

Biologische Wirkungen, Konsequenzen für die Gesundheit und Grenzwerte gepulster Hochfrequenzfelder:

Hat sich die Risikoeinschätzung geändert?

Tagungsbericht vom internationalen Seminar:

Biological effects, Health Consequences and Standards for Pulsed Radiofrequency Fields

21. – 25.11.1999

Erice, Sizilien

Von Priv.-Doz. Dr.-Ing. Dr. med. habil. Otto Petrowicz

Einführung

Bereits im November 1996 wurde von der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) ein internationales Seminar über biologische Wirkungen schwacher gepulster elektromagnetischer Felder in München veranstaltet. Die Ergebnisse dieser Veranstaltung wurde in den Proceedings von Bernhard et al. 1997 und in einem "Summary Report" von M. Repacholi 1998 veröffentlicht.

Seit dieser Münchner Veranstaltung wurde eine Reihe von neuen bemerkenswerten Studien veröffentlicht, die detailliert betrachtet und bewertet werden müssen, um ihre Aussage für eine mögliche Relevanz für die Gesundheit, insbesondere der Einflüsse der Handgeräte (Handy) und der Ausstrahlung von Basisstationen der mobilen Kommunikation, zu untersuchen.

Das gegenwärtige Seminar ist als Zwischenbericht für das internationale EMF-Projekt

- über mögliche Gesundheitskonsequenzen,
- über Forschungsprojekte, die kürzlich abgeschlossen wurden oder zur Zeit laufen,
- aktuelle Fragen die zur Beantwortung anstehen und
- die Bewertung von Standards

zu verstehen. Es sollte das letzte sein, bevor der formelle Prozess der Risikobewertung bei der internationalen Agency for Research on Cancer (IARC) und World Health Organisation (WHO) im Jahr 2003 – 2004 stattfindet.

Diese Seminar ist nun das fünfte, das von ICNIRP und der WHO veranstaltet wird. Diesmal wurde die Tagung von den Regierungen von Australien, Deutschland, Italien, Japan, Neuseeland und der Schweiz unterstützt. Wiederum wurden anerkannte Fachleute auf dem Gebiet "Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder" eingeladen, die über den momentanen Stand des Wissens, gegenwärtig laufende und geplante Forschungsprojekte auf den im Mittelpunkt des öffentlichen Interesse stehenden Gebieten berichten.

Die Unterthemen des Seminars waren:

- Vorstellung neuer Technologien, die gepulste elektromagnetische Felder zwischen 100 kHz bis 300 GHz emittieren (Telekommunikation, Ultra-Wideband RADAR, Sicherungssysteme) und Abschätzung der Emmissionen und der Exposition umliegender Gebiete.
- Aktuelle, Berichte über biologische Effekte durch Exposition mit gepulster Radio-Frequenz-Strahlung (RF) und Bewertung einer möglichen Gesundheitsgefährdung.
- Identifikation von Lücken im Wissen, um durch ergänzende Studien eine bessere Risikoabschätzung zu erreichen.
- Diskussion der Grundlagen über Expositionsgrenzen für den Menschen, die Rahmen für international akzeptierte Standards werden sollen.

Als Einführung zu den einzelnen Themenschwerpunkten wurde von Dr. M Repacholi das International EMF-Projekt der WHO vorgestellt. das sich in drei Arme aufteilt:

1. Organisation und internationale Zusammenarbeit
2. Wissenschaftliche Aktivitäten
3. Informationstransfer

Eine detaillierte Zusammenstellung der gestellten Aufgaben und Ziele des Projekts kann von der Home-Page der WHO <http://www.who.ch/emf> abgerufen werden.

Als Vertreter der ICNIRP umriß Prof. J. Bernhard die Ziele der Organisation im Zusammenwirken mit der WHO und stellte die notwendigen Definitionen und Kriterien vor, um Literatur zu bewerten.

Quellencharakterisierung, Technologien und Expositionsgrößen

Die Charakterisierung von Expositionsquellen und Dosimetriekonzepten waren das erste Thema, behandelt von Dr. M. Grandolfo (Italien). Er brachte einen Querschnitt soweit bekannter Fakten über die Wirkungskomponenten von RF-Feldern wie Frequenz, Intensität und Orientierung und die Unterscheidung von Nah- und Fernfeld. Kurz umrissen wurden die Orientierung von elektrischem und magnetischem Feld

(E- und M-Feld) zueinander im Nahfeld, wo zur Charakterisierung der Exposition die Messung beider Felder notwendig ist und im Fernfeld, wo es ausreichend ist, ein Feld zu messen, um die anderen Feldgrößen zu ermitteln, nach der allgemeinen Beziehung mit der Leistungsflußdichte in W/m^2 und speziell

, mit $Z_W = 376,73 \Omega$ als Wellenwiderstand in Luft.

