

Seminar von ICNIRP, WHO und BfS:

Sind athermische Wirkungen gesundheitsschädigend?

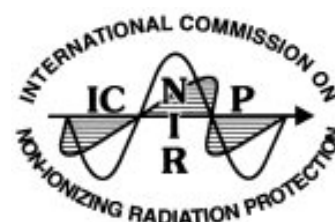
Am 20./21. November 1996 fand in München/Neuherberg ein internationales Seminar zum Thema „Biological Effects on Non-Thermal Pulsed and Amplitude Modulated RF Electromagnetic Fields and Related Health Hazards“ statt. Die geladenen Experten gaben einen Überblick über den Stand der Forschung und Hinweise auf den zukünftigen Forschungsbedarf.

Zwischen Wissenschaftlern heftig debattiert werden nach wie vor biologische Effekte gepulster und/oder amplitudenmodulierter hochfrequenter elektromagnetischer Felder im nicht thermischen Bereich. Daher widmete sich die „International Commission on Non Ionizing Radiation Protection“ (ICNIRP) erneut diesem Thema, um ihre Empfehlungen für den Schutz vor nichtionisierender Strahlen zu überprüfen.

In Zusammenarbeit mit dem internationalen EMF-Projekt der World Health Organisation (WHO) und dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) veranstaltete die ICNIRP am 20./21. November 1997 in der GSF Neuherberg bei München ein internationales Seminar, auf dem die gegenwärtig strittigen Fragen athermischer EMF-Wirkungen thematisiert wurden. Unterstützt wurde diese Veranstaltung vom Bundesministerium

für Umwelt der Bundesrepublik Deutschland und dem Ministerium für Gesundheit und Verbraucherschutz der Republik Österreich.

Im Mittelpunkt des Seminars stand die Frage: „Biologische Wirkungen nicht thermischer gepulster und amplitudenmodulierter



elektromagnetischer Felder – besteht eine gesundheitliche Relevanz?“ Zu dieser Frage nahmen 22 eingeladene Experten im Rahmen von Plenarsitzungen Stellung und standen auf einer Forumsdiskussion Rede und Antwort. Auf den Plenarsitzungen mußte jeder

Vortragende sein Themengebiet kurz umreißen und gegebenenfalls auf bestehende Wissenslücken hinweisen, um die Richtung zukünftiger Forschungsbemühungen anzudeuten.

Methoden und Bewertung von Risiken

Die erste Sitzung des Seminars hatte die „Methoden des Monitoring, der Dosimetrie und Schemata zur Bewertung von Risiken“ zum Thema. Zunächst beschäftigten sich die Experten mit den Problemen und Möglichkeiten unterschiedlicher Methoden des Monitoring elektromagnetischer Strahlung *in vitro* und *in vivo*, insbesondere im athermischen Bereich. Dabei wurde, als Vorbedingung von *In vitro*- und *In vivo*-Experimenten, auf die Notwendigkeit von numerischen Methoden zur Einschätzung und Berechnung (FDTD - Finite Difference in Time Domain) hingewiesen. N. Kuster von der ETH-Zürich beschrieb anhand eigener Untersuchungen Probleme der Nahfeldexposition von Ratten durch GSM-Signale und ging auch auf spezielle Probleme der Expositionseinstellungen (TEM-Zelle) und die *In vivo*-Temperaturmessung mit Thermistorsonden ein. Thermistorsonden sind Meßfühler, die üblicherweise zum Temperaturmonitoring in HF-Feldern verwendet werden.

Im weiteren Verlauf wurden Vorschläge von Frau E. Cardis aus Frankreich zur Schematisierung von Risiko-Bewertungen vorgestellt. Ziel der Vorschläge war es, ein einheitliches Bewertungsschema zur Beurteilung von Untersuchungen zu verwenden, um ein

allgemein akzeptiertes Verfahren zur Risikobeurteilung zu erstellen und die Qualität der Experimente sicherzustellen. Im Vordergrund stand dabei ein Klassifizierungs-



verfahren (IARC-Monograph). Mit diesem vorgeschlagenen Verfahren kann eine Klassifizierung anhand folgender Kriterien vorgenommen werden:

- der Risikobeurteilung (qualitativ),
- des Ansatzes (*in vitro* oder *in vivo*),
- der Kausalitätskriterien (wie zwingend ist der Zusammenhang? Dosis-Wirkungsbeziehung, Reproduzierbarkeit, etc.) sowie
- der biologischen Plausibilität.

