

Die siebzehnte Konferenz der Bioelectromagnetics Society in Boston

Tagungsbericht

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

Genexpression und Signaltransduktion

Thema dieses Bereiches waren biochemische und biophysikalische Aspekte, die sich auf die Einwirkungen von **Elektromagnetischen Feldern (EMF)** bezogen. Vorgestellt wurden ausschließlich „in vitro“-Untersuchungen an Zellkulturen, die **ELF-Feldern (Extremely Low Frequency; niederfrequente Felder)** ausgesetzt wurden.

Ein Referat beschrieb, daß bestimmte Gene in Hefezellen identifiziert werden konnten, die eine deutliche und reproduzierbare Antwort auf die ELF-Befeldung (60 Hz) zeigten. Andere Untersuchungen erbrachten weniger deutliche Befunde; es wurde auf eine notwendige Fortführung der Versuche verwiesen.

Deutlichere Hinweise auf eine Beeinflussung von menschlichen Leukämiezellen zeigten chemische Stimulanzen. Chemische Agens können die Zellproliferation und damit die Entstehungswahrscheinlichkeit von Tumoren beeinflussen. In einer anderen Präsentation wurde eine ansteigende Synthese von Streß-Proteinen in den Zellen, die 60-Hz-Magnetfeldern ausgesetzt worden waren, beschrieben.

Insgesamt war die Bandbreite der

Vorträge in diesem Themenbereich breit gestreut; die Zusammenstellung der Themen war sehr inhomogen. Die Ergebnisse konkurrierten kaum, und sie konnten – aufgrund der mit großem Vorbehalt zu betrachtenden Übertragbarkeit auf „in vivo“-Verhältnisse – keine Antwortung auf die Frage geben, ob durch EMF Krebs erzeugt werden kann. Die Untersuchungen leisteten eher einen Beitrag, ein Verständnis der Mechanismen zu entwickeln, wie EMF auf Zellstrukturen einwirkt.

Therapeutische Anwendung

Seit neuestem werden – neben den bekannten Anwendungen höherfrequenter, elektromagnetischer Felder sowie niederfrequenter Magnetfelder – in vielen Bereichen der Therapie auch Gleichströme zur Behandlung von Lungentumoren angewandt. Die in einem Beitrag vorgestellten vorläufigen Ergebnisse von Versuchen an Mäusen mit induzierten Fibrosarkomen sind ermutigend, obwohl die Mechanismen weitestgehend unbekannt bleiben.

In vielen Arbeiten wurde der Versuch unternommen, Krebserzeugung (Kanzerogenität) und Tumorpromotion von 60-Hz-Magnetfeldern nachzuweisen.

Ein Arbeitsteam beschränkt einen anderen Weg. Versucht wurde, mit diesen Feldern Tumore, die sich bisher behandlungsresistent zeigten, in ihrem Wachstum zu beeinflussen – und damit auf zur Zeit unbekannte Mechanismen zu schließen. Ein Posterbeitrag zeigte einen Untersuchungsansatz, der noch weiter ging. Eine Teilgruppe von Ratten, denen sehr maligne Tumore (Lymphosarkom- und Adenokarzinomzellen) chirurgisch implantiert worden waren, wurde zusätzlich 60-Hz-Magnetfeldern ausgesetzt. Alle Ratten, die nicht bestrahlt wurden, starben nach spätestens sieben Tagen, wohingegen die bestrahlten noch 28 bis 31 Tage lebten.

Zellstudien

Ähnlich wie beim ersten Themenbereich waren hier die Inhalte sowohl der einzelnen Vorträge als auch der Posterbeiträge sehr heterogen und kaum miteinander vergleichbar.

Die Bandbreite dieser Untersuchungen – allesamt unspektakuläre Arbeiten – reichte vom Versuch, die Hypothese der „Ionenabhängigen Resonanzbandbreite“ zu bestätigen, bis hin zur Stimulanz des „Neuritenwachstums“ durch die Induktion von Vitamin-A und durch ein 50-Hz-Magnetfeld. In einem

weiteren Beitrag wurden Effekte auf die Prostaglandin-E₂-Produktion in Zellkulturen durch ELF-Felder beschrieben.

