

22.- 27. Juni 2003, Maui, Hawaii

25. Jahrestagung der Bioelectromagn

Wo bleibt der Beweis für eine

Otto Petrowicz

Vorbemerkungen

Persönlich kann ich auf eine Teilnahme an zehn Jahrestagungen der Bioelectromagnetics Society (BEMS) verweisen. Für mich ein Anlass, etwas die gewohnte Form des Berichts mit allen Fakten und Daten zu verlassen. Stattdessen möchte ich eine Übersicht bieten und weniger über Einzelereignisse berichten, verbunden mit einer gleichzeitigen etwas persönlicheren Bewertung aus der Sicht des mehrjährigen Berichterstatters. Als Hauptthemen der Berichterstattung stehen die Plenarveranstaltungen und die in der Folge als Vorträge und Posterpräsentationen gebotenen Beiträge, zusammengefasst in tabellarischen Kurzbewertungen. Damit, meine ich, ist am ehesten ein Überblick über dargebotene Forschungen und deren Ergebnisse zu erreichen.

Die diesjährige Jahrestagung der Bioelectromagnetics Society (BEMS 2003) fand – aus Anlass des 25 jährigen Jubiläums – an einem besonderen Ort der Vereinigten Staaten statt, nämlich im tropischen Paradies der Hawaii-Insel Maui. Der bisherige Vorsitzende des Programmkomitees Shoogo Ueno hebt in seiner Ansprache dieses

besondere Ereignis hervor. Er stellt besonders die traditionell hohe Qualität der wissenschaftlichen Programme, die fruchtbaren wissenschaftlichen und intellektuellen Diskussionen in diesen vergangenen 25 Jahren heraus und leitet daraus die Verpflichtung ab, diese Tagung und alle zukünftigen Treffen diesem Standard zu unterwerfen.

Besonders weist er in seiner Begrüßungsansprache auf das nicht nachlassende Interesse für die Disziplin „Bioelectromagnetics“ hin, was sich in mehr als 350 eingegangenen Forschungsberichten (Abstracts) widerspiegelt. Ausdrücklich bedankt sich Shoogo Ueno, der nach den Vereinsstatuten neuer Präsident für 2003 – 2004 wird, beim Programmkomitee für die geleistete Arbeit. Tatsächlich ist eine strengere Selektion als bei früheren Kongressen festzustellen. Etwa 20 % der eingegangenen Abstracts wurden aufgrund der höheren wissenschaftlichen Anforderungen nicht angenommen.

Das Jubiläums-Treffen kann sich im Vergleich zu früheren Jahren durchaus sehen lassen, wie ein Blick auf die BEMS-Statistik aufzeigt.

Bioethics Society (BEMS)

Gesundheitsschädlichkeit?

Die Tabelle zeigt die Verteilung der einzelnen Veranstaltungen, getrennt nach Symposien, Workshops, Plenarvorträgen, Vorträgen und Posterpräsentationen von 1994 Kopenhagen bis zur diesjährigen Jubiläumsveranstaltung (Maui).

Während die Plenarvorträge in ähnlicher Anzahl im Programm zu finden wa-

ren, lag die Zahl der Einzelpräsentationen, inklusive Studentenbeiträgen und Symposien, leicht höher. Die Anzahl der Posterpräsentationen mit 212 akzeptierten und 5 nachträglich aufgenommenen bzw. nicht begutachteten Beiträgen war überdurchschnittlich hoch; also eine stärkere Verlagerung von Beiträgen hin zu den Posterpräsentationen.

Ähnlich wie bei den letzten Veranstaltungen wurde eine Vielzahl von angemeldeten Postern nicht ausgestellt. Zehn Beiträge wurden von den Autoren selbst zurückgezogen und 38 Ausstellungsflächen blieben ohne eine Begründung leer. Das sind 21 % der angenommenen Beiträge, also eine ähnlich hohe Quote wie in den vergangenen drei Jahren.

BEMS Statistik – Überblick BEMS 1994 - 2003

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
	Kopenhagen	Boston	Victoria	Bologna	St. Pete	Long Beach	München	St. Paul	Quebec	Maui
Minisymposien	2	2	2	28 mit 179 Vorträgen	3	3	1			3
Meetings/ Workshops		USAF Lab.	USAF Lab.	USAF Lab.	USAF Lab.	USAF Lab.	USAF Lab.	IEEE COMAR ICES USAF Lab.	IEEE COMAR ICES USAF Lab.	IEEE COMAR ICES USAF Lab.
Plenarveranstaltungen	-		4	12	2 mit 9 Beiträgen	11	3	3	4 mit je drei Präsentationen	9 Plenarbeiträge
Tutorial		2								
Vorträge	198	122	94	168	86	98	107	92	115	111*
Poster	201	280	238	304	203	170	227	139	138	212

* Mit Symposien

Hierfür mögen verschiedene Gründe eine Rolle spielen, wie die Entfernung von Europa, knapp gewordene Reisemittel, reduzierte Forschungsmittel und andere mehr. Diese Gründe gelten analog für die Teilnehmerzahl an der Jahrestagung, die mit ca. 400 Teilnehmern vergleichbar mit anderen Tagungen war. Bei den Vorträgen selbst waren nur wenige Ausfälle zu verzeichnen. Bei Analyse der nicht präsentierten Poster, (16 aus China, 6 aus Russland, 4 aus Korea und 12 aus anderen europäischen und nicht europäischen Ländern) zeigt sich, dass der Trend, Poster anzumelden und nicht auszustellen, gleichbleibend ist.

Unter den nicht präsentierten Beiträgen ist auch leider die neueste und jüngst publizierte Untersuchung der Salford-Gruppe aus Lund, Schweden, über das Auftreten von Permeabilitätsstörungen der Blut-Hirn-Schranke (BBB), geschädigter Neuronen (dark neurons) und Hitze-Schock-Proteinen. Laut Auskunft der Tagungsleitung wurde das Poster von der Arbeitsgruppe zurückgezogen.

Auffällig waren auch die Aktivitäten eines Fernsteams aus Mainz, das zu allen passenden und nicht passenden Gelegenheiten Aufnahmen und Interviews durchgeführt hat. Dessen Eindrücke wurden in einer Reportage in der ARD, am Donnerstag, den 7. Aug. 2003 um 23:15 Uhr unter dem Titel „Bei Anruf Smog? – (Glaubens) Krieg ums Handy“ ausgestrahlt.

Schwerpunktthemen

Im Vergleich zu den vergangenen Jahren haben sich die Schwerpunktthemen kaum verändert.

