum einen eine menschliche Endothelzelllinie, zum anderen Rattengliomzellen sowie pluripotente embryonale Stammzellen der Maus verschiedenen Feldmustern auszusetzen (900 MHz GSM-Signal (SAR: 0,2 W/kg bzw. 2 W/kg) bzw. 1800 MHz GSM-Signal (SAR: 1,5 W/kg bzw. 2,0 W/kg)). Die Genexpression wurde hier mittels der Polymerasekettenreaktion gemessen.

Im Ergebnis zeigten sich Hinweise dafür, daß Mobilfunkstrahlung die Expression verschiedener Gene der Streßantwort modifizieren könne. Genexpressionsänderun-

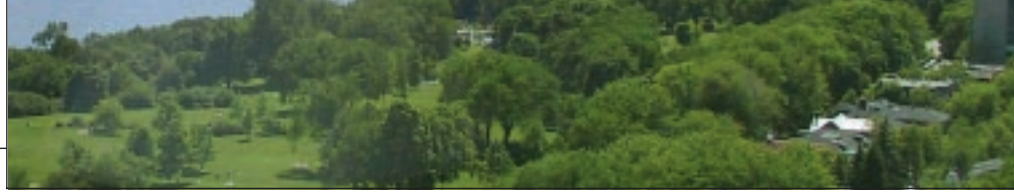
gen seien bei verschiedenen Befeldungszeiten, SAR-Werten und Zellsystemen entdeckt worden.

– B. Billaudel referierte zudem über das Thema: „Können Nieder- oder Hochfrequenzfelder den Prozess der Apoptose beeinflussen?“ Er schließt mit der Aussage, daß das bisherige Gesamtergebnis des REFLEX-Programmes keine Hinweise dafür liefere, daß Hoch- oder Niederfrequenzfelder mit dem Apoptoseprozess in Zellkulturen in Verbindung stehen könnten.

– Abschließend fasste F. Adlkofer die bisherigen Ergebnisse des REFLEX-Programmes kurz zusammen: obwohl erst die Halbzeit der REFLEX-Forschungsperiode erreicht sei, hätten sich schon genügend Hinweise ergeben, die auf eine feldbedingte Beeinflussung von Zellen auf DNA-Ebene wahrscheinlich machten. Er nennt in diesem Zusammenhang vor allem DNA-Strangbrüche und gentoxische Effekte und kommt zu dem Schluß, daß die Suche nach molekularen, subzellulären und zellulären Mechanismen, die durch elektromagnetische Felder beeinflusst werden können, intensiv fortgesetzt werden sollte. Da die Bedeutung dieser Mechanismen für die Gesundheit noch nicht geklärt sei, stelle sich die Frage, ob sie für den Gesamtorganismus des Menschen und für die Krankheitsauslösung relevant seien. Ein Ziel könne es dabei auch sein, Gene zu finden, die auf Befeldung reagierten.

3. Kurzzusammenfassungen der Poster des Zentrums für Elektropathologie

– E. David, Zentrum für Elektropathologie der Universität Witten/Herdecke, stellte in seinem von J. Reißweber präsentierten Poster neue vorläufige Ergebnisse zum Thema der Lymphozytenmigration in 50-Hz-Magnetfeldern vor. So scheint der Anteil der wandernden Lymphozyten mit Magnetfeld höher zu sein als ohne, nicht jedoch die mittlere Wanderungsgeschwindigkeit. Es wird diskutiert, ob möglicherweise ein mikrothermischer Effekt bedingt



durch das Magnetfeld, eine Rolle bei der Entstehung dieser Befunde spielen könnte.

– J. Reißweber, Zentrum für Elektropathologie der Universität Witten/Herdecke, berichtete als Mediziner über den hohen Leidensdruck der Menschen, die subjektiv davon überzeugt seien, elektrosensibel zu sein. Er zeigte deshalb einen weiteren Ansatz, um diesem Phänomen der selbstdiagnostizierten sogenannten „Elektrosensibilität“ auf die Spur zu kommen, das gegenwärtig im Brennpunkt des medizinischen Fachgebietes Elektropathologie stehe: die Untersuchung der Mikrozirkulation bei subjektiv sog. elektrosensiblen Menschen und bei gesunden Probanden im Vergleich und zwar sowohl mit als auch ohne Exposition in einem magnetischen 50-Hz-Feld einer Flussdichte von 96 mT. Im Ergebnis zeigte sich zwischen beiden Gruppen, also den sog. Elektrosensiblen und den gesunden Probanden, kein signifikanter Unterschied in der Mikrozirkulation. Man spreche somit auch weiterhin nicht von „Patienten“, sondern lediglich von „betroffenen Menschen“, weil die Existenz einer eigenständigen „Diagnose Elektrosensibilität“ bislang nicht erwiesen sei.

