

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

# Die BEMS in Zahlen

von Otto Petrowicz

## Vorbemerkungen

Die 24. Jahrestagung der Bioelectromagnetics Society (BEMS 2002) fand diesmal außerhalb der Vereinigten Staaten in der City of Quebec in Canada statt. Der diesjährige Präsident Asher Sheppard und der Vorsitzende des Programmkomitees Frank Prato beschreiben in dem Vorwort zur Jahrestagung die Schwerpunkte dieser Veranstaltung wie folgt:

Die diesjährige Jahrestagung hat eine neue Ausrichtung erfahren, die die Bedeutung der gesundheitsfördernden Wirkungen nichtionisierender Strahlung in den Vordergrund stellt und die stärkere Einbindung von Studenten (undergraduate und graduate) in die Gesellschaft zu deren Belebung zum Ziel hat. Zwei Plenarveranstaltungen haben Themen zum Inhalt, wie nichtionisierende Strahlung effektiv für die Diagnostik und zur Behandlung von Krankheiten eingesetzt werden kann, wie sie unterstützend zu neuen neurophysiologischen Erkenntnissen beigetragen hat und weiterhin Anwendung findet.

Tatsächlich fällt bei der Durchsicht des Programms auf, dass die Schwerpunkte neu gesetzt wurden und die Dominanz der Risikothemen „ELF Magnetfeldwirkungen durch Hochspannungsleitungen“ und „Mobile Kommunikation“ mehr in den Hintergrund gestellt wurden.

Verglichen zu der Jahrestagung 2001 in St. Paul (Min., USA) ist auch diese Konfe-

renz relativ zu den früheren Jahren klein gehalten, was der Tabelle im Abschnitt „Statistik“ zu entnehmen ist.

Die Tabelle 1 zeigt die Verteilung der einzelnen Veranstaltungen getrennt nach Symposien/ Workshops, Plenarvorträgen, Vorträge und Posterpräsentationen seit 1994 in Kopenhagen bis zur diesjährigen Veranstaltung in Quebec. Der Trend der letzten 4 Tagungen zu weniger Vorträgen wurde beibehalten.

Die Tabelle 2 sollte einen Eindruck der verschiedensten wissenschaftlichen Aktivitäten der Staaten auf dem Gebiet des Bioelektromagnetismus vermitteln.

Erwartungsgemäß kamen 1/3 der Beiträge aus den USA, in weitem Abstand gefolgt von Japan mit 12 % und Deutschland mit 10 % der gesamten Beiträge; eine Steigerung gegenüber 2002 um 3 %. Damit liegen die Beiträge der EU-Mitgliedsländern mit der Zahl 82 deutlich über den USA, ein bemerkenswerter Trend in den Forschungsbemühungen.

Das erste Mal wurde bei der Auswahl von Abstracts ein „Peer Reviewing“ durchgeführt und insbesondere bei den Vorträgen angewandt. Mit Ablehnung betroffen waren auch Mitglieder der BEMS, deren Beiträge (auch als Koautor) bisher angenommen wurden. Dies führte zu erheblichen Protesten, die während der Mitgliederversammlung laut wurden. Argumntiert wurde mit den Statuten der BEMS, in

denen steht, dass die Vereinigung und damit die Präsentationen von Studien für alle Seiten offen sein sollte und alle Abstracts der Mitglieder zu berücksichtigen sind. Der Vorwurf wurde erhoben, dass andere Meinungen (als die des Programm-Komitees) damit als „Junk Science“ deklassiert werden. Die persönliche Meinung des Berichtenden ist, dass es sich hier um einen längst überfälligen Schritt handelt, der bereits schon in vielen Fachgesellschaften vollzogen wurde und zur Verbesserung der wissenschaftlichen Qualität der Arbeit der BEMS beiträgt.

### Schwerpunktt Themen

Wie bereits angekündigt, haben sich die Themen kaum verändert, nur sind diesmal die Schwerpunkte anders gesetzt worden als bei den anderen Tagungen. In der Tabelle 3 wurde versucht, dies anhand der Themen und der angebotenen Beiträge zu verdeutlichen.

Deutlicher als sonst wurden die Beiträge für Studenten (graduate und undergraduate) hervorgehoben und in zwei eigenen Sitzungen, die dem Andenken der verstorbenen Mary Ellen O'Conner gewidmet wurde, präsentiert. Insgesamt betrug der Studentenanteil mit 52 Beiträgen etwa 20 % der gesamten Präsentationen.

Ein Vorhaben der Veranstalter war erfolgreich. Die Unsitte von Teilnehmern

Beiträge (Vorträge und überwiegend Poster) anzumelden, aber dann bei der Tagung nicht zu erscheinen, wurde nahezu abgestellt, da erst nach Überweisung der Tagungsgebühren die Beiträge in dem Abstract-Band aufgenommen wurden. Dies zeigte sich in sehr wenig ausgefallenen Präsentationen (Vorträge, Poster) im Vergleich zu den vorhergehenden Jahrestagungen.

Neben den Plenarveranstaltungen sind schwerpunktmäßig folgende Hauptthemen Gegenstand der Berichterstattung:

- Radiofrequenzfelder und Kognition
- *In vivo* Humanuntersuchungen
- Neue Therapiemethoden und medizinische Anwendung
- Epidemiologie

### Workshop USAF Laboratory

Im Vorfeld der Tagung, am Sonntag den 22.06.2002, fand traditionsgemäß ein Workshop des US Air Force Laboratory statt. Er hatte das Thema „Festlegung von wissenschaftlich begründeten Sicherheitsschwellen für die Exposition von Menschen gegenüber RF-EM Feldern“ zum Gegenstand.

Einleitend wurden die IEEE Prozeduren erläutert, die für die Festlegung von IEEE-Standards angewandt werden. Im Anschluss daran folgten Einzelthemen mit den unterschiedlichen, teils kontrovers diskutierten Wirkungsmechanismen.

**Tabelle 1**  
**BEMS Statistik – Überblick BEMS 1994 - 2002**

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
	Kopenhagen	Boston	Victoria	Bologna	St. Pete	Long Beach	München	St. Paul	Quebec
Minisymposien/ Workshops	2	2	2	28 mit 179 Vor- trägen	3	3	1	IEEE COMAR Air Force	IEEE USAF Lab.
Plenarvorträge	-		4	12	2 mit 9 Beiträgen	11	3	3	4 mit je drei Präsentationen
Tutorial		2							
Vorträge	198	122	94	168	86	98	107	92	115
Poster	201	280	238	304	203	170	227	139	138

*Symposien/Workshops, Plenarvorträge und Posterpräsentationen seit 1994 in Kopenhagen bis zur diesjährigen Veranstaltung in Quebec.*

**Tabelle 2**  
**Übersicht der Beiträge nach Nationen gegliedert**

Land	Plenarvorträge	Vorträge	Poster	Ges.
USA	4	48	29	81
Japan	1	10	19	30
Deutschland	1	18	6	25
Italien		7	11	18
Russland		1	5	6
Kanada	3	4	7	14
Ver. Königr.	1	4	5	10
China			9	9
Finnland		4	3	7
Frankreich		4	8	12
Schweiz	1	1	3	5
Schweden	1	2	2	5
Norwegen		1	2	3
Mexiko			2	2
Österreich		3	1	4
Taiwan	1	1	2	4
Ungarn		1		1
Australien		1	2	3
Spanien		1	1	2
Israel	1		1	2
Niederlande		1		1
Belgien			3	3
Südafrika		2		2
Ukraine			1	1

Von 138 angemeldeten Posterpräsentationen sind nur 120 in den Abstraktband aufgenommen worden, bzw: auch präsentiert.