Keine Effekte erbrachten die Versuche, EM-Felder als Agens bei der Mutagenität von Chemikalien in Bakterienstämmen nachzuweisen. Auch wurden keine Wirkungen von 50-Hz-Feldern bezüglich der Proliferation (Zellteilungseigenschaft) menschlicher Zellen, die an der Blutbildung beteiligt sind, festgestellt.

Mobile Telefone und RF-Dosimetrie

Im Mittelpunkt stand die Anwendung mobiler „hand-held“-Telefone und deren potentielle Gefährdung von Mensch und Umwelt. Ein Akzent lag auf der vermuteten Gefährdung der Benutzer solcher Telefone. In Europa und insbesondere in Deutschland besteht seitens der Öffentlichkeit ein erhöhter Aufklärungsbedarf über befürchtete Gesundheitsgefährdungen durch die Mobilfunk-Basisstationen. In den USA ist das Interesse überwiegend auf die Mobilfunkgeräte selbst ausgerichtet. Diese unterschiedliche Interessenslage ist in der gänzlich andersgelagerten Rechtslage in den USA zu suchen. Der Betreiber solcher Netze ist in den USA gezwungen, den Nachweis für einen nicht gesundheitsbeeinträchtigenden Betrieb zu erbringen. Das heißt, die Nachweispflicht der gesundheitlichen Unbedenklichkeit der Anwendung – im Falle einer Anklage wegen gesundheitlicher Folgen durch die Benutzung von Mobiltelefonen – liegt beim amerikanischen Netzbetreiber. In Europa und Deutschland dagegen ist die Beweislage anders: Der gesundheitlich Geschädigte muß

hier nachweisen, daß er Schäden durch das Mobiltelefon davongetragen hat.

Damit liegt auf der Hand, warum die Betreiber von Mobilfunknetzen in den USA Untersuchungen bei der Benutzung der Telefone bevorzugen und diese Forschungen mit hohen – für deutsche Verhältnisse kaum finanzierbaren – Summen unterstützen.

absorbiert. Zielorgane des menschlichen Körpers für die absorbierte Energie sind dabei Kopf und Hände, die in unmittelbarem Kontakt zu den Geräten stehen. Nicht nur die mehr oder weniger herausragende Antenne sendet die Felder aus, sondern auch das Gehäuse, was naturgemäß die exakte Ermittlung und Berechnung der emmissionierten Strahlungen erschwert.



Mit Hilfe eines Simulators (hier die Anlage der Technischen Universität Berlin) lassen sich Wachstumseinflüsse auf Zellkulturen durch Magnetfeldbestrahlung unter Ausschaltung der sonst üblichen thermischen Schwankungen untersuchen.

In diesem Zusammenhang sind die vielen Beiträge zu sehen, die sich vor allem auf die Methoden und die Problemstellung der Dosimetrie bei den „hand-held“-Telefonen konzentrieren. Im Vordergrund stehen hier die thermischen Wirkungen von EMF und die Einhaltung der Grenzwerte beim Betrieb unter allen nur erdenklichen Umwelt- und „handling“-Bedingungen. Etwa 2/3 der von den „hand-held“-Telefonen ausgesendeten Leistung – je nach Netzart und Gerät zwischen 0,5 bis 2 W – wird vom Benutzer in Form von Wärme

Im Rahmen dieser Sitzungen wurde eine Reihe von Ansätzen vorgestellt, wie man die Absorption im Kopf- und Handbereich modellmäßig beschreiben kann. Waren es letztes Jahr in Kopenhagen nur wenige Beiträge in dieser Richtung, so dominierte die Dosimetrie diesmal; an erster Stelle standen die Methoden der **Finite Difference in Time Domain (FDTD)**.

Aber auch andere numerische Modellbetrachtungen wurden vorgestellt sowie ein bereits im Handel erhältlicher Meßplatz mit ei-

nem Phantomkopf und einer den dielektrischen Eigenschaften des Gehirns entsprechend nachempfunder Flüssigkeit. Die elektromagnetischen Felder werden Schritt für Schritt mit einer Feld-Sonde, die computerunterstützt präzise mittels eines Roboterarms positioniert wird, gemessen und zu einem **Spezific-Absorbtion-Rate (SAR)**-Muster zusammengefügt.

