

BEMS 2001

Otto Petrowicz

23. Jahrestagung der Bioelectro

Vorbemerkungen

Die diesjährige Jahrestagung der Bioelectromagnetics Society (BEMS 2001) fand vom 10. bis 14. Juni 2001 wieder im Stammland des Vereins, in den Vereinigten Staaten in St. Paul, Minnesota, statt und trug die Handschrift des zur Zeit amtierenden Präsidenten Frank Barns und des Vorsitzenden der Programmkommission („Technical Program Chair“) John Male.

Letzterer beschreibt die momentane Situation der BEMS wie folgt: *Die BEMS wurde zu einer Zeit gegründet, als ein Großteil der Forschung auf dem Gebiet des Bioelektromagnetismus durch die Unsicherheit begründet war, dass durch den Menschen verursachte elektromagnetische Feld- oder Strahlungsexposition möglicherweise gesundheitsgefährdend ist. Zwanzig Jahre später haben wir immer noch keine Gewissheit. Wir wissen, dass es Effekte gibt und die Herausforderung besteht darin, ihre Ursprünge und Signifikanz zu verstehen. Zum Beispiel wissen wir sehr wenig über die zugrundeliegenden Mechanismen der therapeutischen Anwendung gepulster Felder oder haben keine genauen Kenntnisse, welchen Einfluss starke Magnetfelder auf biochemische Reaktionen und die Zellfunktion haben; hier bestehen nur eine Reihe von theoretischen Ansätzen. Auf der experimentellen Seite wird Forschung auf dem Gebiet des Elektromagnetismus (bei niederen aber auch bei höheren Frequenzen bis zu Mikrowellen) zukünftig beeinflusst durch die spektakulären neuen Biotechnologien der Genom- und Proteinforschung.*

John Male weist im Vorwort darauf hin, daß diese Tagung im Umfang bewusst klei-

ner gehalten wurde, was auch in der nachfolgenden „BEMS Statistik“ dokumentiert ist. Die überproportionale Beteiligung von Studenten bei Vorträgen und Posterpräsentationen, die zu einem scharfen Wettbewerb um den Studentenpreis führte, lässt für die Zukunft neues Forschungsinteresse erkennen. (siehe Tabelle 1)

Der Trend der letzten drei Tagungen zu weniger Vorträgen wurde beibehalten. Auch die Posterpräsentationen waren diesmal erheblich reduziert. Ob der Grund in der mangelnden nationalen, staatlichen Förderungen oder im hohen Wechselkurs des US-Dollars zu suchen war, ist unklar. Im Vergleich zu den vergangenen Jahrestagungen hat sich bezüglich der Verteilung der einzelnen Nationen auf Plenarvorträge, Vorträge und Posterpräsentationen nicht viel geändert. Auf eine Gegenüberstellung der US-amerikanischen Beiträge und der übrigen Welt wurde diesmal verzichtet und stattdessen in der nachfolgenden Tabelle eine Übersicht der Beiträge aus den unterschiedlichen Ländern dargestellt. Die Tabelle 2 soll einen Eindruck der verschiedensten wissenschaftlichen Aktivitäten der Nationalstaaten auf dem Gebiet des Bioelektromagnetismus vermitteln.

Erwartungsgemäß kommen 1/3 der Beiträge aus den USA, in weitem Abstand gefolgt von Japan (mit 13 %) und erstaunlicherweise aus Deutschland (mit 7 % der gesamten Beiträge). Insofern liegen die Beiträge der EU mit einer Zahl von 70 fast auf gleichem Niveau mit den USA, ein bemerkenswerter Trend in den Forschungsbemühungen. Beachtenswert ist auch die

magnetics Society

Entwicklung in den Staaten, wie Rußland und China, die einen hohen Aufschwung an Beiträgen ausweisen.

Schwerpunkthemen

Wie schon erwähnt, ist die Anzahl der eingereichten Beiträge für die BEMS 2001-Jahrestagung geringer ausgefallen als sonst. Im Vordergrund standen drei Themengruppen:

- Wirkungen von RF und Mikrowellen auf die Blut-Hirnschranke
- Bakterien-Biofilme und ihre Bedeutung in der Medizin und ihre Beeinflussbarkeit durch Ultraschall und Magnetfelder.
- Die kontroverse Diskussion möglicher DNA-Schädigungen und Entstehung von Mikronuklei durch Hochfrequenzfelder und Mikrowellen.

Weitere Themen waren

- Epidemiologie
- Human- und tierexperimentelle Studien
- Risiken der mobilen Kommunikation
- Genotoxizität
- HF-Dosimetrie
- Zellen und Gewebe ELF/HF
- Medizinische Anwendung
- Modelle und Mechanismen

Allein an den Schwerpunkten ist zu erkennen, dass auch thematisch Einschränkungen vorgenommen wurden, was sich auch in der Dauer des Meetings bemerkbar machte. Zwei Sitzungen verliefen jeweils parallel. Insgesamt fanden 3 Plenarveranstaltungen und 15 Sitzungen statt, zuzüglich zweier Termine zur Posterbesichtigung.

Tabelle 2
Übersicht der Beiträge nach Nationen gegliedert

Land	Vorträge	Poster	Gesamt
USA	42	36	78
Japan	6	26	32
Deutschland	7	9	16
Italien	6	5	11
Russland	3	8	11
Kanada	67	4	10
Ver. Königreich	1	9	10
China	2	7	9
Finnland	2	7	9
Frankreich	2	7	9
Schweiz	7	2	9
Schweden	2	4	6
Norwegen	1	2	3
Südkorea		3	3
Mexiko		2	2
Österreich	1	1	2
Taiwan	1	1	2
Ungarn		2	2
Australien		1	1
Belgien		1	1
Dänemark	1		1
Portugal	1		1
Spanien		1	1
Südafrika	1		1
Ukraine		1	1
Gesamt	92	139	231

Tabelle 1
BEMS Statistik – Überblick BEMS 1994 - 2000

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

Symposien/ Workshops, Plenarvorträge und Posterpräsentationen seit 1994 in Kopenhagen bis zur diesjährigen Veranstaltung in St. Paul (Min).

An dieser Stelle sollte angemerkt werden, dass in diesem Tagungsbericht nur die Themensitzungen behandelt werden können, an denen der Autor im Rahmen parallel laufender Veranstaltungen teilnehmen konnte. Folglich konzentriert sich der Bericht auf folgende Themenschwerpunkte:

- Plenarsitzungen
- Blut-Hirn-Schranke
- Epidemiologie
- Exposition und Risikoabschätzung
- Humanstudien
- Technologie der Mobilien Kommunikation
- Medizinische Anwendung
- Hochfrequenz-Dosimetrie

Bevorzugt wird der Themenkreis um den Mobilfunk, also die Aspekte der Hoch-Frequenzforschung, diskutiert, obwohl auch auf bedeutende Beiträge im Niederfrequenzbereich (ELF) verwiesen werden soll.