Physikalische, biologische und theoretische Wirkungsmodelle

Im ersten Beitrag dieser Themengruppe behandelte K. Foster aus den USA physikalische Gesichtspunkte von etablierten, d.h. hinreichend bekannten und erforschten thermischen Wirkungsmechanismen elektromagnetischer Felder. Des Weiteren wurde der aktuelle Stand der Risikodiskussion dargestellt. Dabei wurden bekannte und vermutete Mechanismen vorgestellt, der Plausibilität bisher ermittelter Effekte nachgegangen und ein Leitfaden für zukünftige Forschungen aufgezeigt. Foster stellte körpereigene elektrische und ma-

gnetische Vorgänge gegenüber, beispielsweise das thermische Rauschen im Körper, das Ruhepotential an der Membran und das k-T-Problem ($k \cdot T$ = der thermische Energiegehalt in Joule). Spekuliert wurde über spezielle Effekte gepulster Strahlung und die weitere Notwendigkeit intensiver Forschung über dieses Thema.

In einem Überblick von T. Tenforde (USA) über biologische Wirkungen von elektromagnetischen Feldern wurde weitgehend Bekanntes über thermische und athermische Wirkungen präsentiert. Im Weiteren wurden von ihm selektiv Arbeiten herausgestellt (z.B. über die Freisetzung von gebundenem Ca^{++}), die Effekte gefunden oder nicht gefunden haben (positive versus negative findings).

Eingehend behandelte Tenforde die Zusammenhänge zwischen Hochfrequenzfeldern und Krebsentstehung und die zukünftige



tige Forschung zu diesem Thema. Zur *In vitro*-Krebsentstehung gibt es bisher keinen Beweis über einen Wirkungszusammenhang. Zukünftig zu untersuchen wären aber noch beispielsweise ungepaarte DNA-Brüche in Gehirn- oder Testikel-Gewebe im Hinblick auf Primärtumore bei Ratten. Bei der *In vitro*-Krebspromotion dagegen zeigten sich Effekte: in einer ersten Stufe einer beschleunigten DNA-Synthese bzw. Zellwachstum, in einer zweiten Stufe

einer erhöhten OCD-Aktivität (Onkogen). Auch zur In vitro-Krebsprogression zeigten sich Veränderungen der Enzymaktivitäten und Umwandlung von Zellen zu Tumorzellen. Zu beobachten waren z.B. eine Verminderung der Protein-Kinase-Aktivität, eine erhöhte cytoplasmatische Aktivität von OCD (Ornithine Carboxy Dihydrogenase) und eine neoplastische Transformation von 10T1/2-Zellen bei 2,4 GHz gepulsten Feldern.

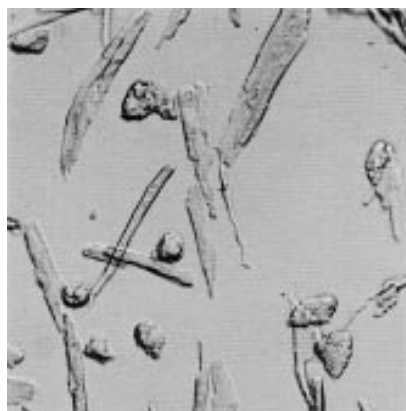
Für eine In vivo-Krebspromotion gibt es bisher keine zwingenden Beweise. Untersuchungsgegenstand zukünftiger Forschung wäre gegebenenfalls die Beschleunigung bestimmter Gruppen spontaner Brusttumore. Zum Thema „In vivo-Krebsentstehung und Melatonin“ sind einige endokrine und Immunsystem-Faktoren erwähnenswert: die Herabsetzung des Immunsystems, ein reduzierter onkostatistischer Effekt von Melatonin und ein reduzierter Effekt von Melatonin auf „Freie Radikale“. Normalerweise soll Melatonin – ein Hormon der Zirbeldrüse, dem eine krebsunterdrückende Wirkung nachgesagt wird – einen positiven Effekt auf „Freie Radikale“ haben. Dieser Effekt sei derart, daß die Lebensdauer der „Freien Radikale“ – das sind relativ kurzlebige und reaktionsfreudige Atomgruppen, die unter physiologischen Bedingungen entstehen – reduziert wird.