Alle diese Modelle – ob numerische, FDTD u.a. –, die einen erheblichen Rechenaufwand erfordern, werden vom Autor mit Skepsis betrachtet. Diese Modelle sind alle statisch, das heißt, es wird von idealen und bewegungslosen Zuständen ausgegangen. Die menschliche Anatomie des Kopfes wird gemittelt, das heißt, mit Hilfe von „worst case“-Betrachtungen wird versucht, dielektri-

schen Anomalien Rechnung zu tragen. Aber Besonderheiten wie technische Hilfsmittel, z.B. Brille, metallische Zahnfüllungen, Goldkronen usw., bleiben außer Betracht. Dies sind Einflüsse, die die Idealvorstellung eines Simulationsmodells zunichte machen können. Auch Positionsveränderungen des Telefons beim Telefonieren bleiben weitgehend unberücksichtigt. Die erarbeiteten

Modelle sind zwar vom Ansatz her interessant und geben grobe Hinweise. Absolute Aussagekraft haben sie nicht. Hier sollten m.E. gegebenenfalls andere dynamische Modelle entwickelt werden.

In diesem Sinne sind daher die Untersuchungen von Ken H. Joyner et al. vom Telecom Research Laboratory in Clayton, Australien, interessant, der nach einem sechsminütigem Gespräch mit einem Mobiltelefon Aufnahmen mit

Hilfe einer Infrarot-Kamera gemacht hat. Die Temperatur der Oberfläche der Gesichtshälfte, an der das Telefon benutzt wurde, war um 1,7 - 4,5 °C höher als auf der Vergleichsseite.

Bemerkenswert ist auch eine Arbeit, die zwar dem Thema „Mobiltelefon“ zuzuordnen ist, doch in keinem Zusammenhang zu den dosimetrischen Betrachtungen steht. Sie beschäftigt sich mit Auswirkungen gepulster Mikrowellen auf che-

misch induzierte Tumore in der Ratte. Die beide Versuchstiergruppen (sham und exposed) wurden mit Benzo(a)pyren infiziert, und die exponierte Gruppe wurde in einem speziellen reflexionsarmen Raum mit 900 MHz gepulst (217 Hz), mit 75 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ über längere Zeit bestrahlt. Bestimmt wurden:

- der Zeitpunkt, wann der Tumor in beiden Gruppen, bestrahlt und unbestrahlt, auftrat,
- die Überlebenszeit der Tiere,
- cytometrische Parameter.

Als Ergebnis wurden in keinem der Bestimmungsparameter Unterschiede zwischen „bestrahlt“ und „unbestrahlt“ festgestellt.

In den Posterpräsentationen wurde eine Arbeit aus Frankreich vorgestellt, die sich mit Effekten gepulster Mikrowellenbestrahlung, ähnlich wie vorher angegeben, auf die Neurotransmitter der Ratte befaßt. Es konnten keine Unterschiede zwischen exponierten und nicht-exponierten Tieren festgestellt werden. Ein Bericht über Untersuchungen an Pflanzensamen wurde präsentiert, die mit simulierten gepulsten (60 Hz) RF-Feldern bestrahlt wurden. Hier wurden auch keine Effekte verzeichnet. Eine weitere Arbeitsgruppe aus Braunschweig präsentierte Ergebnisse über Einflüsse von 960 MHz gepulster Felder auf die Membranpotentiale von Neuroblastom-Zellen. Die Potentiale wurden bis auf wenige Einzelfälle nicht nachweisbar beeinflusst.

Radiofrequenzen (RF)

In den Vorträgen und Posterbeiträgen dieser Reihe wurde über sehr unterschiedliche Forschungsprojekte berichtet, die sich im näheren und weiteren Zusammenhang mit Mobiltelefonen, aber auch bis hin zu sehr hohen Frequenzen im mm-Bereich befaßten.

