

Viel Wissenschaft und et zwischen „B

Otto Petrowicz

Alle zwei Jahre treffen sich Wissenschaftler aus aller Welt bei der Konferenz der European Bioelectromagnetics Association (EBEA), um aktuelle Forschungsergebnisse und zukünftige Forschungsvorhaben zu präsentieren und zu diskutieren. Die ungarische Metropole Budapest bot vom 13. bis 15. November den Rahmen für den 6. EBEA-Kongress, auf dem Forschungsgruppen viel Interessantes, aber auch so manch Verzichtbares aus dem Themengebiet „elektromagnetische Verträglichkeit in der Umwelt“ (EMVU) vorstellten.

„Der EBEA-Kongress ist das wichtigste Forum, um aus europäischer Sicht den Fortschritt in der Erforschung biologischer und gesundheitlicher Effekte und deren Bedeutung für die Gesundheitspolitik zu diskutieren“, erklärte der Vorsitzende des Kongresses, Dr. György Thuróczy, in seinem Grußwort. Diesen Ansprüchen, der Wissenschaftlichkeit und der kontinentalen Ausrichtung der Veranstaltung, wurden die Organisatoren gerecht. In den beiden Plenarsitzungen, die innerhalb eines jeden Kongresses immer einen besonderen Stellenwert genießen, wurden sowohl der Blickwinkel Europas in Fragen der EMVU beleuchtet, aber auch wissenschaftlich geprägte Themen präsentiert.

Die erste Plenarsitzung setzte sich mit politischen und konzeptionellen Fragestellungen aus der Sicht zweier bedeutender Institutionen, nämlich der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Europäischen Union (EU), auseinander.

Emilie van Deventer vertrat den Direktor des Internationalen EMF-Projekts der WHO, Michael Repacholi. In ihrem Vortrag „Die Rolle der Wissenschaft in der Gesundheitspolitik und wie die WHO Empfehlungen zu elektromagnetischen Feldern entwickelt“ stellte sie die besondere Bedeutung von wissenschaftlichen Erkenntnissen für die Erarbeitung von Empfehlungen der WHO heraus. Marc Séguinot

- **Plenary Session I:** Die Bedeutung der Wichtung wissenschaftlicher Erkenntnisse in der Gesundheitspolitik und in der Entwicklung der WHO-Empfehlungen. Schutz der Bevölkerung vor EMF, die europäische Situation und deren Initiativen.
- **Plenary Session II:** Neue Ansätze in der EMF-Forschung – Proteomics und Transcriptomics
Medizinische Anwendung nicht-ionisierender elektromagnetischer Energie – Klinische Biophysik.
- **Session I und V:** Dosimetrie und Expositionssysteme I und II
- **Session II:** Exposition und Genotoxizität
- **Session III:** Gesundheitspolitik, Standards und Compliance
- **Session IV:** In vivo Studien
- **Session VI :** Epidemiologische Studien und Humanstudien
- **Session VII:** Mobiltelefone und das Gehör
- **Session VIII:** Wirkungsmechanismen
- **Session IX:** In vitro Studien
- **Session X:** Medizinische Anwendung
- **Session EBEA/COST I:** Gehirntumore, Expositionseinrichtungen und Messungen am Menschen
- **Session EBEA/COST II:** EMF und deren Einfluss auf die Kognition
- **Postersession:** mit insgesamt ursprünglich vorgesehenen 125 Beiträgen (ca. 15 % wurden zurückgezogen bzw. nicht ausgestellt.)



Was Politik „Uda“ und „Pest“

von der Europäischen Kommission in Brüssel gab in seinem Plenarvortrag „Schutz der Menschen vor elektromagnetischen Feldern: Situation und zukünftige Schritte in Europa“ einen Überblick über Ziele und Strategien der Europäischen Union in Fragen der Sicherheit im Umgang mit elektromagnetischen Feldern.

Emilie van Deventer machte deutlich, dass dem Vorsorgeprinzip eine herausragende Bedeutung zukommt, letztlich aber „die Wissenschaft die treibende Kraft“ in den Entscheidungsprozessen der WHO sei. Die Referentin gewährte einen detaillierten Einblick in die Arbeitsweise der WHO bei der Bewertung von Gesundheitsrisiken und der Ausarbeitung von Empfehlungen. Um Aussagen über Risiken treffen zu können, ist eine exakte Analyse der wissenschaftlichen Literatur unabdingbar. Diese Analyse erfordert eine umfangreiche Datenbank, die im Rahmen des internationalen EMF-Projekts der WHO entwickelt wurde. Jedoch müssen die darin hinterlegten Studien hochwertig sein, damit sie mit den Methoden der Risikoabschätzung ausgewertet und so in Empfehlungen einfließen können. Dafür bedarf es bestimmter Kriterien, an denen die Wertigkeit einer wissenschaftlichen Studie festgemacht wird. Die WHO hat folgende Charakteristika definiert, um zu entscheiden, ob eine Studie in die Risikobewertung einfließen kann:

- Die in einer Studie gewählten Techniken, Methoden und Bedingungen müssen so objektiv wie möglich sein, die Methoden und eingesetzten biologischen Systeme müssen geeignet sein, um für die jeweilige Fragestellung Antworten zu liefern

- Alle Daten und Messwerte müssen vollständig und objektiv sein, keine relevanten Daten dürfen von der Betrachtung ausgeschlossen werden, die gewählten Analyseverfahren müssen geeignet sein; die Daten aus Experimenten innerhalb einer Studie müssen im Rahmen der statistischen Variabilität übereinstimmen.

- Material und Methoden müssen ausreichend detailliert beschrieben werden.

- Die Ergebnisse müssen einen Effekt des relevanten Parameters mit hoher statistischer Signifikanz ausweisen und mit geeigneten statistischen Tests geprüft sein.

Die Qualität einer Studie misst sich auch daran, ob sie in einer renommierten wissenschaftlichen Fachzeitschrift veröffentlicht wurde, die ihre Publikationen nach dem peer-reviewed Prinzip auswählt. Als nicht-ausreichend werden Posterbeiträge auf Kongressen eingestuft, da sie meist nicht von neutralen Experten geprüft wurden und häufig nur vorläufige Ergebnisse wiedergeben. Des Weiteren bewertet die WHO auch die Art der Studie. Am höchsten werden Humanstudien eingeschätzt, entweder epidemiologisch oder im Labor durchgeführt, vor *in vivo*-Studien, gefolgt von klinischen Studien. Am Ende stehen Zell- und *in vitro*-Studien.

Ein großes Problem für die Risikoabschätzung sieht die WHO in dem Umstand, dass es bei vielen Studienergebnissen in der Datenbank an Folgerichtigkeit und Übereinstimmung mangelt. Die WHO zieht daher für die Bewertung epidemiologischer Studien die so genannten Hill-Kriterien heran und hat für die anderen Studientypen ähnliche Richtlinien erarbeitet. Damit kann

Criteria for Evaluation

- In-depth, weight-of-evidence, critical review and evaluation of ALL EMF research world wide.
- Study reports MUST have detailed description of methods use, all data, and analyses of results and conclusions.
- All studies MUST be replicated or be in agreement with similar studies.
- All studies, with either positive or negative effects, MUST be assessed equally.

die Wichtigkeit und Beweiskraft einer Arbeit analysiert und beurteilt werden.

Für das Jahr 2004 gab Emilie van Deventer einen Ausblick auf zukünftige Veranstaltungen der WHO. Folgende vier Treffen sind geplant:

- Elektromagnetische Hypersensitivität (ELF und RF), im April in Prag
- Kinder und elektromagnetische Felder (ELF und RF), im Juni in Istanbul
- Schutzmessungen für ELF, im September, der Ort steht noch nicht fest
- EMF Task Group Report Meeting, im November in Genf

Marc Séguinot befasste sich im zweiten Plenarvortrag mit der europäischen Sicht der Gefährdung durch EMF und den bisherigen und zukünftigen Initiativen des europäischen Staatenbundes. Séguinot zeigte anhand von Umfrageergebnissen aus der EU, dass elektromagnetische Felder als Risikofaktor bei den Bürgern fast keine Rolle spielen. Die größte Angst haben die

EU-Bürger vor Gewalt. 79 Prozent fühlen sich von ihr am stärksten bedroht. Auf den weiteren Plätzen der „Angstmacher“ folgen Gesundheitsprobleme mit 66 Prozent und Arbeitslosigkeit mit 64,9 Prozent. Erst im Mittelfeld rangieren mit 45,7 Prozent Ängste vor Umweltschäden. Befragt nach den gefährlichsten umweltgefährdenden Faktoren werden am häufigsten chemische Stoffe genannt. Elektromagnetische Felder sind unter den ersten zehn Nennungen nicht zu finden.