Bei den Plenarveranstaltungen standen Themen an wie:

- Biologische Effekte elektromagnetischer Felder – Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft
- Epidemiologie
- Wirkungsmechanismen
- EMF – Wundheilung, Durchblutungssteigerung und Schmerzminderung

Bei den Vortragsveranstaltungen dominierten Beiträge zu

- In vitro Untersuchungen
- Wirkungsmechanismen und -modelle
- Dosimetrie
- In vivo (DC/ELF und HF)*
- Medizinische Anwendung
- Risiko und Sicherheitsstandards

Dazu kommen noch die beiden Symposien mit den Schwerpunkten:

- Präsentation der REFLEX-Projektergebnisse (siehe dazu Seite 70)
- Fortschritte bei der EMF-Therapie I und II
- NTP/NIEHS: Karzinogenitätsstudie über Mobilfunk-Exposition in Tierexperiment

Wie bei der letzten Tagung in Quebec wurden die Beiträge für Studenten (graduate und undergraduate) hervorgehoben und in einer eigenen Sitzung, die dem Andenken der verstorbenen Mary Ellen O'Connor gewidmet war, präsentiert. Insgesamt betrug der Studentenanteil mit 53 Beiträgen (14 Vorträge und 39 Poster) etwa 17 % der gesamten Präsentationen.

Workshop USAF Laboratory

Zum 9. Mal, erstmals 1994, fand traditionsgemäß der Workshop des US Air Force Research Laboratory, Brooks City AFB statt. Er hatte das Thema „Höher – kürzer – weiter: Extrem starke gepulste Felder und Bioeffekte“ zum Gegenstand. Die Veranstalter des Workshops beschreiben dieses Forum als wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Bioeffekten, hervorgerufen durch die innovative Anwendung hochenergetischer gepulster HF-Felder. Neue militärische Technologien, die Impulsspitzen im Mega-Watt-Bereich (MW/g SAR) erreichen, stellen eine neue Herausforderung für die Forschung zur Abklärung auftretender Bioeffekte bei Mensch und Tier dar.

* DC = Gleichstrom
ELF = Niederfrequenz
HF = Hochfrequenz

Als Argumentation für diese Forschungsaktivitäten mit extrem hohen Energieleistungen („Extremely High Power Pulses) (EHPP)“ wurden genannt:

- Die Entwicklung ultrakurzer Pulstechnologien schreitet schnell voran (moderne militärische Sendeanlagen haben mehr als 10 GW-Pulse)
- Es gibt nur wenige Untersuchungen über Bioeffekte durch Pulse oberhalb 100 kW/g SAR, und so liegen nur sehr wenige Erkenntnisse auf dem Gebiet der Extremely High Power Pulse-Forschung (EHPP) über 100 kW/g SAR vor.
- Gegenwärtige Sicherheitsschwellen wurden bisher nur aufgrund theoretischer Überlegungen festgelegt
 - US DOD 200 kV/m (10,6 kW/cm²)
 - ANSI/IEEE 100 kV/m (2,7 kW/cm²)
 - ICNIRP 4,4 kV/m (5,0 W/cm²)
 - Russland 137 V/m (5 mW/cm²)

Anhand einer Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen konnten bisher folgende Erkenntnisse erreicht werden:

- Bei Froschherzpräparationen zeigte sich, dass EHPP (extremely high power pulse, Hochenergiepuls) und CW (continuous wave) Exposition gleicher Trägerfrequenz (9,3 GHz), Dauer und gemittelter SAR (3,2 W/g) vergleichbare Wirkungen erzeugen. Insgesamt ergaben sich keine Hinweise auf spezielle Bioeffekte.
- Die Wirkung von EHPP und CW Mikrowellen auf die Wachstumsrate von Hefe über einen weiten mittleren SAR Bereich zwischen 1,9 W/g – 1 mW/g und Spitzenwerten zwischen 380 kW/g – 240 mW/g wurden untersucht. Es konnte kein statistisch gesicherter Unterschied ermittelt werden. Für beide Expositionsmodalitäten konnten auftretende Bioeffekte durch vergleichbaren Energieeintrag während der Exposition erklärt werden.
- Die synaptische Übertragung und Plastizität von Neuronen bei EHPP (9,3 und 9,6 GHz, 330 – 780 kW/g, 0,5 und 2 ms, 0,5 – 10 Hz) sind mit thermischen Mechanismen vergleichbar und weisen auf keine spezifischen EHPP-Effekte hin.

- Eine Beeinflussung der Kalzium-Kanäle im Vergleich bei Sham, EHPP und CW ergab ebenfalls keine Hinweise auf EHPP-spezifische Wirkungen.

Als Zusammenfassung der bisher durchgeführten Arbeiten wurde von den Präsentatoren des USAF Laboratory vorgebracht, dass alle beobachteten Bioeffekte mit dem thermischen Paradigma übereinstimmen, sicher liegen zudem keine stichhaltigen Beweise über nichtthermische Bioeffekte vor. Trotzdem wird weitere Forschung für notwendig erachtet, hauptsächlich über Späteffekte. Aus diesen Erkenntnissen wird die IEEE C.95 Expositionsschwelle mit 100 kV/m als unnötig niedrig erachtet.

Ein weiteres Thema war auch die Ultra-Weit-Band-Technik (UWB) und die Konsequenz der Exposition von biologischen Systemen. Wenig ist bisher über Bioeffekte bekannt. Die berichteten Untersuchungen weisen auf keine akuten Gefährdungen durch UWB bis 250 kV/m hin. Über bisher nicht bestätigte Langzeitwirkungen wie Hypotension und Teratologie wurde berichtet. Hier besteht noch Forschungsbedarf.

Obligatorisch bei der Behandlung von Bioeffekten sind Betrachtungen über **Hörphänomene bei gepulsten Mikrowellenfeldern**. Ihr Auftreten ist bestätigt und weitgehend untersucht und verstanden. Sie werden zwar als lästig, aber nicht als gesundheitsrelevant eingestuft. Hörbar sind die Impulsfolgen nur in sehr ruhiger Umgebung. Ursache sind minimale, impulsbedingte thermoelastische Druckschwankungen (DT @ 10-6 °C), die von der Cochlea (Gehörschnecke) direkt in Hörempfindungen transformiert werden. Die Intensität der Eindrücke hängt von der Energiedichte per Puls und nicht von der Spitzenleistung ab.