Interessant sind Untersuchungen von thermoregulatorischen Effekten an kleinen Affen (Squirrel Monkeys), bei Befeldung mit 450 und 2.450 MHz in kalter, neutraler und warmer Umgebung. Die Ganzkörper-SAR betrug zwischen 0 bis 6 W/kg. Es zeigten sich verschiedene Mechanismen der Wärmekompensation und der Reizfortleitung, die bei höheren Raumtemperatur-

bedingungen auch eine Zunahme der Schweißsekretion nach sich zogen. Die Frequenz war dabei nach Angabe der Forscher unbedeutend.

Ein weiterer wichtiger Beitrag wurde unter dem Thema „Retinale Schäden bei wiederholter gepulster 1,25-GHz-Strahlung“ vorge-

feration von C6-Glioma-Zellen, bestrahlt mit 836-MHz-Feldern. Es zeigte sich kein Effekt auf die Zellproliferation. Im Gegensatz dazu wurde in einem anderen Beitrag über die Beeinflussung der Proliferationsrate von zytolytischen T-Lymphozyten unter isothermen Bedingungen berichtet, ein im direkten Zusammenhang mit der

induzierte Tumorart	Spezies	Feldart	Promotion/Co-Promotion Ja oder nein
Lymphat. Leukämie	ICR Mäuse	50 Hz 1 mT	nein
Lymphat. Leukämie	Mäuse	60 Hz 0 - 1 mT & γ -Strahlung	im Zusammenhang mit ionisierender Strahlung Promotion möglich
Hautkrebs	Mäuse	60 Hz 2 mT	ja
Adenocarcinom	Mäuse	50 Hz 2 mT Röntgenstrahl.	keine relevanten Unterschiede
chemisch induzierter Hauttumor	Mäuse	60 Hz 2 mT	nein
Immunsuppression durch Fremdzellen	Mäuse	60 Hz 0 - 1mT	kein Unterschied in der Immunsuppression

stellt. In der anschließenden Diskussion wurde aber auf die sehr hohen Pulse bei 4 mW/g (4 W/kg) hingewiesen, die für die teilweise irreparablen Augenschäden verantwortlich sind. In dieser und auch in einer weiteren Präsentation wurde über die Bedeutung des Melanins im Auge und der isolierten Absorption von Mikrowellenenergie im Melanin, verbunden mit der möglichen Bildung freier Radikale, diskutiert.

Als positiver Befund wurde ein besseres Nervenwachstum bei gepulster 27,12-MHz-Bestrahlung gefunden. Spekuliert wird, ob dieser nichtthermische Effekt zur Heilung und Regeneration von Nervenverletzungen dienen kann.

Unter die Zellstudien einzureihen wäre der Bericht über die Zellproli-

feration von C6-Glioma-Zellen, bestrahlt mit 836-MHz-Feldern. Es zeigte sich kein Effekt auf die Zellproliferation. Im Gegensatz dazu wurde in einem anderen Beitrag über die Beeinflussung der Proliferationsrate von zytolytischen T-Lymphozyten unter isothermen Bedingungen berichtet, ein im direkten Zusammenhang mit der

RF-Exposition gesehener Effekt auf die Membran-Signal-Transduktion.

- Eine Reihe interessanter Posterbeiträge wurden zu diesem Thema angeboten:
- Der Effekt von 900 MHz auf das Tumorwachstum (Adenokarzinom) im Tierexperiment. Es wurden keine Einflüsse gefunden.
 - Versuchstiere (Ratten) können durch Verhaltensweisen auch geringere SAR's fühlen und damit Verletzungen durch 35 und 94 GHz verhindern.
 - Die Wirkungen von mm-Wellen und bakteriellen Melanin auf E-coli-Bakterien: Das Feld allein hatte keine Wirkung auf die E-coli-Bakterien. Mit Melanin traten Effekte auf, die, wie be-

reits diskutiert, mit entstehenden freien Radikalen (H_2O_2) im Zusammenhang stehen.

- Das Wachstumsverhalten menschlicher Leukämiezellen unter gepulster Mikrowellenbestrahlung (900 MHz und 1,8 GHz): Auch bei diesen Untersuchungen konnte kein tumorunterstützender Effekt nachgewiesen werden.
- Die Möglichkeit eines nichtthermischen Einflusses auf DNA-Strukturen durch die Einwirkung spezieller Frequenzen, die eine DNA-Resonanzabsorption erreichen. Dies ist aber selektiv nur bei 4 Hz Pulsmodulation möglich.
- Nichtthermische Mikrowellenbestrahlung hat keine Wirkung auf das Wachstum.

