

Mobile Funktelefone und Basissender:

Gesundheitliche Risiken durch elektromagnetische Hochfrequenzfelder?

Die wissenschaftlichen Studien und die einschlägige Literatur über mögliche gesundheitliche Aspekte der von mobilen Funktelefonen und Basissendern abgegebenen Hochfrequenzstrahlung füllt inzwischen ganze Bibliotheken. Die Internationale Kommission für den Schutz vor Nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) hat diese umfangreiche Literatur gesichtet und einen Überblick über den Stand der Forschung erstellt. Der vorliegende Beitrag faßt die Ergebnisse der ICNIRP zusammen.

Bereits zu einem früheren Zeitpunkt hat die ICNIRP veröffentlichte Daten und Studien ausgewertet, die über Auswirkungen von EMF auf biologische Systeme Aufschluß geben. 1993 wurde diese Untersuchung von der Weltgesundheitsbehörde (WHO) veröffentlicht. Für die jüngste Studie hat die ICNIRP neben diesem Datenmaterial auch jüngere wissenschaftliche Veröffentlichungen ausgewertet.

1988 hat der Internationale Ausschuss für Nichtionisierende Strahlung (INIRC) – die Vorgängerorganisation der ICNIRP – „Richtlinien zu Grenzwerten in bezug auf die Einwirkung elektromagnetischer Felder im Frequenzbereich von 100 kHz bis 300 GHz“ herausgegeben. Diese Richtlinien beinhalten Grenzwerte für die Einwirkung auf den ganzen Körper, aber auch Körperteile. Diese Grenzwerte werden als spezifische Absorptionsrate (SAR) ausgedrückt. Seitdem hat die Verwen-

dung mobiler Funktelefone stark zugenommen, ist die Anzahl feststehender Basisstationen drastisch gestiegen und sind die abgedeckten Empfangsbereiche erheblich erweitert worden. Gleichzeitig mit dieser Entwicklung nahm die

Besorgnis in der Bevölkerung vor gesundheitlichen Risiken, insbesondere vor Krebserkrankungen, deutlich zu. Die derzeit geltenden Schutzwerte wurden in der öffentlichen Diskussion häufig kritisch beurteilt.



Die Anzahl fester Mobilfunk-Basisstationen in Deutschland hat sich in den letzten Jahren enorm vergrößert. Hier eine D2-Basisstation im Schwarzwald, deren Antenne auf einem Bauernhaus angebracht ist.
(Foto: Mannesmann Mobilfunk)



Messung der spezifischen Absorptionsrate (SAR) am Phantomkopf. (Foto: ETH Zürich/ Prof. Kuster)

Die vorliegenden Ausführungen dokumentieren den neuesten Stand der Bewertung durch INCIRP und WHO zum Thema „Gesundheitliche Auswirkungen hochfrequenter Felder“.

Dosimetrie

Das international verabredete Maß für die z.B. beim Mobiltelefonieren aufgenommene Energie ist die spezifische Absorptionsrate (SAR), die in Watt pro Kilogramm Körpergewicht definiert wird. Der Energieeintrag ins menschliche Gewebe erfolgt z.B. über die Antenne des Mobiltelefons. Daher kommt es im Kopfbereich zu einer örtlichen Hochfrequenzeinwirkung. In direkter Nähe der Sendeanlagen kann es durch die Sendeantennen der Basisstationen zu einer Befeldung des ganzen Körpers von Personen kommen. Die Leistungsdichte nimmt dabei im Quadrat des Abstandes ab.

Die im Kopf absorbierte Energie hängt von vielen Parametern wie z.B. von der Strahlungsleistung, der Frequenz, der Antennenkon-

struktion, der Position der Antenne in bezug auf den Kopf und vom Betriebsmodus ab. Sowohl Berechnungen als auch experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, daß die früher geltenden grundlegenden Grenzwerte bei Verwendung eines mobilen Funktelefons mit einer Sendeleistung von 7 Watt überschritten werden. Während des normalen Gebrauchs eines GSM-Handys mit den typischen Leistungen von 1 bis 2 Watt werden die Grenzwerte – so

zahlreiche Studien – nicht überschritten.