Neben der Charakterisierung wurden die Frequenzbereiche mit unterschiedlichen Wirkungsprinzipien und den elektrischen Größen, durch die ihre Wirkung definiert ist, unterschieden:

- Stromdichte J in A/m^2 bis 10 MHz
- Kontaktströme I in A bis 300 MHz
- Specific Absorption Rate SAR in W/kg bis 10 GHz
- Leistungsflußdichte S in W/m^2 bis 300 GHz

Entsprechend unterschiedlich sind die Methoden der Dosimetrie, die für die einzelnen Bereiche theoretisch behandelt und technische Realisierungen vorgestellt wurden.

Im nächsten Beitrag wurde über zukünftige Telekommunikationsmethoden referiert. Insgesamt geht der Trend zum "Out of Wire". Modulationsmethoden der Zukunft sind "Channal Access" Methoden, eine Kombination von TDMA und CDMA, mit 1,2 MHz/Channel im Bereich von 10 GHz als Träger und Sendeleistungen um 10 – 100 mW. Die Handgeräte nehmen Größenordnungen von Handuhren an. Langfristig wird die Frequenzmodulation an Bedeutung verlieren.

Von den Zukunftsaussichten zurück zur Gegenwart, zu RF-Quellen und der Exposition am Arbeitsplatz. Diese Einführung setzt sich mit allen denkbaren beruflichen HF-Quellen auseinander und nannte einige repräsentative Expositionsgrößen. Beginnend mit HF-Quellen der industriellen Fertigung, das Umfeld bei der Telekommunikation, militärische und zivile Flugsicherung und andere Bereiche. Generell wurde die Exposition als nicht so gravierend erachtet, vorausgesetzt die Bestimmungen wurden eingehalten, die im Umgang mit den diversen Quellen vorgegeben sind. Die stärksten Strahlungsquellen sind vornehmlich RADAR, mit Pulsspitzenleistungen bis max. 1 MW. Starke Strahlungsquellen bilden auch Sendeeinrichtungen der Mittel- Kurz- und Langwellensender, die bis 100 kW und mehr emittieren. Abschließend wurden HF-Quellen behandelt, denen die allgemeine Bevölkerung ausgesetzt sind. Im Mittelpunkt stehen naturgemäß Radio- und TV-Sender, Basisstationen der mobilen Kommunikation C-Netz, D1, D2, E-Netz, Pager und andere mehr. Allgemein kann angenommen werden, daß außerhalb der zugänglichen Bereiche die Grenzwerte für die allgemeine Bevölkerung nicht erreicht werden und mit zunehmenden Abstand von der Quelle um ein Vielfaches abnehmen.

Instrumentation and Application - Strahlungsquellen der gepulsten RF-Anwendung

Zu den Beiträgen der vorausgehenden Themengruppe waren die Beiträge dieser Sitzung sehr verwandt und es gab Überschneidungen bei einzelnen Vorträgen.

Zu Beginn wurden militärische Strahlungsquellen vorgestellt, die eine besondere Stellung in der vielfachen Anwendung gepulster RF-Felder einnehmen und auch im Fokus der öffentlichen Diskussion in den USA stehen.

Als erstes vorgestellt wurde das PAVE PAWS RADAR SYSTEM, ein hochentwickeltes System gigantischen Ausmaßes. Zur Abstrahlung kommen 24 diskrete Frequenzen zwischen 420 – 450 MHz und Pulsspitzenleistungen von bis zu 585 kW. Insgesamt drei Anlagen werden zur Zeit in den USA betrieben; in Kalifornien, Texas und Virginia. Langzeituntersuchungen über 3 Jahre (Kosten, 2 Mill. US\$) haben keine gesundheitlichen Einflüsse auf Mensch und Umwelt ergeben (vergl. Tagungsbericht ICNIRP-Seminar Oktober 1999 in Ismaning b. München).

Als zweite militärische Strahlungsquelle, die für öffentlichen Zündstoff sorgte, ist das HAARP-System, eine reine Forschungsanlage für die Ionosphärenforschung, die sich in Alaska befindet. Dies sind ein Array von Antennen, auf eine Fläche von mehreren km^2 verteilt und die senkrecht nach oben strahlen.

Als letztes erwähnt wurde das System ROTH, ein spezielles sehr leistungsfähiges RADAR-System zur Überwachung des karibischen und mittelamerikanischen Luftraums zur Kontrolle und Unterbindung des Drogentransports aus den Regionen. Drei Anlagen davon sind in San Antonio (Texas), in Puert Rico und im Südosten der USA installiert.