Dennoch ist die Sorge der Bürger um mögliche Umweltwirkungen elektromagnetischer Felder vorhanden und darf nicht bagatellisiert werden. Die Europäische Kommission hat einige Maßnahmen ergriffen, um den Ängsten der Bewohner Europas zu begegnen. So erhielt das „Europäische Komitee für elektrotechnische Standardisierung“ (CENELEC) den Auftrag, Ex-

positionsrichtlinien für den Umgang mit elektrischen Geräten und Anlagen, von Haushaltsgeräten über Mobiltelefone bis zu Basisstationen, zu entwickeln. Die Hoffnung der europäischen Entscheidungsträger: „Auf diesem Weg das Vertrauen der Öffentlichkeit teilweise wieder zu gewinnen“, so Séguinot.

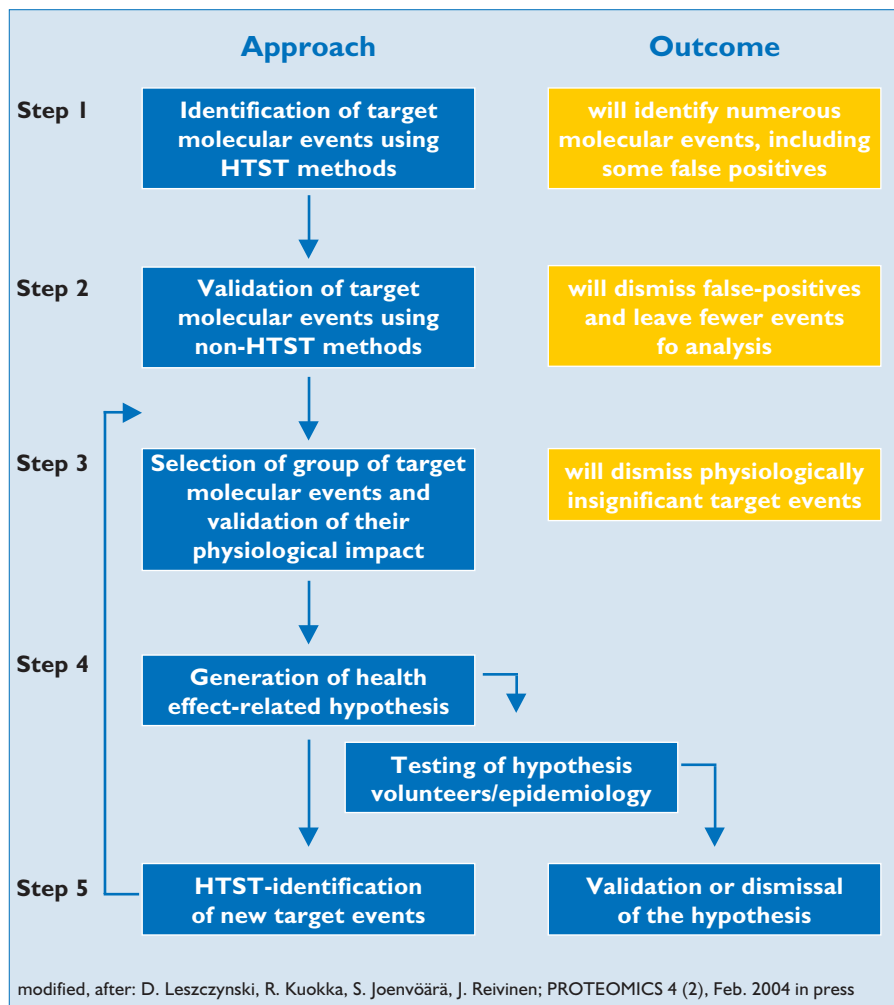
So lobenswert dieser Schritt auch sein mag, in anderen Bereichen, zum Beispiel der Wissenschaftsförderung, droht Ernüchterung. Die Fördergelder der EU werden in den kommenden Jahren nicht mehr den Umfang des Fünften Rahmenprogramms erreichen. Die damals bewilligten 10 Millionen Euro für die wissenschaftliche Bearbeitung von Fragestellungen zur EMVU werden in naher Zukunft nicht erneut bewilligt werden. Erfreulich hingegen: Die wissenschaftlichen Projekte von COST 281 zur Untersuchung der Exposition in UMTS-

Feldern, zum Einfluss elektromagnetischer Felder auf Kinder, zur Genotoxizität und Dosimetrie würde die EU auch zukünftig fördern, versicherte Séguinot. Des Weiteren erwähnte er, dass die internationale Strahlenschutzkommission ICNIRP ihre Richtlinien zur Niederfrequenzexposition überarbeiten müsse. Auslöser ist die Kritik, die der Wissenschaftliche Ausschuss für Toxikologie, Ökotoxikologie und Umwelt (CSTEE) der Europäischen Kommission im September 2002 übt. Der Ausschuss bemängelte, dass die ICNIRP die Frage der „nicht bewiesenen aber vermuteten Gesundheitseffekte beim Menschen“ nicht ausreichend berücksichtigt habe.

Die beiden Vorträge der zweiten Plenarsitzung setzten sich mit rein wissenschaftlichen Belangen auseinander. Dariusz Leszczynski stellte mit den so genannten High Throughput Screening Techniques (HTST) einen neuen Weg zum Aufspüren molekularer Untersuchungsobjekte wie Proteine oder Nukleinsäuren vor. Dieses Verfahren soll es erlauben, schnell diejenigen Endpunkte zu identifizieren, die für die EMVU-Forschung bedeutsam sein könnten. Im zweiten Vortrag informierte Ruggero Cadossi über die therapeutische Verwendung nicht-ionisierender elektromagnetischer Felder in der klinischen Biophysik.

Epidemiologische Verfahren sind nach Ansicht von Dariusz Leszczynski nicht empfindlich genug, um allein über das gesundheitsgefährdende Potenzial elektromagnetischer Felder zuverlässig Auskunft geben zu können. Die Epidemiologie muss daher mit Daten aus Tierstudien und *in vitro*-Versuchen ergänzt werden.

Doch besonders für *in vitro*-Experimente ist es wichtig, einen genau definierten biologischen Endpunkt zu haben – also ein Molekül oder einen zellbiologischen Prozess. Ziel ist, zu erfassen, ob der zu untersuchende Parameter auf das Zielobjekt, zum Beispiel ein Proteinmolekül, Einfluss nehmen kann und dort Veränderun-



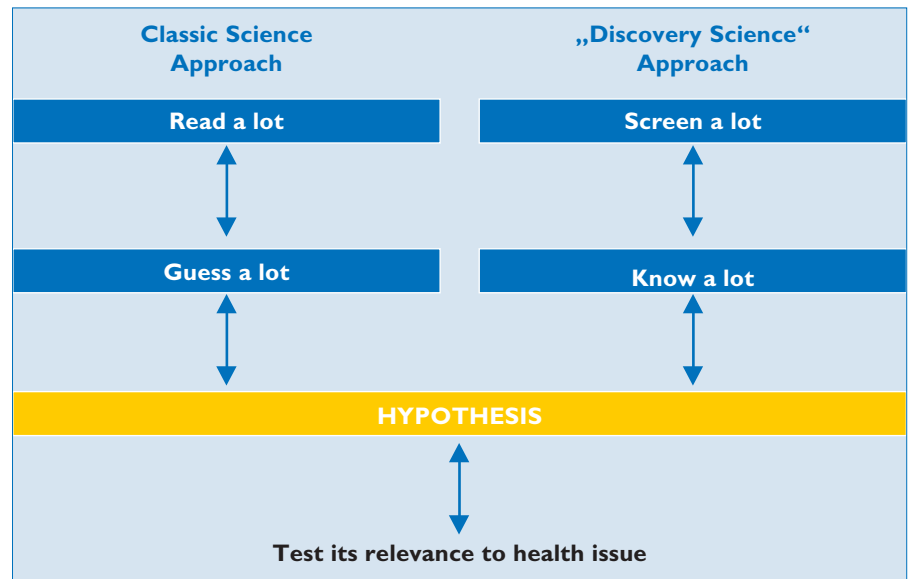
gen hervorruft. Die bisher eingesetzten Methoden führen nach Leszczynskis Meinung nicht schnell genug und auch nicht in der notwendigen Breite zu den relevanten biologischen Schaltstellen. Doch diese zu kennen ist wichtig, damit sie für Studien über potenzielle Gesundheitseffekte elektromagnetischer Felder herangezogen werden könnten. HTST heißt das Zauberprinzip, mit dem die Arbeitsgruppe um Dariusz Leszczynski in Helsinki nach neuen biologischen Schlüsselstellen fahnden will. Die High Throughput Screening Techniques sollen in kürzerer Zeit eine Vielzahl von biologischen Endpunkten entlarven, die in potenziell gesundheitsgefährdende Prozesse eingebunden sind. Das klassische Vorgehen beschrieb Leszczynski „flapsig“ wie folgt:

- viel lesen
- viel vermuten
- Hypothese formulieren
- Hypothese prüfen.