Biologische Auswirkungen

Für eine Bewertung des gesundheitlichen Risikos gibt die eingehend untersuchte wissenschaftliche Literatur zu den biologischen Auswirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern (einschließlich Mikrowellen) genügend Informationen. Allerdings befassen sie sich meist nicht spezifisch mit der Nutzung mobiler Funktelefone. Die Aussagen hinsichtlich eines Zusammenhangs zwischen modulierten Funkfrequenzübertragungen – insbesondere über längere Zeiträume hinweg – und beispielsweise Krebs beim Menschen sind beschränkt. Aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsweisen hochfrequenter Felder auf die verschiedenen biologischen Systeme müssen möglichst viele Experimente mit

ICNIRP

Die Internationale Kommission für den Schutz vor Nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) setzt die Arbeiten der ehemaligen Institution IRPA/Internationaler Ausschuss für Nichtionisierende Strahlung (IRPA/INIRC) fort. Im Mai 1992 wurde sie auf dem 8. Internationalen Kongreß der Internationalen Vereinigung für Strahlenschutz in Montreal von der IRPA als eine neue unabhängige wissenschaftliche Organisation gegründet.

Die Kommission hat folgende Aufgaben:

- die Risiken im Zusammenhang mit nichtionisierender Strahlung (NIR) zu untersuchen,
- internationale Richtlinien zur Begrenzung der Einwirkung von NIR zu entwickeln und
- sich mit jeglichen Aspekten des Schutzes vor NIR zu befassen.

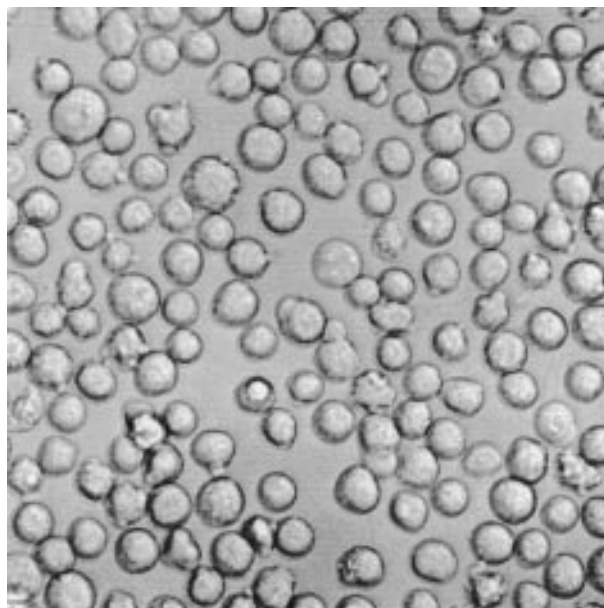
möglichst unterschiedlichen Untersuchungsdesigns und Einwirkungsbedingungen berücksichtigt werden.

Die meisten nachweisbaren biologischen Effekte durch Hochfrequenzfelder stimmen mit den Reaktionen überein, wie sie durch ein induziertes Erwärmen hervorgerufen werden. Im Mittelpunkt wissenschaftlicher Projekte standen die Untersuchung physiologischer und temperaturregulierender Funktionen sowie verhaltensbezogener Auswirkungen. Nur wenige Studien beschäftigten sich mit Möglichkeit der Krebsentwicklung beim Menschen, ausgelöst durch Hochfrequenzfelder.

Krebsuntersuchungen

HF-Felder, so lassen die wissenschaftlichen Studien schließen, lösen keine Mutationen aus und sind daher wahrscheinlich nicht für die Krebsentstehung verantwortlich zu machen. Bei einer Reihe von in vitro durchgeführten Studien blieben beispielsweise HF-induzierte DNS-Schädigungen aus. Bei anderen Untersuchungen gab es allerdings Anzeichen für eine mögliche direkte Beeinflussung von HF-Feldern auf die DNS. Da die Anzeichen aber verstärkt darauf hindeuten, daß HF-Felder nicht genotoxisch sind, sollten diese Untersuchungen erst reproduziert werden, bevor deren Ergebnisse für eine Beurteilung des gesundheitlichen Risikos herangezogen werden.