Alle drei genannten Beispiele haben in der Bevölkerung für erhebliche Bedenken gesorgt, insbesondere in der mittelbaren und unmittelbaren Umgebung. Von dem Vortragenden wurden aber gerade die genannten Systeme als Beispiel hervorgehoben, wie man durch Kommunikation mit den Anwohnern, eine sachgerechte Aufklärung über Risiken und die Beteiligung der Bevölkerung bei der Planung und dem Betrieb Vertrauen gewinnen kann.

Bei dem Thema "medizinische Anwendung" wurde teilweise zu einseitig auf die breite Anwendung gepulster Strahlung und nur auf sehr spezielle, nicht repräsentative Verfahren eingegangen. Viele Anwendungen in der Routine blieben unerwähnt, die die alltägliche Exposition von Patient und medizinischem Personal ausmachen. Unterschieden wurden nach therapeutischen und Diagnostischen Verfahren

Diagnose: NMR, Electron Spin Resonance, Pulsed Confocal Microwave Imaging

Therapie: Hyperthermie, Schmerzlinderung (postoperatives Ödem), Herzrhythmus, Wärmebehandlung. Beschrieben wurden einige Applikatoren wie Wave Guide Applikatoren und Richtstrahler. Behandelt wurden zwei Beispiele der medizinischen RF-Anwendung, dem bildgebenden Verfahren mit gepulsten konvokalen Mikrowellen, die bei der Brustkrebstdiagnose Anwendung findet. Das Verfahren zeichnet sich durch sehr geringe Belastung der Patientinnen aus. Als weiteres diagnostisches Verfahren wurde eine thermoakustische Methode, ebenfalls zur Brustkrebserkennung, vorgestellt. Insgesamt wurden diese Anwendungen als kostengünstig und durch die Verwendung nichtionisierender Strahlung als sehr verträglich bezeichnet.

Vom Inhalt als sehr ähnliche Themen erwiesen sich die Beiträge, die sich mit RF-Instrumentation und RF-Feldmessungen im Nah- und Fernfeld befaßten. Sie hatten allgemeine Probleme der Dosimetrie zum Gegenstand, gefolgt von einer Einführung in Sondenrealisierungen bzw. technischen Ausführungen von Feldsensoren und deren spezielle Eignung für Nah- und Fernfeld.

Von einem Vertreter des Air Force Research Laboratory, Brooks Air Force Base, wurde als Überleitung zu allgemeinen Dosimetriefragen über das "Dosimetrieprojekt" referiert. Auf die Vorstellung des Projekts wurde bereits bei dem Bericht über die BEMS '99 Konferenz, Long Beach ausführlich eingegangen. Die ersten Absichten, ein solches Konzept zu realisieren, reicht auf die Nato-Veranstaltung in Slowenien 1995 zurück und hatte die Erstellung eines Handbuchs zum Ziel. Der Grund war, eine Standardisierung dosimetrischer Methoden, die nicht nur für die US Air Force zur Verfügung stehen, sondern auch allen nationalen und internationalen Anwendern zugänglich sein sollte.

Die letzte Ausgabe war die 4. Edition 1996 und es wurde beschlossen, ein neues Handbuch aufzulegen, das sowohl als Buch, als auch im elektronischen Format erhältlich oder abrufbar ist. Alle Interessierten wurden aufgefordert, an dem Konzept durch Beiträge mitzuarbeiten, die sich mit dem näheren und weiteren Umfeld der HF-Dosimetrie befassen. Besonders hingewiesen wurde dabei auf die strikte Einhaltung der Exklusivrechte der Autoren.

Vorgestellt wurde die Gruppe der Herausgeber (alle von Brooks AF Base) und das Editorial Board mit internationalen Vertretern, aber ohne deutsche Mitwirkung.

Das elektronische Format des Dosimetriehandbuchs soll beinhalten: links, inex search, hyperlinks, calculation-possibilities. Der Grundgedanke ist, auch solchen Forschungsgruppen die Arbeit auf den EMF-Gebiet zu erleichtern, die in ihren Ländern keinen Zugang zu adäquaten methodischen Hilfen haben. Zur genauen Information zum "Dosimetrie-Projekt" wurde auf die Home-Page

<http://www.brooks.af.mil/AFRL/HED/hedr/hedr/html> verwiesen (Bitte Großschreibung beachten!).

