

# brennpunkt

## Langzeiteinwirkung von Mikrowellen-Bestrahlung durch Radar und Mobilfunk löst Krebswachstum aus

Übersetzung der Studie von Yakymenko I., Sidorik E., Kyrylenko S., Chekhun V. (2011)

### Originaltitel

Long- Term Exposure to Microwave Radiation Provokes Cancer Growth: Evidences from Radars and Mobile Communication Systems (Review). *Experimental Oncology* 33, 62-70, 2011 (June)

Yakymenko I., Sidorik E., Kyrylenko S., Chekhun V. (2011)

### Volltext auf:

<http://exp-oncology.com.ua/download/902.pdf>

### Inhalt

#### Einleitende Zusammenfassung und Rezension

Isabel Wilke Seite 1

#### Langzeiteinwirkung vom Mikrowellen- bestrahlung durch Radar und Mobilfunk löst Krebswachstum aus

Yakymenko, Igor et al.

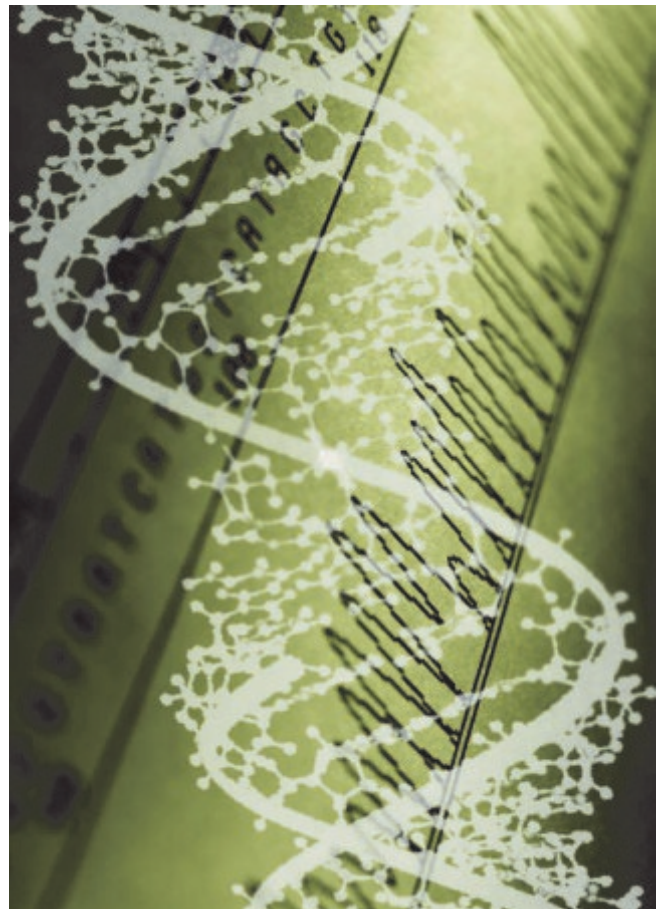
Seite 4

#### Glossar

Seite 14

#### Der Stand der Forschung erfordert Konsequenzen

Diagnose-Funk Seite 16



## Einleitende Zusammenfassung und Rezension der Studie

von Isabel Wilke (Redaktion Strahlentelex / ElektrosmogReport)

In der Übersichtsarbeit (Review) von Yakymenko et al. fassen die Autoren die Ergebnisse epidemiologischer und experimenteller Studien zusammen und kommen zu dem Schluss, dass Mikrowellen, die im Radar- und Mobilfunkbereich Anwendung finden, das Potenzial haben, Krebswachstum zu begünstigen. Die Schlussfolgerung der Autoren ist, dass die Grenzwerte dringend neu überdacht werden müssen und die Bevölkerung aus Vorsorgegründen vor zu hoher Hochfrequenzstrahlung geschützt werden muss. Die Autoren betonen in der Einführung, dass sie nur epide-

miologische und experimentelle Arbeiten verwertet haben, die zweifelsfreie Ergebnisse geliefert haben.

Von Radarstrahlung (1-12 GHz, gepulst) sind vor allem bestimmte Berufsgruppen betroffen. Deshalb wurden beim Radar Daten von Beschäftigten bei Militär und Marine in die Auswertung einbezogen. Mobilfunkstrahlung (859-1900 MHz) ist heutzutage die am meisten verbreitete Strahlung weltweit, hierfür wurden epidemiologische Studien mit Menschen, Experimente mit Nagetieren und Zellkulturen herangezogen.