Verfolgt man hingegen den HTST-Weg, dann lauten die Meilensteine:

- viel suchen
- viel wissen
- Hypothese formulieren
- Hypothese prüfen.

Leszczynski verdeutlichte diese Arbeitsweise in fünf Schritten an einem Beispiel aus der Praxis. Zuerst wurde ermittelt, wie stark Zellen auf elektromagnetische Felder reagieren. Dazu untersuchten die Wissenschaftler, in wie weit sich das Muster phosphorylierter (mit Phosphor angereicherter) Proteine in einer humanen Endothelzelllinie (EA.hy926) unter Befeldung verändert. Insgesamt wurden mittels P³²-Markierung, zweidimensionaler Gelelektrophorese und computergestützter Auswertung 1266 verschiedene phosphorylierte Proteine in den verwendeten Zellen gefunden. Nach den Expositionsexperimenten konnten in scheinexponierten Zellen 110 phosphorylierte Proteine detektiert werden, hingegen 372 in exponierten. Mit Western-Blotting Techniken identifizierten die Forscher zum Beispiel ein kleines Hit-



zeschockprotein, Hsp27, als ein ausschließlich in befeldeten Zellen phosphoryliertes Protein. Das Protein blieb im Fahndungsraster der Wissenschaftler hängen, obwohl der Phosphorylierungsgrad des Hsp27 nur gering war.

Im zweiten Schritt erfolgte die Validierung des molekularen Vorgangs, der zur Phosphorylierung, also zum Ergebnis aus Schritt eins, führt. Es galt zu erfassen, welche Prozesse an der Phosphorylierung des Hsp27 beteiligt sind. Es konnte gezeigt werden, dass maßgeblich die Kinase p38MAPK die Phosphorylierungen an Hsp27 vornimmt.

Im dritten Schritt wurden die Konsequenzen der Hsp27-Phosphorylierung für die physiologischen Vorgänge in der Zelle und im Organismus hinterfragt. Die Stabilisierung von F-Actin-Fasern des Cytoskellts unter Stress, aber auch die Blockierung der Apoptose sind nach Darstellung Leszczynskis zwei Vorgänge, in die das phosphorylierte Hsp27 eingebunden ist. Apoptose wird durch phosphoryliertes Hsp27 letztlich dadurch verhindert, dass Hsp27 durch Komplexbildungen die Aktivierung des Enzyms Pro-Caspase-9 hemmt.

Im vierten Schritt entwickelten die Experimentatoren auf der Basis der bisherigen Ergebnisse eine Arbeitshypothese, welche weiteren Folgen die Phosphorylierung von Hsp27 im Organismus haben können und

mit welchen weiteren Erkenntnissen sie verknüpft werden können. Leszczynski hält folgende Einflüsse für möglich:

- Permeabilität (Durchlässigkeit) der Blut-Hirn-Schranke wird erhöht; dies sollen laut Leszczynski Ergebnisse aus Tierexperimenten der Arbeitsgruppe bestätigen.
- Einfluss auf Apoptose (programmierter Zelltod) durch Wechselwirkung mit dem Cytochrome c/Caspase-9/Caspase-3 Weg.

Es sei, so Leszczynski, also denkbar, dass elektromagnetische Felder auf Prozesse am Cytoskelett und auf apoptotische Vorgänge Einfluss nehmen könnten.

Im abschließenden fünften Schritt werden mit der HTST weitere Zielmoleküle gesucht, die mit Apoptose und Cytoskelett im Zusammenhang stehen könnten. Etwa 3600 Gene wurden daraufhin auf ihre Expression hin überprüft. Die Ergebnisse zeigten: alle Gene, die Proteine für den Fas/TNFalpha-Apoptose-Weg kodieren, werden unter dem Einfluss elektromagnetischer Felder herunter reguliert, das heißt ihre Expression wird vermindert.

Leszczynski sieht in der HTST-Methode ein wertvolles Werkzeug, um Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Proteine und Gen-Expressionen festzustellen. Auf Grundlage von Daten aus der HTST-Forschung sei es möglich vorherzusagen, welche zellulären Prozesse beeinflusst würden und welche Körperfunk-

tionen genauer untersucht werden müssten. Er räumt jedoch ein, dass auch das HTST-Verfahren keinen direkten Rückschluss auf das gesundheitsgefährdende Potenzial von Einflussfaktoren zulässt. Dennoch sieht er die Methode als wesentlich an, um das vielschichtige, verworrene Geheimnis um biologische Effekte, die möglicherweise durch hochfrequente elektromagnetische Felder hervorgerufen werden, zu enträtseln.

Der abschließende Plenarbeitrag von **Ruggero Cadossi** aus Italien führte auf die Sitzung der medizinischen Anwendung hin. Dieser Vortrag fiel etwas einseitig aus, da er lediglich die NF-Anwendung in gepulster Form (PEMF) aufgriff. Zielanwendungen, wie die Magnetfeldtherapie zur Knochenheilung für Pseudoarthrosen, wurden in den Vordergrund gestellt. Nur am Rande ging Cadossi auf die noch sehr schwachen wissenschaftlichen Fundamente der Wirkungsprinzipien ein. Alle anderen Anwendungen wie die Stimulation von Muskeln, die Anwendung der kraniellen Magnetfeldstimulation (CMS) und vieles mehr blieben unerwähnt. Insofern sahen einige Beobachter ihren Wissensdurst nur unzureichend gestillt. Zumindest behielt Cadossi den Blick für die Realität und warnte vor der von Geschäftemachern gepriesenen Wirksamkeit bei allen möglichen Erkrankungen und Leiden. Als Schlusswort gab er den Zuhörern mit auf den Weg, dass der Wildwuchs von wissenschaftlich nicht bestätigten Anwendungen ein Fall für die Behörden sei, dem diese sich in Zukunft annehmen sollten.

Themengruppe Dosimetrie und Expositionssysteme

16 Beiträge wurden in dieser Themengruppe vorgestellt, sie waren inhaltlich so vielfältig, dass sie kaum mit wenigen, griffigen Worten zusammengefasst werden können. Deshalb sollen, wie bei den übrigen Schwerpunkten auch, nur einige signifikante Beiträge aufgegriffen und kommentiert werden.

Insgesamt bot die Themengruppe vieles von allgemeinem Interesse, darunter auch die Exposition von Elektrolokfürern in statischen und extrem niederfrequenten Magnetfeldern (ELF-MF). Die Untersuchung wurde vom **National Institute of Occupational Safety and Prevention** in Rom, gemeinsam mit der **Rolling Stock Technology Unit** in Florenz durchgeführt. Die Studienergebnisse sind erstaunlich. In Italien werden die Bahnen mit 3 kV-Gleichstrom betrieben. Messungen des Magnetfelds an den Führerständen verschiedener Lokomotiven und in den Gängen waren unerwartet niedrig. Magnetische Gleichfelder lagen unterhalb 1,5 mT. Durch Umwandlung von Gleichstrom in 16 2/3 Hz Wechselspannung, die für diverse Verbraucher in der Lokomotive und den Waggons benötigt wird (bei neueren Lokomotiven auch für die Fahrmotoren), treten auch extrem niederfrequente Wechselfelder auf. Sie erreichten maximal 100 mT. Der Frequenzbereich der harmonischen Anteile reicht bis 1 kHz.