Neben dem aktuellen Kenntnisstand wurden keine neuen Ergebnisse im USAF Workshop präsentiert, sondern im Ausblick auf weitere Untersuchungen verwiesen, wie die Variation von Modulationsparametern

und wie Personen diese Geräusche im Vergleich zu normal erzeugten Geräuschen empfinden.

Ein interessanter Aspekt wurde in einem Beitrag zur Wirkung kurzer und hoher Reizimpulse auf Nerven behandelt. Ausgangsfrage war, welche Intensitätsschwelle bei sehr kurzen Impulsen (>1 ns) minimal notwendig sind, um reizbares Gewebe zu stimulieren. Bekannt ist, dass es eine minimale Intensitätsschwelle bei beliebig langen Reizimpulsen gibt, die als Rheobase bezeichnet wird. Bei Veränderung der Reizimpulsbreite wird die Intensitätsschwelle, wo gerade noch eine Stimulation stattfindet, exponentiell ansteigen. Es stellt sich die Frage: „Ist dies auch bei beliebig kurzen Impulsen im Nanosekunden (ns) Bereich der Fall, bzw. liegen die Schwellen auf einem extrapolierten Kurvenverlauf oder sind andere Mechanismen beteiligt?“

Die Ergebnisse waren:

- Auch extrem kurze Impulse (>1 ns) genügend hoher Intensität bewirken eine Stimulation in reizbarem Gewebe.
- Die Schwelle für den Strom für einen 1 ns Impuls ist ca. 34 A und für die Spannung 4,4 kV.
- Es besteht eine Korrelation mit dem theoretisch errechneten Verlauf, so dass keine neuen Mechanismen anzunehmen sind.

Diese Untersuchungsmethode, die als sehr interessant und vielseitig angesehen wird, könnte auch Fragen beantworten, wie niederfrequent gepulste FM-Signale auf das Stimulationsverhalten reizbarer Zellen Einfluss nehmen.

Epidemiologie

Auch bei dieser Tagung nahm die Epidemiologie eine bevorzugte Stellung ein und wurde durch Plenarvorträge von drei bekannten Persönlichkeiten, Dr. Maria Feychting aus Schweden, Dr. Elisabeth Cardis von der IARC und Dr. Leeka Kheifets von der WHO Working Group, präsentiert.

Autor	RR (95 % CI)	Anz. exp. Fälle	Beobachtungszeitraum
Hardell, 1999	0,8 (0,5 - 1,4)	34	> 5 Jahre
	1,2 (0,6 - 2,6)	16	> 10 Jahre
Muscat, 2000	0,7 (0,4 - 1,4)	17	> 4 Jahre
Inskip, 2001	0,9 (0,5 - 1,6)	22	≥ 5 Jahre
Johansen, 2001	1,0 (0,7 - 1,6)	24	> 5 Jahre
Auvinen, 2002	1,5 (0,9 - 2,5)	18	> 2 Jahre
Hardell, 2002	1,1 (0,8 - 1,6)	120*	> 5 Jahre
	1,3 (0,8 - 2,3)	46*	> 10 Jahre

* Nicht übereinstimmende Paare, analoge Telefone

Maria Feychting's Beitrag hatte mehr methodische Betrachtungen zum Gegenstand. Sie bezog sich auf die seit 1999 erschienenen epidemiologischen Studien mit Mobilfunksignalen der Handapparate und die Entstehung von Hirntumoren als Endpunkt. Nachfolgende Tabelle zeigt die diskutierten Arbeiten mit einigen Informationen zu den Arbeitsgruppen, die Angabe des ermittelten relativen Risikos und dem 95 % Konfidenz-Intervall (RR, 95 % CI), die Anzahl der exponierten Fälle und die Dauer des Beobachtungszeitraums als Kriterium für die Aussagefähigkeit, gemessen an der Latenzzeit (letzteres bedeutet den Zeitraum vom Setzen des Defekts bis zum Ausbruch der Tumorerkrankung. Bei Hirntumoren können dies 20 und mehr Jahre sein).

Maria Feychting verglich die verschiedenen Studien und wies auf Ähnlichkeiten bzw. auf Unterschiede und Unzulänglichkeiten hin.

1. Dänische (Johansen) vs. finnische (Auvinen) Studie:

- a. Ein beobachteter Kurzzeiteffekt in der finnischen Studie kann nicht als existent angesehen werden.
- b. Die anzunehmende Missklassifikation der Exposition macht es unmöglich, Effekte – wenn solche existieren – herauszuarbeiten.
- c. Zu kurzes Follow-up in beiden Studien.

Insgesamt weisen die Ergebnisse beider Studien auf keine Kurzzeitwirkungen durch Mobiltelefone hin.

2. Hardell (1999, 2002) vs. Muscat (2000) und Inskip (2001) Studie:

- a. Bei den drei Studien sehr ungenaue Expositionsangaben.
- b. Zu kurzes Follow-up.
- c. Keine Informationen zu Sendeleistungen und Handy-Modellen.
- d. Retrospektive Datenerhebung birgt verschiedene Unsicherheiten, die sowohl das Risiko über- als auch unterschätzen können.
- e. Die Arbeiten ergeben insgesamt kein erhöhtes Risiko, aber Hinweise auf ein erhöhtes Einzelrisiko für ipsilaterale (gleiche Seite) und ein relativ geringeres Risiko für kontralaterale (gegenüberliegende Seite) Tumorbildung.

Abschließend wurden – aufgrund der Diskussion – Empfehlungen für zukünftige Studien gegeben, wie die Bevorzugung eines prospektiven Studiendesigns (Kohorten-Studie). Dies erlaubt zutreffendere Informationen über die Anzahl und Dauer von Gesprächen durch den Netzbetreiber und Hinweise auf als wichtig angesehene Parameter wie:

- Die Persönlichkeit des Telefonnutzers
- Benutzung von Freisprecheinrichtungen (Hand Free Devices) und die bevorzugte Seite bei Telefonaten
- Nutzung in städtischen oder ländlichen Bereichen

Als abschließende Zusammenfassung bot Maria Feychting folgende Bewertung:

- Die diskutierten Studien belegen kein erhöhtes Hirntumorrisiko durch die Nutzung von Mobiltelefonen in den Untersuchungszeiträumen.

- Hinweise auf ein erhöhtes Risiko für Akusticus Neurinome (Kleinhirnbrückenwinkeltumore), die aber weitere Untersuchungen erfordern.
- Keine Informationen über längere Perioden.
- Keine Unterteilung in Kinder und Jugendliche, insbesondere Schulkinder.