Bei Dosimetriethemen unverzichtbar sind die Erfahrungen der Züricher Arbeitsgruppe um N. Kuster. Der Beitrag befaßte sich aber weniger um Dosimetriemethoden und deren Evaluierung, sondern schwerpunktmäßig über Planung und Durchführung von Laboruntersuchungen, eine sehr systematische Betrachtung der verschiedensten Erfordernisse, die bei der Planung und Durchführung von in vitro und in vivo Untersuchungen zu berücksichtigen sind. Die einzelnen behandelten Empfehlungen bezogen sich auf:

- Einhaltung von Standardprozeduren (SOP's)
- Biometrische Versuchsplanung und Fallzahlschätzung
- Möglichst doppelblinde Planung und Durchführung
- Einfaches und übersichtliches Versuchsdesign (auch von Nicht-Ingenieuren durchführbar)
- Realistische Kosten und Aufwandsabschätzung
- usw.

Trotz der detaillierten Auflistung verschiedenster zu beachtender Aspekte bleibt auch diese Übersicht unvollständig und kann nicht an alle Fragestellungen angepaßt werden. Ein wichtiger Punkt, der nicht angesprochen wurde, ist eine konsequente biometrische Versuchsplanung und die Wahl eines oder mehrerer Endpunkte, die Erstellung eines Protokolls, in der alle Einzelheiten festgelegt werden müssen, ebenso daß die spätere statistische Analyse mit allen Marginalien bereits im Vorhinein festzulegen ist. Das die Sitzung der Dosimetrie abschließende Thema über die Erfordernisse der Expositionsbestimmung bei epidemiologischen Studien, wurde vom Co-Autor der M. Feychting-Studie 1992, Prof. A. Ahlbom präsentiert. Überraschend setzte er sich kritisch mit den bisher veröffentlichten epidemiologischen Studien über ELF- und RF-Exposition auseinander. Sein Beitrag befaßte sich im einzelnen mit einem theoretischen "Relative Risk" (RR) einer Abschätzung bei unterschiedlicher Sensitivität (Krebshäufigkeit in der exponierten Gruppe) und Spezifität (Häufigkeit: kein Krebs in der nichtexponierten Gruppe) bei einer 10 %igen Expositionsprävalenz (Krebshäufigkeit in der gesamten Untersuchung) und die Diskussion verschiedener Modelle unter den Gesichtspunkten möglicher Falsch-Klassifikationen. Ahlbom schloß, daß eine Dosisabhängigkeit insbesondere bei malignen Erkrankungen bislang nicht mit hinreichender statistischer Sicherheit nachgewiesen werden konnte. Insgesamt war sein Beitrag bei der Beurteilung möglicher Falscheinschätzungen sehr theoretisch und nicht immer von Relevanz zum Konferenzthema und zu realen Bedingungen.

Wirkungsmechanismen

Zu der Themengruppe der bestätigten Wirkungsmechanismen gepulster Hochfrequenzfelder brachte Prof. J. Bernhard eine Einführung in die thermischen Wirkungen, die mit thermoelastischen Expansionen und Mikrowellenerwärmung verbunden sind. Weiterhin wurden die bekannten Effekte der thermisch induzierten Membraneffekte und neurophysiologische Effekte angesprochen. Zurückgegriffen hat Prof. Bernhard auf die Untersuchungen von der Arbeitsgruppe um Schwan (Schwan et. al. 1954), die heute nach wie vor Gültigkeit haben.

Im Detail wurden angesprochen:

- die Dipolstruktur biologischer Moleküle
- die Frequenzabhängigkeit der Dielektrizitätszahl ϵ und der Leitfähigkeit σ ,
- die Membrankapazität der Zellmembran ($C \approx 1 \mu F/cm^2$) und ihre frequenzabhängige isolierende Funktion,
- die biophysikalischen Eigenschaften verschiedenster Zellstrukturen im elektrischen Feld, die Ausdruck finden in unterschiedlichen Stimulationsfeldstärken
- usw.

Bernhard betonte, daß das Verhalten gepulster elektromagnetischer Felder im Hinblick auf die "klassischen" Wirkungen, also auf thermische Effekte, kontinuierlichen HF-Feldern vergleichbar sind. Die Einführung in allgemeine Wirkungsmechanismen folgte über modulationsabhängige Effekte, speziell auf die Besonderheiten der Pulsung und deren Einflüsse auf die verschiedenen Kompartimente der Zelle wie Membran, Zellinneres und Nukleus. Insgesamt handelte es sich bei dem Beitrag aber um sehr komplexe biophysikalische theoretische Ansätze und sollen an dieser Stelle nicht weiter dargelegt und kommentiert werden. Auf die einschlägige Literatur wird in diesem Falle hingewiesen.