## 1. Epidemiologische Studien

Bei Menschen, die beruflich Radarstrahlung ausgesetzt sind, findet man einen statistisch signifikanten Anstieg von unreifen roten Blutkörperchen; sie haben zudem eine signifikant verminderte Anzahl von weißen Blutkörperchen und Blutplättchen im Vergleich zu Beschäftigten, die weit von Mikrowellen entfernt arbeiten. Polnische Soldaten, die von 1970-1979 Radarstrahlung ausgesetzt waren, hatten eine 5,5-mal höhere Krebsrate. Der höchste Krebsanstieg war bei blutbildenden und lymphatischen Organen zu sehen: 13,9-fach bei der Chronisch Myeloischen und 8,6-fach bei der Myeloblastischen Leukämie. Die Sterblichkeitsrate bei allen strahlenbelasteten Beschäftigten war signifikant höher als bei unbelasteten: Der Risikofaktor (RF) betrug bei Dickdarm-, Speiseröhren- und Magenkrebs 3,2 und bei Krebs des blutbildenden Systems und lymphatischem Gewebe 6,3. Bei amerikanischem Marinepersonal im Korea-Krieg (1950-1953) war die Krebsrate fast doppelt so hoch wie bei gering belastetem Personen (40 000 Kontroll - Personen). Die Sterberate bei technischem Flugpersonal, das die höchste Strahlenbelastung hatte, war bis 1974 signifikant höher als bei dem anderen Personal. Auch bei Piloten von normalen Fluggesellschaften ist die Krebsrate erhöht. Die Neuerkrankungsrate beim bösartigen Melanom war 10,2 (SIR) in Island, in Dänemark waren verschiedene Krebsarten bei Piloten erhöht. In einer Studie an Personal der amerikanischen Luftwaffe wurde festgestellt, dass nicht die ionisierende Strahlung die Ursache dafür ist, sondern die Mikrowellen. Bei deutschem Cockpit-Flugpersonal war die Hirntumorrate um den Faktor 2,1 erhöht, das Krebsrisiko ist nach 30 Jahren Flugdienst gegenüber weniger als 10 Jahren signifikant erhöht (Risikofaktor 2,2) und Non-Hodgkin-Lymphome um den Faktor 4,2. Es gab keinen Zusammenhang zu ionisierender Strahlung in dieser Kohorten-Studie. Bei 340 Polizisten in Seattle (Washington/USA) war das Verhältnis von festgestellter zu erwarteter Hodenkrebsrate 6,9 zwischen 1979 und 1991. Auch in Kanada gab es bei Polizisten erhöhte Raten für Hodenkrebs und Melanome (RF 1,3 und 1,45). Eine andere Studie unterteilte 87 Radar-Angestellte in Risikogruppen bezüglich der Frequenz (200 kHz-26 GHz) und Strahlungsdichte ( $8 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ - $300 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ). Veränderungen an der Augenlinse standen im Zusammenhang mit der Strahlenbelastung. In anderen Berufen fand man einen RF von 2,6 für Akute Myeloische Leukämien bei Beschäftigten von Radiosendern und Radarstationen, und unter 2619 weiblichen Angestellten bei Radiosendern und Telegrafendiensten (405 kHz-25 MHz) gab es erhöhte Brustkrebsraten.

Beim Mobilfunk findet man erhöhte Risiken für bestimmte Hirntumore, wenn Handys oder schnurloses Telefon mehr als 10 Jahre benutzt werden. In mehreren Studien wurden die Risikofaktoren mit 3,1-8,17 angegeben. Es scheint, dass das Risiko umso größer ist, je jünger die Nutzer sind. Bei der INTERPHONE-Studie waren die Ergebnisse widersprüchlich. Im gemeinsamen Endpapier der 13 beteiligten Länder haben die Autoren erklärt, dass ein vermindertes

Risiko für Gliome und Meningeome besteht, vielleicht verursacht durch falsche Auswahl der Teilnehmer oder methodische Fehler. Ein anderes Ergebnis zeigte für Meningeome einen RF von 4,8 und für Gliome 3,77 bei Nutzung des Mobiltelefons mehr als eine Stunde täglich. Das entspricht den neuesten Daten, die unter ukrainischen Studenten erhoben worden sind: Unter denen nutzen mehr als die Hälfte das Handy 1 Stunde und über ein Viertel 2 Stunden pro Tag.

Speicheldrüsen sind ein weiterer Angriffspunkt für Mobilfunkstrahlung ohne Freisprecheinrichtung. Eine Studie ergab einen RF von 2,26 und ein 4-fach erhöhtes Risiko für bösartige Ohrspeicheldrüsentumore, untersucht im Zeitraum von 1970-2006 in Israel. Die Zahlen für andere Speicheldrüsentumore waren fast gleich geblieben in diesem Zeitraum. In Finnland wurde ein RF von 5,0 für Speicheldrüsenkrebs ermittelt unter allen finnischen Mobilfunkvertragspartnern nach 1-2 Jahren der Mobilfunknutzung im Vergleich zur Kontroll-Bevölkerung. Die Risikofaktoren für Non-Hodgkin-Lymphome von T-Zellen, Hautkrebs und Leukämien liegen zwischen 1,6 und 6,1; für Melanome einer Augenschicht (Uvea) wurde ein RF von 4,2 in Deutschland ermittelt bei Personen, die sicher oder wahrscheinlich Mobilfunkstrahlung ausgesetzt waren; für Hodenkrebs 1,8 bei 542 Männern in Schweden, die das Handy in der Hosentasche getragen haben.

Untersuchungen zu Mobilfunk-Basisstationen gibt es wenige, eine ist von 2003-2006, eine andere von 1994-2004 in Deutschland. Da waren die Risikofaktoren 1,26 von 1994-1998 und 3,11 von 1998-2004; das ist in der 2. Periode statistisch signifikant, sowohl im Vergleich zu den Personen, die weiter weg wohnen als auch zu den erwarteten Werten. In einer israelischen Stadt fand man bei 622 Personen innerhalb von 350 m zu einer Basisstation (850 MHz, 1500 Watt Maximalleistung) im Vergleich zu 1222 Personen aus anderen Bereichen ein 4,15-fach erhöhtes Krebsrisiko in der Region der Basisstation im Vergleich zu anderen Regionen in der Stadt. Relative Krebsraten bei Frauen waren mit RF 10,5 nah an der Basisstation signifikant gegenüber 0,6 in der Kontrollregion und 1 für die gesamte Stadt. Französische und spanische Forscher ermittelten innerhalb von 300 m zu einer Basisstation signifikant erhöhte Raten von Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlafstörungen und Depressionen im Vergleich zu entfernteren Bereichen.