Zu den interessanten Berichten gehören auch die Expositionsmodelle der finnischen Arbeitsgruppe um **Kari Jokela**, mit denen induzierte Ströme im Kopf des Benutzers eines Mobiltelefons ermittelt werden können. Der gepulste Betrieb von Mobiltelefonen lässt erhebliche Ströme und Anstiegsflanken entstehen. Diese induzieren Ströme im Kopf des Mobiltelefonbenutzers. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Eine Expositionsanalyse sollte auf der Basis der induzierten Stromdichten oder des elektrischen Feldes, aber nicht abhängig vom magnetischen Feld, durchgeführt werden.
- Das Expositionsverhältnis bei allen möglichen Anwendungsbedingungen überschreitet nicht die Mindestbeschränkungen der Feldparameter.
- Die spektrale Summation ist eher brauchbar als die Angabe der gewichteten Spitzenwerte.

Auch folgende Berichte sind erwähnenswert:

- Experimente zur SAR-Bestimmung von Einflüssen diverser Zubehörteile von TETRA-Geräten wie Kopfhörer (Headsets), Mikrofon, Sprechschalter und weiteren; die Untersuchungen zeigten, dass die spezifischen Absorptionsraten (SAR) im Kopf durch die Zubehörteile geringer waren als durch das Gerät selbst; das gleiche galt auch ausgehend für die Körper-SAR; Nachweise ergaben sich für Freiraumresonanzen der Zubehörteile und eine Abhängigkeit der Kopf-SAR mit der Zuleitungslänge, wobei die Dämpfung in Körpernähe stärker ausgeprägt ist.

- In einer Arbeit über ausgesuchte Parameter zur vergleichenden Beurteilung von tierexperimentellen Studien wird betont, dass die genaue Bestimmung der SAR-Verteilung wichtig ist und zudem beschrieben, welche speziellen Forderungen an Modelle zu stellen sind; wie aber die Ergebnisse von Tierexperimenten sinnvoll auf Humanexperimente übertragen werden können, bleibt eine offene Frage.

- In einer Dosimetriestudie am bekannten Ferris-Wheel Expositionssystem für 40 Mäuse wurde gezeigt, dass die geforderten Spezifikationen (± 2 db SAR-WB lifetime) überschritten werden; das Verhältnis der Spitzen- zur Durchschnitts-SAR ist typisch für E-Feld polarisierte Mäuse. Hingewiesen wurde auch auf das günstige Verhältnis zwischen den räumlichen Bedingungen und der Zahl der Tiere, die moderaten Kosten und den Einsatz in mehreren anderen Studien.

- Der Weg zu einem computergestützten Dosimetrieverfahren, dem „Virtuellen Bioelektromagnetischen Labor“, wurde beschrieben und als neues Werkzeug für die effiziente Planung von elektromagnetischen Expositionsexperimenten *in vitro* und *in vivo* vorgestellt; die Autoren sehen dieses Verfahren als universell einsetzbar und einfach zu bedienen an.

Eine Anzahl weiterer Beiträge befasste sich mit komplexen numerischen Analysen über die Vorhersehbarkeit von Feldverteilungen in komplexen Umgebungen

oder stellte eine semi-quantitative Methode vor, mit der ein numerisches Modell entwickelt werden kann zur Dielektrizitätsanatomie mit Hilfe von Magnet-Resonance-Imaging (MRI).

Das Institut für Hochfrequenztechnik der Universität Stuttgart erarbeitete gemeinsam mit dem Department of Electrical and Electronic Engineering der Aoyama Gakuin Universität, Japan, ein Berechnungsverfahren für eine Stromdichtenbestimmung in einem anatomischen Humanmodell. Dieses Verfahren erlaubt Emissionen von Haushaltsgeräten abzuschätzen. Es zeigte sich, dass die Emissionen solcher Geräte den Mindestbeschränkungen genügen, selbst wenn das B-Feld mit maximal 355 mT den Referenzwert der ICNIRP übersteigt. Auch unter den Posterpräsentationen waren einzelne Beiträge zu Exposition und Dosimetrie, die teilweise

die in den Vorträgen dargebotenen Themen ergänzten. Die Mehrzahl ist von weniger signifikantem Inhalt, teils sehr spekulativ und mit gewagten Schlussfolgerungen versehen. Oder sie sind schlicht und einfach für allgemeine Erkenntnisgewinnung ungeeignet, wie beispielsweise die Messungen an Stiefeln, die von ungarischen Soldaten bei der Munitionshandhabung getragen werden.

Themengruppe *in vivo*

Die Präsentationen der *in vivo*-Studien waren gleichfalls nicht homogen. Berichtet wurde, wie eine einmonatige Exposition von Probanden in Mobilfunkfeldern auf die psychomotorische Leistung wirkt. Es zeigte sich kein Effekt. Ob nach längerer Exposition Effekte zu erwarten sind, bleibt offen. Vermutet wird, dass, wenn schon bei einmonatiger Exposition keine Verän-

derungen auftreten, dies dann auch bei längerer Exposition nicht sein könnte.

In der *in vivo*-Sitzung wurde auch das gemeinsame Forschungsprogramm der Technischen Universität München und der Ludwig-Maximilians Universität München präsentiert, das beim Bundesamt für Strahlenschutz beantragt und bewilligt wurde. Das Thema lautet „*In Vivo* – Experimente unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilfunkkommunikation – Langzeituntersuchungen“. In dem Beitrag wurden die Projektarchitektur und die Verfahren der Kognitivitätsmessungen bei Ratten erklärt.

Seit der Veröffentlichung der Salford-Studie ist die Blut-Hirn-Schranke ein Thema mit großem Aufmerksamkeitswert. Auch in Budapest war dieses Themenfeld präsent.

Eine japanische Arbeitsgruppe untersuchte an 36 männlichen Sprague-Daw-



ley-Ratten, ob eine lokale RF-Exposition zu subchronischen Effekten auf die Mikrozirkulation im Gehirn führt. Mit Hilfe einer kraniellen Fenstermethode konnte die Mikrozirkulation am lebenden Tier beobachtet werden. Zur Befeldung wurde ein 1,439 GHz TDMA Signal, entsprechend dem japanischen Mobilfunkstandard, eingesetzt. Die Tiere wurden über einen Zeitraum von vier Wochen fünfmal pro Woche für jeweils 60 Minuten befeldet. Die mittlere spezifische Absorptionsrate (SAR) betrug zwischen 5,3 und 8,8 W/kg. Es konnte durch die lokale Exposition keine Änderung der Blut-Hirn-Schranken-Permeabilität und keine Modifikation im Leukozytenstatus beobachtet werden. Eine weitere japanische Gruppe untersuchte, ob eine zweijährige Exposition in einem 1,5 GHz-Feld nach dem japanischer Mobilfunkstandard bei Ratten die Entwicklung von Tumoren im zentralen Nervensystem beschleunigt. Den Ratten wurde vor der Expositionsphase einmal das Kanzerogen Ethylnitrosourea (ENU) verabreicht, dann folgte über einen Zeitraum von 104 Wochen fünfmal pro Woche eine neunzigminütige Befeldung. Es zeigten sich keine Promotioneffekte der ENU-induzierten Tumorentwicklung durch EMF.

Auch Ergebnisse zu medizinischen Anwendungen wurden vorgestellt. Eine Untersuchung befasste sich mit Wirkungen gepulster elektromagnetischer Niederfrequenz-Felder (PEMF) auf den Gelenkknorpel und das anschließende Knochengewebe an einem Modell zur Osteoarthritis. Zwölf Monate alte Guinea-Pigs (Meerschweinchen) wurden sechs Stunden pro Tag über drei Monate hinweg befeldet. Sie zeigten im betroffenen Areal eine signifikante Verringerung in der Schwere der Schädigungen und in der subchondralen Knochenstärke. Diese Präsentation hatte jedoch starken Werbecharakter und war mehr eine Wiederauflage unzähliger Versuche über Magnetstimulation bei den verschiedensten Zustandsbildern. Obwohl kontrollierte klinische Studien die posi-

ve Wirkung gepulster Magnetfelder von circa 75 Hz bestätigt haben, ist der Wirkungsmechanismus nach wie vor unklar.

