

BEMS 1996:

Behutsame Aufarbeitung von Details

Workshops

Fast schon Tradition (vgl. BEMS 95, Boston) haben am Anfang der Tagung die Workshops von der WTR (Wireless Technology Research L.L.C) und der USAF (US Air Force Armstrong Laboratory, Brooks AF-Base TX).

Thema der Präsentationen durch die WTR war die Störbarkeit von Herzschrittmachern durch Mobilfunk. Die Herzschrittmacher wurden dabei nach den in den USA, Kanada und Europa eingeführten Systemen unterschieden. Es wurde eine umfassende Übersicht der Literatur gegeben, aber auch eigene Forschungsarbeiten vorgestellt und kommentiert.

Als kritisch für Herzschrittmachertäger wurden in Brustnähe betriebene Geräte angesehen – insbesondere beim Wahlvorgang und bei ankommenden Gesprächen (Rufton). Generell wurde aber von keinen Einflüssen auf Schrittmacher berichtet, wenn das Mobiltelefon im normalen Hörbetrieb ans Ohr gehalten wurde.

Gegenstand der Workshops der USAF waren eine Literaturübersicht und eine Einführung in die Methoden der Dosimetrie hoch-

frequenter elektromagnetischer Felder. Vorgestellt wurden, aufgrund von MRI-Untersuchungen für die FDTD, auch unterschiedliche physikalische Modellansätze – sowohl von der Geometrie als auch von der Schichtung – zur Simulation des menschlichen Körpers oder von Körperteilen wie



Priv.-Doz. Dr. Otto Petrowicz vom Institut für Experimentelle Chirurgie der Technischen Universität München (Foto: TU München)

den Kopf. Begründet sind diese Aktivitäten durch die Notwendigkeit, Stoffe zu finden, die den menschlichen Eigenschaften der einzelnen Körperschichten sowohl von der Permittivitätszahl ϵ als auch von der Leitfähigkeit σ entsprechen.

Abschließend wurde die Palette vorhandener Hochfrequenz-SAR-Dosimeter behandelt und ein neu entwickelter passiver Langzeitdosimeter vorgestellt.

Die Beiträge von der USAF wurden im Rahmen von Posterpräsentationen detailliert behandelt und fanden auch in den Dosimetriesitzungen ihre Fortsetzung. Vorgestellt wurde unter anderem ein Verfahren zur Messung der Oberflächen-SAR mit einer Infrarot-Kamera.

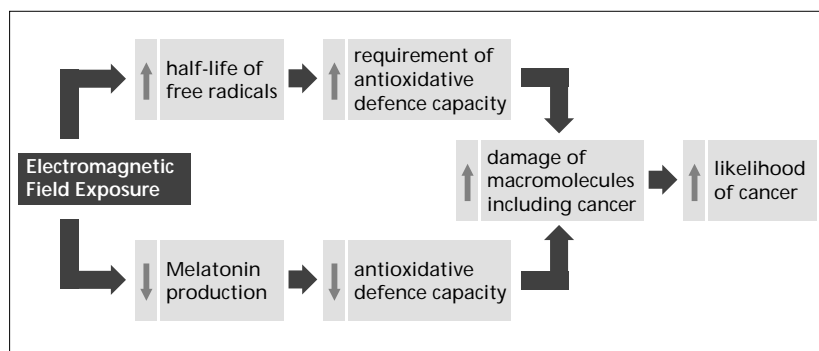
Melatonin

Von besonderer Bedeutung erschien den Veranstaltern die Thematik „Melatonin“, die den anderen Themen vorangestellt wurde. Im Einführungsvortrag von Russel J. Reiter aus San Antonio (Texas) wurde, ausgehend von den Grundlagen über freie Radikale, der mögliche Einfluß von Melatonin auf die Halbwertszeit freier Radikale und als deren Stabilisator diskutiert.

In Verbindung mit elektromagnetischer Feldern könnten folgende Konsequenzen eintreten:

1. Melatonin als „Radikalfänger“.

2. ELF-Felder inhibiert die Melatonin synthese.
3. Freie Radikale (Halbwertszeit von 10^{-9} s bis min) werden langlebiger.
4. Freie Radikale treten in höherer Konzentration auf.
5. Interaktionen mit anderen Molekülen sind damit häufiger zu erwarten.