Andere Studien gingen der Frage nach, ob möglicherweise HF-



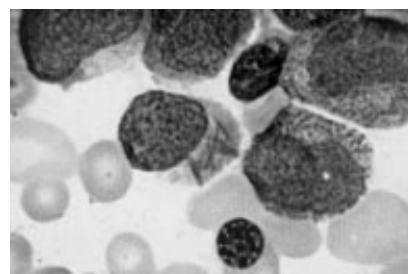
Untersuchungen über athermische Wirkungen von elektromagnetischen Wellen werden häufig an Zellen durchgeführt. Die Abbildung zeigt menschliche T-Lymphozyten der Zelllinie Jurkat. (Foto: Universität Bonn)

Strahlung die Geschwindigkeit der Zellvermehrung erhöht und dadurch die Bildung von Tumoren beeinflusst. In vielen Berichten wurde geschlußfolgert, daß HF-Strahlung unter Umständen die Ionenpumpen beeinflussen und dadurch die Ionenflüsse beeinträchtigen könne. Auch wurde über ähnliche Effekte auf die Zellvermehrung bei bestrahlten menschlichen Lymphozyten bzw. Gliomzellen berichtet; desweiteren, daß durch HF-Einwirkung das Enzym Ornithindekarboxylase (ODC) aktiviert wird (ODC tritt häufig während des Zellwachstums und bei der Entstehung von Tumoren verstärkt auf). Dies muß aber nicht unbedingt ein Indikator für eine Beeinflussung des Zellwachstums sein.

Untersuchungen zur Zelltransformation werden in Zusammenhang mit der Entstehung von Tumoren herangezogen. Bei diesen Untersuchungen können aber keine Rückschlüsse auf die Art des Schadens gezogen werden. Darüber hinaus können Untersuchung zur

Transformation einer Reihe von experimentellen Fehlerfaktoren unterliegen.

In den meisten Krebsstudien mit Tieren wurden Belege gesucht für eine Auswirkung auf die spontanen oder natürlichen Krebsbildungsgeschwindigkeiten, für eine Erhöhung der Wirkung auf bekannte Karzinogene oder für Auswirkungen auf das Wachstum eingepflanzter Tumore. Allerdings konnten bisher keine Anzeichen



In-vitro-Untersuchungen wurden auch an Leukämiezellen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten keine Kanzerogenität durch elektromagnetische Felder, wie sie beim digitalen Mobilfunk verwendet werden. (Foto aus: Begemann H, Rastetter J; Atlas der Klinischen Hämatologie)

für HF-Auswirkungen auf die Tumorbildung gefunden werden.

In einer umfangreichen Studie wurden die Auswirkungen von schwachen, impulsförmigen Mikrowellen an Ratten untersucht. Die Studie erbrachte, daß die bösartigen Tumortypen nicht verstärkt wurden. Allerdings war das Auftreten bei der bestrahlten Gruppe etwas höher und die primären bösartigen Erkrankungen traten früher ein als bei der Kontrollgruppe. Jedoch sind diese Daten kein eindeutiger Beweis für ein verstärktes Auftreten von Tumoren durch Mikrowellen.

Keine Wirkungen auf die gesteigerte Entwicklung von Tumoren durch kontinuierliche Wellen und Impuls-HF-Strahlung zeigten sich bei Studien, bei denen Tieren Krebszellen injiziert wurden.

Die meisten der oben aufgeführten Experimente wurden mit HF-Feldern durchgeführt, deren Frequenzen und Modulationen von denen mobiler Funktelefone abweichen. Die Ergebnisse der Studien legen den Schluß nahe, daß HF-Strahlung keine Mutationen und daher wahrscheinlich keine Krebserkrankungen auslöst. Die Anzeichen für eine krebs- bzw. tumorauslösende oder -begünstigende Wirkung wurden nicht erhärtet. Jedoch verdeutlichen diese Studien, daß hier noch Forschungsbedarf besteht.