Der abschließende Beitrag dieser Sitzung wurde von einer Studentin vorgetragen und hatte den möglichen leukämieauslösenden Effekt von 50 Hz Magnetfeldern und deren harmonische Anteile in einem lymphoblastischen Leukämiemodell in Ratten zum Gegenstand. Die an 400 Ratten durchgeführten Versuche zeigten keinen Einfluss der Felder auf die Überlebensrate und keinen Unterschied in der Leukämierate. Dieser Beitrag wurde mit dem mit 500 Euro dotierten Students-Award der EBEA (Preis für besonders gute Nachwuchsarbeit) ausgezeichnet.

Insgesamt 22 Poster wurden zum Thema *in vivo* präsentiert, davon die Mehrzahl zu Themen im Zusammenhang mit der mobilen Kommunikation, einige wenige zur Magnetfeldexposition und zur PEMF-Therapie.

Auch in der Posterpräsentation war das Thema Blut-Hirn-Schranke präsent. Viel beachtet wurde das Poster, das eine Replikationsstudie zu den aktuellen Ergebnissen der Blut-Hirn-Schranken-Studie der Salford-Gruppe aus Schweden ankündigt. Verschiedene internationale Arbeitsgruppen sind beteiligt, wie die von Isabelle Lagroye, Bernard Veyret, György Thuróczy, Georg Neubauer, Joe Wiart und anderen. Die Kritik an der schwedischen Studie richtet sich unter anderem gegen die Auswertung. So waren die untersuchten Tiergruppen nach Alter und Geschlecht gemischt, dies wurde in der Auswertung der Daten jedoch nicht berücksichtigt. Zu hinterfragen ist auch die handwerkliche Qualität der Arbeit. Die von Salford gewählte Markierungstechnik mit Cresyl Violett wird von Experten als nicht spezifisch genug eingeschätzt, um degenerative Tumore eindeutig zu identifizieren. Mit dieser Reproduktionsstudie orientieren sich die Wissenschaftler am aktuellen Forschungsplan der WHO. Dort wird die Dringlichkeit von Reproduktionsstudien zur Blut-Hirn-Schranke explizit hervorgehoben.

Themengruppe Epidemiologie und Humanuntersuchungen

In einer Sitzung zusammengefasst wurden die epidemiologischen Studien und Humanuntersuchungen. Auch hier gab es Beiträge sowohl zu extrem niedrigen Frequenzen (ELF) als auch zu Hochfrequenz (HF) und Mobilfunk (RF).

Bei einer epidemiologischen Untersuchung an Schweißern und anderen Arbeitern, die mit hohen ELF-Feldstärken konfrontiert sind, wurde das Auftreten von neurodegenerativen Erkrankungen wie amyotrophische Lateralsklerose (ALS), Alzheimer, multiple Sklerose und Parkinson untersucht. Bereits in früheren Untersuchungen gab es Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen ELF-Feldern, Morbus Alzheimer und ALS. Diese Ergebnisse wurden bestätigt. Keine Hinweise gab es für Parkinson Erkrankungen, für die multiple Sklerose war die Anzahl der Fälle zu gering.

Den Einfluss von 50 Hz Magnetfeldern auf maligne Hautmelanome untersuchte ein Beitrag einer norwegischen Arbeitsgruppe. Die Resultate der epidemiologischen Studie weisen auf einen Zusammenhang hin. Weil aber eine gültige biologische Hypothese fehlt und zwischen solarer Energie und Melanombildung ein starker Zusammenhang besteht, konnten keine sicheren Schlüsse gezogen werden.

Eine Arbeit zur Mobilfunkexposition behandelte die Frage, wie die Expositionen in Feldern analoger und digitaler Mobilfunkgeräte sowie schnurloser Telefone zu bewerten sind. Es wurde eine Reihe von Fragen aufgeworfen, wie die Eigenheiten der jeweiligen Technologie zu beurteilen sind und vergleichbar gemacht werden können. Als wichtiger erster Ansatz wird die Nutzungszeit gesehen, unabhängig von der abgestrahlten Leistung. Als zweiter Ansatz wurde ein Wichtungsfaktor entwickelt, der für analoge Telefone mit 1, GSM mit 0,25 und für DECT-Telefone 0,01 vorgeschlagen wurde. Bei einer Pilotstudie über Schlafstörungen, durchgeführt an der Universität Bern, Schweiz, stand die Be-

wertung verschiedenster Untersuchungsmethoden im Blickpunkt. Die Ergebnisse:

- Schlaf-Tagebücher sind sensitiv genug, um das Schlafverhalten zu dokumentieren,
- Actiwatch-Daten erhöhen die Tagebuchdatenqualität,
- Cortisolmessungen im Urin könnten in Querschnittsstudien nützlich sein.

Insgesamt wird die Machbarkeit einer epidemiologischen Schlafstudie im Zusammenhang mit Basisstationen positiv gesehen.

Eine weitere Pilotstudie über Mobilfunkfelder und den Uplink-Betrieb (damit ist der Sendebetrieb von Mobiltelefon zur Basisstation gemeint) hatte die Position des Mobiltelefons und die Ausgangsleistungsverteilung zum Gegenstand. Nach den Befunden hat der Faktor „Umgebung“ den größten Einfluss: zwischen Telefonaten in der Stadt und auf dem Land gibt es erhebliche Unterschiede. Andere Faktoren wie die Nutzung in Gebäuden oder außerhalb, Telefonate im Stehen oder in Bewegung und Dauer der Telefonate haben weniger Einfluss auf die Leistungsverteilung.

Als letzte bemerkenswerte Präsentation ist von der Temperaturerhöhung am Ohr durch Mobiltelefone zu berichten. Die Studie, durchgeführt an der Universität Trondheim, Norwegen, hatte das Ziel, Faktoren zu identifizieren, die für eine Temperaturerhöhung am Ohr verantwortlich sind. Dazu wurden drei Experimente durchgeführt:

- Einfluss des abgeschalteten Mobiltelefons (Isolationseffekt),
- Erwärmung des Telefons durch die Batterieströme (Antenne mit 50 W abgeschlossen),
- Einfluss des tatsächlichen Mobiltelefonbetriebs.

Verglichen wurden die Temperaturen in zwei Körperarealen: nämlich an dem Ohr, an dem das Telefon angelegt war, und an der Wange auf der gegenüberliegenden Gesichtseite.

Der Isolationseffekt des Telefons, also allein das ausgeschaltete Gerät am Ohr, führt zu einer statistisch signifikanten Tem-

peraturerhöhung. Im zweiten Fall resultiert aus der Erwärmung des Telefons selbst ebenfalls eine zusätzliche Temperaturerhöhung. Die RF-Exposition im realen Betrieb ruft hingegen keinen weiteren Temperaturanstieg hervor.

Zu dem Thema Epidemiologie gab es nur vereinzelte Posterbeiträge. Unter ihnen ein Beitrag von Allan W. Preece mit einer Weiterentwicklung seines Dosimetrie-Mappings (besondere Dosimetrie Methode) auf der Basis des Post-Codes.

Aus dem ELF-Bereich wurde auch eine Studie über berufliche Exposition von Frauen gezeigt. Als relevante Größe wurde die „Job Exposure Matrix (JEM)“ definiert. Aus den Ergebnissen konnte geschlossen werden, dass eine hohe JEM bei Frauen in den Berufen gefunden wurde, in denen man dies bisher nicht erwartet hat. Auch zu den Humanstudien gab es Posterbeiträge. Einer der Präsentatoren schließt aus seinen Untersuchungen, dass weitere und zunehmende nächtliche Radio-, TV- und Mobilfunkausstrahlungen als globales Gesundheitsrisiko anzusehen und Restriktionen unbedingt erforderlich sind.

Untersuchungen einer Arbeitsgruppe aus Tallinn in Estland über eine EEG-Beeinflussung durch modulierte Mikrowellenfelder ergaben zwar erkennbare Einflüsse, die aber nicht statistisch signifikant waren. Weiter wurde berichtet über eine Verminderung von Zahnschmerzen durch ELF-Felder, aber eher bei niedrigen Intensitäten. Gesagt werden muss, dass gerade eine Schmerzlinde- rung durch EMF als nicht etablierte Wirkung von ELF-Feldern angesehen wird. Demgegenüber steht ein Bericht, dass 50 Hz Magnetfelder zum Beispiel keinen Einfluss auf das Wahrnehmungsvermögen beim Menschen haben.

Themengruppe Gesundheitspolitik, Standards und Compliance

Diese Sitzung wurde in Gedenken an den international geschätzten Wissenschaftler Ulf Bergqvist veranstaltet.