Funktionsschema von R.J. Reiter

In modifizierter Form hat R.J. Reiter das grobe Funktionsschema (siehe Abb. rechts), das er bereits auf der BEMS 95 in Boston vorgestellt hatte, nochmals präsentiert.

Ergänzt wurden Reiters Ausführungen durch eine Reihe von kritischen Bemerkungen zu seiner Theorie. Zwei Fragen wurden dabei hervorgehoben:

- Wie ist die Melatoninausschüttung nachts und die Entstehung freier Radikale mit der Evolution und Anpassung des Menschen an die Umwelt zu erklären?
- Zur Einnahme von Melatonin in den USA als Modedroge: Zeigen sich bereits Auswirkungen in der Epidemiologie (Krebsinzidenz und -mortalität)?

Eine Auseinandersetzung mit der Rolle des Melatonins fand auch in einer Reihe von Vorträgen und Posterpräsentationen statt. Hier wurden überwiegend Untersuchungen an MCF-7 Brustkrebszellen zur Inhibition der Melatoninwirkung oder an Tamoxifen durch ELF-Felder bei der Zellproliferation vorgestellt.

In vier Arbeiten, wovon drei aus ein und dem selben Labor stammen, wurde von einer Inhibierung des protektiven Effekts (vermin-

dertes Zellwachstum von Krebszellen) von Melatonin durch ELF 60 Hz 12 mG-Felder berichtet. Weitere Arbeiten befaßten sich mit Untersuchungen an Menschen. In einer davon wurde der Melatoninspiegel bei Schichtarbeitern bestimmt, bei der keine Senkung durch ELF-Feldexposition nachgewiesen werden konnte. Eine andere Arbeitsgruppe fand ebenfalls keinen statistisch gesicherten Einfluß auf die Melatoninbildung, allerdings fanden sich Hinweise auf feldabhängige Effekte auf einige Hämatologie- und Immunparameter (T-Helfer-Zellen CD4 und Natural Killer-Zellen CD56).

Melatoninspiegeluntersuchungen an Beschäftigten von Stromerzeugern und der verteilenden Industrie ergaben Hinweise auf einen Einfluß von Magnetfeldern auf die Tagesrhythmik der Melatoninproduktion. Es wurde aber darauf hingewiesen, daß bisher nicht alle Daten ausgewertet wurden. Von einer japanischen Arbeitsgruppe wurde über eine Senkung des nächtlichen Melatoninspiegels bei vier Probanden, die längere Zeit mittels Heizdecken exponiert wurden, berichtet. Dabei wurden sehr starke individuelle Schwankungen beobachtet.

Eine weitere Arbeit fand keine Zusammenhänge – wie in Tierversuchen an Ratten bei 50 Hz, 100 μ T, wo nach 24 h Exposition keine Veränderung des Sulphatoxymelatonins zu erkennen war.

Die Frage der Bedeutung des Hormons Melatonin zur Tumorphibition und des Einflusses von ELF-Feldern auf dessen Produktion bleibt trotzdem offen. Klare Beweise für eine Beeinflussung der Melatoninproduktion durch elektromagnetische Felder in Tierversuchen und in Studien an z.B. beruflich exponierten Personen wurden nicht gefunden. Die einzelnen Berichte sind widersprüchlich. Unklar ist nach wie vor auch die Funktion von Melatonin als „Radikalfänger“ und damit dessen potentielle tumorprotektive Wirkung.