Plenarvorträge

Magnetische Feldeffekte auf Enzyme und andere biologische Systeme: Mechanismen der Radikalpaar-Rekombination

Insgesamt muß dieser sehr theoretische Übersichtsbeitrag aber mit einigen Fragezeichen versehen werden, was die tatsächliche Relevanz für eine potentielle gesundheitliche Beeinträchtigung betrifft. Mag der Effekt der Radikalpaar-Rekombination (dies gilt für den niederfrequenten Bereich) – auch niedriger Intensität (<1 mT) – einer der bestverstandenen Mechanismen biologischer Systeme sein, bleiben trotzdem noch viele Fragen offen (siehe hierzu Bericht von Prof. Glaser auf Seite 2).

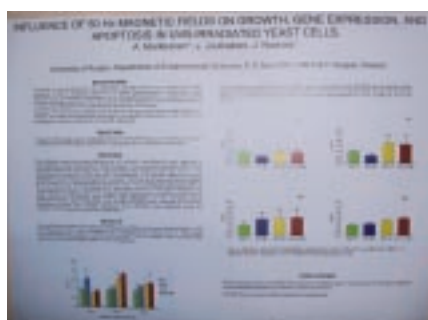


„All the Bells and Whistles“: Neue und überarbeitete Technologien in der genetischen Toxikologie

Die Antwort des Organismus auf die zunehmende Zahl unterschiedlicher Umweltagentien wird sich in erster Linie als Reaktionen der Zellen innerhalb des Organismus manifestieren. Der Vortragende Dr. Ford zeigte am Beispiel der ionisierenden Strahlungswirkung die Reaktion am Ort des Geschehens und die möglichen Konsequenzen unter Einbeziehung der sehr suffizienten Kompensationsmechanismen des Gesamtorganismus auf. Der Vortragende sieht Angesichts der mit hohen Kosten verbundenen in vivo Untersuchungen sieht der Vortragende in vitro Experimente an Zellen als Alternative, um Dosisabhängigkeiten und Folgen einer Exposition gegenüber Umweltagentien zu erkennen.

Zunehmender Druck der Öffentlichkeit auf die Forschung, Umweltgefahren – auch bei sehr geringen Dosen – zu identifizieren, erfordert die Anwendung hoch entwickelter Methoden mit großer Sensitivität, fortschreitender Wechselwirkungs-Bandbreite und hoher statistischer Stabilität.

Der Vortragende Berry Ford behandelte in seinem Übersichtsbeitrag neueste zellbiologische Methoden, die diesen Ansprüchen gerecht werden. So sind moderne Array-Technologien in der Lage, mehrere 100 bis zu 10.000 Gene simultan zu analysieren. Zu nennen sind an dieser Stelle cDNA-Expressionsarrays und proteinbasierte Arrays zur Analyse der Genexpression. Aber nicht nur neu entwickelte Analysemethoden wurden vorgestellt, sondern auch bereits eingeführte Verfahren wur-



den den neuen methodischen und technologischen Modifikationen unterworfen, wie z.B. Mikrofluid und die Mikroanalysemethode, die als herausragende neue Anwendung zweidimensionaler Protein-Elektrophorese mit hoher Reproduzierbarkeit eine semiautomatische Analyse ermöglicht. PCR-basierte Genanalysemethoden wurden ebenfalls den neuesten technischen Möglichkeiten angepasst, mit halbautomatischem Primer-Design und Massenspektrometer-Analyse.

Als Problem der neuen Genomic- und Proteomic-Technologie wird die fehlende Abhängigkeit der Genexpressions-, der Proteinexpressions- und der Proteinfunktionsanalyse gesehen.

Zusammengefasst wies B. Ford auf das bisher Erreichte hin, d.h. auf die enorme Verbesserung zellbiologischer Methoden bezüglich der Sensitivität, quantitativen Trennschärfe (Power) und Verringerung des zur Analyse zur Verfügung stehenden Materials, bis hin zu einzelnen Zellen. Aber ist dies wirklich in jedem Fall ein Vorteil? Die Erhöhung der Sensitivität hat gerade in der Umweltforschung zu einer Überbewertung von Risiken und Konsequenzen geführt. Dies schlägt sich deutlich in der Reaktion der Öffentlichkeit nieder, die vor schnell experimentelle Ergebnisse z.B. bei der Genexpression durch EM-Felder wahrnimmt, ohne über die genauen wissenschaftlichen Zusammenhänge und deren Interpretation informiert zu sein. Solche Ergebnisse provozieren starke negative Reaktionen bis hin zu Angst, Ärger und Mißtrauen. Unabdingbar ist, die Auswirkungen genau zu verstehen und richtig zu interpretieren. B. Ford schlägt daher abschließend vor, den Begriff „no-effect-level“ neu zu definieren und den neuen sensitiven Methoden anzupassen.

Von Frankenstein zum Herzschrittmacher: Gedanken zur Geschichte der Elektrizität und dem Leben.

Dieser Übersichts Vortrag war eher eine philosophische Annäherung an die zivili-

satorische Errungenschaft „Elektrizität“ und eine Auseinandersetzung über „Schaden und Nutzen“ als ein konkreter Beitrag zu den Themen. Der Titel war extrem kontrovers gewählt: „Von Frankenstein zum Herzschrittmacher“. Frankenstein, eine in einer „Wolke von Magnetismus“ geschaffene „Monstergestalt“ aus der englischen Literatur, steht einer der hochrangigsten Errungenschaften der Medizin gegenüber, dem „Herzschrittmacher“, dessen Wirkung sich an der Schnittstelle „Elektrizität-Herz“ entfaltet, dem „Organ“, welches mehr als alle anderen Organe Sinnbild des Lebens ist. Der Vortragende David J. Rhees gab einen sehr ausführlichen Überblick über die Bedeutung der Elektrizität in der Geschichte der Medizin und wies auf die ungeheuren Erfolge in der Entwicklung von Herzschrittmachern und anderen biomedizinischen Technologien hin. Folge dieser neuen technologischen Errungenschaften war ein unkritischer Glaube an die „Macht der Wissenschaft“, der als ebenso naiv wie der „Frankenstein-Mythos“ gewertet wurde.

Vortragsveranstaltungen und Posterpräsentationen

Radiofrequenzen und die Blut-Hirnschranke

Besonders das Symposium um die Thematik der Permeabilitätsänderung der Blut-Hirnschranke wurde mit großen Erwartungen entgegengesehen, ein Thema, welches in der Öffentlichkeit große Aufmerksamkeit findet und äußerst kontrovers diskutiert wird.

Die ersten Forschungsansätze, die Permeabilitätsänderungen im vaskulären System des Gehirns bei EMF-Exposition zum Gegenstand hatten, wurden in der damaligen UdSSR von Polyaschuk 1973 durchgeführt. Weitere Untersuchungen folgten 1975 von Allan Frey und wurden in den *Annals of the Academy Press*, New York, *Academy Science* veröffentlicht. Bis heute wurden über dieses Thema ca. 30 fundierte Untersuchungen publiziert. Der Erhö-



hung der Durchlässigkeit der Gefäßwand für z.B. Hormone, Proteine und Peptide, die aus dem Blut ins Gehirn gelangen, liegt ein etablierter Effekt thermischer Art von hochfrequenten Feldern zugrunde. Im Raum steht die These, daß auch RF-Felder niedriger und sehr niedriger Intensitäten die genannten Wirkungen haben.