Als dritter Vortrag in der Reihe sprach Dr. J. Merrit (USA) über Wirkungen ultrakurzer, gepulster Hochfrequenzfelder hoher Intensität. Dr. Merrit ist Wissenschaftler am Air Force Research Laboratory der Brooks Air Force Base in Texas. Er präsentierte einige bereits aus den Minisymposien, die im Vorspann an die letzten BEMS-Jahrestagungen bekannte Tierexperimente an Ratten und Primaten. Speziell für die Untersuchungen mit extrem starken Pulsen wurden Expositionsgeräte entwickelt und vorgestellt. In den Tierexperimenten an Ratten wurde von keinen nennenswerten Effekte durch die Pulsung berichtet, nur von Wirkungen auf den Blutdruck. Diese Ergebnisse müssen aber laut Dr. Merrit noch weiter evaluiert werden.

Im Anschluß an die überwiegend sehr theoretische Sitzung über biophysikalische Wirkungsmechanismen fand die Abhandlung von Krebsstudien statt, die der gepulsten RF-Feldexposition zuzuordnen sind. Zu Beginn wurden die in vitro Studien behandelt, die von Dr. J. Juutilainen aus Finnland zusammengefaßt präsentiert wurden.

Bereits zu Beginn seiner Ausführungen erweiterte er das Thema dahingehend, daß er amplitudenmodulierte Felder zur Grundlage seiner Ausführungen nahm und nicht allein den Sonderfall gepulster Felder.

Seine grobe Einteilung in

Genotoxizität
Non-genotoxizität und
Co-Karzinogen

bestimmte die nachfolgenden Betrachtungen. Genotoxizität, die Voraussetzung für Krebsinitiation ist, setzt DNA-Schädigungen voraus. Zur Zeit kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, daß elektromagnetische Energie nicht dazu in der Lage ist, direkte Schäden an biologischen Molekülen bzw. der DNA zu setzen. Die zweite Stufe, die Non-Genotoxizität, würde der Krebspromotion entsprechen, der Unterstützung bzw. Förderung der Krebsentwicklung. An letzter Stelle der Einteilung erscheint die Krebsprogression, die die weitere Entwicklung hin zur Krebsentwicklung und Metastasenbildung bedeutet. Dabei zeigte Juutilainen ein Diagramm zur Karziogenese, das von der ionisierenden Strahlung entnommen wurde. Diese ist aber nicht hilfreich, Wirkungen nichtionisierender Strahlung zu erklären.

Doch wie kann man den Non-genotoxischen Mechanismus annehmen:

- Durch Unterdrückung protektiver Funktionen gegen oxidative Schäden
- Interferenzen mit DNA –Reparaturmechanismen
- Einfluß auf die Apoptose
- Einfluß auf die Zellproliferation
- Unterdrückung der Immunantwort.

Anhand einer Reihe von Publikationen über eine mögliche Einwirkung von AM Feldern (gepulsten Feldern) und welcher der genannten Mechanismen wirksam ist, weist Juutilainen auf die Widersprüchlichkeit einzelner Untersuchungen hin. Drei Arbeiten weisen z.B. auf eine Erhöhung der OCD-Aktivität hin. Versuchswiederholungen zeigen aber keine Effekte. Zwei Arbeiten finden eine Erhöhung der Zellproliferation und zwei weitere eine Erniedrigung. Als weitere Schwierigkeit ist die Inhomogenität der Experimente zu nennen, die ein zusammenfassendes Urteil aufgrund sehr unterschiedlicher Materialien und Methoden, Expositionsgrößen (Frequenz, SAR, Pulsform usw.) nur sehr eingeschränkt zulassen. Abschließend weist Juutilainen nochmals auf die nur geringe Anzahl relevanter Arbeiten, die sich mit Non-Genotoxizität befassen, hin.

Zu einem Sitzungsthema zusammengefaßt wurden Beiträge über **Neurologische Studien und Verhaltensstudien**. Im Grunde genommen handelt es sich um zwei verschiedene Gebiete, die hier vereint wurden. Neurologische Untersuchungen basieren auf biochemischen, biophysikalischen Grundlagen und liefern quantitative Ergebnisse, dem gegenüber stehen, durch Abfragen und Beobachtungen ermittelte Verhaltenseffekte, die eher subjektiver Natur sind.

Als neurologische Komponente des Sitzungsthemas wurde die Durchlässigkeit der Blut-Hirnschranke für nichtphysiologische Bestandteile des Blutes bei gepulster RF-Exposition behandelt. Als Grundlagen einer Bewertung wurden aktuelle, von wissenschaftlichen Gremien streng selektierte Arbeiten (peer reviewed) herangezogen, die Untersuchungen mit gepulsten EM-Feldern zum Gegenstand hatten.