Diese Liste ließe sich noch fortsetzen. Generell kann aber gesagt werden, daß bei biochemischen Untersuchungen und „in vitro“-Versuchen an Zellen keine Effekte nachgewiesen werden konnten. Verstärkt wurde der schon im ersten Workshop vermittelte Eindruck, daß eine direkte Tumorentstehung oder Tumorpromotion durch gepulste Mikrowellenfelder, ähnlich denen, die im Mobilfunk Verwendung finden, weder ausgeschlossen noch bestätigt werden kann.

EMF und Umwelt

Diesen Vorträgen und Posterpräsentationen ging eine Einführung voran, die die physikalischen Eigenschaften von magnetischen und elektrischen Feldern der Energieübertragung (60 Hz), die Größenordnungen ihrer wirkenden Feldstärken sowie die Abhängigkeit von den Abständen (innerhalb und außerhalb der Wohnbereiche) übersichtlich darstellte.

Betont wurde, daß die Feldstärken von Hochspannungsleitungen im Inneren von Häusern nur ein Bruchteil von denen außerhalb betragen. Angegebene Größenordnungen, die im Hochspannungsbereich (letzterer mit 60 Hz, 110 V) auftreten können, spiegeln amerikanische Verhältnisse wider. Sie sind mit den europäischen Verhältnissen (50 Hz, 230 V) nicht vergleichbar.

Bei den höheren Frequenzen wurde vor allem auf das GSM-Verfahren bei der mobilen Telekommunikation im Bereich 860 - 960 MHz eingegangen. Als Spektrum der Funksignale von „hand-held“-Telefonen dieser Kategorie wurde ein diskretes Spektrum (mit einem Vielfachen der ELF von 217 Hz) angegeben. Als wirksame Felder wurden aber nicht nur diese ELF- und HF-Felder betrachtet, sondern auch die Felder, die durch den Gerätebetrieb, wie die wechselnde Batterielast, hervorgerufen werden.

Gegenstand der Vorträge und Posterpräsentationen waren die Abschätzung und Messung von magnetischen und elektrischen 50/60-Hz-Feldern im Wohnbereich und im beruflichen Umfeld (z.B. im Intensivbereich einer Neugeborenenklinik). Verwiesen wurde auf eine britische Arbeit (NRPB-Report 3 (1), 1992), in der nachgewiesen wurde, daß keine Korrelation zwischen Mißbildungsraten, Frühgeburten und Geburtsgewicht bei erhöhter ELF-Exposition während der Schwangerschaft der Mütter besteht. Hingewiesen wurde generell aber auf die höheren Feldstärken

- durch Felder im häuslichen Bereich, insbesondere durch Radiowecker im Schlafzimmer,
- auf die hohen harmonischen Anteile am Spektrum,

- durch externe Felder von Hochspannungsleitungen.

Ein Beitrag unterschied Wohnbereiche, die an eine zentrale Wasserversorgung angeschlossen sind, mit denen im ländlichen Bereich, die eigene Quellen benutzen. Messungen ergaben im ersten Fall deutlich höhere Magnetfeldstärken, was durch den höheren Stromverbrauch in städtischen Gebieten und die bevorzugte Nutzung von Wasserleitungen als Erdungen begründet wird.

In einer Studie, die sich mit magnetischen Feldern beim Betrieb öffentlicher städtischer Verkehrsmittel befaßte, konnte festgestellt werden, daß die Felder, die bei elektrisch betriebenen Transportmitteln entstehen, komplexe Frequenzmuster aufweisen. Eine allgemeine Gefährdung, insbesondere für Träger von Herzschrittmachern, konnte nicht abgeleitet werden. Beschäftigte mit HSM sollten aber Transformator- und Schaltstationen unbedingt meiden. Auf ähnliche Ergebnisse verwies ein Posterbeitrag aus England. In einem ergänzenden Beitrag wurde vorgeschlagen, Abhilfe bei vagabundierenden Strömen im Wohn- und Arbeitsbereich und damit verbundenen magnetischen Feldbelastungen zu schaffen, indem man die Leitungen außerhalb und innerhalb von Gebäuden konsequent erdet.