Der erste Beitrag verglich die Expositionsbedingungen im Bezug auf die Teilkörper-SAR am Kopf nach europäischer und US-amerikanischer Normung. Für die EU gilt die R&TTE Directive 1999/519/EC, in den USA die FCC 47 CFR, § 2.1093. Die EC Norm bezieht sich auf den Frequenzbereich 100 kHz bis 10 GHz, die der USA auf 100 kHz bis 6 GHz. Große Unterschiede sind bei den Teilkörperlimits festzustellen. Die europäischen 2 W/kg sind gemittelt auf zehn Gramm, in den USA bezieht sich der Wert auf ein Gramm Gewebe. Der Unterschied im Bezug auf die gemittelte Masse ist von großer Bedeutung, da ein Gramm erheblich restriktiver ist als zehn Gramm.

Im Weiteren wurde versucht, die Frage zu klären, ob nach Abschluss der laufenden epidemiologischen und Langzeit-*in vivo*-Studien hinreichendes Wissen vorliegt, um das kanzerogene Potenzial von HF-Energie zu klassifizieren. Hier kommt es zu einer Kollision zwischen den Forschungsbemühungen einerseits, viel Wissen durch Experimente zu kumulieren, und der Limitierung andererseits, dass der Beweis einer „Nicht-Kanzerogenität“ unmöglich ist.

Es soll im Folgenden versucht werden, die vielen abgeschlossenen *in vivo* Arbeiten und epidemiologischen Studien aufzugreifen und diejenigen, die keine Effekte feststellen konnten, denen gegenüberzustellen, die positive Befunde aufweisen. Zugegeben, aus den Quantitätsvergleichen mit überwiegend negativen Ergebnissen kann man schließen, dass von Beweisen nicht gesprochen werden kann. Andererseits fällt es schwer, Entwarnung zu signalisieren. Insofern sind auch die Erwartungen in zukünftige Ergebnisse zu dämpfen, wo wiederum Hinweise auf Effekte erscheinen und die Mehrzahl keine Wirkungen findet. Das Szenario der epidemiologischen Studien zu den extremen niedrigen Frequenzen (ELF) wird sich wiederholen - immer größere und kostenintensivere Studien liefern nicht mehr Erkennt-

nisse, sondern werfen nur neue Fragen auf.

Zwei verwandte Themen über Hochspannungsleitungen (High Voltage Power Lines, HVPL) in Wohngebieten und die Exposition der Bevölkerung in deren Nähe waren auch Gegenstand dieser Sitzung. Der eine Bericht befasste sich mit der Planung von Wohngebieten in der Nähe von HVPL in den Niederlanden unter dem Aspekt einer Exposition mit weniger als 0,4 μ T. Die Ergebnisse neuerer epidemiologischer Studien (Deutschlandstudie) lassen einen Zusammenhang zwischen ELF-Exposition im Kindesalter und Leukämie vermuten. Auf der Basis des Vorsorgeprinzips will die niederländische Regierung die Ausweisung von Wohngebieten in der Nähe von HVPL überprüfen.

Der zweite Bericht über ELF-Magnetfeld-Exposition durch HVPL stellt den Versuch der Stadt Trient in Italien vor, mit Hilfe von Messungen und durch Simulation eine Datenbasis über regionale ELF-Expositionen durch besagte Anlagen, zusammen mit demographischen und territorialen Informationen zu einem „Environmental Impact Index“ zusammenzuführen. Dieser soll als neues Instrument zum Umwelt-Monitoring und als Planungshilfe für die zukünftige städtische Entwicklung dienen. Zum Thema Mobilfunk gab es einen Bericht aus Peru, wie mögliche Gesundheitsgefahren durch Basisstationen vorsorglich berücksichtigt werden. Dabei werden die „Reference Levels“ der ICNIRP berücksichtigt. Ein verwandter Beitrag aus Ungarn über die Position der Öffentlichkeit zu Basisstationen schloss die Sitzung. Zusammengefasst ist die Meinung der Ungarn unsicher und inkonsistent: Auf der einen Seite hat ein hoher Anteil der Bürger ein Mobiltelefon, möchte telefonieren und hat keine Zweifel, dass in der mobilen Kommunikation Vorteile liegen. Auf der anderen Seite haben die Befragten Bedenken, wenn die Frage der möglichen Gesundheitsgefährdung durch Sendestationen aufkommt.

Die acht Poster zur Themengruppe befassten sich mit Details über Standardisierungen, Gefährdungsabschätzungen, nationalen Sonderwegen und zuletzt einer kritischen Auseinandersetzung mit den westlichen Sicherheitsstandards. Ein polnisches Poster versucht zu argumentieren, dass die auf der SAR basierenden „Basic Restrictions (BR)“ zwar für die Grundlagenforschung wichtig sind, als Standard aber die Angabe von E-(elektrischem), H-(magnetischem) Feld und S (Strahlungsdichte) als BR eher geeignet sind - eine bereits seit längerem geführte Debatte.

Themenbereich Exposition und genotoxische Effekte

Eine der bedeutendsten Themengruppen - wie bei allen internationalen Tagungen - ist die Frage der genotoxischen Wirkung von ELF-Expositionen oder durch mobile Kommunikationssysteme, sowohl durch Uplink, aber auch durch den Betrieb der Sendestationen.

Folgende Untersuchungsmethoden stehen im Vordergrund:

- chromosomale Aberration,
- Schwesterchromatidaustausch,
- Comet Essay,
- Mikronukleus-Methode.

Auf die Beschreibung der Nachweismethoden chromosomaler Schädigungen wird an dieser Stelle verzichtet und auf die vielen einschlägigen Arbeiten verwiesen. Welche Methode am geeignetsten ist, mögliche genotoxische Effekte nachzuweisen, ist eine nach wie vor aktuelle Debatte unter Wissenschaftlern. Die im Rahmen der BEMS-Tagung 2003 in Maui vorgestellten Ergebnisse der REFLEX-Studie (siehe Newsletter 3-03) haben zu einer außergewöhnlichen Aktualität des Themas geführt, weshalb auch das Interesse für die Vorträge und Poster groß war.

Der letzte Beitrag hatte einen Bericht der REFLEX-Arbeitsgemeinschaft, der Gruppe der Universität Bologna, zum Inhalt. Darin wurden *in vitro* die sich teilenden Zellen peripherer humaner Blut-Lym-

phozyten unter athermischen Bedingungen untersucht. Die Zellen von 13 gesunden Spendern wurden in einem 1800 MHz-Feld, entsprechend 2 W/kg, exponiert. Betrachtet man die Anzahl der sich teilenden Zellen, so zeigen die bisherigen Ergebnisse, dass sich die exponierten Zellen im Vergleich mit den scheinexponierten nicht den Erwartungen entsprechend verhalten. Sie zeigten keine erhöhte Proliferation. Einige T-Zelltypen wiesen sogar eine um zwei bis drei Prozent verminderte Proliferation auf. Wenn die weiteren Untersuchungen dies bestätigen, wird die bedeutende Frage der gegenteilig proliferativen Wirkung von RF-Feldern zu diskutieren sein: Bedeutet die Modulation von Zellen der Immunantworten ein Risiko bei der Exposition in Hochfrequenzfeldern?

Eine Wiener Arbeitsgruppe, die auch der REFLEX-Arbeitsgemeinschaft angehört, stellte *in vitro* Ergebnisse über genotoxische Effekte durch extrem niederfrequente elektromagnetische Felder (ELF-EMF) an Humanzellen unter kontrollierten Bedingungen vor. Wie auch bei den präsentierten spektakulären Ergebnissen mit den Mobilfunkfeldern zeigte sich eine zeit- und dosisabhängige Induktion von DNA-Schäden, abhängig vom Zelltyp und Spender. Letzteres kann auf zellspezifische oder individuelle Unterschiede der Reparaturmechanismen hinweisen. Insgesamt werden die Ergebnisse aber dahin interpretiert, dass ein starker Verdacht auf ein genotoxisches und klastogenisches Potenzial von ELF-EMF besteht. Für eine Bewertung muss zunächst die Publikation dieser Ergebnisse abgewartet werden. Das gilt auch für die Ergebnisse im Zusammenhang mit den Feldern des Mobilfunks und letztlich für die zu erwartenden Replikationsstudien. Erst dann kann gesagt werden, ob diese Befunde bestätigt werden und insgesamt haltbar sind.