## 2. Experimente mit Nagetieren zur Krebsentwicklung

Ein Experiment mit 100 Ratten, die 2 Jahre lang 21,5 Stunden/Tag einer 2,45-GHz-Strahlung ausgesetzt ( $8 \text{ Hz}$  moduliert,  $0,4 \text{ W/kg}$ ) waren, ergab einen starken Anstieg von Krebs mit dem Faktor 3,6 (Auftrag der US-Luftwaffe). In anderen waren Lymphome 4,5-fach, Leberkarzinome 3-fach, Eierstockkrebs 5-fach, gutartige Nebennieren-Tumoren sogar 7-fach erhöht gegenüber den Kontrolltieren. In einer anderen Studie entwickelten Brustkrebs-

Mäuse die Tumoren früher als die Kontrolltiere. Bei einer Studie war die Tumoranzahl nach 900-MHz-Bestrahlung mehr als doppelt so hoch.

### 3. Experimente an Zellkulturen zum Zellstoffwechsel

Die Bildung von freien Radikalen, ROS und Stickstoffoxid zeigt einen signifikanten Anstieg bei nicht-thermischen Intensitäten, in vivo und in vitro. Mikrowellen können eine signifikante Überproduktion von ROS in Mitochondrien von Spermienzellen bei nicht-thermischen Intensitäten hervorrufen mit einhergehender Reduktion der Beweglichkeit und Vitalität. Das bedeutet, Mikrowellen können oxidativen Stress in Zellen erzeugen, wodurch das Krebswachstum angeregt wird. Neuerdings wurde erkannt, dass ROS bestimmte intrazelluläre Kaskaden in Gang setzen (als second messenger) und normale Zellen in Krebszellen umwandeln können (onkogene Transformation).

DNA-Schädigung durch niedrige Intensitäten von Mikrowellenstrahlung wurde in über 50 Studien untersucht, ebenfalls in vivo und in vitro, meistens mit dem alkalischen Komet-Test. Die Experimente ergaben bei geringen Intensitäten einen statistisch signifikanten Anstieg von Doppel- und Einzel - DNA-Strangbrüchen bei Menschen, Tieren und Zellkulturen. Kürzlich wurde oxidative DNA-Schädigung in menschlichen Spermien durch Bildung von 8-hydroxi-2-deoxyguanosine (8-OH-dG) unter nicht-thermischer Mikrowellenbestrahlung in vitro belegt. DNA-Mutationen sind entscheidende Faktoren in der Krebsentwicklung und erhöhte Konzentrationen von 8-OH-dG findet man in vielen Tumoren. So ist es wahrscheinlich, dass Mikrowellen oxidative DNA-Schädigung einleiten, ein sehr wichtiges Signal für Studien zur Risikoabschätzung.

Beim Enzym Ornithindecaboxylase (ODC) gibt es signifikante Veränderungen nach Mikrowelleneinwirkung. Das Enzym ist an Zellwachstum und -differenzierung beteiligt und seine Aktivität ist in Tumorzellen erhöht. Die Überexpression reicht nicht aus, um Transformation von normalen Zellen zu Tumorzellen zu bewirken, die erhöhte Aktivität führt aber bei vorhandenen Tumorzellen zur Wachstumsbeschleunigung.

### Schlussfolgerung

In dieser Arbeit werden Beweise für die Krebs erregende Wirkung von Mikrowellen geringer Intensität aufgezeigt. Sowohl epidemiologische als auch experimentelle Daten ergaben, dass zumindest unter bestimmten Bedingungen die Langzeiteinwirkung zur Tumorentwicklung führen kann, insbesondere die Wachstumsbeschleunigung des schon entstandenen Tumors. Eine Einschränkung in Militär - und -Risiko-Studien zum Mobilfunk ist das Fehlen von genauen Dosis-Messungen. Die ziemlich lange Expositionszeit von etwa 10 Jahren der Mobilfunkkommunikation kann als potenzieller Faktor für die Begünstigung des Krebswachstums angesehen werden, unterhalb der Grenzwerte. Bei Experimenten mit Nagetieren wurden die Intensitäten der Mikrowellen exakt gemessen und bei den meisten waren sie unterhalb der Grenzwerte, und die meisten zeigten nach Langzeitbehandlung (bis zu 24 Monate) Krebs erregende Wirkung. Es gibt somit genügend überzeugende Daten dafür, dass Langzeiteinwirkung der Mikrowellen Krebsentwicklung fördern kann. Die ICNIRP-Empfehlungen und Grenzwerte einiger Staaten müssen deshalb überarbeitet und weitere unabhängige Forschung muss durchgeführt werden.