Leeka Kheifets befasste sich in ihrem Beitrag mit Studien zu Basisstationen. Gleich eingangs ihrer Ausführungen relativierte sie das Thema dahingehend, dass eine alleinige Betrachtung von Mobilfunk-Basisstationen nicht möglich ist und nur eine solche von allen HF-Feldmissionen der verschiedensten Quellen Sinn macht. Einleitend präsentierte sie folgende Fragen:

1. Was ist die Motivation, schädliche Gesundheitseinflüsse durch hochfrequente Felder der Umwelt zu untersuchen?
2. Welches Ziel, in Form von zu definierender Endpunkten, sollte gewählt werden?
3. Ist es möglich, ein Maß für die Exposition anzugeben, die angenähert einer tatsächlichen individuellen Exposition entspricht?
4. Was ist anzustreben, um epidemiologische Studien für hochfrequente Felder in der Umwelt zu verbessern?

Dazu gab sie einige Antworten.

Bisherige Hinweise oder Studien zu den Auswirkungen von Umwelt-HF-Feldern sind zwar für Rundfunk und Fernsehen durchgeführt worden. Studien über Basisstationen existieren bisher jedoch nicht. Eine Exposition ist vielfältig und die Effekte von Basisstationen (Downlink-Feldern) des Mobilfunks können nicht von den zahllosen Feldern anderer Quellen getrennt werden. Hauptmotivation für zukünftige epidemiologische Studien über Sendestationen und deren vermutete Effekte auf die Bevölkerung sind öffentliche Bedenken, und es bestehen gewisse Analogien zur Diskussion über ELF-Leukämie und Hinweise aus in vitro und in vivo Untersuchungen.

Die Bevölkerung erwartet eine gesunde Umwelt; aber was bedeutet Gesundheit? In der WHO-Verfassung wird Gesundheit (Health) wie folgt definiert:

Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity. *(Gesundheit ist ein Zustand vollständigen physikalischen, mentalen und sozialen Wohlfühlens und nicht nur das Nichtvorhandensein von Krankheit und Gebrechlichkeit.)*

Diese weitgespannte Definition der Gesundheit dient als Basis der öffentlichen Diskussion.

Leeka Kheifets befasste sich ausführlich mit den möglichen Schwierigkeiten und Variabilitäten, die bei einem Studienkonzept zu berücksichtigen sind. Sie stellte die Machbarkeit einer solchen „gut geplanten“ epidemiologischen Studie zur Diskussion.

Dies reflektierte auch ein Kommentar aus dem Zuhörerkreis, der solche Studien über die sehr schwache Exposition der Bevölkerung durch Basisstationen als Verschwendung von Geld und Zeit betrachtete. Dieser Diskussionsbeitrag wurde mit Applaus von vielen Zuhörern aufgenommen.

Der letzte Plenarbeitrag wurde von Elisabeth Cardis von der IARC vorgetragen und befasste sich mit dem Studienthema: „Anwendung von Mobiltelefonen und Krebs“. Kurz vorgestellt wurde die zurzeit laufende internationale INTERPHONE-Studie, die als Thema die Kanzerogenität von Feldern des Mobilfunks zum Gegenstand hat. Das Studiendesign ist eine bevölkerungsbasierte Fall-Kontrollstudie mit den Krebslokalisationen Gliom, Meningiom, Akusticus neurinom und Ohrspeicheldrüsentumore.

Die multinationale Studie begann am 1. Sept. 2000 und die Rekrutierung wird voraussichtlich 2003 enden. Ergebnisse der nationalen Analysen sind 2003-2004, die der internationalen Analyse bis 2005 zu erwarten. Fast alle europäischen Länder

sind beteiligt, weiterhin Japan, Australien, Neuseeland, Israel und Kanada. Ausgegangen wird von insgesamt 6279 Fällen von Gehirntumoren, 1015 Fällen von Akusticus neurinomen und 580 Ohrspeicheldrüsentumoren.

Mögliche, zu erwartende Probleme werden

- in der Latenzzeit der Tumore,
- der statistischen Teststärke (Power),
- einer Falschklassifikation der Exposition,
- im Bias (systematische, unbewusste Verzerrung von Ergebnissen) bei der nachträglichen Datenerhebung bei Fällen und Kontrollen (Recall Bias),
- und dem Bias der Auswahl (Selection Bias) gesehen.

Elisabeth Cardis ging auch auf die Unwägbarkeiten ein, wie die Prävalenz der Mobilfunknutzung in der Vergangenheit, die nicht auszuschließende Beeinflussung auch anderer HF-Feldquellen, die unterschiedliche, individuelle Handhabung der Mobiltelefone, Dauer der Gespräche, Nähe zu den Basisstationen etc.

Ergänzt wurden diese eher allgemeinen Ansätze der Plenarvorträge durch weitere Vorträge und Poster mit dem Thema Epidemiologie und Mobilfunk betreffend Analysen über unterschiedliche Bedingungen der anzunehmenden Exposition, abhängig von einer Reihe von Parametern wie:

- Geographische Unterschiede,
- Entfernung zwischen Basisstation und Telefonierer,
- Dichte der Sendemasten (städtische vs. ländliche Gegend),
- Innerhalb oder außerhalb von Gebäuden,
- Nutzung im KfZ
- Betriebsart (TDMA, FDMA, CDMA),
- Arbeitsstätte, Freizeit, Sport,
- usw.

Eine Berücksichtigung solcher Details kann erheblich dazu beitragen, die Expositionsabschätzung zu verbessern. Als Idealziel wird jedoch eine individuelle Langzeit-Expositionsbestimmung, vergleichbar

mit einem Personen-Dosimeter bei ionisierender Strahlenexposition, gesehen. Entwicklungen sind hierzu im Gange, sowohl für die breitbandige Aufzeichnung aller Funkanwendungen, als auch selektiv für die schmalen Bänder des Mobilfunks.

Behandelt wurden auch methodische Ansätze

- zur Rekrutierung von Mobiltelefonnutzern nach Zufallskriterien
- zur Validierung der Methoden für die Bestimmung der Gesprächszeiten und Anzahl der Gespräche. Fragebögen und Rechnungen, bestehend aus den Daten der Netzanbieter für ankommende und abgehende Gespräche, müssen dann verglichen werden.

Als Fazit wurde angegeben, dass in der allgemeinen Bevölkerung nur wenig „Vielfachtelefonierer“ sind, dass die ausgehenden Telefonate bezeichnend sind für alle geführten Gespräche und dass Personen-Fragebögen generell den Mobiltelefongebrauch überschätzen.