Eine Reihe von Methoden wurden vorgestellt, mit denen der Übertritt unphysiologischer Stoffe aus dem Gefäßsystem nachgewiesen werden können. Aufmerksam gemacht wurde auch auf die vielfältigen Methoden zur Beeinflussung der Durchlässigkeit, wie z.B. durch hypertone NaCl-Lösung, Harnstoff, Wärme usw. Hier sei besonders auf die Tests mit Meerrettich-Peroxidase verwiesen. Hauptsächlich der Übertritt von Albumin – ein natürliches Protein mit einem Molekulargewicht von 69 kD (Kilo-Dalton) – in das Gehirn steht im Fokus der Betrachtungen, zumal es in bestimmten Organen, wie in der Lunge, ohne weiteres in der Lage ist, auch unter physiologischen Bedingungen das Gefäßsystem zu verlassen und sich im interstitiellen Raum auszubreiten. Beweise für eine Ablagerung im Gehirn wurden histologisch präsentiert. Gleichfalls nachgewiesen wur-

de, dass das Albumin nach 20 - 30 Minuten wieder in das Gefäßsystem zurück diffundiert. Zu klären bleibt die Frage der gesundheitlichen Relevanz dieses temporären Effekts, der nach allgemeiner Meinung den thermischen Wirkungen zuzuordnen ist. Zu gegenteiligen Ergebnissen kommt eine schwedische Studie der Arbeitsgruppe um L.G. Salford, die auch bei sehr niedrigen SAR's von 0,02 W/kg eine Albuminaufnahme im Gehirn feststellt. Die Gruppe stellt dazu eine Reihe von Fragen, u.a. welche Folgen die wiederholte Exposition des Gehirns durch den Gebrauch von Mobiltelefonen haben könnte:

- Gibt es einen Bereich im Gehirn, wo sich Albumin und kleinere Moleküle einschließlich toxischer Moleküle ansammeln können? Falls ja, geht auf längere Sicht eine Gefahr von dieser Ansammlung aus?
- Führt die Permeabilitätserhöhung zu Autoimmunerkrankungen wie z.B. Multipler Sklerose?
- Können dendritische Verbindungen unterbrochen werden (Morbus Alzheimer)?
- Können Transmittersysteme in Synapsen zerstört werden?

Es handelt sich hier um ein Szenario, welches aufgrund der widersprüchlichen

Ergebnisse (kein Befund bei 2 und 0,2 W/kg) zur Zeit noch nicht eindeutig bewertet werden kann und eher dazu führt, durch Falschinterpretationen Ängste in der Bevölkerung zu erzeugen.

Epidemiologie

Eine zentrale Stellung nahm die Themengruppe „Epidemiologie“ ein, die diesmal von der Mainzer Gruppe über die „Deutschlandstudie“ geprägt wurde. Diese Studie wurde bereits in den deutschen Medien eingehend und kontrovers diskutiert. Zwei Meinungen stehen einander gegenüber: Eine Seite wertet die Ergebnisse als Beweis für den Zusammenhang zwischen Magnetfeldern und Leukämie im Kindesalter, die andere Seite sieht hier keine Korrelation. Die Autoren der Studie selbst schließen: „Trotz des großen Umfangs der Studie beruht die Aussage auf nur wenigen Fällen. Sollte die Aussage eines Risikos tatsächlich gelten, würde die betroffene Population in Deutschland sehr klein sein.“ (Auf eine detaillierte Vorstellung der Studie und deren Ergebnisse wird an dieser Stelle verzichtet und auf den in diesem Newsletter auf Seite 36 vorhandenen Autorenbericht verwiesen.) Erwähnung finden sollte dennoch, dass die allgemeine Exposition der deutschen Bevölkerung – im Gegensatz z.B. zu den USA – verhältnismäßig gering ist. Nur 1,5 % der in der Studie aufgenommenen Populationen war Magnetfeldern der Feldstärke > 0,2 µT ausgesetzt, die von Hochspannungsleitungen und häuslichen Installationen herrührten.

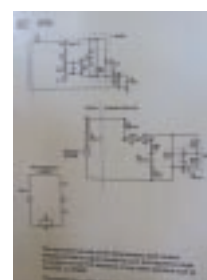
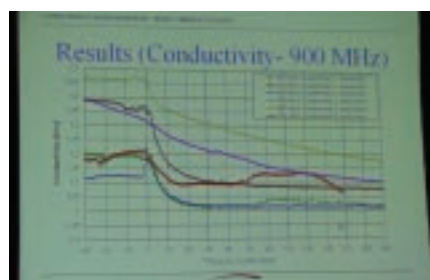
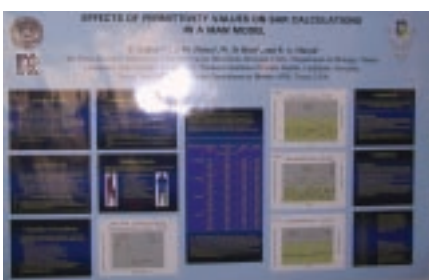
Zwischen Leukämie im Kindesalter und 24-stündiger gemittelter Magnet-Feldstärke über die gesamte Population mit < 0,2 µT besteht nur ein sehr schwacher Zusammenhang von OR = 1,55 und 95 % CI = 0,65 bis 3,67. Bezogen auf die 12 exponierten Fälle und 12 Kontrollen, die > 0,2 µT als mittlerer häuslicher M-Feldstärke ausgesetzt waren, galten OR = 3,21 und 95 % CI = 1,33 bis 7,8, was statistisch zwar signifikant, aber aufgrund der geringen Fallzahl selbst von den Autoren des Berichts sehr vorsichtig kommentiert wurde.

Weitere Beiträge handelten von:

- „Beruflich exponierte Personen in Dänemark durch ELF-Magnetfeldern im Zusammenhang mit Todesfällen durch neurologische Erkrankungen.“ Es wurde kein Zusammenhang aufgezeigt, mit Ausnahme Morbus Alzheimer bei Männern und Frauen, sowie bei amyotrophischer lateraler Sklerose (ALS). Kein Zusammenhang ergab sich für Morbus Parkinson.
- Eine bereits in München vorgestellte „Untersuchung über Krebsentstehung unter Hochspannungsleitungen mit Berücksichtigung der Windrichtung“ zeigte eine statistisch gesicherte unterschiedliche Anhäufung bei in Windrichtung liegenden exponierten Populationen zu denen in Gegenwindrichtung für die Krebslokalisationen in Mund und Lunge, jedoch keine Zusammenhänge bei Magen-, Colon- und Rektum-Tumoren auf. Die Studie wird z.Zt. auf Regionen in England erweitert und wird letztlich 4,9 Millionen Menschen einbe-

ziehen. Erwartet wird eine erhebliche Reduzierung der 95 % CI und damit eine verbesserte statistische Aussage.