Epidemiologie

In der Themengruppe „Epidemiologie“ waren die Beiträge der Vortragsitzungen und Posterpräsentationen sehr verschieden, und Zusammenhänge zwischen Feldern und allgemeinen oder speziellen Krebslokalisationen bezogen sich auf unterschiedliche Zielgruppen (wie Kinder, Erwachsene, Gesamt-

bevölkerung, Metallarbeiter und Schweißer und schwangere Frauen). Neben der Fall-Kontroll-Studie aus Mainz zur Frage der Leukämieunterstützung magnetischer Felder im Kindesalter, durchgeführt in Niedersachsen, die, wenn überhaupt, nur sehr schwache, nicht-signifikante Assoziationen vermuten läßt, wurde auch eine finnische epidemiologische Studie an Erwachsenen vorgestellt. Diese Studie läßt auf kein Risiko für Erwachsene bezüglich Leukämie, Tumore des Gehirns, des Nervensystems und der Brustdrüse schließen.

In zwei Beiträgen wurde der soziale Status wie Mieterstatus, Verkehrsdichte gegenüber „Wire-Code“ als Einfluß untersucht. Es fanden sich Zusammenhänge für Tumore im Kindesalter, speziell in

Vororten der San Francisco Bay. Diskutiert wurden auch die unterschiedlichen Risikoabschätzungen bei Verwendung des „Wire-Codes“ und der tatsächlichen Magnetfeldmessungen, was als „Wire-Code“-Paradox bezeichnet wurde.

Eine Untersuchung über die Höhe der ELF-Magnetfeld-Exposition bei Metallhandwerkern und Schweißern erbrachte – bedingt durch Unterschiede in der Exposition, die teils um Größenordnungen variierten – sehr unterschiedliche Ergebnisse.

Bei Betrachtung all dieser Beiträge – einschließlich der speziellen Untersuchungen über die Einflüsse von Heizdecken und Wasserbettheizungen auf schwangere Frauen und eine damit verbundene allge-

meine oder saisonale Erhöhung des Risikos für Fehlgeburten – muß anhand der unterschiedlichen Hinweise für oder gegen eine Assoziation geschlossen werden, daß ein Risiko durch elektrische oder magnetische Felder, ob im häuslichen oder im beruflichen Umfeld, durch Hochspannungsleitungen oder andere Quellen, sehr gering ist, insofern überhaupt ein Risiko besteht.

Biophysikalische Mechanismen

Der rote Faden in diesem auf drei Sitzungen verteilten Hauptthema war die Suche nach einem plausiblen biologischen Modell, das die verschiedensten Wirkungen auf biologische Systeme zeigt – wie

Arbeitsgruppe	Tierspezies	ELF/HF	Gruppen	Carcinogen & Zielparameter	Ergebnisse
J. Juutilainen Finnland	Mäuse	UV and 50 Hz	sham + MF UV-rad. + sham 50 Hz, 100 µT	Ornithin dekarboxilase ODC Putrescin, Spermin, Spermidin	ELF-Effekt auf ODC und Poliamine. Humanbezug ?
C.V. Byus USA	Mäuse	ELF 60 Hz	2 mT Exp. 0,1 mT Sham	Co-Promotion of Carcinogenesis (Chemisch induz. Papillome), ODC + Poliamine	ELF-Effekt auf ODC und Poliamine. Humanbezug ?
W.R. Adey USA, Schweiz	Ratten	836 MHz TDMA	div. Positionen der Quelle und Sham exp.	Carcinogen: ENU (i.v.) Nerventumorwachstum	kein tumorfördernder Effekt. Ggf. eher Protektion
J.E. Morris USA	Mäuse	ELF 60 Hz	2 mT + chem. Promotor vs. 0,2 mT + Promotor	Hautkrebs-Carcinogen Parameter: Körpergewicht & biochem. Parameter, z.B. ODC	keine Wirkung auf Körper- gewicht. Weitere Unters. stehen aus.
L.B. Sasser USA	Ratten	60 Hz M-Feld	10 G und Sham kurzzeitig und Dauerexp.	Tumorzellübertragung von älteren Ratten mit LGL-Leukämie Tumorentwicklung	keine Unterschiede Sham und exponiert
T. Kikuchi Japan	Fruchtfliegen Ratten Mäuse	50 Hz M-Feld	0,5, 5 mTrms	Mutagenität Carcinogenität Einfluß auf Fortpflanzung	negativ negativ negativ
W. Ooba Japan	Mäuse	50 Hz M-Feld	Sham , 0,5 mT, 5 mT	Exposition der Eltern Einfluß auf Neugeborene	kein Einfluß
D.McCormick USA	Mäuse Ratten	60 Hz M-Feld	0 G, 20 mG, 2 G, 10 G	Langzeitbestr. 18,5 h/Tag ü. 2 Jahre	keine Einflüsse auf Toxizität, Todesrate Histo steht aus.
J.R.N. McLean Canada	Mäuse	60 Hz M-Feld	M-Feld ? Dauer 52 Wochen	Chem induz. Papillom: Änderung Benign⇒Malign	keine eindeut. Ergebnisse ggf. Malignitätsvorstufen bei MF