Im letzten Beitrag von H. Chiabrera aus Italien standen theoretische Betrachtungen über Modelle möglicher Wirkungsmechanismen im Vordergrund. Unter zellbiologischen, membranphysikalischen und biochemischen Aspekten versuchte Chiabrera quantenmecha-

nische und klassische Modellansätze miteinander zu vergleichen. Zusammenfassend wies er unter anderem darauf hin, daß unter bestimmten Bedingungen eine Signal-„Verstärkung“ stattfinden kann, um auch die k.T.-Schwelle zu überwinden.

In vitro- und In vivo-Studien

In einer weiteren Sitzung wurde der Versuch unternommen, die Ergebnisse der Vielzahl von Veröffentlichungen zum Thema der Veranstaltung zu systematisieren. Ebenso sollten die Publikationen daraufhin untersucht werden, in welchen Bereichen sich Vermu-



Die Zellbiologie ist ein wichtiger Forschungsbereich für die Untersuchungen der Wirkungen von EMF. (Foto: Uni Bonn)

tungen über HF-Wirkungen verdichten. Auf diese Weise sollen Ansätze für die weitere Forschung gewonnen werden.

In dem Beitrag von R. Luben (USA) standen Studien im Vordergrund, die sich mit Zellmembranen und Signaltransduktionen beschäftigten. Luben kam nach

Durchsicht der Literatur zu dem Schluß, das elektromagnetische (EM) Felder im nichtionisierenden Bereich direkt keine DNA-Brüche oder Erbgutänderungen hervorrufen. Ebenso können EM-Felder die Membran nicht durchdringen (Signaltransduktion). Nach seinem Dafürhalten zeigten sich in der Literatur keine speziellen magnetischen Effekte.

Der nachfolgende Beitrag von S. Cleary (USA) gab eine Übersicht über In vitro-Studien aus der Literatur, die er gegenüber In vivo-Studien vorzieht. Als Grund nannte er die präziseren und besser einhaltbaren Bedingungen bei In vitro-Studien; auf diese Weise ließen sich vergleichbarere Ergebnisse erzielen.

L. Salford aus Schweden zeigte mit seinem Beitrag eindrucksvoll, wie fatal sich Astrocytome (Hirntumore) aus der Sicht von Pathologen darstellen – Astrocytome bilden keinen Tumorherd, sondern sind punktuell im Gehirn verstreut. Weniger dramatisch zeigten sich aber nach der Literaturrecherche die Ergebnisse zu den Untersuchungen über eine mögliche kausale Beziehung zwischen EMF-Exposition gepulst oder Dauerstrich (Continous Wave – CW) und Hirntumoren. Die Hinweise in der Literatur seien nicht zwingend genug, um über die bloße Vermutung eines Zusammenhangs hinauszugelangen.

Als letzter Vortragende in dieser Sitzung befaßte sich R. Saunders aus Großbritannien mit der Literatur zu In vivo-Studien von Tierexperimenten. Die Ergebnisse sind sehr unterschiedlich: Berichte, die Effekte zeigen, stehen Berichten gegenüber, in denen keine Effekte

nachgewiesen wurden. Problematisch ist hierbei, daß viele Berichte, die Effekte vorzeigen, bisher nicht nachvollzogen werden konnten. Generell ergibt sich hier ein sehr unklares Bild. Des weiteren stellte Saunders eine von ihm selbst durchgeführte tierexperimentelle Langzeitstudie an Ratten vor. Dabei wurden Ratten (an TEM-Zellen) EM-Feldern von 800 MHz (GSM-Standard) ausgesetzt. Untersucht werden sollte, ob sich genotoxische und Chromosomabberationseffekte durch gepulste elektromagnetische Felder finden ließen. Diese schloß er aber aus, insofern keine Temperaturerhöhung stattfindet, welches auf thermische Effekte schließen ließe.