- Traditionsgemäß vertreten und war auch die Arbeitsgruppe aus Boulder, Colorado, zur Analyse von Begleiteffekten oder „Confounders“ bei der Ermittlung ELF-expositionsabhängiger Leukämieerkrankungen im Kindesalter. Die bisherigen Untersuchungen verstärken den Eindruck, dass die Exposition gegenüber „Volatile Organic Substances (VOS)“, d.h. aus dem Straßenverkehr resultierenden Luftschadstoffen, mehr Einfluß auf die Leukämiehäufigkeit haben als ELF-Felder per se. Als weitere Vermutung wurde geäußert, dass hier auch Kombinationen von Umweltschadstoffen, u.a. gemeinsam mit Mobiltelefonen, ELF-Feldern und anderen Risikofaktoren des täglichen Lebens, wirksam werden.
 - Zwei Beiträge befassten sich mit beruflichen Expositionen, ein methodischer Beitrag (Dosimetrie), um Feldexpositionen bei Beschäftigten von Elektrizitätswerken sowohl prospektiv als auch retrospektiv beurteilen zu können.
 - Hinzu kam eine Untersuchung an Beschäftigten der Bekleidungsindustrie, die angeblich erheblichen 50/60 Hz Feldern ausgesetzt sind. Es wurden nur magnetische Flussdichten zwischen 0,45 bis 1,7 µT ermittelt, entgegen den Erwartungen der Untersucher.
- Unter den Posterpräsentationen waren nur wenige Untersuchungen von Relevanz. In einem Fall wurde die Leukämiehäufigkeit bei Frühgeborenen durch Inkubatoren



untersucht. Es zeigte sich jedoch nur ein schwacher Hinweis auf ein Risiko.

Als Ergänzung zu der vorgestellten Untersuchung über den Einfluß der Windrichtung wurden in einem Poster weitere Informationen über eine Häufung von Mund- und Lungenkrebs vorgestellt. Als mögliche Ursache unter Hochspannungsleitungen und Starkstromeinrichtungen wird Luftionisierung vermutet.

Exposition und Risiko

Bis auf zwei Ausnahmen erwiesen sich die Beiträge dieser Themengruppe als wenig wissenschaftlich fundiert. Die von der Gruppe um Niels Kuster von der ETH Zürich präsentierten Themen waren:

- Ein universales und flexibles Expositionsverfahren für Risikostudien bei 1800 MHz, geeignet für Modulationsypen von nur wenigen Hz bis 5 MHz und für Doppel-Blind-Studien.
- Optimierte in vivo Expositionseinrichtung für Risikostudien bei den Mobilfunk-Kommunikationsfrequenzen 902 und 1747 MHz,
- Kriterien zur Selektion spezifischer EMF-Expositionsbedingungen für Bioexperimente in Zusammenhang mit der Beurteilung von Gesundheitsrisiken.

Die restlichen Vortragsbeiträge befassten sich mit einer Expositionsabschätzung niederfrequenter 50/60 Hz Felder, z.B. eine modellorientierte Abschätzung der Stromdichteverteilung von 60 Hz-Kontaktströmen im Vergleich Erwachsener zu Kind. Anwendung fand die Skalare Potential Finite Elemente Methode (SPFD).

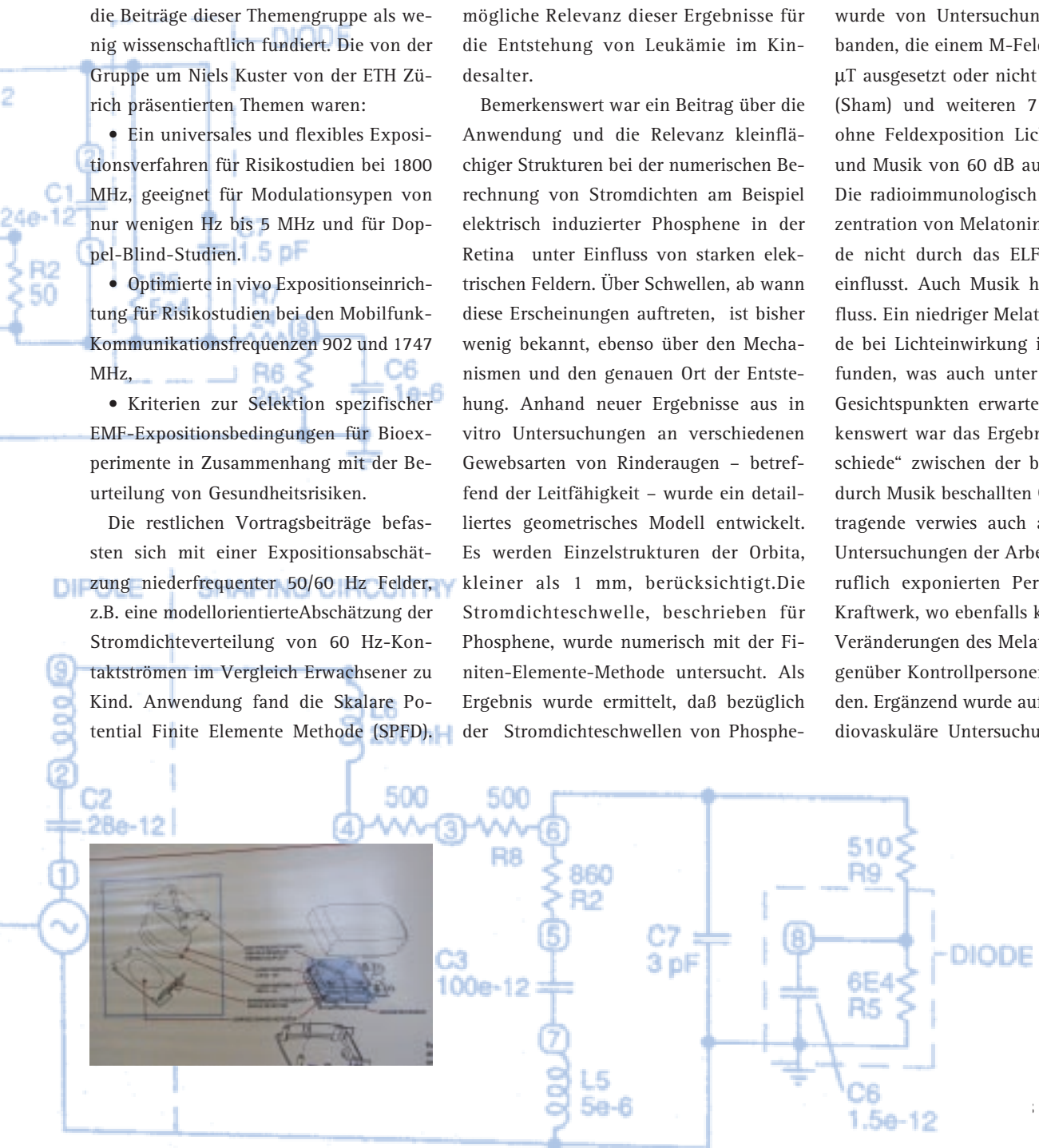
Als Richtwert wurden die „Basic Restrictions“ der ICNIRP-Empfehlungen von 10 mA/m² herangezogen und die Stromdichte für verschiedene Kontaktströme in besonders betroffenen Körperregionen, die auch für die Hämatopoese verantwortlich sind, bestimmt. An diesen Körperteilen kann bereits bei 0,5 mA Kontaktstrom (ICNIRP Referenzwert für die allgemeine Bevölkerung), gerade bei Kindern, der abgeleitete Grenzwert der Stromdichte von 2 mA/m² um ein Mehrfaches überschritten sein. Die Autoren sehen eine mögliche Relevanz dieser Ergebnisse für die Entstehung von Leukämie im Kindesalter.