Die Austrittspfade aus den Gefäßen in das Gehirn wurden mit den astrozytischen Pseudopodien und den "Tight-Junctions" (zellulären Verbindungen) lokalisiert. Zum Nachweis eines unphysiologischen Stoffaustritts dienen diverse Markierungsmethoden (Farbstoffe, radioaktive Marker, Meerrettich Peroxidase, endogenes Albumin) oder Elektronenmikroskopie.

Die Auswertung der Befunde aus 16 einschlägigen Arbeiten erbrachten 8, die keine Effekte zeigten.

Demgegenüber stehen die 8 Arbeiten, die sehr wohl Übertritte nachweisen konnten. Was ist nun der Grund für diese unterschiedlichen Ergebnisse? Beide Gruppen unterscheiden sich sowohl in der applizierten Leistungsdichte und was entscheidend ist, in der Puls-Spitzen-SAR. In der Gruppe der positiven Befunde war die mittlere Leistungsflußdichte etwa um den Faktor 3 höher. Aber auch aus anderen Aspekten ist eine generelle Vergleichbarkeit der Untersuchungen nur schwer möglich.

Hingewiesen hat aber der Vortragende auf thermische Effekte als Ursache von Permeabilitätsstörungen, was er auch durch eigene Untersuchungen bestätigen konnte. Er schloß aus diesen Untersuchungen, daß die Hirntemperatur eine entscheidende Rolle spielt. Thermisch bedingte Permeabilitäts-änderungen zeigten sich bei seinen Untersuchungen als vorübergehende Effekte, die bereits 45 Minuten nach dem Experiment nicht mehr nachweisbar waren.

Gepulste Mikrowellenstrahlung, Höreffekte und Wahrnehmungsschwellen

Gepulste Mikrowellenstrahlung, Höreffekte und Wahrnehmungsschwellen waren gleichfalls als Übersichtsreferat den neurologischen Wirkungen zugeordnet. Eingangspunkt wurde auf das Phänomen der akustischen Wahrnehmung selektiver Pulsfrequenzen mit definierter Pulsdauer hingewiesen. Anhand der

Literaturauswertung konnte das Phänomen eindeutig den thermischen Wirkungen, i.e. thermoelastischen Druckwellen im Schädel zugeordnet werden. Ausdrücklich betont wurde, daß es sich nicht um piezoelektrische Effekte handelt. Eingestuft wurden diese Höreffekte zwar als störend aber nicht gesundheitsbeeinträchtigend.

Den eher verhaltensabhängigen Wirkungen zuzuordnen sind kognitive Änderungen bei und nach gepulster Mikrowellenexposition. Als Lokalisation der Wechselwirkungen wurde das zentrale Nervensystem genannt.

Zur Unterscheidung von Effekten wurde eine Zweiteilung vorgenommen:

- Beeinflussung des spontanen Verhaltens
- Änderung des angelernten Verhaltens.

Unter diesen Gesichtspunkten wurde auch die erschienene Literatur untersucht. Die Ergebnisse sind sehr kontrovers und weisen auf keine oder negative Effekte im Sinne einer Beeinflussung hin. Über einen positiven Effekt, im Sinne einer Förderung des Lernverhaltens wurde aber nicht berichtet.

Als Ursache von spontanen und erlernten Verhaltensänderungen wurden einerseits akustische Wahrnehmungen, cholinerge Reaktionen oder eine unter Streß beeinflusste Funktion des opioiden Systems (Ausschüttung schmerzlindernder körpereigener Substanzen – Endorphine) vermutet.

Als weitere, aktuell diskutierte Störungen, hervorgerufen durch gepulste EMF, wurde eine Übersicht über Schlafbeeinflussung, Induktion von Depressionen, Selbstmord und Häufigkeit von konvulsiven Anfällen (z.B. Epilepsie) präsentiert. Allgemein zeigte sich ein sehr unterschiedliches Bild. Aufgrund der multifaktoriellen Ursachen konnte keine klare Verbindung zu gepulsten EMF hergestellt werden. Es bestehen aber Hinweise über das Auftreten von Angstzuständen und psychologischen Diskompensationen, die noch wissenschaftlich zu untersuchen sind.

Psychosoziale Studien

Sehr verwandt waren die Beiträge über psychosoziale Studien und die vielfach diskutierte direkte Beeinflussung sensibler Bevölkerungsgruppen. Der erster Beitrag der Themengruppe befaßte sich mit der spärlich darüber erschienenen Literatur und anhand einer kürzlich durchgeführten Fragebogenaktion in Schweden und Norwegen (3000 Fragebogen in Norwegen, 900 in Schweden). Endpunkt der Aktion war der Vergleich zwischen digital (GSM) und analog (NMT) Mobilfunk. Erkenntnisse über länderspezifische Unterscheidungen galten als sekundäre Erkenntnisse. Insgesamt zeigten sich bei der Abfrage von Mißempfindungen beim Telefonieren keine signifikanten Ergebnisse. Stratifiziert nach der Länderzugehörigkeit waren aber interessante Unterschiede zwischen Schweden und Norwegen, die auf mehrere sozioökonomische Faktoren zurückzuführen sind.