- Thermoregulatorische Effekte durch RF-Energieabsorption
  - Verhaltens- und kognitive Effekte durch Mikrowellen
  - Radiofrequenz EMF und Calcium Efflux
  - Radiofrequenz EMF und Krebs, Mutagenesis und Genotoxizität
  - Lebensdauer und Krebs bei Labortieren nach RF-Exposition
  - Wirkungen von Mikrowellen auf das Nervensystem
  - Okulare Effekte durch RF-Exposition
  - Wahrnehmung gepulster HF-Felder beim Menschen
  - Epidemiologische Studien
  - Wirkungen von HF-Strahlung auf Homöostase und Metabolismus
  - RF EMF im Zusammenhang mit Teratogenese und Entwicklungsabnormalitäten
  - Biologische Wirkungen durch Radiofrequenz-Strahlung – *In vitro* Untersuchungen mit *in vivo* Korrelationen
- Wesentlich neues wurde bei diesem Workshop nicht vermittelt. Es wurde eine

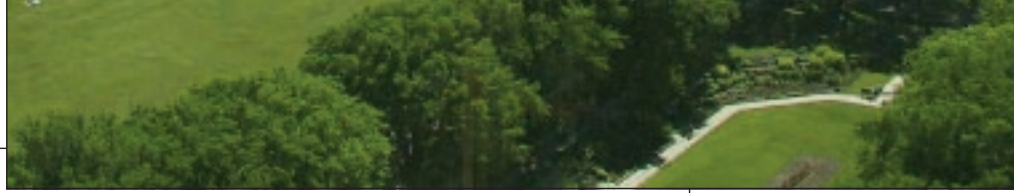
Übersicht über das bisherige Wissen geboten und anhand einer gründlichen Analyse der erschienenen Arbeiten in einzelnen Gebieten ein zusammenfassendes Urteil über Wirkungen hochfrequenter Felder, abhängig von Frequenz, Intensität (SAR), Signalform (Modulation) vermittelt.

Nach Meinung der Vortragenden können als Kriterien für die Definition von Standards folgende Feststellungen in der Auswirkung dienen: „Thermoregulatorische Reaktionen aufgrund HF- und Mikrowellenstrahlung“ entsprechen dem (in vergleichbaren Studien) Expositionen mit andere Strahlungs- und Wärmequellen. Bei den meisten Umgebungsbedingungen (Raumtemperatur usw.) sind Expositionen <1 W/kg als unbedenklich anzunehmen. Expositionsstandards für Menschen können sich bislang nur an Belegen für thermische Wirkungen orientieren.

„Verhaltens- und kognitive Effekte“ durch Mikrowellen sind ein sehr komplexes Thema. Wissenschaftlich zweifelsfreie

**Tabelle 3**  
**Anzahl der Beiträge nach Schwerpunktthemen**

Themen	Plenarvorträge	Vorträge		Poster		Zeilensumme
		Studenten		Studenten		
• Transkraniale Stimulation	3					3
• Schmerz – Ätiologie + Therapie	3					3
• Epidemiologie	3	6		5		14
• Mechanismen	3	6	1	5	8	23
• <i>in vitro</i>		12	2	41	21	76
• RF-Felder + Kognition		9		9	3	21
• <i>in vivo</i> Humanuntersuchungen		6				6
• <i>in vivo</i> Tieruntersuchungen		12	3			15
• RF-Dosimetrie		14	2	17		33
• Neue Therapien		14				14
• Medizinische Anwendung		6	1	8	1	16
• EMF-Exposition + andere Agens		8				8
• REFLEX: Ergebnisse (EU-Projekt)		8				8
• Instrumentarien			3	8	5	16
• ELF-Wirkungen			1			1
• RF-Wirkungen			1			1
• Informatik + Analyse				4		4
• Standards				3		3
<b>Spaltensumme</b>	<b>12</b>	<b>101</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>38</b>	<b>265</b>



Erkenntnisse liegen dazu nicht vor (hierzu wurde deshalb auf die im Abschluß des Workshop-Berichts angegebene Home Page und das Paper „IEEE White Paper – Behavioral and Cognitive Effects of Microwave Radiation“ verwiesen.)

Zum **Transport von Ca<sup>++</sup>** wurden in der Vergangenheit eine Reihe von Arbeiten publiziert, die Efflux-Effekte gefunden haben. Andere Laboratorien konnten jedoch diese Befunde nicht bestätigen. Als Fazit wurde angegeben, dass die Wirkung elektromagnetischer Strahlung auf den Ca<sup>++</sup>-Efflux zwar von wissenschaftlichem Interesse, eine gesundheitliche Relevanz aber nicht offensichtlich ist. Weitere Forschungsanstrengungen sollten sich darauf fokussieren, ob eine funktionelle Signifikanz oder gesundheitliche Relevanz besteht und daran sollten sich die wissenschaftlichen Fragen über Ca<sup>++</sup> Efflux und die Forschung auf diesem Gebiet orientieren.

Zu dem Thema **Mutagenität und Toxizität** gibt es eine Vielzahl von Reviews. Auch in diesem Rahmen wurde eine Übersicht geboten und die Arbeiten mit positiven Befunden den vielen anderen, die keine Hinweise zu Mutagenität und Toxizität erbrachten, gegenübergestellt. Die vorliegenden Ergebnisse können nicht als Beweis angesehen werden, dass direkte oder indirekte Zusammenhänge zwischen Radiofrequenzexposition und Entstehung bzw. Promotion von Krebs oder synergistische Wechselwirkungen zwischen RF-Exposition und anderer karzinogener Agens bestehen.

Insgesamt wird die in den letzten Jahren erschienene Literatur über **Langzeituntersuchungen** zur Lebensdauer und zu **Krebs** so beurteilt, dass eine RF-Exposition mit SARs, die keine signifikante Erhöhung der Körpertemperatur bewirken, keinen Einfluss auf biologische Systeme haben.

Im Zusammenhang mit kognitiven- und Verhaltenseffekten sind auch Wirkungen auf das Nervensystem zu sehen und zu

diskutieren. Es erscheint schwierig, spezifische Schlüsse aus den Literaturdaten zu ziehen. Experimentelle Parameter, Endpunkte, Spezies und RF-Intensitäten sind zu unterschiedlich. Auch kann nicht ausgeschlossen werden, dass die elektrische Aktivitäten des Gehirns durch die Ableitелеktroden beeinflusst werden. Neurochemische Änderungen können anatomisch diskret auftreten. Außerdem kann die Energieabsorptionsverteilung unterschiedlich sein und von einem Versuchstier zum anderen variieren. Insgesamt wird es als schwierig betrachtet, viele der berichteten Befunde ohne externe Versuchs- und Ergebnisbestätigung zu bewerten.

Im Rahmen des USAF Workshops wurde eine Übersicht aus der Literatur zu dem Thema elektromagnetische Feldexposition und **Augenschäden** geboten. Dabei wurden eine Reihe von Lokalisationen betrachtet wie Linse, Kornea, Bulbus und vaskuläres System. Von Bedeutung erscheint hier auch die Unterscheidung zwischen Nah- und Fernfeldexposition. Nachweisbare Veränderungen am Auge durch HF-Strahlung sind eindeutig „thermische Effekte“. Im Vordergrund steht die Entstehung von Linsenveränderungen (Katarakte). Diese treten bei Absorptionsraten speziesabhängig und dosisabhängig ab etwa 42 W/kg (Kaninchen) auf. Die Ausfällung des Eiweiß in der Linse erfordert Temperaturen <sup>3</sup> 41 °C und entwickelt sich über wenige Tage. Berichtet wurde, dass die Bildung von Katarakten unter Nah- und Fernfeldbedingungen eine RF-Exposition mit SAR-Intensitäten <sup>3</sup> 150 W/kg und mehr als 30 Minuten bei der o.g. Temperatur in und um die Augenlinse benötigt (andererseits hat diese SAR aber als Ganzkörper-SAR für das Tier in diesem Zeitraum unmittelbare tödliche Folgen).