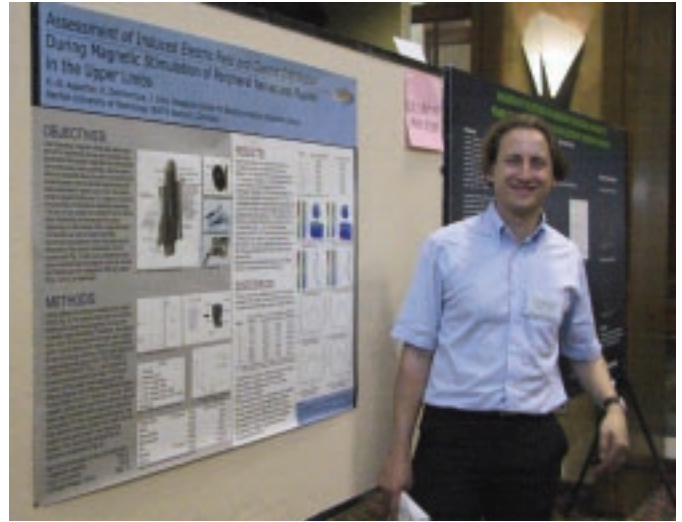
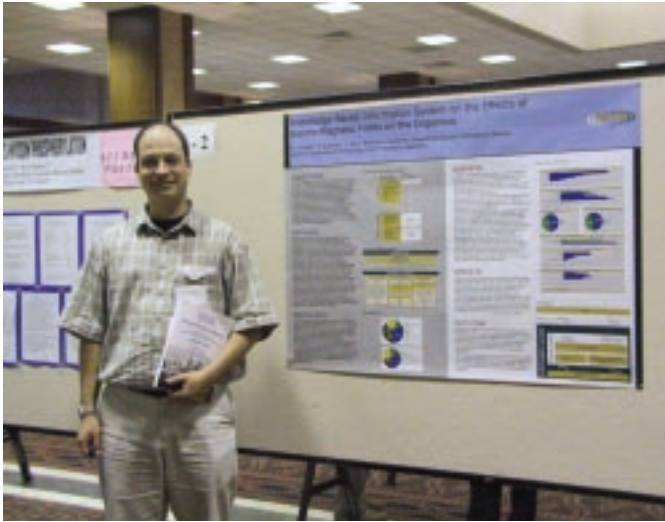
Bemerkenswert war ein Beitrag über die Anwendung und die Relevanz kleinflächiger Strukturen bei der numerischen Berechnung von Stromdichten am Beispiel elektrisch induzierter Phosphene in der Retina unter Einfluss von starken elektrischen Feldern. Über Schwellen, ab wann diese Erscheinungen auftreten, ist bisher wenig bekannt, ebenso über den Mechanismus und den genauen Ort der Entstehung. Anhand neuer Ergebnisse aus in vitro Untersuchungen an verschiedenen Gewebsarten von Rinderaugen – betreffend der Leitfähigkeit – wurde ein detailliertes geometrisches Modell entwickelt. Es werden Einzelstrukturen der Orbita, kleiner als 1 mm, berücksichtigt. Die Stromdichteschwelle, beschrieben für Phosphene, wurde numerisch mit der Finiten-Elemente-Methode untersucht. Als Ergebnis wurde ermittelt, daß bezüglich der Stromdichteschwellen von Phosphene

nen eher kleine Strukturen für diese Phänomene verantwortlich sind, was bisher nicht bekannt war.

Humanstudien

In dieser Sitzung wurden Untersuchungen an Menschen mit sehr unterschiedlichen Endpunkten präsentiert, unterschieden nach Frequenzbereich, Zielgruppe und Lokalisationen. Traditionell präsentierte die Arbeitsgruppe aus Witten-Herdecke Untersuchungen über den nächtlichen Plasmamelatoninspiegel. Berichtet wurde von Untersuchungen an 20 Probanden, die einem M-Feld von 50 Hz, 100 µT ausgesetzt oder nicht exponiert waren (Sham) und weiteren 7 Probanden, die ohne Feldexposition Licht von 200 Lux und Musik von 60 dB ausgesetzt wurden. Die radioimmunologisch bestimmte Konzentration von Melatonin im Plasma wurde nicht durch das ELF-Magnetfeld beeinflusst. Auch Musik hatte keinen Einfluss. Ein niedriger Melatoninspiegel wurde bei Lichteinwirkung in der Nacht gefunden, was auch unter physiologischen Gesichtspunkten erwartet wurde. Bemerkenswert war das Ergebnis „keine Unterschiede“ zwischen der befeldete und der durch Musik beschallten Gruppe. Der Vortragende verwies auch auf die früheren Untersuchungen der Arbeitsgruppe an beruflich exponierten Personen in einem Kraftwerk, wo ebenfalls keine nächtlichen Veränderungen des Melatoninspiegels gegenüber Kontrollpersonen gefunden wurden. Ergänzend wurde auf begleitende kardiovaskuläre Untersuchungen verwiesen,





die ebenfalls keine Einflüsse durch Magnetfelder erbrachten.

Das „Gleichgewichtsverhalten“ wurde als das ideale Modell vorgestellt, um Wechselwirkungen zwischen Menschen und ELF-Magnetfeldern zu untersuchen. Das Gleichgewichtsorgan ist autonom. Wenn man mit beiden Beinen auf dem Boden steht, ist das Halten des Gleichgewichts kein Problem. Erheblich komplizierter wird es, wenn man sich auf einem Bein halten muss. Diese sehr empfindliche Situation ist leicht durch äußere Stimuli zu beeinflussen, unter anderem auch durch ELF-Magnetfelder. Vorgestellt wurde auch ein Messsystem, bestehend aus einer Kapazitätsplatte von 1,6 x 1,6 m, mit dessen Hilfe Gewichtsverlagerungen aufgrund der lokalen kapazitiven Veränderungen, örtlich aufgelöst, aufgezeichnet werden können. Erstaunlicherweise haben erste Untersuchungen gezeigt, dass die Einhaltung des Gleichgewichts unter Feldbedingungen, unterschieden nach „Augen offen“ und „Augen geschlossen“ verbessert war, was als Effekt der Felder auf das vestibuläre System gewertet wurde. Weitere Untersuchungen dazu wurden in Aussicht gestellt.