Ergänzend zu den vorhergehenden Ausführungen wurden von W. Pickard aus den USA einige Hinweise für Strategien formuliert, die bei der Erforschung von In vitro- und In vivo-Wirkungen elektromagnetischer Felder zu beachten sind. Besondere Bedeutung kommt hierbei der Einhaltung von Prozeduren zu, wie sie von der „Good Clinical Practice“ (GCP) und der „Good Laboratory Practice“ (GLP) zur Qualitätssicherung vorgegeben werden.

Übersicht psychosozialer Effekte

Eine weitere Reihe von Vorträgen war der allgemeinen Beurteilung von sekundären Erscheinungen, wie z.B. psychosozialen Einflüssen, gewidmet. Die entsprechende Literatur dazu wurde diskutiert. Zu den von U. Bergquist (Schweden) vorgestellten Studien gehört eine Arbeit von C. Poole (1993) über Kopfschmerzen und

Migräne in Zusammenhang mit der Exposition von gepulsten EM-Feldern. Der Zusammenhang war als „schwach und instabil“ beurteilt worden. In einer weiteren Arbeit, von McMahan (1994), wurde kein Zusammenhang zwischen gepulsten EM-Feldern und Beschwerden wie Kopfweg, Migräneanfällen und sonstigen Empfindlichkeiten gefunden. Bis auf die in jüngster Zeit durchgeführte „Schwarzenberg-Studie“ aus der Schweiz lassen sich gene-

rell nur wenige Hinweise auf Untersuchungen mit höheren Frequenzen finden.

In einem Beitrag von A. Swerdlow (Großbritannien) wurde auch eine Literaturübersicht über Humanstudien epidemiologischer Art in Zusammenhang mit Mobilfunk gegeben. Eine neuere Publikation von Rothmann et al. (1996) wurde dabei eingehender dargestellt. Das Fazit dieser Übersicht ist, daß noch erhebliche Wissenslücken über den Zusammenhang zwischen gepulsten und amplitudenmodulierten EM-Feldern niedriger Energie und Onkogenese und Promotion (Krebsentstehung und -förderung) bestehen.

Aufgaben und Ziele

Zwei abschließende Beiträge, von N. Leitgeb aus Österreich und A. McKinlay aus Großbritannien, be-

faßten sich weniger mit wissenschaftlichen Ergebnissen als mit den Aufgaben und Zielen des europäischen ICNIRP. Das Engagement des ICNIRP wurde gewürdigt und die Themen angesprochen, mit denen sich die Organisation beschäftigt. Ebenso wurde ihre Aufgabe in der Herausgabe von Empfehlungen sowie das Forschungsmanagement aufgezeigt. In der gleichen Weise wurden von McReed (USA) die Ziele und das bisherige Engagement der US-

amerikanischen Vereinigung Wireless Technology Research (WTR) vorgestellt.

Zum Abschluß der Tagung wurden noch einmal die von M. Repacholi (Schweiz) dargelegten möglichen Gesundheitsrisiken zusammengefaßt, die sich aus den bisherigen Untersuchungen vermuten lassen. Im Vordergrund stand dabei die Entstehung und Förderung von Krebs. Des weiteren wurde von den Referenten die Bedeutung einer Koordinierung der zukünftigen Forschung auf dem Gebiet der „Biologischen Wirkungen von EM-Feldern“ herausgestellt. Längerfristig sind die Experten aufgerufen, Fachgruppen zu bilden, um die Ergebnisse der Tagung zu analysieren und Vorgaben für zukünftige Forschungsprojekte zu erarbeiten.

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