Experimental Oncology 2011, Review, 33,2, 62-70

# Langzeiteinwirkung von Mikrowellen - Bestrahlung durch Radar und Mobilfunk löst Krebswachstum aus

I. Yakymenko<sup>1,2\*</sup>, E. Sidorik<sup>1</sup>, S. Kyrlyenko<sup>3</sup>, V. Chekhun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>R.E. Kavetsky Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology of NAS of Ukraine, Vasylykivska str. 45, Kyiv 03022, Ukraine

<sup>2</sup>Bila Tserkva National Agrarian University, Soborna pl. 8/1, Bila Tserkva 09117, Ukraine

<sup>3</sup>Masaryk University, Kamenice 5, A6, Brno 625 00, Czech Republic

\*Korrespondenz: Fax: +380456351288; E-mail: yakymenko@btsau.net.ua

Eingereicht: 21. März 2011

Übersetzung: Bearbeitung und deutsche Übersetzung für Diagnose Funk e.V. : Claudia Braun; Redaktion Wissenschaft Diagnose-Funk. Es gilt der englische Originaltext. Freier Download auf: <http://exp-oncology.com.ua/download/902.pdf>

---

**Zusammenfassung:** In diesem Beitrag sprechen wir über alarmierende Daten von epidemiologischen und experimentellen Studien über mögliche krebserregende Wirkungen einer langfristigen Exposition gegenüber Mikrowellen bei bereits geringer Intensität. Erst kürzlich ergab eine Reihe von Berichten, dass die Bestrahlung mit bereits geringer Mikrowellen\* (MW)-Intensität unter bestimmten Voraussetzungen ein beträchtliches Tumorwachstum beim Menschen und in Tierversuchen verursachen kann. Eine krebserregende Wirkung durch MW-Bestrahlung zeigt sich in der Regel zwar erst nach langfristigen Expositionen (bis 10 Jahre und mehr). Dennoch gab es Berichten zufolge bereits schon ein Jahr nach Inbetriebnahme einer leistungsfähigen Mobilfunk-Basisstation einen dramatischen Anstieg von Krebserkrankungen bei der in der Nähe lebenden Bevölkerung. Darüber hinaus stellten Modellstudien an Nagern eine deutliche Steigerung bei der Krebsentstehung nach 17-24 Monaten MW-Exposition fest, und das sowohl bei tumoranfälligen als auch bei gesunden Tieren. Dazu kamen diverse Veränderungen beim Stoffwechsel wie z.B. die Überproduktion reaktiver Sauerstoffspezies\*. Sowohl die Entstehung von 8-hydroxi-2-Deoxyguanosin\* und auch die Aktivierung der Ornithin-Decarboxylase\* unter Einwirkung bereits geringer MW-Intensität bestätigen einen Stresseffekt dieser Faktoren auf lebende Zellen. Wir gehen deshalb auch auf den strittigen Punkt des Standards für die Bewertung biologischer Effekte durch Strahlungseinwirkung ein. Es wird immer offensichtlicher, dass die derzeitige Beurteilung biologischer Effekte durch nichtionisierende Strahlung, welche auf einem physikalischen (thermischen) Ansatz beruhen, einer dringenden Neubewertung durch die derzeitigen öffentlichen Stellen und die ICNIRP (International Commission on non-ionizing radiation protection) bedürfen. Wir ersehen daraus, dass die jüngsten Daten in starkem Maße auf die Notwendigkeit einer Überarbeitung der aktuellen Grenzwerte für nichtionisierende Strahlung hindeuten, wobei in jüngster Vergangenheit gewonnene Erkenntnisse verwendet werden müssen. Ebenso verweisen wir darauf, dass die alltägliche Belastung durch MW-Strahlung für Berufstätige und die allgemeine Öffentlichkeit gesenkt werden sollte, basierend auf einem Vorsorgeprinzip, das eine höchstmögliche Einschränkung exzessiver Strahlungsexpositionen beinhaltet.

Schlüsselwörter: nicht-ionisierende Strahlung, Hochfrequenz, Tumor, Risikobewertung, Grenzwerte, Vorsorgeprinzip.

\* Mit \* gekennzeichnete Begriffe werden im **Glossar** erläutert ( erstellt von Diagnose-Funk)

---

**Abkürzungen:** 8-OH-dG — 8-hydroxi-2-deoxyguanosine; EGF — epidermal growth factor; EMF — electromagnetic field; EMR — electromagnetic radiation; ERK — extracellular-signalregulated kinase; GSM — Global System for Mobile communication; ICNIRP — International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; MW — microwaves; NHL — Non-Hodgkin lymphoma; ODC — ornithine decarboxylase; OER — observed expected ratio; OR — odds ratio; ROS — reactive oxygen species; SAR — specific absorption rate; SIR — standardized incidence ratio; SMR — standardized mortality ratio; WHO — the World Health Organization.

## Einführung

Elektromagnetische Strahlung (EMR) wurde aufgrund intensiver Entwicklung von Kommunikations-Technologien zu einem der bedeutendsten und am schnellsten zunehmenden Umwelt-Faktoren der letzten Jahrzehnte. Derzeit überschreitet nach Einschätzung von Experten das Niveau elektromagnetischer Strahlung, die aus künstlichen Quellen stammt, das Spektrum der natürlichen elektromagnetischen Felder um das 1000fache. Die weltweite aktive Weiterentwicklung mobiler Kommunikations-Technologien wird dieses Niveau weiterhin ansteigen lassen. In diesem Zusammenhang ist das Problem möglicher nachteiliger Auswirkungen durch vom Menschen erzeugte elektromagnetische Strahlung (EMR) auf die menschliche Gesundheit und insbesondere eine strengstmögliche Beurteilung potentiell krebserregender Wirkungen von EMR von extremer Wichtigkeit.