HF-Strahlen und Mikrowellen

Amplitudenmodulierte HF-Strahlen mit einer Dosis, die für eine Erwärmung als zu gering bemessen ist,

zeigten in verschiedenen Studien an Katzen und Kaninchen Beeinträchtigungen in der elektrischen Aktivität des Gehirns und der Aktivität des Enzyms ODC, das während der Entstehung von Tumoren oftmals vermehrt auftritt, sowie in vivo und in vitro in der Mobilität der Kalziumionen im Gehirngewebe. Jedoch waren diese Mobilitätsveränderungen der Kal-



Wissenschaftler untersuchen, ob EM-Felder Auswirkungen auf die elektrische Aktivität des Gehirns (EEG) haben. Die Messung der Gehirnströme erfolgt mittels Elektroden, die am Hinterkopf des Probanden angeklebt werden. (Foto: CETECOM, August '93)

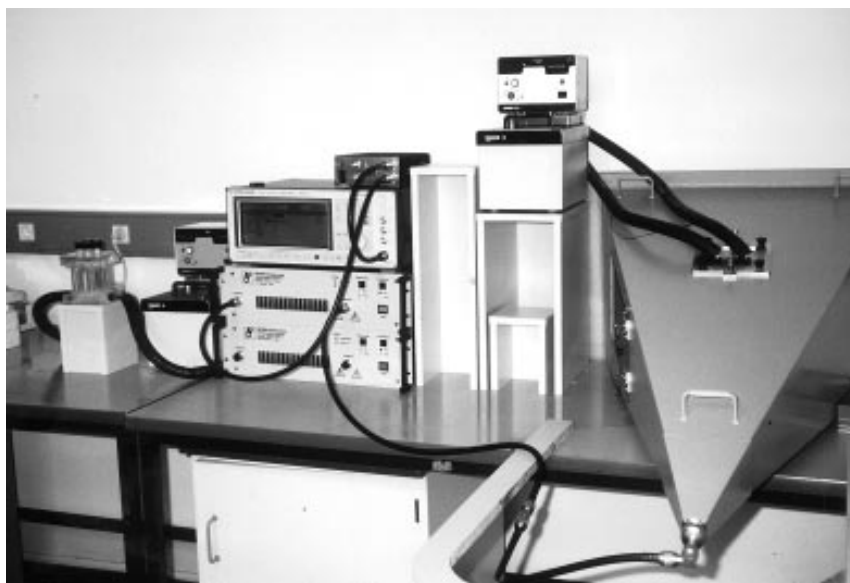
ziumionen nicht ohne weiteres erklärbar. Mit diesen Daten wird aber die konventionelle Prämisse in Frage gestellt, wonach sich Wirkungen in Abhängigkeit von einer bestimmten „Dosis“ erhöhen. Allerdings sind diese Wirkungen noch nicht ausreichend untersucht, um sie auf die menschliche Bedingungen beziehen zu können.

Bei Mäusen im Wachzustand, so wurde berichtet, wurden aufgrund einer sehr intensiven Impuls-Mikrowellenstrahlung die Schreckreaktion unterdrückt und Körperbewe-

gungen hervorgerufen. Der dahinterstehende Wirkungsmechanismus ist aber noch nicht genügend geklärt. Des Weiteren haben Menschen mit normalem Hörvermögen bestimmte pulsmodulierte HF-Strahlung (mit 200 MHz bis 6,5 GHz) – je nach Modulationseigenschaften als Summen, Klicken, Zischen oder Knallen – akustisch wahrgenommen. Am wahrschein-

lichsten scheint zu sein, daß das Geräusch durch Absorption der auftretenden Energie hervorgerufen wird. Wenn dieser sogenannte Mikrowellen-Höreffekt wiederholt oder dauerhaft auf den Menschen einwirkt, können Streßreaktionen ausgelöst werden. Bei Reduzierung der Umgebungsgeräusche trat dieser Effekt allerdings verringert auf.