z.B. im Hinblick auf Frequenz- und Amplitudenfenster, auf Resonanzphänomene und letztlich auf die Wirkungsmechanismen der Krebsentstehung und -Promotion.

In Bezug zu den Theorien standen die biophysikalischen Wirkungsmechanismen durch elektromagnetische Felder. Betrachtet wurden die Selbstorganisationsfähigkeit biologischer Systeme, deren periodische und chaotische Resonanz und die Antwort der Selbstorganisationsfähigkeit auf externe Störungen. Aufgrund dieser Mechanismen werden Wirkungen auf biologische Systeme für möglich gehalten.

In Vorträgen und Posterdarstellungen wurden weitere, teilweise konkretere theoretische Modelle vorgestellt und behandelt. Eine Reihe von Beiträgen befaßte sich mit dem Magnetischen Parametri-

schen Resonanzmodell (MPR). Eine Einführung in die Theorie der MPR brachte V.V. Lednev von der russischen Akademie der Wissenschaften im Rahmen eines Posterbeitrags, in welchem er die Anwendung der aus der physikalischen Optik bekannten Parametrischen Resonanz auf die Vorgänge bei Einwirkung schwacher statischer und zeitlich wechselnder Magnetfelder auf kalziumabhängige biochemische Prozesse der Phosphorylierung in zellhaltigen und zellfreien Systemen übertrug.

Generell waren diese Beiträge, die auf Expertenniveau präsentiert wurden, sehr komplex, und ein realer Bezug zu der grundlegenden Thematik war schwer nachvollziehbar. Solche entwickelten theoretischen Modelle müssen durch in vitro oder in vivo Experimente auf ihre Richtigkeit hin untersucht und bestätigt werden. Sie beinhalten aber naturgemäß erhebliche Vereinfachungen und werden dadurch den komplexen Vorgängen in unserem Körper, wenn überhaupt, nur annähernd gerecht.

In vivo Carcinogenesis

Die zentrale Frage über die Wirkungen elektromagnetischer Felder auf Mensch und Umwelt ist die vielfach vermutete, aber kaum zu belegende Cancerogenität. Gefolgert wird – wie bereits im Abschnitt „Epidemiologie“ –, daß ein Risiko durch elektrische oder magnetische Felder, ob im häuslichen oder im beruflichen Umfeld, durch Hochspannungsleitungen oder anderen Quellen, sehr gering ist, insofern überhaupt ein Risiko besteht.

Zu diesem Thema wurden eine Reihe von experimentellen Untersuchungen in Vorträgen und Postern vorgestellt. Alle diese Beiträge sind dahingehend interessant, daß sie am ehesten einen Bezug zu einer reell existierenden Gefährdung herstellen könnten. Die vorgestellten Studien konnten aber in dem vorgegebenen Rahmen nicht detailliert behandelt werden. Es wurde deshalb versucht, einen Überblick in Form einer ausführlichen Tabelle zu geben.

Weitere Beiträge bezogen sich auf die Vorstellung von in vitro und Tierversuchsmodellen, die geeignet sind, Fragen hinsichtlich der elektromagnetischen Feldexposition beantworten zu können. Deutlich wird bei der Diskussion der Beiträge zu dem Thema „Cancerogenesis“, daß fast ausschließlich von „keinen Effekten“ berichtet wurde.