Wie bereits während der beiden vorangegangenen BEMS-Meetings wurden auch diesmal von Eleanor Adair vom Air Force Research Laboratory, Brooks Air Force

Base, San Antonio, Texas, Untersuchungen zum Umsatz eingestrahelter Energie in Probanden vorgestellt. Die Untersuchungen zeigen bei unterschiedlichen Frequenzen (100 MHz, 450 MHz und 2,4 GHz), SAR's (2-4 W/kg) und Umgebungstemperaturen (24, 28 und 31 °C), wie die zugeführte Energie den Stoffwechsel beeinflusst. Die präsentierten ergänzenden Untersuchungen bei 100 MHz zeigten nur geringfügige Temperaturerhöhungen, bis auf Schmalstellen des Körpers wie Fußgelenk und Wade, wo eine Temperaturerhöhung bis 4 °C gemessen wurde. Ebenfalls wurde eine höhere Schweißabsonderung am Rücken und eine erhöhte Hautdurchblutung gegenüber 450 bzw. 2450 MHz dokumentiert.

Weniger spektakulär waren Beiträge über schmerzlindernde Effekte durch Millimeterwellenexposition

- Untersuchungen über die Beeinflussung von Herzschrittmachern durch 50 Hz Felder, die ergaben, dass moderne Schrittmacher im Vergleich zu früheren Generationen empfindlicher gegenüber E-Feldern sind und bereits Felder von 1,5 kV/m RMS im ungünstigsten Fall zu Störungen führen können.
- Die Beeinflussbarkeit der Sehsensitivität durch die Stärke und Orientierung des geomagnetischen Feldes.

Erwähnenswert ist noch ein Beitrag über

Elektro-Hypersensitivität (EHS), durchgeführt an 28 Personen, die sich selbst als EHS bezeichnen. Mögliche Einflüsse eines 50 Hz Magnetfeldes (0,09 - 0,11 μ T) auf das Langzeit-EKG (24 h) waren der Untersuchungsansatz. Bis auf die Heart-Rate-Variability (HRV) zeigte keiner der ermittelten Parameter Unterschiede zwischen Exponierten EHS (N=14) und den Kontrollen (N=14).

Bei den 4 thematisch zuzuordnenden Posterpräsentationen bezogen sich auf folgende Untersuchungen:

- ein ergänzendes Poster zu den vorgestellten Untersuchungen von Eleanor Adair,
- die Veränderbarkeit natürlicher Killerzellen im Zusammenhang mit der ODC-Aktivität bei beruflich exponierten Beschäftigten der Stromindustrie. Diese Arbeit nimmt für sich in Anspruch, die Erste ihres Typs zu sein, die von deutlich positiven Befunden berichten kann. Ergebnis war eine Reduzierung der ODC-Aktivität und Anzahl natürlicher Killerzellen um 20 - 30 % bei den untersuchten Personengruppen, verbunden mit dem Hinweis, dass die klinische Bedeutung dieser Befunde unklar ist und weitere Forschungsbemühungen geboten sind.
- die Veränderbarkeit des EEG's durch spezielle, gepulste 200 μ T ELF-Magnetfelder bei normalen Probanden und
- eine Pilotstudie über Reaktionszeiten

bei Probanden bei sehr niedrigen Feldstärken von 900 MHz GSM-Basisstationen. Als Ergebnis wurden keine Einflüsse auf das Reaktionsvermögen ermittelt.

Mobile Kommunikation

Die Auswahl und Reihung der Beiträge zu diesem Themenkreis wurde aufgrund der Heterogenität der einzelnen Berichte vom Auditorium mit Verwunderung aufgenommen worden. Nur ein Teil der Projekte und Informationen war von grundlegender Bedeutung

Als herausragend ist hier eine Untersuchung anzusehen, welche sich mit der Strahlungscharakteristik einer Mobilfunk-Basisstation in einer komplexen Umgebung befaßt. Ausgangssituation ist, dass örtliche Bedingungen vorliegen, die weit entfernt sind von den Vorgaben in Datenblättern der Antennenhersteller. Dies gilt insbesondere für in den kontrollierten Bereichen tätige Personenkreise, also für Techniker im Rahmen der Errichtung und Wartung von Basisstationen. Simulationsuntersuchungen mittels FDTD an menschlichen Modellen zu Nah- und Fernfeldbedingungen liegen zwar vor, sind aber eher allgemein gehalten und nicht auf extreme Situationen ausgerichtet. In diesem Beitrag wurden derartige Extremfälle (worst case scenario) simuliert und die ermittelten Ergebnisse im Verhältnis zu den ICNIRP Guidelines diskutiert. Fazit war, dass bei sehr ungünstigen Umgebungsbedingungen zwar eine deutliche Erhöhung von Feldstärken bestimmt wurde, diese jedoch unterhalb der festgelegten Schwellen blieb.

Ein Forschungsbeitrag aus Italien über Basisstationen beruhte auf der Zielvorgabe, bei der Auswahl von Standorten für Basisstationen über die üblichen Planungsvorgaben hinaus folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- eine minimale Belastung von Mensch und Umwelt
- Antennendaten
- hinreichende flächenmäßige Abdeckung
- ausreichende Empfangsqualität

- Landschafts- und Gebäudeschutz (Denkmalschutz)
- Regionale Eigenheiten (Wohnbereiche, Schulen, Krankenhäuser usw.)
- Berücksichtigung der Topographie (von Seehöhe bis 100 m ü.d.M.)

Hintergrund sind sicherlich Planungsschwierigkeiten italienischer Netzbetreiber unter den restriktiven Bedingungen der geltenden Grenzwertregelung.

Verwendung fand hier ein etabliertes Berechnungsmodell aus der Genetik, welches für diese spezielle Anwendung optimiert wurde. Diese Optimierungsmethode wurde am Beispiel der Stadt Ancona dokumentiert. Dazu wurden erweiterte Informationen im Rahmen eines Posters gegeben.

Von nicht geringem Interesse war der Beitrag eines schweizerischen Netzbetreibers. Thema war hier eine aussagekräftige Dosisbestimmung in Wohnbereichen von Häusern in der Nähe von Mobilfunkstationen. Breiter Raum wurde der Messtechnik gewidmet. Als ungeeignet beurteilt wurden herkömmliche isotrope Feldsensoren. Besser schnitt die im Forschungszentrum Seibersdorf bei Wien neu entwickelte isotrope Sonde PBA 10200 ab. Die durchgeführte Validierung ergab gerade in geschlossenen Räumen eine gute Anwendbarkeit der Antenne und des Add3D Systems in Bezug auf Frequenzselektivität, Reproduzierbarkeit und annähernd isotropen Charakter.

Ebenfalls Beachtung fanden Bemühungen der Firma MOTOROLA, in den USA Dosimetrieansätze für Mobiltelefon-Handapparate zu finden. In eine Serie umgerüsteter Handapparate ist eine spezielle Elektronik integriert, die eine Reihe von Parametern der Telefonnutzung detektiert und speichert. Dies sind:

- Dauer der Gespräche
- Sendeleistung
- Abstand vom Kopf
- Winkel zur Körperachse usw.

Die Nutzungsmöglichkeiten liegen klar auf der Hand. Eine Vielzahl einzelner Expositionsparameter können so erfasst



werden und im Rahmen im Rahmen epidemiologischer Studien präzise Dosimetrieangaben liefern. Der Untersuchung zugänglich gemacht wird so auch das Telefonieverhalten verschiedener Personen.