Einige Studien legen den Schluß nahe, daß die Augen von Primaten – Retina, Iris und korneales Endothelium – Mikrowellenstrahlung mit geringer Intensität, ins-



Versuchseinrichtung mit GTEM-Zelle zur Exposition von Zellkulturen im Frequenzbereich der Mobilfunknetze 890-960 MHz und 1700-1900 MHz. (Foto: TU Braunschweig)

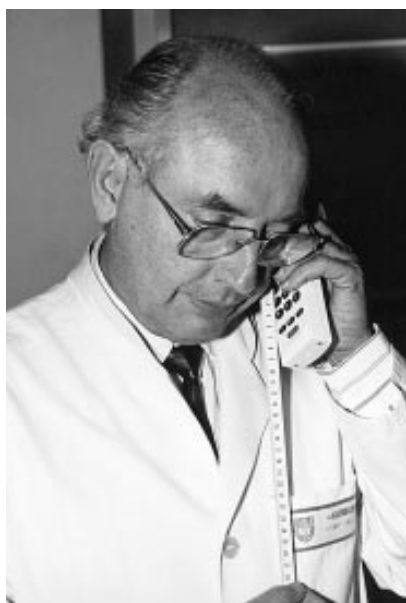
besondere bei Impulsstrahlung, wahrnehmen könnten. Diese Studien wurden jedoch bisher nicht reproduziert.

Thermische Wirkungen

Die thermischen Wirkungen von HF-Feldern wurden bei Tieren, einschließlich Primaten, untersucht. Zu den Folgen einer Erwärmung der Gewebetemperatur um deutlich mehr als 1 °C zählen Trübungen der Augenlinse, eine mögliche Beeinträchtigung der Entwicklung und des Zeugungsvermögens, verschiedene physiologische und temperaturregulierende Reaktionen sowie eine Verringerung der Fähigkeit zum Lösen geistiger Aufgaben bei zunehmender Körpertemperatur. Ähnliche Wirkungen wurden bei Menschen beobachtet, wenn sie Streß aufgrund von Hitze (z.B. heiße Umgebung oder Fieber) ausgesetzt waren. Diese verschiedenen

Wirkungen sind hinreichend bestätigt und bilden die biologische Grundlage für Beschränkungen der beruflichen Expositionen und der Allgemeinbevölkerung mit Hochfrequenzfeldern.

Dagegen sind nichtthermische Effekte oder gar Wirkungen wissenschaftlich nicht ausreichend er-



härtert. Daher können sie für eine Beschränkung der Einwirkung von elektromagnetischen Feldern nicht ohne weiteres herangezogen werden.

Humanmedizinische Studien

Viele epidemiologische Studien untersuchten mögliche Zusammenhänge zwischen hochfrequenten Feldern und einer Erhöhung des Krebsrisikos. Hinsichtlich der Konzipierung, Ausführung und Auswertung dieser Studien bestehen allerdings Probleme. Dies gilt insbesondere dann, wenn die in die Studien einbezogenen Personengruppen, die einer starken HF-Befeldung ausgesetzt waren, identifiziert werden sollen. Aber auch in bezug auf eine retrospektive Bewertung der Einwirkung sind diese Studien problematisch.

Studien an Berufsfunkern (mehr als 40.000 Personen) und Angestellten und Angehörigen der US-

Der beim bestimmungsgemäßen Gebrauch des Mobilfunkgerätes eingehaltene Abstand von 20 cm und mehr zwischen Antenne und Herzschrittmacher ist ausreichend für das ungestörte Funktionieren des Herzschrittmachers. Prof. Irnich von der Uni Gießen demonstriert einen entsprechenden Abstand.

(Foto: Justus-Liebig-Universität, Gießen)

amerikanischen Botschaft in Moskau (1.800 bzw. 3.000 Personen) erbrachten kein erhöhtes Auftreten von Krankheiten oder Todesfällen, die auf die Einwirkung von HF-Strahlung zurückgeführt werden könnten. In einer anderen Studie wurde über eine Erhöhung des Krebsrisikos bei Militärangehörigen berichtet. Hier wurden jedoch weder eindeutige Angaben zur untersuchten Personenzahl noch zur Stärke der Einwirkungen gemacht. Daher sind die Ergebnisse dieser Studie nur schwer auswertbar.