„In vivo“-Experimente und EMF

In dieser Themengruppe sind zwei Sitzungen mit den dazugehörigen Posterpräsentationen zusammengefaßt, die sich mit „in vivo“-Tierexperimenten – überwiegend mit Untersuchungen zum Lernverhalten, mit der Beeinflussung des Fettstoffwechsels, der embryona-

len Entwicklung und mit der Frage der Krebsentstehung und Förderung durch ELF-Befeldung – befaßten.

In einem Irrgarten wurde das Lernverhalten von Ratten ermittelt. Die scheinbefeldete Gruppe zeigte bessere Ergebnisse als die 45 min lang mit 0,75 mT/60Hz bestrahlte Gruppe. Nach Gabe des cholinerg wirkenden Agonisten Physostigmin zeigten beide Gruppen gleiches Lernverhalten, was als Beeinflussung der cholinergen Übertragung in das zentrale Nervensystem interpretiert wurde.

Ähnliche Versuche an Mäusen bei Exposition mit 50- μ T/60-Hz-magnetischen Feldern sollten in der Frühentwicklung des Gehirns den Einfluß auf das spätere Lernverhalten dokumentieren. Bestrahlungen in der Embryonal- und Neonatal-Phase zeigten Effekte, in der präpubertären Phase allerdings nicht. Die Ergebnisse wurden von den Autoren jedoch sehr vorsichtig interpretiert.

In einer weiteren Versuchsserie ähnlicher Art mit Ratten konnten keine Änderungen der Lernfähigkeit bei Bestrahlung mit magnetischen Feldern (50 μ T/60 Hz) gegenüber einer unbestrahlten Gruppe festgestellt werden.

Auch über Untersuchungen des Lernverhaltens bei wirbellosen Tieren, einer Schabenart, mit (200 μ T/60 Hz) und ohne Bestrahlung wurde berichtet. Hier zeigte sich sogar eine positive Wirkung auf das Lernverhalten der Schaben.

In einem Beitrag wurde über den Einfluß von gepulsten Magnetfeldern (12 Hz und 460 Hz) auf den Fettstoffwechsel bei Ratten berichtet, der keinen Hinweis auf gesundheitliche Wirkungen erbrachte. Interessante Aspekte zeigte ein

Posterbeitrag aus der Ukraine: Endogene EM-Felder sollen in der Lage sein, Immundefekte bei Tschernobyl-Mäusen zu korrigieren. In der Themengruppe, die im Zusammenhang mit der Entstehung und Promotion von Krebs steht, wurde ausschließlich über tierexperimentelle Untersuchungen der Krebspromotion und -wirkung von 50/60Hz als Co-Promotoren berichtet. So zeigten die natürlichen Killerzellen von Ratten auf subchronische Magnetfeldbestrahlung keine Wirkungen. Andere Ergebnisse von Magnetfeldbestrahlung an Ratten „in einem Brustkrebsmodell“ erbrachten einen linearen Zusammenhang zwischen zunehmenden Fluxdichten (0,3 - 100 μ T) und der Co-Promotion von Krebs (Korrelationskoeffizient $r = 0,994$ ($P < 0,01$)). Auch in Versuchen an Mäusen mit induzierten Papillomzellen in der Haut wurden ELF-Magnetfelder als Co-Promotion-Stimuli angesehen, obwohl die Autoren sich noch sehr vorsichtig über ihre Ergebnisse äußerten. In Untersuchungen über die Immunreaktionen von bestrahlten Mäusen zeigten diese dagegen keine Wirkung.

Auch bei den Posterpräsentationen gab es Berichte, die auf eine Wirkung von ELF-Magnetfeldern auf das Tumorwachstum hinweisen, wobei die Anzahl der Arbeiten, die von keiner Wirkung berichteten, aber größer war.