Auch die Posterbeiträge zum Thema mobile Kommunikation und Rundfunk waren stellenweise von beachtlichem Interesse und hohem Informationsgehalt. Erstmals wurden Expositionsdaten des Mobilfunkbetriebs in Ungarn veröffentlicht. Die Ergebnisse von 60 Standorten wurden in den Bericht einbezogen. Erwartungsgemäß ist die Exposition durch die GSM-Anwendung als sehr gering einzustufen und zeigte auch in Ausnahmefällen Werte unterhalb der ICNIRP-Empfehlungen.

Zwei Beiträge wurden von der RegTP aus Mainz präsentiert. Vorgestellt wurde das deutsche Verfahren der Standortbestimmung und das Spektrum der Frequenzen, denen die Bevölkerung durch Rundfunk, Fernsehen, Mobilfunk und andere Anwendungen ausgesetzt sind. Als Ergebnis wurde ermittelt, dass bei 3.600 Messungen an Standorten in keinem Fall die gesetzlichen Grenzwerte überschritten bzw. diese in der Regel mehrere tausendmal unterschritten wurden.

Als weiterer Beitrag von MOTOROLA Inc. wurden Ergebnisse aus Untersuchungen von sieben Strahlungsabschirmungen für Mobiltelefone vorgestellt. Fazit: Keine der sieben Abschirmungen entsprach der vom Hersteller versprochenen Wirksamkeit.

Medizinische Anwendung

Wurde während der Münchner BEMS-Tagung letztes Jahr die „Anwendung elektromagnetischer Felder“ in Form eines Minisymposiums thematisiert, so fiel in diesem Jahr die Präsenz medizinrelevanter Themen geringer aus.

Die Vortragspräsentationen bezogen sich im einzelnen auf:

- Die lokale Stimulation neuronalen Gewebes durch nichtinvasive Magnetfeldapplikation.

- Schmerzbehandlung mittels Magnetfeldern.

- Eine Elektroporationsmethode zur kontrollierten Medikamentenabgabe durch die Haut.

- Nutzbarmachung elektromagnetischer Felder zur Zytoprotektion und Genterapie. Diese beruht auf der Induktion des durch Stress (elektromagnetische Felder) erzeugten Proteins hsp70, welches unter zwei Aspekten zu sehen ist. Zum einen entsteht es als allgemeine Reaktion der Zelle gegen Gefahren verschiedener Art von Außen; andererseits kann das Protein therapeutischen Nutzen in der Medizin erbringen.

- Wirkungen von niederfrequent gepulsten elektromagnetischen Feldern zur Stimulation des Osteoblastenwachstums in vitro.

All dies sind sehr spezielle Anwendungen elektromagnetischer Felder, die – zumindest was die Magnetfeldtherapie betrifft – teils umstritten und biologisch sowie physikalisch noch wenig verstanden sind. Die Elektroporation ist eine gängige Methode in der Molekularbiologie und nutzt die durch hohe Feldstärken bedingte Durchlässigkeit der Ionenkanäle der Plasmamembran zur Deposition diverser Moleküle in das Zellinnere.

Bei den Postern in dieser Themengruppe war die Ausfallrate mit 10 zurückgezogenen oder nicht präsentierten Beiträgen besonders hoch. Teilweise handelte es sich wiederum um Ergänzungen von Vorträgen zum Thema gepulste Magnetfeldtherapie und Anwendung in der Schmerztherapie.

Auffallend war ein Posterbeitrag, der als Negativbeispiel kommentiert werden sollte. Er hatte eine Doppelblindstudie zum Gegenstand, die Schmerzreduzierung bei Arthritis mittels eines magnetischen Armbands untersuchte. Für die Kontrollen wurde ein identisches nichtmagnetisches Armband verwendet. Die Ergebnisse fielen eindeutig zugunsten einer Besserung des Beschwerdebildes durch das magnetische

Armbandaus. Ernsthaft angezweifelt wird jedoch der Doppelblindcharakter, da mit einfachsten Methoden das Magnetarmband von dem Kontrollarmband unterschieden werden kann. Auch sind plazebokontrollierte Studien dieses Designs sehr umstritten und ermittelte Signifikanzen nicht von Relevanz für die Fragestellung.

Hochfrequenz-Dosimetrie

Unterschiedliche Methoden der Dosimetrie von Hochfrequenzfeldern, vorwiegend der Strahlung der mobilen Kommunikationseinrichtungen (Handapparate, Basisstationen) und deren Evaluierung standen zur Diskussion. Die wesentlichen Werkzeuge zur Ermittlung und Quantifizierung einer EMF-Exposition sind mathematisch-numerische Dosimetriemodelle und hochentwickelte Software. Trotz aller theoretischen und methodischen Verfeinerungen bleiben die Ergebnisse bisheriger Modellbetrachtungen jedoch fragwürdig, solange sie nicht mit Hilfe empirischer Daten aus in vivo oder in vitro Experimenten validiert werden.

In einem Beitrag wurden offene Fragen der Validierung behandelt und als Ergebnis ein deutlicher Zusammenhang zwischen empirischen und theoretischen Methoden und eine hinreichend schlüssige Korrelation der SAR-Vorhersagen anhand anatomischer Modelle von hochfrequenten Feldern auf der Basis der FDTD-Berechnung gegenüber in vitro und in vivo Untersuchungen festgestellt. Es konnte bestätigt werden, dass mit der FDTD-Methode sowohl für Ganzkörper- als auch lokale SAR eine gute theoretische Näherung erzielt wird. Z.B. ergab die Ganzkörper-FDTD-Bestimmung im Tierexperiment an Ratten eine 20 % höhere SAR als durch kalorimetrische Methoden. Eine Differenz von 20 % kann aber unter unterschiedlichen Gesichtspunkten bedeutend sein, weshalb die euphorischen Berichte des Vortragenden kritisch gesehen werden müssen.

Udenkbar wäre eine wissenschaftliche Auseinandersetzung über dosimetrische

Methoden und Tools ohne Beiträge der Arbeitsgruppe von der ETH Zürich um N. Kuster über methodische und apparative Neuentwicklungen seiner Forschungsgruppe und der angeschlossenen Firmen. Vorgestellt wurde eine neue Generation des FDTD-Modelling zur Analyse bioelektromagnetischer Interaktionsphänomene und Validierungsuntersuchungen an Phantommodellen für Untersuchungen zum Mobilfunk.

Ein ähnlicher Beitrag wurde vom BEMS-Veteranen O.P. Gandhi präsentiert. Gegenstand seiner Untersuchungen waren Basisstationen des amerikanischen Mobilfunks (835 und 1900 MHz). Bei variierenden Entfernungen zu Basisstationen ergaben beide Methoden (FDTD versus Ganzkörpermodellmessungen) in der Spitzen-SAR Unterschiede von 5 - 10 %.

Weiterhin wurde ein realistisches Hand- und Kopfmodell präsentiert und auf die Möglichkeit einer genauen SAR-Bestimmung mit Hilfe einer Momenten-Methode verwiesen. Grundlage ist hier die Diskretisierung der Oberfläche von Hand und Kopf in dielektrische Gebiete. Zusammenfassend wird dieser Methode, im Gegensatz zur FDTD, aufgrund ihrer Limitierungen eine künftig geringere Bedeutung in der HF-Dosimetrie zugeschrieben..