Die Wahrnehmung **gepulster Radiofrequenzfelder** ist ein gut untersuchtes Phänomen. Sie ist vergleichbar mit anderen, über das Gehörssystem empfangener Geräusche der verschiedensten Klangcharakteristik. Geräusche von gepulsten HF-Fel-

dern sind leise und können nur in sehr ruhiger Umgebung wahrgenommen werden. Folgende Erkenntnisse können hier zusammengefasst werden:

- Die Wahrnehmung gepulster HF-Felder beruht auf dem gleichen Prinzip wie die Wahrnehmung von Geräuschen. Der Ort der Umwandlung von HF-Energie in Schalldruck liegt jedoch in der Umgebung der Cochlea (Gehörschnecke).
- Um diese HF-induzierten Geräusche wahrnehmen zu können, muss die Fähigkeit vorhanden sein, Geräusche im kHz Bereich wahrnehmen zu können und die Exposition durch HF-Pulse muss im MHz Bereich sein.
- Das Geräuschphänomen hängt von der Energie der Impulse ab und nicht von der mittleren Leistungsdichte.
- Das Hörphänomen ist durch die thermoelastische Expansion im Kopf begründet, d.h. durch die RF-Absorption erwärmen sich Kopfareale um ca.  $5 \times 10^{-6} \text{ °C}$  und lösen eine „Druckwelle“ aus. Eine direkte Stimulation des ZNS wird aufgrund der bisherigen Erkenntnisse ausgeschlossen.

**Epidemiologische Studien** über Krebsentstehung durch Hochfrequenzfelder weisen nach dem heutigen Wissensstand auf keine erhöhten Risiken der Krebsentstehung hin. Die Aussagen der meisten Studien sind schwach, und ermöglichen keine klaren Interpretationen im Hinblick auf Ursache und Wirkung. Die Beweiskraft der Untersuchungen sind auch aufgrund der Inkonsistenz und dem unzureichenden Design der Studien, dem Fehlen von Informationen über andere Einflussgrößen und anderer Faktoren als Quellen von Bias (verzerrender Faktor) fragwürdig. Trotzdem kann auf Grund der bisherigen Datenlage ein Zusammenhang zwischen Hochfrequenzexposition und Krebs nicht definitiv bejaht bzw. ausgeschlossen werden. Im Vordergrund stehen als Krebslokalisationen Leukämie bei Erwachsenen und Kindern und Gehirntumore durch den Gebrauch von Mobiltelefonen. Damit sind

auch zukünftige epidemiologische Forschungen zu rechtfertigen und werden als notwendig erachtet.

Wirkungen von Hochfrequenzfelder auf **Homöostase und Metabolismus** beziehen sich auf physiologische Regulationssysteme von Menschen und anderer exothermer Lebewesen. Im einzelnen sind folgende Organe Gegenstand der Betrachtung:

- Hypophyse und ihre Funktionen
- Kortikosteroide
- Wachstums- und Schilddrüse
- Pinealdrüse
- Herz- und Kreislaufsystem
- Immundefunktion

Erkenntnisse über Wirkungen von RF-Felder höherer Frequenzen bis hin zu Mikrowellen auf die Homöostase beschränken sich auf die Gewebeerwärmung. Hier wurden Schwellen erkannt, unterhalb derer keine Effekte zu beobachten sind und die bei den meisten Säugern und Primaten bei  $3 - 4 \text{ W/kg}$  liegt. Bei mittleren Frequenzen und darunter können andere Wirkungen eintreten, die nicht durch die Erwärmung zu erklären sind und sich auf Interaktionen mit fließenden Strömen begründen.

Zur **teratogenen Wirkung** von chronischer RF EMF Exposition bei trächtigen Laborsäugetieren wurde berichtet, dass Intensitäten, die keine signifikante Temperaturerhöhung bewirken, für den Fetus nicht teratogen sind. Berichtete teratogene Wirkungen haben als Ursache eine signifikante Kerntemperaturerhöhung der Muttertiere.

Moderate mütterliche Temperaturerhöhung kann mit leichten Wachstumsverzögerungen *in utero* in Verbindung gebracht werden, einem Effekt, der auch mit normaler Temperaturerhöhung durch andere Quellen erreicht werden kann. Damit scheint bestätigt, dass die teratogene Aktivität ein thermisches Phänomen ist.

Bei dem Thema „**in vivo Korrelationen auf der Basis von in vitro Befunden**“ wurde auf die bei unterschiedlichen Frequenzen und Modulationsformen gefundenen



in vitro Effekte eingegangen. Es zeigen sich jedoch „in vivo“ keine Korrelationen in der Wirkung (einschließlich Zelltod, DNA-Schäden, chromosomale Aberration, phenotypische Mutationen und Zelltransformationen). Damit wurde die Übertragbarkeit von *in vitro* Befunden auf Organismen, Tiere und Menschen in Frage gestellt.

Bereits zu Beginn des Workshops wurde darauf hingewiesen, dass die Vortragenden der verschiedenen Einzelthemen aufgefordert wurden, die Vortragstexte in elektronischer Form dem USAF Laboratory Board zur Verfügung zu stellen, um diese für jedermann als Information zugänglich zu machen. Für die meisten Themen kann die elektronische Verfügbarkeit bestätigt werden, weshalb bei weitergehendem Informationsbedarf auf die Web Site <http://Grouper.ieee.org/groups/scc28/sc4> verwiesen wird.

## Plenarveranstaltungen

### Transkraniale magnetische Stimulation

In dieser Übersichtsveranstaltung wurde eine Einführung in die Methode der Transkranialen Magnetstimulation (TMS) angeboten. Dieses Thema als ersten Schwerpunkt der diesjährigen Veranstaltung zu setzen, erscheint aufgrund der bisherigen Dominanz hochfrequenter Feldwirkungen verwunderlich und ist doch zu rechtfertigen, da sich die Bioelectromagnetics Society nicht ausschließlich mit Forschung zur Auswirkungen mobiler Kommunikation beschäftigt, sondern alle Belange des Elektromagnetismus bis hin zu Infrarotstrahlung abdecken will.

Das Verfahren der TMS wurde erst in den letzten zwei Jahrzehnten entwickelt und beruht auf der Anwendung externer Magnetfelder, die durch Spulen (einfach oder 8-förmig) erzeugt und an der Schädeldecke appliziert werden. Diese starken gepulsten M-Felder bis 1 T haben eine Impulsbreite von 0,1 bis 0,2 ms und eine Wiederholungsrate von 0,2 bis 10 Hz und erzeugen im Gehirn Streufelder (Eddy

Fields). Diese können – bei ausreichender Intensität – Nerven reizen, also stimulierend wirken.

Im Vordergrund stehen folgende Anwendungen:

- Funktionales Gehirn-Mapping – durch die vektorielle Orientierung des TMS-Verfahrens können zum Teil die anatomischen und funktionellen Bereiche des Cortex (Hirnrinde) dargestellt werden.
- Lokale Nervenreizung (Stimulation) – hierzu ist die Position des exogenen Applikators zur Zielregion, in Hinblick auf die
  - räumliche Verteilung der zu aktivierenden Funktionen und
  - die Lokalisation der zutreffenden neuronalen Strukturen von Bedeutung.
- Anwendung im Rahmen von Kognitions-tests im Zusammenwirken mit anderen Verfahren der zerebralen Diagnostik. Dies sind

- Elektroenzephalogramm (EEG),
- funktionelles Magnet Resonanz Imaging (fMRI) und
- Positronen-Emissions-Tomographie-Imaging (PET).