In vitro und in vivo Bioeffekte

Die in zwei Sitzungen abgehandelten Themen waren im ersten Teil die Wirkungen gepulster Hochfrequenzfelder, wie sie in der mobilen Telekommunikation sowohl in den USA/Kanada (TDMA) als auch in Europa (GSM, DCS) vertreten sind. Zwei Beiträge befaßten sich mit der Beeinflussung auf die Ornithine Decarboxylase-Aktivität ODC in C3H10T1/2-Zellen.

Alle Beiträge über in vivo Bioeffekte sind als Zusammenfassungen aller sonstigen tierexperimentellen Untersuchungen zu sehen. Naturgemäß sind die Einzelthemen unterschiedlich und, wie die Themen der Carcinogenesis, kaum in ein

Begriffslexikon

Antioxidantien: leicht oxidierbare Stoffe, die andere Stoffe vor unerwünschter Oxidation schützen

Cancerogenität: Potentielle Fähigkeit von Noxen oder Faktoren, Krebs zu erzeugen

Dosimetrie: Methode zur Bestimmung der Größe einer Exposition

ELF: Extrem Low Frequency (3-3000 Hz)

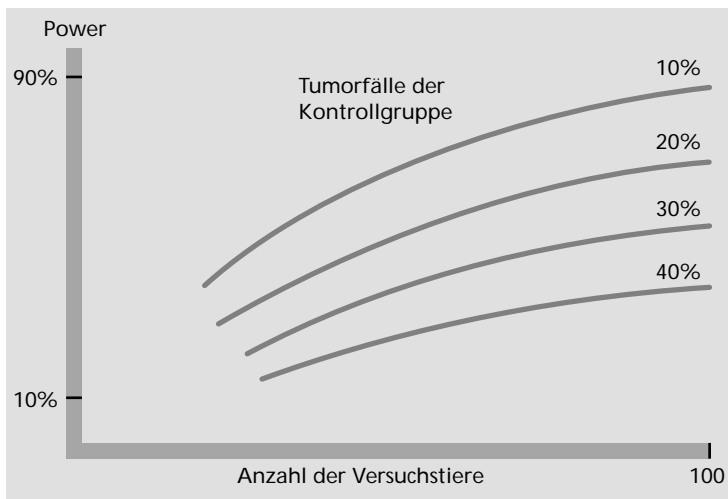
Epidemiologie: Lehre von der Erkennung, Behandlung und Verhütung von Krankheiten

Exposition: Gesamtheit der äußeren Bedingungen, denen ein Organismus ausgesetzt ist, für die Entstehung einer Krankheit

Fall-Kontroll-Studie: Studie mit einer Gruppe mit Risikofaktoren (Fall-Gruppe) und einer davon freien Kontrollgruppe

FDTD (Finite Difference in Time Domain): Finite Elemente Methode im Zeitbereich

Fortsetzung auf S. 22



Grafik von C. Byus zur „Power“ von Teststatistiken

gewandt in in vivo Versuchen. „Power“ bedeutet die Stärke der Aussage, die durch eine Teststatistik erreicht wird. Je mehr sich die auftretenden „Fälle“ in der Kontrollgruppe gegenüber der Expositionsgruppe unterscheiden, um so höher ist die „Power“ anzunehmen. Dazu wurde die nebenstehende Graphik vorgestellt.

Weiterhin wurde differenziert, daß wenn eine Studie eine positive Korrelation zwischen Exposition und Kontrolle findet, die „Power“ hier höher anzusetzen ist als bei einer negativen Korrelation.

Schema zu bringen. Berichtet wird hier über Wirkungen eines Ultra-Breitband-Strahlers (Mikrowellenimpulse im MHz-Bereich) auf Rattenembryos. Was verschiedene Parameter wie z.B. Überlebensfähigkeit und Wachstum betraf, ergaben sich keine Unterschiede zwischen der Sham-Gruppe und den exponierten Embryos.