– A. Wojtysiak, Zentrum für Elektropathologie der Universität Witten/Herdecke, präsentierte ein Poster über Kaliumströme und ihre Beeinflussbarkeit durch 1,9-GHz-Felder in Astrozyten im Sinne einer nichtthermischen Wirkung. Er betont, daß die Kontrolle von Ionenströmen durch die Zellmembran einer der wichtigsten Mechanismen sei, mit denen die Zelle auf Umweltfaktoren reagieren könne. Frühere experimentelle Studien an der Zellmembran mit schwachen elektromagnetischen Feldern hätten widersprüchliche Ergebnisse erbracht, besonders, was nichtthermische Wirkungen infolge Hochfrequenzfeldeinfluß betreffe. In diesem Ansatz werde geprüft, inwiefern die prinzipiell unerreichbare Vorbedingung einer absolut identischen Temperatur mit und ohne Hochfrequenzfeldeinfluß eingehalten werden könne. Dies werde in dem vorliegenden Ver-

suchsansatz nahezu erreicht durch die künstliche Erzeugung genau der gleichen Temperatur auch bei den Kontrollversuchen ohne Feld: es sei der Kaliumauswärtsstrom mit Hilfe der „Whole cell“-Patch-Clamp-Technik untersucht worden, und zwar sowohl unter dem Einfluß eines hochfrequenten elektromagnetischen Feldes, als auch unter dem Einfluss von konventionellem Heizen. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Kaliumtransmembranströme temperaturabhängig zunehmen, sowohl beim Heizen als auch bei Hochfrequenzfeldeexposition. Es ist bemerkenswert, dass die Zunahme des Kaliumstromes bei 37 °C in den meisten Fällen leicht reduziert ist, wenn dieses Temperaturniveau durch Feldexposition erreicht wird im Vergleich zu konventionell erhitzten Proben. Diese Reduktion unter Feldeinfluss kann im Temperaturbereich zwischen 37 °C und 40 °C maximal 25 % erreichen und damit statistisch signifikant werden. Der Autor kommt zu dem Schluß, daß als Erklärung für diese Diskrepanz zwischen Versuchsergebnissen mit und ohne Feld ein feldeingetragener Einfluss auf die Offenwahrscheinlichkeit des Kanaltors wahrscheinlicher sei als ein Einfluss auf das Diffusionsverhalten der Ionen im Membrankanalmolekül. Unterschiede in der Aufheizung der Proben schließt er als Ursache aus.

4. Bewertung der BEMS-Tagung 2002 aus Sicht des Zentrums für Elektropathologie

Insgesamt läßt sich feststellen, daß die auf der Tagung präsentierten Ergebnisse keinen hinreichenden Grund für eine Beruhigung der Öffentlichkeit liefern. Man tendierte insgesamt in Richtung einer Versachlichung des Themas der medizinisch-biologischen Feldwirkungen auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse. Aus naturwissenschaftlicher – wie auch aus ärztlicher Sicht – erscheint eine weitere Abklärung noch offener Fragen zu potentiellen Gesundheitsgefahren bzw. me-

dizinisch-biologischen Wirkungen der elektromagnetischen Hochfrequenzfelder der Mobilfunktechnologie ebenso wie der niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder des Energietechnik sinnvoll. Gerade durch wissenschaftliche Forschung auch am Gesamtorganismus des Menschen können Ängste dort relativiert und abgebaut werden, wo sie sich als unbegründet erweisen: so hat die medizinische Fachdisziplin der Psychoneuroimmunologie deutliche Hinweise dafür gefunden, daß psychischer Dystress wie – durchaus auch unbegründete – Angst, Niedergeschlagenheit etc. allein für sich genommen, schon ein Krankheitsspektrum – beginnend bei einer erhöhten Infektanfälligkeit bis hin zu Tumorerkrankungen – begünstigen kann. Dies ist möglich über den Weg einer vom Zentralnervensystem vermittelten Schwächung der Immunabwehr. In diesem Zusammenhang erscheint auch das mit Feldeinwirkung in Verbindung gebrachte Phänomen der subjektiv erlebten sogenannten Elektrosensibilität in einem neuen Licht.

Die Tatsache, dass sowohl diagnostische als auch therapeutische Anwendungen elektromagnetischer Felder in der Medizin im Rahmen einer eigenen Sitzung zusammenfassend dargestellt wurden, spricht dafür, dass sich die Bioelectromagnetics Society stärker noch als bisher nicht nur den potentiellen gesundheitlichen Risiken nieder- und hochfrequenter Felder widmet, sondern zunehmend auch potentiell heilende und lindernde Feldeffekte erforscht und erforschen wird – ein Trend, der ohnehin seit einigen Jahren zu beobachten ist.

Dr. med. Jörg Reißweber arbeitet am Zentrum für Elektropathologie, Fakultät für Medizin der Universität Witten/Herdecke (Leiter: Prof. Dr. med. Eduard David). ■