Die Inhalte der weiteren Beiträge im Überblick:

- Eine Übersicht über Untersuchungen zur Beeinflussung von Magnetfeldern



durch weitere physikalische und chemische Faktoren, sowohl *in vitro* als auch *in vivo*; zusammenfassend konnten keine gemeinsamen Wirkungen gefunden werden, die auf einen Synergismus schließen lassen.

- Eine ähnliche Arbeit über RF-Exposition in Verbindung mit MX, einem wirksamen Umweltkarzinogen, bekannt durch die Chlorierung des Trinkwassers, wurde präsentiert; als Zelllinie dienten L929-Zellen, die auf Induktion von „Reactive Oxygen Species (ROS)“ untersucht wurden; es zeigten sich keine Einflüsse auf die ROS-Formation durch die 900 MHz GSM Signale, wohl aber durch die MX-Behandlung.

- Eine Bewertung der Mikronuklei-Induktion in menschlichen Lymphozyten *in vitro* nach Exposition durch 900 MHz GSM-Felder ist als vorläufiges Ergebnis gewertet worden und zunächst von keiner beweisenden Signifikanz; das gilt ebenso für alle präsentierten Berichte, die noch nicht in Peer Reviewed Journals veröffent-

licht wurden. (Welches für fast alle Beiträge, ob positiv oder negativ, gilt.)

Schließlich der Beitrag von Dr. Vijayalaxmi. Sie steht aufgrund ihrer umfangreichen Untersuchungen zur Genotoxizität von RF den Ergebnissen, die positive Befunde aufweisen, sehr skeptisch gegenüber. Ihre Ergebnisse über Untersuchungen an menschlichen Lymphozyten, exponiert mit Feldern der US-amerikanischen Mobilfunksysteme (835,63 und 847,74 MHz), bei Absorptionsraten von 4,4 und 5,5 W/kg, ergaben keine Hinweise über eine Induktion chromosomaler Aberrationen und Mikronuklei.

Neben den genotoxischen Berichten gab es aber auch einen Beitrag zur Expositionsbestimmung in epidemiologischen Studien; eine Arbeit hatte die optimale Messzeit für HVPL (High Voltage Power Line) zum Inhalt. Darin wurde gezeigt, wie unterschiedlich die Last und damit die Magnetfeldemission einer HVPL im Verlauf von 24 oder 48 Stunden sein können. Eine Messzeit von einer Stunde ist mit Sicherheit zu kurz, um eine repräsentative Exposition zu ermitteln. Die Varianz ist zu groß und prägt die Unsicherheit der erhaltenen Ergebnisse. Die Varianz wird mit zunehmender Zeit geringer und unterscheidet sich zwischen 24 und 48 Stunden kaum, so dass in der Arbeit eine 24-stündige Messdauer empfohlen wird.

Nur vier Poster gab es zu dem Thema der Session. Bemerkenswert ist nur ein Bericht, der ähnliche Ergebnisse wie der von Dr. Vijayalaxmi erhielt. Ein ähnliches Design, nur bei spezifischen Absorptionsraten von 0,3 und 1 W/kg, ergab keine durch RF generierten Schäden, wohl aber durch die Positivkontrolle.

Mögliche Wirkungen des Mobiltelefons auf das Gehör (GUARD Projekt)

GUARD steht für eine Europäische Projektfinanzierung über beeinflussende Wirkungen von GSM Mobiltelefonen auf das Hörorgan im Rahmen des Fünften EU Rah-

menprogramms, Bereich: „Quality of Life and Living Resources“. Die nachfolgenden Beiträge beinhalten Forschungsberichte über dieses EU-Forschungsthema und bieten Einblicke in Ziele und erste Ergebnisse. Teilweise stehen die Untersuchungen noch am Anfang, Berichte sind daher sehr vorsichtig zu interpretieren.

Insofern ist auch der Beitrag über die Wirkung der RF-Befeldung von Sprague-Dawley-Ratten und Meerschweinchen (Guinea-Pigs) mit Vorsicht zu genießen. Als Positivkontrolle wurde Gentamicin eingesetzt. Zwei Parameter wurden untersucht:

- Auditory Brainstem Response (ABR)
- Distortion-Product Otoacoustic Emission (DPOAE)

Als erste vorläufige Ergebnisse wurden für die Rattenuntersuchungen bei der DPOAE keine Unterschiede gefunden. Bei den Meerschweinchen ergab sich nach einer vorläufigen Beurteilung der Hinweis, dass der Einfluss von Gentamicin zu Unterschieden bei der nicht exponierten Sham-Gruppe führte, aber bisher nicht bei Hochfrequenz-Expositionen.

Alle weiteren Berichte sind aus einer Position nur gering vorhandener Daten beziehungsweise Versuchsergebnisse sehr vorsichtig zu beurteilen und zu interpretieren. Tatsächlich ist das Hörsystem ein Zielorgan, welches an erster Stelle steht, wenn es um Wechselwirkungen mit den Handapparaten der mobilen Telephonie geht. Doch sollte hier auch berücksichtigt werden, dass GSM bereits 1992 in Deutschland eingeführt wurde. Bisher hat sich epidemiologisch kein Effekt manifestiert, weder pathologische Gewebsveränderungen noch nachteilige Wirkungen auf das Hörvermögen. Gerade letzteres ist stark beeinflusst durch Kopfhörergebrauch bei Geräten wie CD-Playern und Kassettenrekordern. Eine Gefährdung des Hörvermögens durch lautes Musik hören per Kopfhörer ist nachgewiesen, und in der Gruppe der heute 20- bis 30-Jährigen haben sich entsprechende Schäden bereits manifestiert.

Themenbereich *in vitro* Studien

In der WHO Plenarsitzung wurde die Wertigkeit der einzelnen Studienformen für ihre wissenschaftliche Aussagekraft bestimmt. Demnach stehen *in vitro* Untersuchungen auf dem niedrigsten Rang. Sie sollten das letzte Kettenglied eines Beweises sein und zum Verständnis der Zusammenhänge dienen. Vermieden werden soll, dass Hypothesen generiert werden, die dann umgekehrt *in vivo*- oder Humanexperimente induzierten und letztlich als Hypothesen für epidemiologische Studien angewandt werden. Die Fragen müssen aus den letztgenannten Studien kommen. Die umgekehrte Richtung kennzeichnet, mit wenigen Ausnahmen, den falschen Ansatz.

So sind auch die präsentierten Beiträge zu werten, sowohl die Vorträge als auch die 26 vorgestellten Poster. Diese hohe Zahl an Postern überrascht nicht, da *in vitro* Untersuchungen am einfachsten, mit den geringsten Geldmitteln und mit den in jedem molekularbiologischen Labor vorhandenen Ausrüstungen - mit Ausnahme der Expositionseinrichtungen - zu bewerkstelligen sind. Glaubhaft ist, dass die Versuche nach den Vorgaben der von der WHO empfohlenen „Good Laboratory Practice“ (GLP) durchgeführt werden. Entscheidend ist aber die Frage der objektgerechten Exposition, d.h. dass die Dosis adäquat der Forderung im Ansatz entspricht. Hier zeigte sich, dass nur wenige Berichte dem Qualitätsstandard entsprechen. Nur die, bei denen anerkannte Fachgruppen die Projektierung der Exposition und die technische Überwachung übernommen haben, waren nicht zu beanstanden. Damit reduzieren sich die relevanten Berichte.

Zwei Vorträge befassten sich mit der Apoptose, dem programmierten Zelltod. Der programmierte Zelltod ist ein für die Entwicklung und Aufrechterhaltung eines vielzelligen Organismus lebenswichtiger Mechanismus. Nur wenn Neubildung und Eliminierung von Zellen im Gleichgewicht stehen, bleibt der Organismus gesund. Ge-

rät dieses Gleichgewicht außer Kontrolle, sind z.B. krankhafte Erscheinungen wie Krebs oder AIDS die Folge.

Einer der Vorträge hatte den Einfluss der Camptothecin induzierten Apoptose in menschlichen U937 Lymphoblastomzellen bei Exposition mit GSM 900 RF-Feldern zum Inhalt. Ein Einfluss der Felder konnte nicht festgestellt werden. Auch zeigte sich kein Einfluss auf den Apoptoseprozess durch ein induziertes apoptogenetisches Agens. Diese Untersuchungen wurden bei 0,7 W/kg durchgeführt. Weitere Experimente bei höheren SAR-Werten (2 W/kg) sind geplant.