Unterschiede bestanden in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer. Dies spricht für eine erhöhte Häufigkeit von Telefonaten in Norwegen, wo aber Mißempfindungen durch die Nutzung von Mobiltelefonen weniger häufig angeführt wurden. Insgesamt wurde die Aussagekraft der Studie in der allgemeinen Diskussion erheblich angezweifelt und auf unterschiedliche soziodemographische Voraussetzungen verwiesen. Eine Einflußgröße ist mit Sicherheit, wenn jemand 60 Minuten pro Tag mit dem Mobiltelefon telefoniert, einen anderen "Life style" hat als jemand, der nur 2 Minuten/Tag sein Handy nutzt.

Auf diese kritisch zu bewertende Studie folgte ein Beitrag über psychologische Wirkungen, mit dem Schwerpunkt auf Elektrosensibilität. Im Mittelpunkt der Abhandlung standen Symptome, die von einer Reihe von Individuen auf allgemeine ELF-elektrische und magnetische Felder und Hochfrequenzfelder, insbesondere dem GSM Mobilfunksystem, zugeschrieben werden. Die tatsächlichen Ursachen wurden aber als unklar dargestellt, da die Symptome unspezifisch, möglicherweise multifaktoriellen Ursprungs und als nicht homogen anzusehen sind.

Bei Einteilung in "Indoor – Outdoor" EMF-Quellen, die im Mittelpunkt von Symptombeschreibungen stehen, besteht in Europa ein Nord- Südgefälle. Werden im Süden Europas als Quellen der Symptome mehr Indoor-Felder gesehen, ist dies in Skandinavien völlig anders.

Eingegangen wurde auch auf diverse Faktoren, die für Bedenken in der Bevölkerung verantwortlich sind. Dies sind gegenteilige Aussagen anerkannter bzw. selbsternannter Fachleute, und die unglaubliche Geschwindigkeit, mit der neue Technologien eingeführt werden, um nur zwei zu nennen. Auch zu nennen sind die Erwartungen in der Bevölkerung, die sich an solche Innovationen knüpfen:

- Das Risiko sollte gleich "0" sein,
- Sicherheit muß garantiert werden

- Überhaupt sollten neue Technologien erst dann eingeführt werden, wenn deren Unbedenklichkeit nachgewiesen ist.

Das ist aber ausgeschlossen, denn "0"-Risiko gibt es nicht und absolute Sicherheit kann nicht garantiert werden.

Trotz der schwierigen wissenschaftlichen Definition der "Elektrosensibilität" hielt es der Referent für unumgänglich, auf diesen Personenkreis zuzugehen und auf dessen Symptome einzugehen. Für wichtiger erachtet wird eine Risikokommunikation mit diesen Menschen aufrecht zu erhalten, als immer neue und weitergehende wissenschaftliche Ergebnisse zu produzieren und vorzulegen. Neue Technologien benötigen mehr präventive als reaktive Forschung.

Zu dem eigentlichen Thema "Hypersensitivität" wurde im nächsten Beitrag die Abkürzung CREHS etabliert (case reported electromagnetic hypersensitivity) definiert. Die Ausführungen bezogen sich aber nur sekundär mit gepulsten HF-Feldern, sondern generell mit EMF und unter anderem auch VDT-Feldern (Video-Display-Terminals). Berichtet wurde von eigenen Untersuchungen über Hautsymptome im Rahmen einer Kohortenstudie an 111/620 Teilnehmern (Fälle/Kontrollen). 75 % der 111 Fälle bezogen sich auf VDT's und ein Großteil der CREHS-Personen sind Frauen. Als ein Befund zeigte sich, daß sich der überwiegende Teil der befragten Fälle als aktiv und ambitioniert bezeichnen.

Dermatologische Manifestationen dieser Personengruppe sind jedoch unklar und auf unterschiedliche Expositionen durch andere Noxen zurückzuführen. Zusammenhänge zwischen EMF und Hautbefunden sind schwer herzustellen.

Nicht krebsbezogene in vitro und in vivo Studien

Die Themenreihe über nicht krebsbezogene in vitro Wirkungen bestand nur aus zwei Beiträgen.