Unter dem Begriff „Expositionseinrichtungen“ wurde ein System zur Befeldung von Ratten vorgestellt. Die Bestrahlung erfolgt mittels einer neu entwickelten „Loop Antenne“, abgestimmt auf 900 MHz, die definiert auf einer Kammer für Kleintiere fixiert wurde. Untersucht wurden mit diesem System die SAR von Ratten und Meerschweinchen; im Vergleich zu FDTD-Berechnungen ergaben sich Unterschiede von 10 - 20 %.

Auch unterschiedliche Bedingungen der Exposition durch Mobiltelefon-Handapparate wurden präsentiert, wie z.B. die Temperaturunterschiede im Kopf bei Benutzung des Handapparates und die Kontaktwärme durch den Anpressdruck am Kopf selbst. Einander gegenüber stehen die ap-



plizierte SAR und andererseits die nicht-elektromagnetisch bedingte Erwärmung durch den Kontakt des Telefons auf der Haut, ein Effekt, der auch bei längerer Nutzung von normalen Festnetztelefonen beobachtet werden kann. Dieser Effekt betrifft aber tatsächlich nur die Kopfoberfläche, während die SAR-Erwärmung auch in die Tiefe eindringen kann.

Zusammengefasst beinhalteten die übrigen Beiträge – die weniger aufsehenerregend erscheinen –

- Formulierung und Charakterisierung von Simulationsflüssigkeiten für die SAR-Bestimmung in Phantom-Untersuchungen
- beFrequenzabhängigkeit von Reflexion und Absorption von mm-Wellen (37 - 75 GHz) durch die menschliche Haut
- Vergleich unterschiedlicher kommerziell erhältlicher E-Feldsensoren zur Dosimetrie von hochfrequenten E-Feldern.

Der letzte Vortrag zu dieser Themengruppe ist im Hinblick auf die gegenwärtige Risikodiskussion über Mobilfunk erwähnenswert. Gegenstand waren die sog. „Hands Free Accessoires (HFA)“. Bedeutung erlangte die Diskussion durch Untersuchungen und Meldungender Medien in UK, insbesondere in einer von ERA Technology (Englische Verbraucherschutzorganisation) herausgegebenen Zeitschrift. Darin wurde eine erhöhte Deposition von Strahlungsenergie in den Kopf durch HFA unterstellt. In dem Beitrag von CK. Chou wurde diese Aussage und die zugrundeliegenden Untersuchungen falsifiziert. Ausführ-

lich wurde dargelegt, dass die ERA-Untersuchungen nicht den international anerkannten methodischen und technischen entsprechend durchgeführt wurden.

Zu dieser Themengruppe wurden eine Vielzahl von Posterpräsentationen (N = 14) angeboten. Teilweise begleiteten die Poster unmittelbar die Vorträge. Einige Poster stellten neue Messhilfen und Feldsonden vor und beschrieben ihre innovativen Eigenschaften. Andere Beiträge befassten sich mit der SAR-Analyse unterschiedlicher Kopfmodelle bei unterschiedlicher Positionierung des Mobilfunkhandgeräts usw. Zu diesem Gebiet wurde sehr viele Informationen angeboten, deren auch nur oberflächliche Erwähnung den Rahmen des Berichts sprengen würde.

Abschließend sollte jedoch noch auf eine ganz andere, dem medizinischen Umfeld zuzuordnende Untersuchung hingewiesen werden: auf die Anwendung von Elektrochirurgiegeräten und das bedienende Personal. Während der Anwendung (500 - 1000 kHz) hauptsächlich in der Chirurgie bei Gewebstrennung und Koagulation von Blutgefäßen, ist der Anwender (Chirurg) durch Zuleitungen, die mehr oder weniger weit an seinem Körper vorbeigeführt werden, teils erheblich exponiert. Die Felder im Körper des Patienten sind demgegenüber zu vernachlässigen. Verantwortlich für die starken Emissionen sind ungenügend abgeschirmte Zuführungskabel. Das Expositionsszenario ist vergleichbar mit der Kontaktstromsituation, auf die



bezogen die ICNIRP 40 mA bei 0,5 MHz als Grenzwert vorsieht; dieser wird insgesamt unterschritten, allerdings erreicht oder übersteigt die Stromdichte in lokalen Bereichen in der Umgebung der Zuleitungen die genannten Grenzwerte.

Schlussbemerkungen

In vorausgegangenen Berichten konnte mit einem griffigen Schlagwort oder Satz der Eindruck von der jeweiligen Tagung der BEMS wiedergegeben werden. Die diesjährige Tagung ließ sich nicht so einfach charakterisieren. Wie bei den vorangegangenen Veranstaltungen wurden gute und weniger überzeugende Beiträge präsentiert. Über spektakuläre Untersuchungen konnte nicht berichtet werden; von neuen allgemein anerkannten Erkenntnissen, die die

gegenwärtige Risikodiskussion entscheidend beeinflussen könnten, ist nicht zu berichten. Insgeheim erwartet wurde die Veröffentlichung der Versuchswiederholung der Repacholi-Studie über Mobilfunk und transgene Mäuse, die in Australien und Italien z.Zt. durchgeführt werden. Diese blieb jedoch aus. Die Deutschland-Studie der Mainzer Arbeitsgruppe um J. Michaelis ist bereits bekannt und die kontroversen Diskussionen noch in bester Erinnerung.

Was im Gedächtnis bleibt, sind einige bemerkenswerte Beiträge, die als Bausteine für das Verständnis der Wirkungsmechanismen elektromagnetischer Felder anzusehen sind.

Wie bereits eingangs angesprochen wurde, war diese Veranstaltung, verglichen mit den Jahrestagungen seit Kopenhagen 1994, die an der Anzahl der Präsentationen gemessen kleinste Veranstaltung. Dies ist sicherlich nicht nur der rigorosen Streichung angemeldeter Beiträge anzulasten, sondern auch den schwierigen Rahmenbedingungen, verursacht durch den sehr hohen Dollarkurs.

Gibt die eingangs gezeigte Tabelle den Stand der Beiträge laut Programm wieder, so sah die Realität anders aus. Während nur einige wenige Vorträge, zurückgezogen wurden ($N = 6$), waren es bei den Posterpräsentationen 31 von 139, also über 20 %. Eine etwas deprimierende Bilanz, die sich hoffentlich bei der nächsten Tagung nicht fortsetzt.

Aus keinem der präsentierten Forschungsergebnisse wird aber ein zwingender Beweis für eine akute Gesundheitsgefahr durch Feldexpositionen unterhalb der empfohlenen Schwellen abzuleiten sein, weder im ELF-Bereich noch hinsichtlich der höheren Frequenzen, insbesondere des Mobilfunks.

*Priv.-Doz. Dr.-Ing. Dr. med. habil.
Otto Petrowicz, Institut für Experimentelle
Onkologie und Therapieforchung der
Technischen Universität München*