Im Hinblick auf die berufliche Exposition in statischen Feldern ergaben Untersuchungen eine Modulation der Apoptosekinetik und Sekundärnekrosen bei HL60- und Glioblastomzellen. Obwohl statische Magnetfelder anscheinend keinen Einfluss auf die Apoptose der HL60 Zellen haben, kommt es dieser Studie zufolge zu einem bemerkenswert beschleunigten Prozess der Sekundärnekrosis in beiden Zellsystemen.

In einem Beitrag über die Wirkung von Niederfrequenz-Feldern (75 Hz, 2,3 mT) und dem Insulin-Wachstumsfaktor-I auf die Proteoglykan-Synthese (Mukopolysaccharidketten und Proteine) in bovinem Gelenksknorpel wurde zum x-ten Mal versucht, ein Modell zur Wirksamkeit der Magnetfeldtherapie zu finden. Doch wieder gab es nur die Bewertung, dass beide Ansätze zusammen Effekte ergeben, einzeln jedoch nicht wirksam sind.

Ein eher zur Dosimetrie-Gruppe gehörender Beitrag berichtete von einer Mikrowellenexpositionseinrichtung für die Patch-Clamp-Methode (spezielle Untersuchungsmethode, wobei eine Elektrode in die Zelle eingeführt wird) zur Aufzeichnung von Ionenströmen durch die aus Proteinen bestehenden Membrankanäle.

Ein Beitrag aus der REFLEX-Arbeitsgemeinschaft über einen molekularen Gen-Express-Assay zeigte, dass Säugetierzellen auf elektromagnetische Felder in sehr bestimmter Weise reagieren. Aus dem Wis-

sen einer erhöhten Proteinsynthese durch elektromagnetische Felder wurde die Frage gestellt, wie der Einfluss auf die Zellproliferation ist und wie der Prozess gesteuert wird. Wenn eine Induktion der Apoptose angenommen wird, müssen Betrachtungen angestellt werden, ob einige Marker bei der Differenzierung der Zellen in Granulozyten oder mononukleare Phagozyten beteiligt sind. Weiterhin wird vermutet, dass die Regulation der unterschiedlichen Ionenkanäle einen Einblick in die Erkennung und Verarbeitung von EMF-Signalen in humanen Zellen gibt.

Eine individuelle Bewertung der zahlreichen Posterberichte zum Thema *in vitro* Studien soll aufgrund der großen Qualitätsunterschiede und Forschungsrichtungen hier im Einzelnen nicht gegeben werden. Die Fragestellungen und Ziele entsprechen dem Querschnitt auch anderer Veranstaltungen, wie der Einfluss nieder- und hochfrequenter Felder auf enzymatische Prozesse, die Melatoninsynthese, die Ornithin-Decarboxylase (OCD), DNA, Proteine, Bakterien und viele andere mehr. Die Befunde sind teils konträr, teils fragwürdig. Einige Arbeiten berichten über *in vivo* Effekte weit oberhalb des hier interessierenden Frequenzbereichs, bei mehr als 60 GHz und im THz-Bereich.

Themenbereich Wirkungsmechanismen

Innerhalb der Methoden, die sich mit der Beurteilung der Gefährdung durch elektromagnetische Felder befassen, hat die Themengruppe „Wirkungsmechanismen“ eine besondere Stellung. Die vorgestellten Arbeiten gründen sich auf eine sehr theoretische Basis und der Bezug zu komplexen biologischen Systemen ist meist fragwürdig.

Klar belegte Mechanismen sind, was die etablierten Wirkungen betrifft, hervorgerufen durch hohe Stromdichten bei extrem niederfrequenten elektrischen und/oder magnetischen Feldern oder durch die Energieabsorption der RF-Felder. Die the-

oretischen Ansätze zur Erklärung so genannter nichtthermischer Wirkungen sind zwar notwendig, aber im Hinblick auf die Hierarchie der Studientypen der WHO, bei der *in vitro* Untersuchungen am untersten Skalenrand anzusiedeln sind, zu vergleichen. Die Diskussion von Zusammenhängen, die weder in epidemiologischen Studien noch in *in vitro* Experimenten erkennbar werden konnten, im Rahmen von Untersuchungen über Wirkungsmechanismen zu führen, wird als falscher Weg gewertet. In der Weise sind auch die dargebotenen Vorträge und Poster zu betrachten, die insgesamt sehr theoretischer Natur sind und zur Beantwortung dringender Fragen der Gesundheitsschädlichkeit wenig beitragen.

Medizinische Anwendung

Wenig bekannt ist, welche tatsächliche Bedeutung die Anwendung von zeitunabhängigen, nieder- und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern hat. Als Beispiel ist die Kernspintomographie zu nennen, eine der herausragenden Entwicklungen der vergangenen 35 Jahre, oder die Stimulationsmethoden für Herz, Nerven und Gehirn. Die Beiträge befassen sich nur mit einem sehr kleinen Bereich der Anwendung.

Bemerkenswert ist eine Diskussion der aktiven (Microwave Impedance Imaging) oder passiven (Thermoacoustic Imaging) Mikrowellenmethoden zur Diagnose von Brustkrebskrankungen. Auf der Basis der HF-Impedanz können, abhängig von den dielektrischen Unterschieden zwischen normalem und malignem Gewebe, Tumore festgestellt werden. Diese Methoden wurden bereits vor mehr als 20 Jahren beschrieben und experimentell angewendet, ohne dass ihnen – auch kombiniert mit modernen Imaging-Verfahren – der Durchbruch in die Alltagspraxis gelungen ist.

Nicht fehlen durfte die magnetische und elektromagnetische Feldtherapie zur Schmerzlinderung der Arbeitsgruppe von Marko S. Markov, eine wissenschaftlich



fragwürdige Methode, die sehr viel „Glauben“ abverlangt.

Berührt wurde auch der Bereich der Hyperthermie durch Hochfrequenz-Felder. Dies ist ein periodisch zeitlich immer wiederkehrendes Thema, das sicherlich in der Therapie seinen festen Platz hat. Eine Einschätzung, auf welcher wissenschaftlichen Basis diese Therapieform zum Beispiel in der Krebsbehandlung steht, ist noch unklar und wird intensiv wissenschaftlich debattiert.

Ausblick

Die alle zwei Jahre stattfindende EBEA-Konferenz stellt eine Kleinausgabe der jährlichen BEMS-Tagung dar. In zwei Jahren wird wieder eine gemeinsame Veranstaltung der BEMS und EBEA abgehalten. Der Ort steht noch nicht fest. Das Ambiente der EBEA Tagung war etwas familiärer als bei der BEMS-Tagung in Maui, vielleicht auch, weil Budapest und die spürbare, ungarische Gastfreundschaft und der Veranstalter besonders dazu beigetragen haben.

Auf der anderen Seite stehen die Erneuerungsprozesse oder, um das moderne Wort zu nennen, Reformen, die bereits bei der BEMS im Gange sind. Sie waren bei der EBEA-Tagung nur im Ansatz spürbar. Gemeint sind eine strengere, wissenschaftlich-

chere Ausrichtung, Peer-Reviewing der eingereichten Abstracts und stärkere Einbeziehung der Studenten und Jungforscher zu akzeptablen Beiträgen. Gerade der diesjährige Kongressbeitrag mit 400 bis 500 Euro ist für viele potentielle Teilnehmer zu hoch. Die Forschungsmittel werden weniger, die Reisekostenmittel der Wissenschaftler werden gekürzt. Darüber muss zukünftig nachgedacht werden, um die Zugehörigkeit zu den Gesellschaften und die Attraktivität solcher Veranstaltungen zu erhalten oder gerade für junge Wissenschaftler zu steigern.

Es bleibt also dem in Budapest neugewählten EBEA-Präsidenten René de Seze, der den langjährigen Vorsitzenden Paolo Vecchia ablöst, zu wünschen, dass er die angedeuteten Aufgaben löst und der EBEA neben der „allmächtig erscheinenden“ BEMS zu einer gesicherten und auch in wissenschaftlichen Kreisen bemerkten Existenz verhilft. Herzlichen Glückwunsch zur Ernennung zum Präsidenten, René de Seze, und viel Glück und Erfolg für die Zukunft. Wünschenswert wäre es auf jeden Fall.

Prof. Dr. Dr. Otto Petrowicz,
Technische Universität München