Sehr eingehend hat sich ein Beitrag mit der Bestimmung einer individuellen Exposition durch Basisstationen-Mobilfunkfelder (Downlink) befasst. Der Vortragende ging gleich eingangs seiner Präsentation auf die Gesamtenergie, mit der der Kopf eines Individuums durch ein Mobiltelefon und der Strahlung einer Basisstation ($\ll 1 \text{ mW/cm}^2$) exponiert wird, ein. Plakativ stellte der Sprecher heraus: „1 Minute Handynutzung entspricht 3,4 Jahren einer mittleren EMF-Energieaufnahme durch eine Basisstation.“

Im Zusammenhang mit der mobilen Kommunikation ist noch auf weitere Beiträge hinzuweisen:

- Eine Posterpräsentation über eine epidemiologische Studie in Schweden, in der kein erhöhtes Risiko für die Entstehung von Tumoren der Ohrspeicheldrüse durch Mobiltelefone oder schnurlose Telefone ermittelt werden konnte.
- Eine Untersuchung über das Verhalten der Melatonin-Ausschüttung, abhängig von der Nutzung mobiler Telefone. Be-

richtet wurde von einer Studie von 1998, wo eine expositionsabhängige Verminderung der Melatoninsekretion bei Mobiltelefon-Anwendern, die mehr als 25 Minuten pro Tag telefonieren, beobachtet wurde. Auch zeigte sich ein Kombinationseffekt bei gleichzeitiger Exposition durch 60 Hz Magnetfelder.

Über ELF Exposition und Epidemiologie gab es ebenfalls einige interessante Berichte. Zum Beispiel zu „Magnetfeldern im Wohnbereich“ und „Leukämie im Kindesalter durch Kontaktströme“, ein speziell US-amerikanisches Problem, wo in Haushalten Ströme über die Wasserversorgung zurückfließen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Zusammenhänge zwischen häuslichen Magnetfeldbelastungen und Kontaktströmen vermutet und weitere Untersuchungen zur Frage der Entstehung von Leukämie im Kindesalter durch Magnetfelder als mögliche Ursache angeregt.

In einem zweiten Bericht von Maria Feychting wurde eine epidemiologische Untersuchung aus Schweden über berufliche Magnetfeldexposition und neurodegenerative Erkrankungen, mit der Hypothese eines höheren Risikos für ALS (amyotrophische Lateralsklerose) und Morbus Alzheimer, vorgestellt. In einem Beobachtungszeitraum von 1981 bis 1995 konnte von 2000 Alzheimer-Fällen und 1965 ALS-Fällen ausgegangen werden. Als Ergebnisse wurden zusammengefasst:

- eine Unterstützung der These, dass berufliche ELF-Magnetfeldexposition das Risiko von Alzheimer erhöht,
- dass andere Faktoren ggf. eine Rolle spielen (Confounder)
- keine Unterstützung der These, dass ALS gefördert wird.

Erwähnenswert sind noch einige Posterpräsentationen über Symptome wie Müdigkeit, Kopfschmerzen und Wärmempfindungen in den Händen bei Plastikschweißern durch intensive HF-Exposition (27 MHz) und eine weitere Untersu-

chung über eine berufliche ELF-Exposition und die Entstehung oder Begünstigung von Tumoren des endokrinen Systems. Die Ergebnisse beider Studien sind aber nicht so zwingend. Bei den Plastikschweißern wurde ein nicht signifikanter Unterschied zwischen Exponierten und Kontrollen gefunden und daraus auf eine Prävalenz gewisser Symptome geschlossen. In einem Poster wurde von einem vermehrten Auftreten von Tumoren der Hypophyse bei Schweißern und Eisenbahningenieuren berichtet. Nicht beantwortet wurde, ob bei den Schweißern die Dämpfe der Flussmittel dafür verantwortlich sind.

Bei dem letzten im Rahmen der Epidemiologie vorzustellenden Bericht handelt es sich um eine retrospektive (in die Vergangenheit gerichtete) Studie über die Mortalität durch kardiovaskuläre Erkrankungen als Folge beruflicher 50 Hz Magnetfeldexposition. Die Ergebnisse stützen jedoch nicht diese These, und Ergebnisse anderer Untersuchungen der Vergangenheit, die solche Zusammenhänge gefunden haben, werden dadurch relativiert.

Abschließend zum Thema Epidemiologie muss zusammengefasst werden, dass sich mehr und mehr herausstellt, dass diese Wissenschaft nicht die „Wunderwaffe“ zur Erkennung tatsächlicher Risiken ist. Die Probleme stecken im Detail. Hauptprobleme sind die Dosimetrie und die individuelle Zuordnung einer tatsächlichen Exposition. Weiterhin fehlt eine konsequente Berücksichtigung anderer Einflussfaktoren. Prospektive Studien bieten hier Vorteile und lassen es zu, viele andere Einflüsse zu erkennen und zu berücksichtigen.

Als Resümee zu epidemiologischen Studien sei dargestellt: Werden epidemiologische Studien zum Gebrauch von Mobiltelefonen als sinnvoll erachtet, so sind Studien über Basisstationen abzulehnen. Sie sind meiner Meinung nach eine Verschwendung von Zeit und Geld, das man anders verwenden könnte, z.B. für die Leukämieforschung. Im Grunde genommen

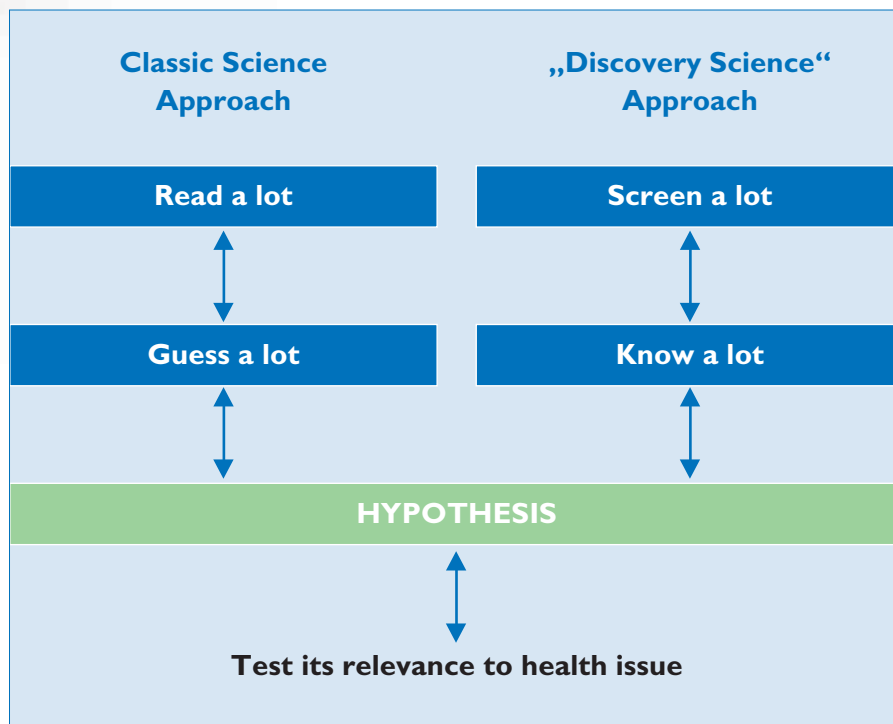
haben die Beiträge, bis auf wenige Ausnahmen keine signifikant neuen Erkenntnisse gebracht. Die Plenarbeiträge waren enttäuschend und man hat sich mehr aktuelle Informationen aus erster Hand erwartet, gerade von der laufenden Studie der IARC.