Mit der Bewertung des Kenntnisstandes zu möglichen Zusammenhängen von HF-Strahlung und Erhöhung des Krebsrisikos befaßten sich einige Arbeitsgruppen. Sie gelangten zum Fazit, daß es keine eindeutigen Beweise für einen Zusammenhang gebe. Das britische NRPB (Beratergruppe für Nichtionisierende Strahlung) beispielsweise konnte keine eindeutigen quantitativen Beweise eines Krebsrisikos durch elektromagnetische Felder für die Allgemeinheit und für Arbeiter in den Branchen Elektrotechnik, Elektronik und Telekommunikation finden.

Elektromagnetische Beeinflussung

Daß sich HF-Emissionen, die von mobilen Funktelefonen ausgehen, funktionsstörend auf einige elektrische und elektronische Geräte (z.B. Hörgeräte) auswirken können, ist anerkannt. Solche Beeinflussungen sind dann problematisch, wenn es sich um elektrische medizinische Ausrüstungen und insbesondere um lebenserhaltende Apparate handelt.

Empfohlen wird daher, Funktelefone nur in Bereichen zu verwenden, in denen es unwahrscheinlich ist, daß es zu Beeinflussungen kommen kann (z.B. in ausreichend großem Abstand zu Krankenhaus-Intensivstationen). Die Hersteller von elektrischen Geräten sind gefordert, Ausrüstungen zu entwickeln und herzustellen, die hinsichtlich einer Beeinflussung durch HF-Strahlung unempfindlich sind.

Schlußfolgerungen

Die ICNIRP ist nach kritischer Untersuchung der wissenschaftlichen Literatur zu folgenden Schlußfolgerungen bezüglich der Einwirkung von HF-Feldern gelangt:

Die Ergebnisse der epidemiologischen Studien können weder für eine Bewertung der Gesundheitsrisiken, noch für eine Festlegung quantitativer Beschränkungen (Grenzwerte) herangezogen werden. Für eine Risikobewertung bezüglich der Verwendung von mobilen Funktelefonen und Basissen bilden sie keine Grundlage. Dies gilt auch für die in Studien zu Krebserkrankungen gesammelten Daten.

Als Grenzwerte zugrunde gelegt werden sollten die von der INIRC 1988 aufgestellten SAR-Grenzwerte für die Ganzkörpereinwirkung und die von der ICNIRP aufgestellten SAR-Grenzwerte für eine örtliche Einwirkung. Es gibt keine stichhaltigen Beweise dafür, daß bei Menschen gesundheitsschädigende Wirkungen, einschließ-

lich Krebserkrankungen, auftreten können, wenn diese Grenzwerte eingehalten werden.

Eine Gefahr besteht ebenfalls nicht in bezug auf Stromschläge und Verbrennungen bei Frequenzen und Leistungspegeln, wie sie von mobilen Funktelefonen verwendet werden.

Die lokalen SAR-Werte im Kopfbereich müssen für jede verwendete Frequenz und Konfiguration bewertet werden. Hinsichtlich der mobilen Funktelefone, die berufsbedingt genutzt werden, empfiehlt die ICNIRP eine Begrenzung des örtlichen SAR-Wertes im Kopf auf 10 W/kg^{-1} , ansonsten eine Begrenzung auf 2 W/kg^{-1} – bei einer Durchschnittsermittlung über jeweils 10 g Gewebemasse im Kopf (Absorption von 0,1 W bzw. 0,02 W pro jeweils 10 g Gewebemasse im Kopf).

Funktelefone sollten in sicherheitssensiblen Bereichen nur eingeschränkt verwendet werden, so daß es zu keiner Beeinflussung von schlecht abgeschirmten Geräten kommen kann (z.B. in ausreichend großem Abstand zu Krankenhaus-Intensivstationen und ähnlichem). Die Hersteller von elektrischen Geräten sind gefordert, Ausrüstungen zu entwickeln und herzustellen, die hinsichtlich einer Beeinflussung durch HF-Strahlung unempfindlich sind.

Grundlage der vorliegenden Zusammenfassung ist eine Erklärung der Internationalen Kommission für den Schutz vor Nichtionisierender Strahlung (ICNIRP)