Untersuchungen am Menschen – gesundheitliche Relevanz

Die Präsentationen dieser Themengruppe bezogen sich ausschließlich auf den ELF-Bereich, besonders auf die 50/60-Hz-Energieversorgung. Untersucht wurde, ob es einen linearen Zusammen-

hang zwischen Magnetfeldern und physiologischen bzw. physikalischen Wirkungen gibt. Dieses wurde bejaht. Einbezogen waren Wohnbereiche, an denen magnetische Flußdichten zwischen 10 und 100 μ T angenommen wurden. Diese Ergebnisse lassen sich aber bezweifeln, allein deshalb, weil die Befragung der Personen und die Bewältigung der gestellten Aufgaben unter dem Bewußtsein der Einwirkung stattfand.

Interessant war auch ein Beitrag von der Universität in Boulder, Colorado, der unter der Mitwirkung von Nancy Wertheimer (bekannt durch die Denver-Studie 1979) und David Savitz (bekannt durch die epidemiologische Arbeit von 1988) durchgeführt wurde. Gegenstand war das Krebsrisiko bei Kindern im Verhältnis zur Wohnumgebung und zum Lebensstil. Zur Durchführung der Studie wurde ein besonderer Stromführungscode („Wire Codes“) eingeführt, der zur Beurteilung der Umgebungsbefeldung diente. Das Ergebnis zeigte, daß Nachbarschaftsbedingungen, Eigentums- und Mietwohnungsstatus größere Risikofaktoren für Krebserkrankungen im Kindesalter darstellen als die Felder der Energieversorgung.

In einer schwedischen Arbeit, einer prospektiven epidemiologischen Studie, wurde das Auftreten von Symptomen am Nervensystem bei Arbeitern in der Energieerzeugung untersucht. Es wurde nur ein schwacher, statistisch nicht abzusichernder Zusammenhang vermutet; es wird auf weitere Untersuchungen (Ausdehnung der Studie auf 9 Jahre) verwiesen.

Der letzte Beitrag beinhaltete die Bedeutung des Hormons Melatonin und dessen möglicher Bedeutung in der Karziogenese. Vorgestellt wurde eine Theorie, die besagt,

daß die nächtliche Absenkung des Melatoninspiegels durch chronische 50/60-Hz-Feldexpositionen über die Entstehung freier Radikale zu Krebs führen kann. Diese Theorie wurde heftig diskutiert und ihre Richtigkeit angezweifelt.

In den Posterbeiträgen wurde berichtet

- daß keine Zusammenhänge zwischen 50-Hz-magnetischen Feldern und hämatologischen und immunologischen Funktionen bei jungen Männern festgestellt werden konnten,
- von dem Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit und der sensorischen Wahrnehmung im Zusammenhang mit hohen Spannungsfeldern und
- von menschlichen Plasma-Melatonin-Profilen (PMP) in 50-Hz-Feldern (kein eindeutiger Effekt konnte gefunden werden; bei einigen wenigen Individuen war eine Veränderung des PMP zu beobachten).

Gerade an der letzten Themen-Gruppe – der „in vivo“-Untersuchungen am Menschen – zeigt sich, wie uneinheitlich die Wirkungen von 50/60-Hz-magnetischen Feldern auf den Menschen beurteilt werden. Dies gilt auch für die anderen „in vivo“-Untersuchungen. Wissenschaftlich nachgewiesen werden kann eine „Unbedenklichkeit“ nicht, ebensowenig wie es unangreifbare Beweise für eine „Schädlichkeit“ gibt.

Bei den Hauptthemen wurde diesmal der Bereich „Epidemiologie“ ausgespart. Die Brisanz dieser Thematik im Zusammenhang mit 50/60-Hz-Energieübertragung (Hochspannungsleitungen) und Leukämie im Kindesalter, wie sie in Kopenhagen im Vordergrund stand, fehlte bei dieser Tagung. Dies trug aber zu einer angenehmen Versachlichung der allgemei-

nen Diskussions-Atmosphäre bei. Einige neuere epidemiologische Studien und deren Ergebnisse wurden innerhalb einzelner Sitzungsthemen vorgestellt. Spektakuläre Untersuchungen und Er-

gebnisse gab es aber nicht. Fazit: Es wurde viel Detailarbeit geleistet, Neues vorgestellt, frühere Untersuchungen wurden nachvollzogen, komplettiert, relativiert, bestätigt oder revidiert.