(Ein EEG gibt Informationen zum Zeitverlauf von beobachteten Effekten. fMRI und PET haben eine höhere räumliche Auflösung bis tief in das Gehirn, r(repitative)TMS ermöglicht verschiedene allgemeine Anwendungen alleine oder im Zusammenwirken (Korrelation) mit den anderen genannten Verfahren.

- Einflussnahme auf die kortikale Reizfähigkeit)
- Unterstützung der Gehirnaktivität bei speziellen Aufgabenstellungen
- Interaktion mit anderen äußeren „Inputs“ wie Anästhetika, Medikamente usw.
- Wirkungen auch in die Tiefe des Gehirns, insbesondere unter Kontrolle von EEG, fMRI und PET

• Unterstützung von Heilungsprozessen im Gehirn, vorwiegend von Hypokampusneuronen (bisher nur im Tierexperiment)

Als Beispiele einer Anwendung in der Therapie wurden genannt:

- Depressionen
  - rTMS
  - Tägliche Behandlung mit mehreren Intensitäten und Folgen von Stimuli
  - Im Mittel über 30 % ige Besserung des „Depression Scores“
  - Weitere Ergebnisse zu der Anwendung wurden in Aussicht gestellt.
- Bewegungsstörungen
- Morbus Parkinson
- Dystonie
- Tourette Syndrom

Insgesamt wird TMS als herausragende Methode beschrieben, um direkt die Aktivität des menschlichen Gehirns zu stimulieren und gibt im Zusammenwirken mit den anderen genannten Methoden moderner Gehirndiagnostik ein neues Instrument in die Hand der Forschung und klinischen Anwendung.

### Schmerz: Ätiologie und Therapie

Im ersten Teilbeitrag wurde auf die Ätiologie des Schmerzempfindens eingegangen und objektive Methoden beschrieben die Schmerzzentren zu lokalisieren. Als Methode steht die funktionelle Magnet-Resonanz-Imaging-Methode (fMRI) im Vordergrund. Die Gehirnaktivität ist ein Abbild hämodynamischer Vorgänge im Gehirn infolge Änderung von Dc und damit der MRI-Signalintensität. fMRI wird als Methode zur quantitativen und unbeflussten Messung der Gehirnaktivität, hervorgerufen durch Stimuli, beschrieben. Es ist ein nichtinvasives Verfahren und lässt das zu messende System unbeeinflusst. Sie ist für Mensch und Versuchstier geeignet und erlaubt eine gute Übertragbarkeit.

Im Rahmen von Untersuchungen an Probanden konnten Bereiche im Gehirn lokalisiert werden, die physiologische Schmerzempfindungen sowohl akuter als auch chronischer Art beeinflussen können. Damit könnte eine Möglichkeit, durch Modulation dieser Gehirnregionen einen neuen Therapieansatz chronische Schmerzen nicht-medikamentös zu behandeln, gegeben sein.



Auch der zweite Beitrag befasst sich gleichfalls mit der Ätiologie der Schmerzempfindung durch Schmerzinduktion, experimentell durch physikalische Größen wie Hitze, Druck, Strom aber auch durch chemische Agens. Als Messmethode wurde zusätzlich zu fMRI die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) angewandt. Als bemerkenswertes Ergebnis wurden Unterschiede in der Schmerzempfindung zwischen Mann und Frau herausgestellt. Frauen reagieren geringfügig empfindlicher auf experimentelle Schmerzreize (also in der akuten Situation) und sichergestellt werden konnte auch, dass Frauen empfindlicher auf chronische Schmerzen z.B. muskuloskeletaler Art reagieren.

Der letzte Plenarbeitrag befasste sich mit den Methoden der Magnetfeldtherapie zur Schmerzbehandlung als Alternative zur medikamentösen Behandlung und den vielfältigen gesundheitlichen und sozio-ökonomischen Folgen. Dazu wurden einige Zahlen aus den USA angegeben. Schmerz – ob akut oder chronisch – ist über das Alter, dem kulturellen Status und der Geschlechtszugehörigkeit gleichmäßig verteilt. Pro Erwachsenen werden 10.000 bis 15.000 \$ als Kosten für eine Schmerzbehandlung geschätzt, ohne Berücksichtigung der 30.000 Menschen, die jährlich aufgrund von Aspirin-induzierten Magen-erkrankungen behandlungsbedürftig sind.

Naturgemäß steht die Suche nach alternativen Methoden zur Schmerzbehandlung im Vordergrund. Eine Methode mit zuneh-

mender Bedeutung ist die Applikation gepulster niederfrequenter Magnetfelder (PEMF). Eingehend wurden die gängigen Magnetfeldverfahren und die Hypothesen der Wirkungen vorgestellt. Die Beeinflussung kognitiver und Verhaltensprozesse durch Magnetfelder sind gut dokumentierte Wirkungen in Tierexperimenten. Allein eine positive Wirkung auf das Schmerzempfinden wurde als Placebo-Wirkung klassifiziert.

### Epidemiologie

Maria Feychting vom Karolinska Institutet aus Stockholm brachte eine Einführung in die Methoden der modernen Epidemiologie, wie sie bei Umweltfragen eingesetzt werden. Sie definierte „Epidemiologie“ als Wissenschaft über das Auftreten und die Verteilung von Krankheiten in menschlichen Populationen. Epidemiologie stellt den effektivsten Beweis über Risiken von Umweltfaktoren dar, sofern Untersuchungen sinnvoll, richtig geplant und alle erdenklichen Einflüsse berücksichtigt werden. Insofern ist die Kenntnis der grundlegenden Prinzipien und Quellen der Unsicherheit für eine Beurteilung von Studien unabdingbar.

Neben den verschiedenen Studienarten die sowohl die Daten aus der Vergangenheit beziehen (retrospektive Fall-Kontroll-Studien) oder in der Zukunft erhoben werden (prospektive Kohorten-Studien), wurden auch die möglichen Fehlerquellen angesprochen. Diese können grob in drei Kategorien eingeteilt werden:



- **Selektions Bias** tritt auf, wenn die „Wahrscheinlichkeit“ in eine Studie aufgenommen zu werden von beiden Faktoren abhängt, der Exposition und der Erkrankung. Dies ist weniger ein Problem bei prospektiven Kohortenstudien, kann aber eine bedeutende Einschränkung bei retrospektiven Fall-Kontrollstudien bedeuten (nicht nur abhängig davon wie die Kontrollen gewählt werden, sondern auch von der Teilnehmerrate).
- **Missklassifikation** betrifft sehr wahrscheinlich die meisten Studien und hat ihre Ursache in der Datenerhebung, wie z. B. über die Größe der Exposition oder das Dosis-Wirkungs-Muster.
- **Confounder** werden fälschlicherweise als schwerwiegendste Quelle des Bias angesehen und betreffen andere Risiken, die sich auf die selbe Krankheit beziehen. Ihr Einfluss wurde aber als überbewertet angegeben.

Neben den grundlegenden Voraussetzungen zur Durchführung und Beurteilung von Studien wurden auch Dinge angesprochen, worauf besonders bei der Rekrutierung von Fällen und Kontrollen und Kohorten zu achten ist: die Bedeutung der Spezifität und Sensitivität, der differenziellen Expositionsmissklassifikation und die statistische Teststärke, die von der Anzahl der exponierten Fälle abhängt.

Insgesamt war die Einführung in die epidemiologischen Studien und deren Problematik sehr informativ, aber ohne bereits vorhandene Kenntnisse und Erfahrungen schwer nachzuvollziehen.