Im August 2007 veröffentlichte eine internationale Arbeitsgruppe namhafter Wissenschaftler und Experten für öffentliche Gesundheit einen Bericht über elektromagnetische Felder (EMF) und die menschliche Gesundheit [1]. Sie erhob dabei ernste Bedenken bezüglich der Grenzwerte für öffentliche elektromagnetische Strahlung durch Hochspannungsleitungen, Handys, Radar und andere EMF-Expositions-Quellen des täglichen Lebens. Die Autoren schlussfolgerten, dass die bestehenden staatlichen Grenzwerte nicht hinreichend dazu geeignet sind, die Volksgesundheit zu schützen. Hierzu wurde erst kürzlich eine große Anzahl neuer, sehr wichtiger Studien veröffentlicht. Wichtig zu wissen ist, dass heutzutage über dieses Problem weltweit auf höchster politischer Ebene verhandelt wird. Es scheint, dass hierbei das politisch aussagekräftigste Dokument in Europa die Resolution des Europäischen Parlaments vom 2. April 2009 ist, ([www.europarl.europa.eu](http://www.europarl.europa.eu)) in der direkte Appelle an die Mitgliedsstaaten gerichtet wurden, um über Forschungs- und Wirtschaftsstrategien zu einer effektiven Lösung des Problems zu gelangen.

In diesem Beitrag möchten wir die Studienergebnisse spezieller epidemiologischer und experimenteller Analysen im Hinblick auf deren spezifische biologische Einwirkung durch MW analysieren, die sich mit der Krebsbegünstigung durch MW-Langzeitbestrahlung bei bereits geringer Intensität für Mensch und Tier beschäftigen. Wir beziehen uns hierbei auf zweifelsfreie Studien und analysieren hierbei keinerlei mehrdeutige Auswertungen. Für zusätzliche Analysen von Mikrowellen-Risiken empfehlen wir die kürzlich veröffentlichten Bewertungen [2-10].

## Mikrowellen von Radar und mobilen Kommunikationssystemen

Mikrowellen sind nicht-ionisierende elektromagnetische Strahlen. Sie sind eine bestimmte Art von elektromagnetischer Strahlung, die nicht genügend Energie besitzt zur Ionisierung\* von Atomen und Molekülen. Unter normalen Bedingungen verfügt sie in der Regel über nicht genügend Energie, um intermolekulare Bindungen oder Elektronen aus Atomen oder Molekülen zu zerbrechen. MW beinhalten nur einen Teil dieses Hochfrequenzbereichs (HF) und basieren auf elektromagnetischen Wellen mit einer Schwingungsfrequenz der elektromagnetischen Felder im Bereich von 30 kHz bis 300 GHz. Wie alle anderen elektromagnetischen Wellen sind die Funkwellen Impulse elektromagnetischer Felder. Diese Felder beeinflussen sich wechselseitig, wenn sie sich in Lichtgeschwindigkeit durch den Raum bewegen. MW haben Frequenzen von 300 MHz bis 300 GHz. Unter den Funkfrequenzen nehmen MW die höchsten Frequenzen ein und verfügen daher über die höchste Energie. Deshalb erzeugen sie die stärksten thermischen Effekte bei Wechselwirkung mit Materie. Die Hauptquellen für hochfrequente Strahlung waren im vorigen Jahrhundert über einen langen Zeitraum hinweg die Rundfunk-Systeme. In einigen Fällen, wie zum Beispiel beim Militär und in der Luftfahrt, stellten deren Radargeräte die stärksten lokalen Quellen für hochfrequente Strahlung dar. In den letzten Jahrzehnten veränderte sich die Situation für die allgemeine Bevölkerung allerdings dramatisch und die nunmehr vorherrschenden Funkfrequenzquellen in unserem unmittelbaren Umfeld sind heutzutage die mobilen Kommunikationssysteme. Es ist wichtig zu wissen, dass sowohl Radarsysteme als auch die Systeme für mobile Kommunikation gleichermaßen das Mikrowellenspektrum der Funkfrequenzen benutzen.

Bei Radar-Systemen handelt es sich um stark gepulste MW-Quellen, von der aber in der Regel nur bestimmte Gruppen beim Militär sowie technische Service-Mitarbeiter oder aber die angrenzende Bevölkerung betroffen sind. Radaranlagen sind Aufklärungs- oder Abhörsysteme, die MW benutzen, um damit sowohl feste als auch bewegliche Objekte wie Flugzeuge, Schiffe, Raketen, etc. genauer zu orten. Je nach Anforderung werden hierbei unterschiedliche MW-Frequenzen von 1GHz bis 12 GHz verwendet.

Heutzutage stellen die mobilen Kommunikationssysteme zweifelsohne weltweit die verbreitetsten Quellen von Mikrowellen im menschlichen Umfeld dar. Beginnend mit den ersten kommerziellen Mobilfunknetzen in Japan, Europa und den USA seit 1979 – 1983, ist die Zahl der aktiven Nutzer von Mobiltelefonen weltweit auf über fünf Milliarden gestiegen. In den entwickelten Ländern ist die Zahl der Handy-Nutzer bereits über den Sättigungspunkt hinaus gestiegen. Das bedeutet, dass viele Menschen mehr als ein Handy besitzen und benutzen. Das geschätzte Alter der jüngsten Handynutzer liegt bei drei Jahren! [5]. Die mobile Kommunikations-Technologie nutzt MW, um Handys und