Wirkungsmechanismen

Bei den beiden Vorträgen zu diesem Plenartheema handelte es sich um mit theoretischen Ansätzen überladene Beiträge, die teils erhebliche detaillierte Kenntnisse molekularbiologischer und biophysikalischer Art erfordern. Die zwei Inhalte waren sehr unterschiedlich und bezogen sich beim ersten Thema auf zwei Näherungen zur Hypothesengenerierung mit molekularbiologischen Ansätzen, entsprechend nebenstehender Abbildung:

Diese zeigt zwei Wege, die zur Hypothese führen, den klassischen Weg und den „Discovery Science Approach“, der letztlich zur Entwicklung der so genannten „High-Throughput Screening Technique“ (HTST) führte. Letztere zeichnet sich dadurch aus, dass sie sich auf gründliche Ermittlungen aus dem aktuellen molekularbiologischen Wissensstand begründet und nicht auf Vermutungen („Guess a lot“).

Es gibt nur wenig publizierte Studien, wo HTST angesetzt wurde, um aufklärende Fakten zu Wirkungen durch EMF zu untersuchen. Im vorliegenden Beitrag wurde deshalb HTST eingesetzt, um gesamtgesellschaftliche Veränderungen von Genen und Proteinen von Endothel-Zelllinien bei ein-stündiger Exposition durch 900 MHz GSM Strahlung, bei einer SAR von 2,4 W/kg und einer Durchschnittstemperatur von 37 °C, zu untersuchen. Das Ergebnis war, dass nur ca. 10 Gene von 3600 untersuchten ihre Expression verändern und parallel dazu traten Aktivitätsänderungen, die bei einigen hundert Proteinen auf der Basis des Protein-Phosphorylationsstatus und einigen 10 Modifikationen im Expressionslevel von Proteinen auf. Kombinationen dieser Beobachtungen weisen auf



Transduktionswege durch EMF-Exposition hin. Insgesamt hat die Anwendung von HTST in meinen Augen die in sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllt und keine eindeutigeren Hinweise oder gar Beweise für eine Gesundheitsbeeinträchtigung geliefert.

Der zweite Plenarvortrag hatte Resonanzen biologischer Moleküle zum Gegenstand. Die Absorption elektromagnetischer Energie hängt ausschließlich von der Umsetzung in mechanische Bewegung von Ladungen (Dipolen) und deren Dynamik ab. Die Frequenzbereiche, wo molekulare Absorption stattfindet, hängen folglich von deren physikalischen Eigenschaften ab.

In dem Beitrag wurden die physikalischen Eigenschaften wie Elastizität, Masendichte und interne Wechselwirkungen biologischer Moleküle untersucht und die niedrigsten Frequenzen einer molekularen Resonanz untersucht. Das Ergebnis war, dass kein einziges Molekül Absorptionsmodi bei Frequenzen < 10 GHz zeigte. Eine grobe Abhängigkeit lässt sich durch die Beziehung $f = 7380/D$, mit f als unterster Frequenz und D als längster Molekülabmessung in Ångström ableiten.

Zusammenfassend wird das Potential von HF-Feldern zur Beeinflussung einzelner Moleküle als sehr gering angesehen. Verluste bei einigen GHz sind dielektrischer Art und durch das Wasser (gebundenes und freies Wasser) begründet und nicht durch die Molekülstrukturen selbst. Die durch Molekülstrukturen selbst hervorgerufenen Resonanzen treten in Bereichen größer als 150 GHz auf.

Der Bogen der Vorträge und Poster umfasste sehr vielfältige Forschungsgebiete, sowohl von den Organen bis hin zu subzellulären Strukturen bei hohen Frequenzen als auch ELF:

- Organresonanzen in Teil- und Ganzkörpermodellen,
- Modellbetrachtungen zur lokalisierten Hauterwärmung an einem Ganzkörpermodell,
- Magnetisch induzierte transmembrane Ionenleitung,
- Anwendung der Diffusions-Tensoren-MRI zur Ermittlung der Leitfähigkeitstensoren im Rattengehirn,
- Beeinflussung subzellulärer Absorption elektrischer Feldenergie durch molekulare Eigenschaften.

Biologische Effekte elektromagnetischer Felder – Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

Dass die beiden die Tagung einführenden Plenarthemen von mir erst abschließend behandelt werden, ist volle Absicht und deren Diskussion ist eher geeignet, in einen Ausblick integriert zu werden, als den Bericht einzuleiten. Die Erwartungen, nämlich eine Übersicht über Vergangenes, Gegenwärtiges und zukünftige Trends, wurden durch sie aber nicht erfüllt. Geboten wurde statt dessen eine Zusammenstellung des gesicherten Wissens über tierexperimentelle Untersuchungen. Dabei handelte es sich um eine sehr allgemeine Darstellung über die Stellung und Wertigkeit dieser Experimente, unter den Gesichtspunkten der unterschiedlichen Studiendesigns und deren Vorteile durch Untersuchung an Gesamtorganismen wie:

- Kontrollierbarkeit experimenteller Parameter,
- Untersuchung verschiedener Hypothesen,
- Genaue Vorgabe der Exposition
- usw.

Gerade im Vergleich zu epidemiologischen Methoden, mit deren mehrdeutigen Ergebnissen und der geringen statistischen Aussagekraft (Power) zur Ermittlung von Einflüssen elektromagnetischer Strahlung auf die Gesundheit, sind Tierexperimente eher geeignet Zusammenhänge aufzudecken. Trotzdem ist bei den vielen Ansätzen von Experimenten und Modellen eine Übertragung auf den Menschen fragwürdig.