Der zweite Beitrag wurde von L.I. Kheifets von der WHO präsentiert. Ihre Betrachtungen bezogen sich auf ELF-Magnetfelder und die öffentliche Gesundheit. Der Beitrag hatte die Identifizierung einer Krebsgefährdung durch die International Agency for Research on Cancer (IARC) und einen Report einer Expert Advisory Group des National Radiation Protection Board in UK über neurodegenerative Erkrankungen zum Gegenstand. Eingangs wurden Grundlagen der Risikoabschätzung (wie epidemiologische und toxikologische bzw

tierexperimentelle Daten entweder allein oder im Verbund verwendet werden können) behandelt.

Präsentiert wurde auch die IARC Klassifikation für die Kanzerogenität eines Agens:

- Group 1: Is carcinogenic to humans
- Group 2A: Probably is carcinogenic
- Group 2B: Possibly is carcinogenic
- Group 3: Not classifiable
- Group 4: Is probably not carcinogenic

Auf dieser Basis wurden einige Agens genannt, die unter die Gruppen fallen.:

**Gruppe 1:** Asbest, alkoholische Getränke, Benzene, Senfgas, Radongas, Sonnenexposition, Tabackrauchinhalation passiv und aktiv, Röntgen und Gamma-Strahlung.

**Gruppe 2 A:** Diesellabgase, Formaldehyd, PCB.

**Gruppe 2B:** ELF-Elektromagnetische Felder neben Kaffee, Glaswolle, Styrene, Benzinabgase usw.

Diese Aufstellung macht deutlich, dass diese Klassifizierung die Risiken verschiedener Dinge unseres Lebens relativiert und sehr akzeptierte Stoffe und Genussmittel gleiches oder sogar höhere Risiken beinhalten wie die Exposition gegenüber ELF-Felder. Betont wurde, dass diese Einschätzung aufgrund von epidemiologischen Daten vorgenommen wurde und nicht auf der Basis tierexperimenteller Untersuchungen.

Im weiteren Verlauf wurden einige neuere Studien kommentiert sowie die Ergebnisse einer Zusammenfassung zweier Untersuchungen (Ahlbom et al. 2000 und Greenland et al. 2000) im Rahmen einer „Pooled Analyse“. Darin wurde eine Abhängigkeit des Risikofaktors OR (Odds Ratio) von der magnetischen Feldstärke präsentiert, die einen nichtlinearen Verlauf aufweist:

Feldstärke	OR	95 % CI
< 0,1 µT	1	0,9 – 1,1
0,1 – 0,2 µT	1,1	0,7 – 1,3
0,2 – 0,4 µT	1,2	0,6 – 1,5
> 0,4 µT	2	1,2 – 3,3

Bei > 0,4 µT scheint sich das Risiko zu verdoppeln.

Abschließend wurde die zukünftige Entwicklung und die Wege der Risikoabschätzung der WHO entwickelt:

- Gedanken über neue epidemiologische Untersuchungen über Leukämie im Kindesalter und was diese beitragen können.
- Wie sich die WHO-Kriterien bei Umweltfragen weiterentwickeln werden.
- Speziell bei ELF-Magnetfeldexposition die wissenschaftliche Methodenentwicklung zur Präzisierung einer Risikoaussage.
- Wie mit der Unsicherheit umzugehen ist.

Der letzte Plenarbeitrag war mehr von der epidemiologischen Praxis geprägt und beinhaltete eine Zusammenfassung von Daten über epidemiologische Studien mit Betonung auf mögliche Gesundheitsrisiken durch die mobile Kommunikation. Der Beitrag bestand aus drei Teilen:

1. Die Rolle der epidemiologischen Forschung bei Radiofrequenzen und Mikrowellen
2. Zusammenfassung und Wichtung der Aussagekraft von Studien mit Zielrichtung auf die Entstehung und Promotion von Krebs
3. Zukünftige Rolle der Epidemiologie in der Risikobewertung.

Studien älteren Datums wurden diskutiert und den neueren Untersuchungen (Inskip 2000, Hardell 2001 und andere mehr) gegenübergestellt. Die Mehrzahl der früheren epidemiologischen Studien wurden mit limitierter Aussagekraft bewertet, hauptsächlich verantwortlich dafür sind methodische Unzulänglichkeiten und unsichere Abschätzungen der tatsächlichen Exposition. Bei den neueren Studien wurde kein höheres Risiko, oder ein statistischer Trend bei unterschiedlichen Expositionsstufen gefunden.

Der gegenwärtige Wissenstand wird deshalb wie folgt formuliert:

- Bisher liegt kein klarer bzw. konsistenter Hinweis über einen kausalen Zusammenhang zwischen RF- bzw. Mikrowellenexposition und Krebs vor.
- Einschränkungen sind zu machen wegen Unsicherheiten über die Höhe und

Dauer der Exposition (weiterhin ist der Beobachtungszeitraum (Follow Up) bisher zu kurz und eine wirkliche Kontrollgruppe kaum zu rekrutieren).

Eine zukünftige IARC-Studie (Interphone Study) wird versuchen, diesen Limitierungen zu begegnen. Ein weiterer wichtiger Ausblick für die Zukunft ist, causale Effekte anhand biologischer und experimenteller Studienergebnisse zu korrelieren.

### Wirkungsmechanismen

Diese letzte Plenarveranstaltung zum Ausklang der Tagung mit dem allgemeinen Thema der verschiedenen physikalischen und chemisch-biologischen Wirkungsmechanismen wird auf der einen Seite als notwendige theoretische Auseinandersetzung und als Basis, Interaktionen elektromagnetischer Felder mit biologischen Systemen zu beschreiben und zu verstehen gesehen, andererseits aber mit Skepsis beurteilt. Im Rahmen der Ausführungen stehen verschiedene Theorien und teils als etabliert angesehene Mechanismen im Vordergrund wie

- Radical-Pair Mechanismen, die entsprechend früherer Untersuchungen bei ELF im mT Bereich eine Relevanz haben. Vermutungen aus neueren Untersuchungen sehen diese Effekte aber bereits im  $\mu\text{T}$ -Bereich. Hier sind neue physikalische Modelle gefragt und zu erarbeiten.
- Ionenresonanz im Millisekundenbereich
- Biologischer Elektronentransfer und Tunneling
- Die Navigationsfähigkeit von Tieren ist gegenwärtig ein gut etabliertes Modell. Trotzdem taucht die Frage auf, haben diese Modelle auch eine Relevanz für angenommene Bioeffekte durch EMF-Exposition?
- Transkranielle Magnetstimulation (TMS) als therapeutische Methode für Verhaltensstörungen und Epilepsie. In diesem Fall scheint der physikalische Mechanismus nicht im Vordergrund des Interesses zu stehen, nachdem angenommen wird, dass induzierte elektrische Felder Neuronen reizen.

Die Bedeutung von Hypothesen aus theoretischen und experimentellen Arbeiten wurde hervorgehoben. Vielen Experimenten liegt eine Hypothese zugrunde und nur wenn die Hypothese durch das Experiment verworfen wurde und die Annahme der Alternativhypothese einen Sinn macht, ist Boden gewonnen.