Basis-Sendestationen miteinander zu verbinden. Aufgrund der kabellosen Verwendung wird das Telefon als Mobiltelefon oder in den USA als „cellphone“ bezeichnet, da dessen Technologie das Prinzip einer zellularen Netzstruktur benutzt. Da überall Sendestationen aufgestellt sind, ist es nicht nur möglich, innerhalb eines bestimmten Sendegebietes zu telefonieren, sondern auch diesen Bereich zu verlassen, indem sich das Handy hierbei selbstständig in der nächsten erreichbaren Funkzelle zur Weiterführung der gewählten Funktion anmeldet. Im GSM-Standard (Global System for Mobile Communications), der weltweit etwa 80% aller Dienste abdeckt, werden verschiedene Frequenzen elektromagnetischer Wellen verwendet, wie z.B. 850, 900, 1850 oder 1900 MHz, die alle dem Mikrowellenbereich angehören. Die hierbei benötigten Informationen (Sprache/Bilder), werden durch die Modulation der elektromagnetischen Wellenfrequenz übertragen. Im GSM-Standard TDMA (Time Division Multiple Access) wurde dieses Prinzip bereits realisiert. Dies bedeutet, dass ein zeitabhängiger Zugriff durch jeden Verbraucher auf einen logischen Kanal mit einer Kanalwechsel-Frequenz von 217 Hz erfolgt. So senden sowohl Basis-Stationen als auch Handys diese MW moduliert in einem digitalen Standard aus.

## Grenzwerte für Mikrowellenstrahlung

Als die maßgebliche internationale Empfehlung für Grenzwerte bei nicht-ionisierender elektromagnetischer Strahlung gelten die Richtlinien der ICNIRP für die Strahlungsbegrenzung zeitabhängiger elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (bis 300 GHz) [11]. Dieses Dokument nennt empfohlene Grenzwerte für alle Frequenzen elektromagnetischer Strahlung, sowohl für das berufliche Umfeld als auch für die Bestrahlung der allgemeinen Bevölkerung. Die darin festgelegte „Ausgangsannahme für Expositionsbegrenzungen“ ist von überaus großer Wichtigkeit, um die Unvollkommenheit dieses Dokuments zu verstehen. Dieses Dokument sagt direkt aus, dass es "die Entstehung von Krebs durch langfristige EMF-Exposition nicht als bewiesen erachtet" und dass diese Grenzwerte somit ausschließlich auf kurzfristigen, unmittelbaren gesundheitlichen Auswirkungen basieren, wie z. B. die Reizung peripherer Nerven und Muskeln oder Schocks und Verbrennungen, wie sie durch Berühren leitfähiger Gegenstände entstehen, sowie erhöhte Gewebetemperaturen durch die Absorption von Energie während der Exposition gegenüber EMF. Allerdings wird die Grundannahme, auf der diese Grenzwerte fußen, heutzutage durch viele Quellen wissenschaftlicher Daten in Frage gestellt.

Laut diesem Dokument wird empfohlen, einige Bestimmungsfaktoren für elektromagnetische Strahlung zu verschärfen:

1) Die Spezifische Absorptionsrate (SAR) in W/kg, welche die aufgenommene EMR - Energie pro Einheit menschlichen Gewebemasse pro Sekunde zeigt, und

2) die Leistungsdichte oder Intensität der einfallenden Strahlung in  $W/m^2$  (oder  $\mu W/cm^2$ ), welche die Menge an elektromagnetischer Energie anzeigt, die auf eine Flächeneinheit (unter Berücksichtigung der physikalischen Strahlungsbeugung) pro Sekunde fällt.

Der SAR-Grenzwert für die Exposition der Bevölkerung wird in den Richtlinien als 2 W/kg (für Kopf und Rumpf) für den Mikrowellenbereich angegeben. Darüber hinaus wird dieser Grenzwert weltweit für jedes kommerzielle Handy von der Industrie als obligatorisch akzeptiert, jedoch sollte der tatsächliche Wert jedes Handymodells bezüglich seiner individuellen SAR-Strahlung deshalb in einer technischen Spezifikation genauestens angegeben werden. Leider ist es technisch betrachtet schon beinahe eine Herausforderung, diesen SAR-Wert mittels einer exakten Messung verlässlich zu bestimmen. Darüber hinaus werden von der Industrie bislang lediglich Modelle von erwachsenen menschlichen Köpfen bei der Berechnung der SAR Werte benutzt, während die realen SAR-Werte von der Geometrie und Struktur des Gewebes abhängen, wobei aber beispielsweise gezeigt wurde, dass diese Werte bei dem Kopf eines Kindes sehr viel höher liegen als bei dem eines Erwachsenen [12-14]. Die Leistungsdichte bzw. die Strahlungsintensität ist im Vergleich zum SAR- Wert viel direkter und einfacher zu bewerten, gerade weil sie die Spezifität des Zusammenspiels zwischen EMR und der Materie nicht berücksichtigt.