Schwerpunktmäßig diskutiert wurden folgende aktuelle Studienbereiche in dieser Plenarsitzung:

1. **Karziogenese:** Als Methoden zur Untersuchung der Karziogenese wurden unterschieden

- Spontane Tumorentwicklung
- Initiations- und Promotionsmodelle
- Co-Karziogenität
- Transplantationsstudien

ELF: Bei den „Bioassay“ Studien (Testverfahren, um bestimmte Substanzen nachzuweisen) mit chronischer Langzeitexposition konnte keine Erhöhung der Kanzerogenität abgeleitet werden. Die Ergebnisse von Initiations- und Promotionsstudien im ELF-Bereich ergaben überwiegend negative Resultate, obwohl auch einige positive Effekte beobachtet wurden. Für letztere laufen einige Replikationsstudien, um diese Ergebnisse zu verifizieren.

HF: Im HF-Bereich (einschließlich GSM) wurden überwiegend keine Effekte auf die Tumorentstehung oder -promotion beobachtet. Diskutiert werden nach wie vor Hinweise auf eine Brustkrebsförderung und die Ergebnisse der Repacholi-Studie von 1997 (pim-1 Mäuse). Hierzu gibt es bereits Replikationen, die diese Effekte nicht bestätigen konnten.

2. Neuronale Wirkungen und Verhaltensstudien:

ELF: Hier gibt es klare Beweise für Verhaltenswirkungen.

HF: Festgestellte Wirkungen sind reversibel. Es bestehen keine Beweise für permanente oder Langzeiteffekte. Beobachtete Wirkungen gehen oft einher mit einer Temperaturerhöhung.

3. Reproduktion und Entwicklung bei ELF- und HF-Exposition:

ELF: Eine große Zahl von Arbeiten wurde hierzu veröffentlicht. Die „Peer Reviewed“ Literatur weist keine beweisbaren Zusammenhänge zwischen ELF und Reproduktion und Entwicklung bei Säugern auf. Bei Nichtsäugetieren sind die Hinweise widersprüchlicher mit sowohl positiven als auch negativen Ergebnissen.

HF: Die Mehrzahl von Untersuchungen wurden an Ratten, Mäusen und Hamstern durchgeführt, schwerpunktmäßig bei 2,45 GHz. Es gibt nur wenige Untersuchungen bei 800 MHz und 1800 MHz der mobilen Kommunikation. Überwiegend sind alle positiven Befunde auf eine Erhöhung der Kerntemperatur der Muttertiere zurückzuführen.

Abschließend wurde bei der HF-Anwendung die Übertragbarkeit der im Tierexperiment verwendeten Dosen auf den Menschen behandelt.

- Ganzkörper versus organspezifische SAR,
- Thermische gegen athermische Exposition,
- Mikrothermische Veränderungen,
- Einfluss der Frequenz bei der Extrapolation von Tierversuchsergebnissen auf den Menschen.

Zusammenfassend zitiere ich die Bewertung „Gesundheitsrelevanz ELF-elektrischer und magnetischer Felder“ durch die U.S. National Academy, dass keine Zusammenhänge zwischen Exposition und Gesundheitsschädigung gefunden wurden.

Der zweite einführende Plenarbeitrag, der von Michael Repacholi vorgetragen wurde, konnte die Erwartungen, neue Ergebnisse von der EMF-Studie der WHO zu erfüllen, nicht erfüllen. Geboten wurde - wie fast bei jeder der vergangenen Jahrestagungen - eine Vorstellung des Internationalen EMF-Projekts, dessen Ziele, die internationale Zusammenarbeit mit IARC, UNEP, ICNIRP, ILO, IEC, NATO, ITU & EU, sowie mit mehr als 50 nationalen Partnern, WHO Collaborating Centers und unabhängigen wissenschaftlichen Agenturen.

Repacholi wies auf die Rolle der WHO-Mitarbeiter bei dem Projekt hin und erläuterte deren spezielle Aufgaben in diesem Verbund. Er gab eine Reihe von Erläuterungen zu Festlegungen über biologische oder Gesundheitseffekte, Risikobewertung, den WHO Umweltkriterien für die Gesundheit und abschließend die Abstufung der Kanzerogenitätseinschätzung der IARC, die an dieser Stelle nochmals (zum wiederholten Male bei Tagungsberichten) vorgestellt wurde:

- | | |
|----------|---|
| Group 1 | <i>Is carcinogenic to humans (krebserregend)</i> |
| Group 2A | <i>Probably carcinogenic to humans (vermutlich krebserregend)</i> |

Klassifikation	Bestätigt für Stoffe
Kanzerogen für Menschen (aufgrund einer gesicherten wissenschaftlichen Beweislage)	Asbest, Senfgas, Tabak (als Rauch oder in anderen Genussformen), γ -Strahlung
Wahrscheinlich kanzerogen für Menschen (aufgrund von Ergebnissen einer Kanzerogenität aus Tierexperimenten)	Dieselabgase, Formaldehyd, Höhensonnen, UV-Lampen
Möglicherweise kanzerogen für Menschen (Beurteilung auf der Basis von Hinweisen aus der Humanforschung, wo aber andere Begründungen nicht auszuschließen sind)	Kaffee, sauer eingelegtes Gemüse, Styrene, Benzinabgase, Lötdämpfe, ELF-Magnetfelder

Group 2B Possibly carcinogenic to humans (möglicherweise krebserrregend)

Group 3 Not classifiable as human carcinogen (nicht klassifizierbar als krebserrregend)

Group 4 Probably not carcinogenic to humans (vermutlich nicht krebserrregend)

Die Einstufung von ELF-Exposition als "Possible Human Carcinogen" wurde begründet und bekannten karzinogenen Schadstoffen (Agens) gegenübergestellt, entsprechend der unten stehenden Tabelle.

Repacholi diskutierte die Hintergründe dieser Einschätzung für ELF-Felder aufgrund gesicherter Fakten und auch bestehender Wissenslücken.

Im Rahmen seines Vortrags wurden HF-Effekte in Form einer Erwärmung unterhalb 4 W/kg SAR abgehandelt. „Etabliert“ und soweit bestätigt sind Verhaltenseffekte und verminderte Belastungsfähigkeit. „Nichtetablierte“ Wirkungen sind Gedächtnisverlust, Krebs, Blutdruckänderungen, subjektive Effekte, Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke, Veränderung der Reaktionszeit u.a.m.