War der erste Beitrag eine eher allgemeine Behandlung der bekannten, vermuteten und gegenwärtig im Fokus von Untersuchungen stehende Wirkungsmechanismen, bezog sich der zweite Beitrag sehr speziell auf die Transduktionsmechanismen. Eingehend behandelt wurden die drei Stufen einer Einwirkung elektromagnetischer Felder:

- Wahrnehmung
- Konvertierung eines zeitabhängigen Signals (Demodulation)
- Umwandlung des Signals in eine chemische Reaktion
- Reizantwort – Reaktion des übergeordneten Systems (subzelluläre Strukturen, Zelle bzw. Organismus)

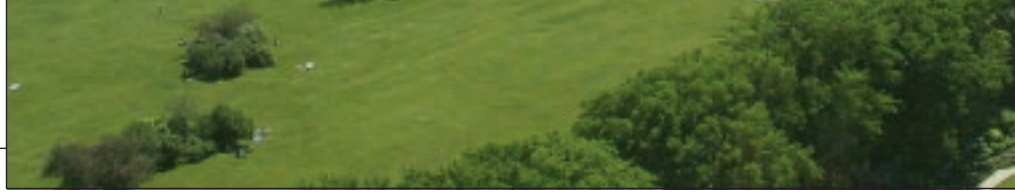
Zu diesen Stufen wurden Theorien präsentiert, die von der Arbeitsgruppe um Martin Blank betreffend Signaltransduktion hinlänglich seit vielen Jahren vertreten wurden.

Der dritte Vortrag verneint wiederum eine direkte Beeinflussung biologischer Prozesse, da solche Signale vom Rauschen der Umgebung verdeckt werden.

### Fachthemen

#### Radiofrequenzfelder und Kognition

Der Einfluss von Hochfrequenzexposition auf die Lernfähigkeit, das Verhalten, die Gedächtnisleistung, das EEG usw. war ein Schwerpunkt der Tagung und Beiträge dazu wurden auf zwei Sitzungen verteilt. Dieses Themengebiet hat in den letzten Jahren an Bedeutung zugenommen. Über thermische Effekte gibt es seit geraumer Zeit etablierte Erkenntnisse. Im Tierexperiment ist die Grenze, bei dem Verhaltens- und Kognitivitätsveränderungen auftreten, etwa  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  über der normalen Körpertem-



peratur anzunehmen. Beeinflussungen bei der Durchführung von Denk- und Gedächtnisaufgaben beim Menschen sind bereits unterhalb von 2 °C über der Körpertemperatur zu erwarten. Diese Temperaturschwelle kann aber nicht verallgemeinert werden, denn sie variiert abhängig von den Aufgabenstellungen, dem Alter und Geschlecht der Testperson.

Auf der Grundlage der etablierten Erkenntnisse wurden die gegenwärtigen HF-Sicherheitsstandards als der richtige Weg in die Richtung bezeichnet, denn sie berücksichtigen die kritische Schwelle, wo Störungen des Verhaltens und der Kognition einsetzen. Doch wie ist es in den Bereichen, wo man nicht von „thermisch“ sprechen kann? In einem mehr theoretischen Beitrag hat Ross Adey von der Loma Linda Universität in Californien, USA, in vielfach bekannter Weise seine Theorien über das Einwirkungspotential auch schwächster Signale, Größenordnungen niedriger als die Energieschwelle kT, entwickelt und diese auf eine mögliche Beeinflussung der Kognition und auf das Verhalten übertragen. Berichtet wurde des weiteren von einer Reihe von Untersuchungen über einen Einfluß von HF-Feldern auf die Kognition und einige andere Wirkungen auf das EEG insbesondere bei der Durchführung von Kognitivitäts- und Gedächtnistests. Gegenwärtig sind jedoch die zugrundeliegenden Mechanismen unklar. Als Effekte haben sich bisher replizieren lassen:

1. Bei Verhaltensuntersuchungen wird die Reaktionszeit beschleunigt
2. Die benötigte Zeit für Kopfrechenaufgaben und Aufgaben des Arbeitsgedächtnisses verkürzen sich
3. EEG-Frequenzen um 8 Hz werden in ihrer Amplitude beeinflusst.

Sehr schwer nachzuvollziehen ist eine gesundheitliche Relevanz der auf athermische Exposition zurückzuführenden Beobachtungen ohne eine Vorstellung von den Wirkungsprinzipien zu haben.

Hier sollte im Zusammenhang mit der

Anwendung von Handapparaten der mobilen Kommunikation auf eine Zusammenstellung relevanter Arbeiten durch das Forschungslabor von Motorola, durchgeführt von J.J. Morrissey und M.L. Swicord, hingewiesen werden. Es werden darin 21 Arbeiten beschrieben, die aus der WHO Datenbank stammen (<http://www-nt.who.int/peh-emf/database.htm>), die sich auf das EEG, Schlafstörungen und Gehirnpotentiale beim Menschen beziehen. Weitere 7 Arbeiten behandeln die Kognitionsfähigkeit. Insgesamt beurteilen die beiden Autoren diese Berichte als inkonsistent. Die Hälfte der Studien, über die berichtet wird, beschreiben Wirkungen; die andere Hälfte über keine Effekte. Befunde unterschiedlicher Arbeitsgruppen widersprechen sich und können oftmals nicht nachvollzogen werden. Berichtete Effekte werden als geringfügig und von unklarer physiologischer Relevanz angesehen. Sie haben keinen klaren Bezug zur SAR und sind damit nicht vergleichbar. Bei gemeinsamer Betrachtung unterstützen sich die gefundenen Effekte nicht gegenseitig wie man es bei einem ggf. wirklich vorhandenen Wirkungsmechanismus erwarten sollte. Vorgeschlagen wird abschließend, dass auf diesem sehr speziellen Forschungsgebiet weitere umfangreiche und gut kontrollierte neue Studien durchzuführen sind.

Berichte in der Literatur betreffend Wirkungen der Mobiltelefonabstrahlung auf die Kognition und das Schlafverhalten beim Menschen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Es ist schwierig Studien zu poolen. Gründe sind unterschiedliche Versuchsabläufe und Expositionssysteme.
- Eine mehrfache Bestätigung einer Erhöhung des  $\alpha$ -Bandes des EEG wird nicht als Beitrag des ELF-Anteils gesehen.
- Einige Hinweise gibt es über eine verbesserte Bearbeitung bei komplexeren Aufgaben
- Limitierend ist, dass die meisten Untersuchungspopulationen aus jungen und gesunden Leuten bestehen.

Ein weniger im direkten Zusammenhang mit Kognition und Verhalten stehender Beitrag sollte noch kurz erwähnt werden, der Untersuchungen am Hippokampus zum Gegenstand hatte. Der Hippokampus ist beteiligt am Kurzzeitgedächtnis, an der Lernfähigkeit, dem räumlichen Bewußtsein und der Epilepsie. Vom tierischen Hippokampus werden dünne Scheiben präpariert und als *in vitro* Modell für verschiedene physiologische, pharmakologische und toxikologische Untersuchungen unter anderem auch für Wechselwirkungen von HF-Feldern mit der Gehirnfunktion verwendet.

Ein Beitrag war noch bemerkenswert, der sich mit Terrestrial Trunked Radio (TETRA) Signalen auf kognitive Funktionen beim Menschen befaßt. Er zeigte folgende Ergebnisse:

- Ein simuliertes TETRA-Signal erzeugt keine Effekte (wie sie von analogen und GSM 900 MHz Mobilfunksignale gelegentlich beschrieben werden).
- Es wurde auch kein zusätzlicher Effekt durch die 17,6 Hz Modulation beobachtet.

### ***In vivo* Humanuntersuchungen**

Das Spektrum der dargebotenen Vorträge über *in vivo* Untersuchungen am Menschen waren sehr unterschiedlich. Beschrieben wurden Modelluntersuchungen und experimentelle Messungen bei Erwärmung der menschlichen Haut durch Millimeterwellen. Das Ziel war, Temperaturverteilungen auf der Haut zu bestimmen und Modellergebnisse mit experimentellen Daten zu vergleichen. Letztlich sollten diese Untersuchungen dazu dienen, mit hinreichender Sicherheit die SAR auf der Hautoberfläche und im Epidermisbereich abschätzen zu können.