Arbeitsplatz-Grenzwerte im Mikrowellenbereich liegen nach Empfehlungen der ICNIRP bei  $10-50 W/m^2$ . Mikrowellen-Grenzwerte für die allgemeine Bevölkerung wurden nach deren Empfehlungen auf  $2-10 W/m^2$  (oder  $200-1000 \mu W/cm^2$ ) je nach Frequenz festgelegt. Zum Beispiel wird für den GSM-900-MHz-Standard von der ICNIRP ein Grenzwert von  $450 \mu W/cm^2$  errechnet [11]. Hierbei gilt zu beachten, dass die Richtlinien der ICNIRP keine Rechtsgültigkeit besitzen, da es sich lediglich um eine Empfehlung handelt. Jedes Land hat somit seine eigene nationale Gesetzgebung auf dem Gebiet der elektromagnetischen Sicherheit, dadurch sind nationale Grenz- bzw. Richtwerte in den verschiedenen Ländern sehr unterschiedlich. Einige Länder, wie die USA und Deutschland, entsprechen der nationalen EMR-Grenzwert-Empfehlung der ICNIRP. Andere Länder haben viel strengere nationale Grenzwerte im Vergleich zu den Richtlinien der ICNIRP. So liegen die Grenzwerte z. B. für den GSM-900-MHz-Standard in Italien, Russland und China bei  $10 \mu W/cm^2$ , in der Schweiz bei  $4 \mu W/cm^2$ , in der Ukraine bei  $2,5 \mu W/cm^2$  [1]. Wie wir sehen können haben einige Länder, darunter die Ukraine, äußerst strenge nationale Grenzwerte. Solche nationalen Positionen erklären sich in erster Linie durch langfristige nationale Forschungs-Traditionen in einem Feld elektromagnetischer Biologie sowie Erfahrung in der Untersuchung von nicht-thermischen biologischen Auswirkungen dieser Art von Strahlung. Auf der anderen Seite verfolgen sogar einige Länder, wie beispielsweise die Schweiz, ein strenges Vorsorgeprinzip. (Lieber vorsorgen als bereuen).

## Radar-Strahlungen und Krebs

Eine beträchtliche Anzahl militärischer und berufsbezogener Daten zeigen einen signifikanten Effekt gepulster Mikrowellen bei der Entstehung von Krebs und anderen pathologischen Zuständen beim Menschen. Dementsprechend wurde bei Arbeitnehmern, die der Strahlung von Radar ausgesetzt waren, ein statistisch signifikanter Anstieg der unreifen roten Blutkörperchen festgestellt [15]. Darüber hinaus hatten die Radar-exponierten Arbeiter deutlich weniger Leukozyten und Thrombozyten als Arbeiter, die MW-Quellen fern waren. Unter polnischen Soldaten (insgesamt rd. 128.000 Personen im Alter von 20 bis 59 Jahren), hatten 20-29 jährige Soldaten, die in den Jahren 1970 – 1979 Mikrowellen-Radar ausgesetzt waren, eine 5,5 mal höhere Krebsrate als nicht-exponierte Soldaten [16]. Der größte Anstieg von Krebsfällen wurde hierbei in den blutbildenden Organen und im Lymphgewebe entdeckt: 13,9-fach bei chronischer myeloischer Leukämie und 8,6-fach bei myeloblastischer Leukämie. Die Sterblichkeitsrate bei allen exponierten Angestellten war signifikant höher als bei denen der nicht exponierten: für Darmkrebs (beobachtetes-erwartetes Verhältnis OER 3,2 und 95% CI\*), für Krebs der Speiseröhre und des Magens (OER 3,2 und 95% CI), Krebs des blutbildenden Systems- und Lymphgewebe (OER 6,3 und 95% CI) [17]. Unter 40.000 Mitarbeitern, die während des Koreakrieges (1950-1953) beim Militär dienten, wurden bei hoch-exponierten Marinesoldaten gegenüber wenig bestrahlten Mitarbeitern fast doppelt so viele Fälle von Krebserkrankungen festgestellt [18]. Ebenso lag die Sterberate bei Luftfahrt-Elektronik-Technikern, einer Gruppe mit der höchsten Strahlenbelastung, signifikant höher als bei jener der anderen Mitarbeiter in den darauffolgenden Jahren bis 1974 [15].

Eine sehr deutliche Erhöhung der Krebshäufigkeit wurde ebenso bei Linienpiloten festgestellt. So betrug die standardisierte Inzidenzrate (SIR) für maligne Melanom-Fälle 10,2 (SIR) und 95,5% CI bei Piloten der Isländischen Fluggesellschaften [19]. Ebenso wurden signifikant erhöhte Risiken für akute myeloische Leukämie (SIR 5,1), Hautkrebs, ausgenommen Melanome (SIR 3,0), sowie allgemeine Krebsformen (SIR 1,2) unter männlichen dänischen Jet-Piloten beobachtet [20]. Diese Daten wurden mit exzessiver kosmisch ionisierender Strahlung oder sogar mit übermäßiger Sonneneinstrahlung während der Freizeit erklärt. Allerdings hat die Analyse von Hirntumoren bei US-Air Force-Personal ergeben, dass nicht-ionisierende Strahlung und insbesondere Mikrowellenstrahlung einen signifikanten Einfluss auf die Entstehung von Krebs hatten (Quotenverhältnis (odds ratio): OR 1,38 und 95% CI), wobei die ionisierende Strahlung in negativem Verhältnis zu Krebserkrankungen stand. (OR 0,58 und 95% CI) [21]. Zudem lag die standardisierte Sterblichkeitsrate (SMR) durch Hirntumoren unter männlichen deutschen Cockpit-Crew-Mitgliedern (6.017 Personen) bei 2,1 und 95% CI [22]. Das Krebsrisiko (Risiko-Verhältnis 2,2 und 95% CI), war bei der

Gruppe der seit rund 30 Jahren beschäftigten Crew-Mitgliedern im Vergleich zu den Crewmitgliedern, die seit weniger als 10 Jahren beschäftigt waren, deutlich erhöht. Darüber hinaus nahm bei den männlichen Flugbegleitern (20.757 Personen) das Non-Hodgkin-Lymphom (NHL) zu (SMR 4,2 und 95% CI). Es ist hervorzuheben, dass in diesen Kohorten-Studien keinerlei Anstieg von Krebserkrankungen im Zusammenhang mit ionisierender (kosmischer Strahlung) festgestellt wurde.