Bemerkenswert war der Beitrag, der sich mit aktuell erschienener Literatur auseinandersetzte. Darin wird die Aussage getroffen, daß positive Befunde über nicht krebsbezogene Genotoxizität wenig überzeugend sind. In die Betrachtung einbezogen wurden etwa 150 Arbeiten. Etwa 25 % geben Effekte an, 75 % keine. Der Vortragende begründete dieses Verhältnis und die Zahl der positiven Befunde als "falsch positiv", also mehr oder weniger zufallsbedingte positive Ergebnisse. Zu einem anderen Teil sieht er die Begründung in nicht erkannten oder untersuchten thermischen Effekten.

Bei der Diskussion der Literatur über andere Untersuchungen "synergistischer Effekte" wies er auf ein ähnliches Verhältnis zwischen positiven und negativen Befunden hin, die ebenfalls einen "falsch positiven" Befund nicht ausschließen können.

Der zweite Beitrag befaßte sich mit kognitiven Effekten, Schlaf EEG und lokalen Änderungen der Gehirnfunktion. Auch von dieser Seite wurden die bisher veröffentlichten Ergebnisse mit positiven Befunden bei gepulster HF-Exposition als nicht so überzeugend gewertet. Gegebenenfalls sah er direkte Hinweise auf elektrophysikalische Effekte auf das Schlaf-EEG. Hier und auch bei anderen Fragestellungen über diesen Symptomenkomplex werden weitergehende Untersuchungen als notwendig erachtet, um fragwürdige positive Befunde zu evaluieren.

Zum Abschluß der Veranstaltung wurde aus der Sicht der Veranstalter von deren Repräsentanten eine Zusammenfassung der einzelnen Themengruppen vorgelegt.

Eingangs wurde eine Zusammenfassung über die präsentierten Poster vorgestellt. Insgesamt wurden 13 Poster aus 9 Ländern vorgestellt. Sie konnten in 7 Kategorien eingeteilt werden.

N = 2 in vitro

N = 3 in vivo

N = 2 Humanuntersuchungen

N = 3 Biophysikalische Mechanismen

N = 2 Dosimetrie

N = 1 Risikomanagement

Nur bei einigen Postern war ein direkter Bezug zu dem Tagungsthema erkennbar. Auch waren die Themen und Ergebnisse von nicht so großer Brisanz und Bedeutung und mehr eine Möglichkeit für Teilnehmer, ihre Arbeiten vor Ort zu präsentieren.

Eine abschließende Bewertung über Gesundheitseffekte gepulster RF Feldexposition, den momentanen Wissensstand "exactly where we are" und den zukünftigen Forschungsbedarf brachte Dr. M. Repacholi als Vertreter der WHO. Seiner Aussage nach sind thermische Wirkungen weitestgehend bekannt und die Wirkungsmechanismen verstanden. In den nächsten Jahren steht die Aufklärung folgender nichtthermischer Effekte im Vordergrund:

1. ODC-Aktivität

2. Zellproliferation
3. Wirkungen gepulster RF-Felder auf die DNA

Strangbrüche
Schwester-Chromatit-Austausch
Mikro Nuklei

4. Krebspromotion
5. Epidemiologische Studien zur Verbesserung der Stärke und Konsistenz der bisherigen Aussagen.
6. Tierversuche zur Abklärung von Nahfeldwirkungen
7. Humanuntersuchungen (kognitive Effekte, Blutdruck)
8. Korrelation von Ergebnissen aus in vitro und in vivo Studien
9. Untersuchung psychischer Effekte

Kopfschmerzen

Schlafstörungen

Höreffekte

Neurologische Effekte

Der zweite Bericht von Dr. J. Lin, Vertreter der NCRP beinhaltet einige Definitionen und physikalische Fakten der Pulsung von EM-Feldern. Als zukünftige Forschungsprioritäten schlug er vor:

1. Untersuchungen über Verhaltenseffekte

Kognitives Verhalten
Leistungsfähigkeit

2. Morphologische Untersuchungen
Nervensystem
3. Medikamentenwechselwirkungen (psychoaktive Medikamente)
4. Krebsstudien in Tierexperimenten
5. Epidemiologische Studien (Gehirntumore, akustische Neurome)
6. Mechanismen und Entwicklung von Wirkungsmodellen.

Zum Abschluß der öffentlichen Tagung stand der Bericht von Prof. J. Bernhard, Vertreter der ICNIRP, über Folgerungen neuester Untersuchungen auf Standards und die Gesetzgebung auf der Tagesordnung. Anhand eines umfangreichen Flowcharts zeigte er die Wege auf, die von Beginn an zu beschreiten sind, gesicherte Ergebnisse in eine Empfehlung der WHO/ICNIRP zu fassen. Die letzten gesundheitsbezogenen Änderungen der Empfehlungen stammen von 1995. Die nächsten sind, sofern erforderlich, frühestens 2005 zu erwarten.