Ein weiterer Literaturüberblick des Motorola Florida Research Labs über Bioeffekte durch HF-Einwirkungen bei Kindern wurde präsentiert und relevante Arbeiten identifiziert, die bei Entscheidungen zum eingeschränkten Gebrauchs von Mobiltelefonen im Kindesalter und bei weiterer

Forschung berücksichtigt werden sollten. Diese Untersuchungen unterstützen nicht die von W. Steward aufgestellte Hypothese über Risiken des Handy-Gebrauchs im Kindesalter.

Elenor R. Adair stellte ihre Untersuchungen an Probanden bei einer Frequenz von 100 MHz (dieser Beitrag wurde bereits im Rahmen des Berichts über den USAF-Workshop erwähnt und es wird auf die Web-Site mit dem ausführlichen Bericht verwiesen) vor.

Untersuchungen über HF-Feldexposition und Melatonin beim Menschen sind bemerkenswerte Forschungsgebiete. J. Juutilainen von der Universität Kuopio in Finnland präsentierte dazu eine Aufarbeitung von Erhebungen von 2000, die bereits bei der letzten Jahrestagung vorgetragen wurde und Frauen der Bekleidungsindustrie, die beruflich Magnetfeldern ausgesetzt waren, zum Gegenstand hatte. Von Interesse waren dabei folgende Konstellationen:

- Licht bei Nacht (LAN) und keine MF-Exposition
- LAN und MF-Exposition
- Kein LAN und keine MF-Exposition
- Kein LAN und MF-Exposition

Die niedrigsten Melatoninwerte ergaben sich für „LAN und MF-Exposition“, gefolgt von „kein LAN und MF-Exposition“. „LAN“ oder „kein LAN ohne MF-Exposition“ unterschieden sich nicht im Melatoninspiegel.

Bei den Posterbeiträgen wurde nach ELF und HF differenziert. Bei den ELF-Beiträgen wurde über einen Einfluss der Magnetfeldexposition (2 Stunden Pulse 200-300  $\mu$ T, 50 Hz) auf das Melatoninprofil über zwei Stunden, abhängig von der Zirkadianzeit, berichtet. Weiterhin ein Bericht über eine durch gepulste Magnetfelder induzierte Analgesie und eine Untersuchung über den Kortisolspiegel bei beruflich exponierten Arbeitern (statische und 50 Hz Magnetfelder). Es wurde jedoch kein Einfluss von Magnetfeldern auf den Kortisolspiegel nachgewiesen. Mit Bezug auf bereits während der BEMS 2000 in Mün-

chen vorgestellten Untersuchungen über eine Beeinflussung des Immunsystems durch 50 Hz M-Felder wurde über erweiterte Befunde über Personen, die im Umfeld von Umspannstationen wohnen, berichtet und die früheren Ergebnisse bestätigt.

Einflüsse auf das EEG durch spezifische gepulste 200  $\mu$ T M-Felder. Hier wurde aus einer noch laufenden Untersuchung berichtet. Endgültige Ergebnisse sind abzuwarten. Als letzter ELF-Beitrag sind Untersuchungen der Arbeitsgruppe Reißweber/David von der Universität Witten Herdecke über zirkular polarisierte 50 Hz Magnetfelder von ca. 100  $\mu$ T auf die Mikrozirkulation der Haut. Es zeigte sich kein Einfluss bei Probanden und ebenfalls nicht bei Personen, die sich als hypersensitiv gegenüber EM-Felder bezeichnen.

Bei den HF-Beiträgen ist ein sehr fragwürdiger Bericht über eine Fragebogenaktion einer französischen Forschergruppe mit Menschen, die in der Nähe von Mobilfunk-Basisstationen wohnen. Unterschieden wurde nach der Entfernung von der Station. Kontrollen gab es nicht. Wie zu erwarten war, unterscheiden sich die Untersuchungsparameter bei den Leuten, die am nächsten wohnen von denen in Abständen von 200 – 300 m. Die Vorgehensweise der Arbeitsgruppe ist grundwegs abzulehnen und die Ergebnisse nicht relevant.

Weitere Beiträge zur Verstärkung subjektiver Symptome, abhängig von der täglichen Nutzung von Mobiltelefonen und beobachtete Veränderungen Physiologischer Parameter des Gehirns, die sich in Modifikationen des Schlaf-EEGs und der Herzfrequenz ausdrücken, stehen andere Poster gegenüber, die keine Abhängigkeiten ermitteln konnten, wie keine Einflüsse durch TETRA-Handtelefone auf Kognition und Wohlbefinden.

#### **Neue Therapiemethoden und medizinische Anwendung**

Diesem Thema wurden insgesamt 20 Vorträge und 5 Poster gewidmet, als Schwerpunkt der speziellen Bedeutung die-

ses Themenbereiches der diesjährigen 24. Jahrestagung. Diese Sitzungen sind im engeren Zusammenhang mit dem Thema der Plenarveranstaltung „Schmerz –Ätiologie und Therapie“ zu sehen und Beiträge dazu haben überwiegend Themen über die Schmerztherapie mit Hilfe statischer und niederfrequenter gepulster Magnetfelder zum Gegenstand. Dies waren im näheren und weiteren Sinne folgende Berichte:

- Biologische Stimulationstechnologien in der Orthopädie
- Statische Magnetfeldtherapie hilft bei chronischen Beckenschmerzen - eine doppel blind Studie
- Zwischenergebnisse einer Phase 2 Studie über eine Therapeutic Electromagnetic-Field-Therapy (TEMF)-Behandlung von Schmerzen im Lendenwirbelbereich (\*).
- Schmerzbehandlung mit einem statischen Magnetfeldapplikator
- Behandlung der Ostioarthritis mit einem neuen Breitband-PEMF-Signal
- Statische magnetische Felder zur Behandlung von Tumoren beim Menschen
- Antitumorale Wirkungen durch Magnetfelder
- Intensive tägliche PEMF-Exposition unterdrückt Tumorwachstum und Angiogenese (Gefäßneubildung)
- PEMF-Wirkungen auf das Arm-Lymphödem nach Mastektomie (operative Entfernung der weiblichen Brust)
- Pilotstudie über die PEMF-Anwendung zur Reduktion des Haarverlustes bei Krebspatienten.
- Modulatorische Wirkungen statischer Magnetfelder auf die Mikrozirkulation und systemische Durchblutung im Tierversuch.
- Häufige Millimeterwellenbehandlung reduziert die Symptome neuropathischer Schmerzen bei Mäusen.
- Nächtliche therapeutische elektrische Stimulationsbehandlung von Kindern mit Myelomeningozele (angeborener Vorfall von Rückenmarksabschnitten durch einen Spalt der Wirbelsäule).
- Anwendung turbolenter Magnetfelder (TMF) zur Vorbeugung der Lymphorrhoe

(Austritt von Lymphflüssigkeit aus verletzten Lymphgefäßen) nach chirurgischer Behandlung lokaler Brustkrebsherde.

Die Zusammenstellung zeigt die generelle Tendenz der Anwendungen von überwiegend niederfrequenten Magnetfeldern in der Medizin. Die Beiträge waren von sehr unterschiedlicher Qualität und an dieser Stelle schien die Neuorientierung der Programmkommission auf eine höhere Qualität der Beiträge noch nicht gegriffen zu haben. Bei einer Reihe von Themen steht ein bekannter Verfechter der Methoden im Hintergrund, der diese Methoden kommerziell anbietet und man konnte sich nicht des Eindrucks erwehren, dass es sich hier um eine Werbeveranstaltung handelt.