Im Vordergrund des WHO-Interesses steht die Wirkung von EMF auf Kinder: Auf Grund ihres sich in der Entwicklung befindlichen Nervensystems, einer höheren Energieabsorption im Kopfgewebe und einer höheren Lebensexpositionsdauer nimmt man an, dass Kinder in Bezug auf

EMF empfindlicher seien als Erwachsene. Ausgehend von dieser Annahme präsentierte Repacholi eine Aufstellung von Vorsorgemaßnahmen: Telefonate sollten vermieden werden bzw. nur dann erfolgen, wenn sie unvermeidlich seien. Werbung für Mobiltelefone sollte nur noch eingeschränkt zulässig sein.

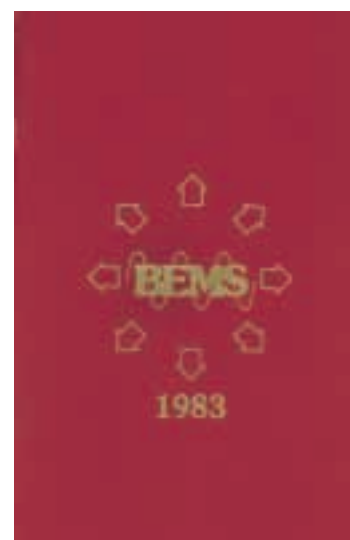
Abschließend behandelte er die WHO-Empfehlungen für die Mitgliedsstaaten, die Notwendigkeit der Risikoabschätzung und -kommunikation und einer Standard-Harmonisierung. Er ging jedoch nicht auf erste Resultate der EMF-Studien ein, wie im Thema angekündigt.

Insgesamt waren beide Einführungsvorträge enttäuschend und von wenig neuer Substanz, insbesondere was Vergangenheit, Gegenwart und zukünftige Trends und Perspektiven bedeutet.

Meine ganz persönliche Wertung:

Aus Anlass des 25 jährigen Jubiläums wird von mir versucht, eine Bewertung über das Vergangene, das Bestehende zu machen und welche zukünftige Weichenstellungen ich für erforderlich halte.

Neben dem 25 jährigen Jubiläum, meiner zehnjährigen Mitgliedschaft in der BEMS und dem zehnten Tagungsbericht für den Newsletter der FGF, gab es noch ein anderes Ereignis. Vor 20 Jahren fand meine erste Teilnahme bei einer BEMS Jahrestagung in Boulder, Colorado an der University of Colorado statt. Nachstehen-



des Bild zeigt das Programmheft der damaligen Jahrestagung. Erstaunlich viele Namen im Vorstand, bei den Sitzungsleitern und Vortragenden findet man, die heute noch in der Gesellschaft in offiziellen Positionen sind, wie Maria A Stuchly, Eleanor R. Adair, Frank S. Barns, C.K. Chou, Asher Sheppard, Kjell Hanson Mild und viele andere mehr. Anlass der Teilnahme bei der 5. Jahrestagung war ein persönlicher Beitrag über den Einsatz von Mikrowellen zum Feststellen von Lungenödemen („Possible Use of Short Waves to Detect Lung Edema“).

Das 25. Jubiläumsprogramm brachte mich auf die Idee, die Schwerpunkte der 5. Jahrestagung vor 20 Jahren und die der 25. Jubiläumstagung zu vergleichen. Auch damals standen die Themen Zelluläre Effekte, Standards, Expositionseinrichtungen, Genetische Effekte, Dosimetrie, neurologische, physiologische und Verhaltenseffekte und die medizinische Anwendung im Vordergrund. Erstaunlicherweise fehlte die Epidemiologie als Topic. Erstaunlich deshalb, weil die Veröffentlichung der Wertheimer/Leeper Studie von 1979 und einige Folgestudien damals sehr aktuell waren.

Heute beherrscht das Thema „Mobile Kommunikation“ und insbesondere mögliche Gesundheitsgefahren durch die Handapparate und Bedenken der Öffentlichkeit gegen die Emissionen der Basisstationen die Jahrestagungen. Was ist seit der Gründung der BEMS an Fakten herausgekommen? Gerade die Jubiläumstagung hat gezeigt, dass es den Beweis für eine Gesundheitsschädlichkeit bisher nicht gibt, allenfalls nach wie vor nur Hinweise bestehen.

Groß angelegte epidemiologische Studien der WHO/IARC über Mobiltelefone und Hirntumore laufen zur Zeit, eine erste nationale Bewertung ist erst 2003/2004 zu erwarten. Bei Studien über Basisstationen wird die Machbarkeit aufgrund bestehender Schwierigkeiten der Einschätzung von Expositionen sehr in Frage gestellt.

Bei den Feldern der 50/60 Hz Energieversorgung haben sich die Erkenntnisse über Leukämieerkrankungen nicht konkretisiert und es bleibt bei der vagen Einschätzung eines „Verdachts“ der Kanzerogenität.

Diesen Bewertungen aufgrund der Beiträge zu Epidemiologie stehen eine Vielzahl von in vitro und in vivo Arbeiten gegenüber, die nichts Konkretes zu einem möglichen Gefährdungsszenario beitragen konnten. Es besteht aber auch kein Anlass zu einer generellen Entwarnung. So findet auch dieses Jahr jeder – basierend auf seiner persönlichen Erwartungshaltung und Einstellung – etwas pro oder kontra geboten, das er mit nach Hause nehmen kann. Nur hat sich das wissenschaftlich gesicherte Gesamtbild durch diese Veranstaltung nicht geändert. Konkrete Hinweise oder gar Beweise für eine gesundheitliche Beeinträchtigung wurden nicht präsentiert und der Umkehrschluss einer zu beweisenden Harmlosigkeit (Nullbeweis) ist nicht möglich.

Mein persönliches „Highlight“ dieser Tagung war die Präsentation und Diskussion der Replikationsstudie über „Langzeitexpositionen von Em-PIM1 transgenen Mäusen durch GSM-Signale“, bei der keine erhöhte Lymphom-Inzidenz festgestellt wurde und damit die Ergebnisse der Repacholi-Studie von 1997 nicht reproduziert werden konnten. Auch das sang- und klanglose Zurückziehen des angekündigten Posters um die viel diskutierte Neuvorstellung der Untersuchungen von der schwedischen Arbeitsgruppe um Salford über die Blut-Hirn-Schranke und dem Auftreten von „dark neurons“ war für mich bezeichnend.

So war also die 25. Jahrestagung in Maui, Hawaii vor allem durch die Landschaft ein Konferenzort der Superlative, nicht aber der gewonnenen Erkenntnisse.

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