Weitere Berichte hatten folgende Ergebnisse:

- Wirkung auf das Immunsystem nach Exposition durch 60 Hz elektrisches vs. magnetisches Feld bei Schafen: Gegenüber den Kontrollen gab es keine Unterschiede.
- Entwicklung und Lebensfähigkeit von Kaninchen-Embryos unter in vitro Bedingungen, exponiert mit 1,5 G 60 Hz elektromagnetischen Feldern: Keine Effekte.
- Wirkung von 50 Hz 50-100 µT Magnetfelder auf das Immunsystem weiblicher Ratten. Es gab diverse Befunde: Erkennbar waren zeitlich abhängige Unterschiede bei einzelnen Immunparametern.

- Einfluß starker statischer Magnetfelder, ca. 8 T, auf die Mikrozirkulation der Haut von Ratten: 20 min Exposition zeigte eine 10 - 30 %ige Vasodilatation der Mikrogefäße.

Ein sehr interessantes Ergebnis erbrachte einer Untersuchung über die Regenerationsfähigkeit von Nerven, die mit gepulsten elektromagnetischen Feldern verbessert war.

Als Einführungsvortrag zu den in vivo Untersuchungen stand das Thema „Wichtige Hinweise zum Design und zur Interpretation von Tierversuchsmodellen zur Aufklärung eines EMF/Krebs-Zusammenhangs“. Die Zusammenfassung dieses Vortrages von C. Byus ist sehr gut geeignet, die Themengruppe abschließend zu bewerten. Er wies auf das multidimensionale Problem der Krebsentstehung und -promotion hin, die bei der Diskussion der Ergebnisse selten Berücksichtigung findet. Breiten Raum in seinen Ausführungen widmete C. Byus der Statistik und speziell der „Power“ der Teststatistiken, an-

Fazit

Als abschließende Beurteilung der Tagung muß die sachliche Atmosphäre gewürdigt werden, wo auch gegensätzliche Positionen emotionsfrei diskutiert wurden. Spektakuläre Untersuchungen wurden nicht vorgestellt und neue Thesen behutsam vertreten. Im großen und ganzen gab es wenig Neues zu berichten. Die Tagung war bestimmt von Bemühungen, Details zu behandeln und aufzuarbeiten.

Auch dieses Jahr konnte letztlich der Beweis für eine gesundheitliche Gefahr niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder als auch hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung nicht geführt werden.

Priv.-Doz. Dr. Otto Petrowicz,
Institut für Experimentelle
Chirurgie der Technischen
Universität München

Begriffslexikon

Fortsetzung von S. 18

Hämatologie: Spezialgebiet der Inneren Medizin zu Bluterkrankungen

Inhibierung/Inhibition: Verhinderung

in vitro: Laborversuche an Versuchsmodellen, isolierten Organen oder Zellkulturen

in vivo: Versuche am lebenden Objekt (Mensch, Tier)

karzinogen: Krebs(geschwülste) erzeugend

Lymphozyten: kleine weiße Blutkörperchen

Mammakarziom: Brustkrebs

Melatonin: Hormon der Zirbeldrüse

Myosin: unlösliches Muskeleiweiß, fadenförmiges Molekül

Noradrenalin: Hormon, das im Nebennierenmark und im ganzen sympath. Nervensystem gebildet wird

Noxe: krankheitserregende Ursache

ODC (Ornithin Decarboxylase): Enzym

Östrogene: Hormone

Phosphorylierung, oxidative: Synthese von Adenosintriphosphat zur Speicherung der bei der Oxidation in der

Atmungskette (in den Mitochondrien) freiwerdende Energie

Proteinkinasen: Enzyme

protektiv: schützend

Proto-Onkogen: Gene, deren Anschaltung die Entstehung oder das Wachstum von Krebs begünstigen

Radikale, freie: aggressive chemische Verbindungen

Rezeptoren: Empfangs- bzw. Aufnahmeeinrichtungen des Organismus für bestimmte (spezifische) Reize

SAR (Specific Absorption Rate): Absorbierte Leistung pro Masse, spezifische Leistung

Tamoxifen: Verbreitetes Therapeutikum für Brustkrebs (Bindung des Östrogen-Rezeptors)

Vasodilation: Erweiterung der Blutgefäße

Wire-Code: Charakterisierung der Stromverteilung nach Kabeldicke und Häufigkeit

Zellproliferation: Zellteilungsrate