Weitere, sehr kritisch zu bewertende Berichte hatten statische Magnetfelder zur Schmerzbehandlung zum Gegenstand. Sie liefen unter der „Doppel-Blind-Studien“ und die Ergebnisse waren positiv zugunsten Verum. Jeder Beteiligte hatte die Möglichkeit auf einfache Weise die Studie zu entblenden. Dazu genügt ein Stück Metall. Naiverweise hat der Vortragende einer dieser Studien eine Abfrage der Patienten nach deren Vermutung, welcher Gruppe sie angehören, durchgeführt. In der Placebo-Gruppe vermuteten 46 % ihre Zugehörigkeit richtig. In der Verum-Gruppe waren es 98 %. Ein Kommentar ist überflüssig.

Nach dem aktuellen Wissensstand sind die Wirkungsmechanismen, die für die genannten Wirkungen verantwortlich sind, weiterhin unklar und nur Spekulation. Gut kontrollierte Studien über die Wirksamkeit weisen tatsächlich auf positive Effekt hin, nur welche Ursache dafür verantwortlich ist, bleibt bisher unklar.

Einige der angebotenen Beiträge haben sich auch mit dem „lack of knowledge“ befasst und säuberlich Wissen, das wissenschaftlich gesichert ist von dem getrennt, was Spekulation oder sogar „junk science“ ist. Die gesicherte Basis ist sehr schmal und es ist noch viel Arbeit erforderlich, Wirkungsprinzipien zu identifizieren, experimentell zu begründen und auf

eine wissenschaftliche Basis zu stellen. (Bis dahin kann Ihnen vielleicht ein „Magnadreampad“ (<http://www.magnadreampad.com>) weiterhelfen, dessen Nutzen Ihnen als Referenz bekannte Namen unter **Medical Testimonials about Magnetic Therapy** dienen sollen, wie z.B. Betty Sisken, Präsidentin der BEMS von 1998 bis 1999).

Doch es gab in dieser Themengruppe auch andere ernstzunehmende Beiträge wie theoretische Auseinandersetzungen mit den Wirkungsmechanismen und ein Forschungsbericht über einen vollkommen anderen Anwendungsbereich des Magnetismus in der Gentherapie zur Erlangung einer höheren Effizienz des Gentransfers auf der Basis superparamagnetischer Nanopartikel als Transporthilfe für Gene in die Zelle mit Hilfe von Magnetfeldern.

Bedeutend war auch die Vorstellung eines geplanten 2,45 GHz Hyperthermie-Therapiesystems. Gegenstand war eine Machbarkeitsstudie auf der Basis von Computermodellen und einigen Tierexperimenten. Im Vordergrund der Anwendung standen die Reaktion z. B. im urethralen Bereich der Prostata. Eigene Arbeiten Ende der 70iger und Anfang der 80iger Jahr lassen diese Bemühungen jedoch differenziert erscheinen, da eine Temperaturkontrolle vor Ort sehr schwierig ist und andere ungewollte Gewebsschäden am umgebenden Gewebe nicht auszuschließen sind.

Insgesamt gesehen ist die Wahl des diesjährigen Schwerpunkts „medizinische Anwendung in Diagnose und Therapie“ positiv zu beurteilen. An die Programmkommission der BEMS sollte die Empfehlung gerichtet sein, diesen Schwerpunkt beizubehalten, aber auf mehr wissenschaftliche Qualität zu achten.

## Epidemiologie

Zusätzlich zu der Plenarveranstaltung über Epidemiologie wurde auch eine Sitzung mit mehreren Vorträgen und einige Posterpräsentationen dazu angeboten. Behandelt wurden sehr unterschiedliche Themen. Bemerkenswert sind folgende Beiträge:

- Expositionen im Wohnbereich und im beruflichen Umfeld mit ELF-Magnetfeldern; eine in Norwegen zwischen 1980 und 1996 durchgeführte Erhebung. Es konnte kein gesicherter Zusammenhang zwischen beruflicher Exposition bzw. Exposition im Wohnumfeld durch Magnetfelder und hämatologischen Krebslokalisationen wie Leukämie, Lymphomen und Myelomen gefunden werden. Statistisch nicht signifikant erhöhte Odds Ratio wurden bei chronischer Lymphatischer Leukämie sowohl bei häuslicher als auch beruflicher Exposition errechnet. Die kombinierte Einwirkung im Beruf und in der Wohnung ergaben keinen Hinweis für einen additiven Effekt.

- Schlafstörungen und depressive Symptome bei Frauen, die in der Nähe von 735 kV Leitungen wohnen. Mögliche Wirkungen durch elektrische und magnetische Felder von 735 kV-Leitungen auf Schlafstörungen, besonders bei älteren Menschen konnten nicht mit dem Melatoninspiegel erklärt werden. Weiterhin ergab sich keine deutliche Dosis-Wirkungsbeziehung mit Magnetfeldern. Als Hauptergebnis wurde berichtet, dass Personen, die mit mehr als 0,4  $\mu\text{T}$  über 24 Stunden exponiert waren, Schlafstörungen hatten. Insgesamt konnten die Ergebnisse nicht durch spezielle zu beachtende andere Risikofaktoren (Confounder) erklärt werden.

- Als Teiluntersuchung der „Deutschlandstudie“ wurde von der Mainzer Arbeitsgruppe das Leukämierisiko von Kindern vorgestellt, die in der näheren Umgebung von elektrifizierten Bahnlinien wohnen. Zu unterscheiden sind hier die Magnetfelder der Oberleitungen mit 15 kV und Strömen bis 2 kA und die Übertragung mit 110 kV. (Die Betriebsfrequenz liegt bei 16 2/3 Hz). Es wurde über keinen Zusammenhang zwischen 16 2/3 Hz Spitzenwerten des Magnetfelds und einem Risiko für Leukämie im Kindesalter berichtet. Eine geringe Erhöhung des Risikos ergaben sich bei der Betrachtung durchschnittlicher Felder. Eine Vernachlässigung der magnetischen Feld-

anteile, erzeugt durch Eisenbahnen, im Hinblick auf Leukämie im Kindesalter scheint nur von geringer Bedeutung für die Ergebnisse der 50 Hz Studie zu sein.

- Erwähnenswert war auch ein Report des Gesundheitsrats der Niederlande. Dieser stellt im engeren Sinne nicht unbedingt einen epidemiologischen Beitrag dar, trotzdem sollte darauf kurz eingegangen werden, weil sehr konsequent und objektiv das bisherige Wissen um Wirkungen der Felder der mobilen Kommunikation bei Erwachsenen und insbesondere bei Kindern zusammengefasst dargeboten wurde. Es wird auch kein Grund gesehen, eine begrenzte Anwendung von Mobiltelefonen im Kindesalter zu empfehlen.

Bei den Posterpräsentationen erschienen weitere Beiträge mit mehr oder weniger epidemiologischem Inhalt. Ein Poster hatte Untersuchungen zur Überlebenszeit von Kindern mit Leukämie in der Nähe von TV-Sendern zum Inhalt. Dieser Untersuchung lagen 123 diagnostizierten Fällen von akuter lymphatischer Leukämie zugrunde. Es wurde ein Zusammenhang zwischen der Nähe von TV-Sendern und einer verkürzten Lebensdauer der erkrankten Kinder gefunden. Vermisst wurde bei dem Poster jedoch Angaben über Sozial- und Wohnstatus, Verkehrsdichten und die anderen bekannten und viel diskutierten Einflussgrößen, die diese einfache Interpretation als sehr unsicher und voreilig erscheinen lassen.

Vorweg als Poster veröffentlicht wurde auch einige erste Ergebnisse der „Childhood Cancer, Leukaemia and Electromagnetic Field“ Studie (CCLEF) aus UK. Hier sollte jedoch auf den Abschluß der Studie gewartet werden. Die Autoren haben Unzulänglichkeiten bereits erkannt.

*Prof. Dr. Dr. Otto Petrowicz  
Wissenschaftlicher Koordinator EMVU der  
Technischen Universität München*