In einer anderen Studie traten dagegen zwischen 1979 und 1991 sechs dokumentierte Fälle von Hodenkrebs in einer Gruppe von 340 Polizisten in Seattle, Washington, auf (das beobachtet bzw. erwartete Verhältnis betrug 6,9 und  $p < 0,001$ ) [23]. Die berufliche Verwendung von Radar-Handgeräten war der einzige gemeinsame Risikofaktor bei den sechs Offizieren: sie alle hatten dieselbe Angewohnheit, ihre mobilen Radarkontrollgeräte in direkter Nähe ihrer Hoden zu tragen. Ähnlich zeigte eine Risikobewertung von Polizeibeamten in Ontario, Kanada, (1.596 Frauen und 20.601 Männer), die alle der Strahlung von Radar-Geschwindigkeitsmessgeräten ausgesetzt waren, ein erhöhtes Risiko von Hodenkrebs (SIR 1,3) bei Männern sowie auch von Melanomen (SIR 1,45 und 95% CI) [24]. In einer anderen Studie wurden 87 Personen, die mit Radar arbeiteten (und 150 Kontrollpersonen), in Risikogruppen nach MW-Frequenzen (200 kHz bis 26 GHz) und Leistungsflussdichte ( $8 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  zu  $300 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) [15] unterteilt. Dabei wurden drei spezifische strahlungsbedingte Katarakte\* bei jenen Personen festgestellt, die unter extrem hohen MW-Expositionen arbeiteten. Veränderungen bei der Augenlinse wurden in Verbindung gebracht mit dem Grad der Exposition bei den verschiedenen Risikogruppen. Studien an anderen Berufsgruppen zeigten das höchste Risiko-Verhältnis (2,6) für akute myeloische Leukämie bei Personen, die mit Funk und Radar arbeiteten [25]. Darüber hinaus wurde unter weiblichen norwegischen Funk- und Telegrafisten-Angestellten (2.619 Frauen) mit potentieller Exposition gegenüber Funkfrequenzen ein erhöhtes Risiko für Brustkrebs [SIR 1,5] (405 kHz - 25 MHz) [26] diagnostiziert.

## Strahlung durch mobile Kommunikationssysteme und die Zunahme von Krebs

**Mobiltelefone.** In epidemiologischen Studien des schwedischen Onkologen Prof. L. Hardell und Kollegen [27-33] wurde eine deutliche Erhöhung des Risikos für besondere Hirntumore durch langfristige (10 Jahre oder mehr) Benutzung von Handys und schnurlosen Telefonen nachgewiesen. Es gilt hierbei zu beachten, dass bei einem kurzfristigen Einsatz von Mobiltelefonen ähnliche Effekte nicht vorhanden waren oder deutlich vermindert auftraten [4].

Die Gefahr einer Entstehung von (high-grade) Gliomen nach einer 10-jährigen Nutzungsdauer war bei den bilateralen Handynutzern 3 mal höher (OR 3,1 und 95% CI), bei

den ipsilateralen Nutzern\* sogar 5 mal höher (OR 5,4 und 95% CI) [34].

Das Risiko der Entwicklung von Akustikus-Neurinomen\* lag für bilaterale Nutzer von Mobiltelefonen bei OR 2,9 und 95% , für ipsilaterale\* Nutzer nach einem Nutzungszeitraum von ebenfalls 10 Jahren [29] bei OR 3,5 und 95% CI.

Bemerkenswert ist, dass innerhalb aller analysierter Altersgruppen ( 20 bis 80 Jahre) das höchste Risiko für die Entwicklung eines Gehirntumors bei der jüngsten Gruppe der 20 - 29 jährigen Handynutzer entdeckt wurde, und zwar bei ipsilateraler Nutzung der Mobiltelefone mit 5,91 und 95% CI. Bei einem Zeitraum von mehr als 5 Jahren lag das höchste Risiko durch analoge Mobiltelefone bei der Altersgruppe der 20 – 29 Jährigen (OR 8,17 und 95% CI) [28].

Die internationale, mehrjährige Interphone-Studie unter der Leitung der Weltgesundheitsorganisation mit bedeutender Unterstützung der Industrie war eine interviewgestützte Fall-Kontroll-Studie mit 2.708 Gliom- und 2.409 Meningeom-Fällen und angepassten Kontrollgruppen. Sie wurde in 13 Ländern unter Verwendung einer gemeinsamen medizinischen Leitlinie durchgeführt [35]. Die Ergebnisse der Studie wurden recht kontrovers diskutiert. So wurden die Autoren beispielsweise gezwungen zu erklären, dass "eine verminderte Aussagefähigkeit bezüglich regelmäßiger mobiler Handynutzung und dem Auftreten von Gliomen (0,81 und 95% CI) und Meningeomen (0,79 und 95% CI) gegeben ist, was wiederum auf die Mitwirkung einseitig voreingenommener Beschränkungen schließen lässt." Jedenfalls wurde es in dieser Studie offensichtlich, dass bei starker Handynutzung (mehr als 1.640 Gesprächsstunden innerhalb der letzten 4 Jahre) die Risiken für Meningeome (OR 4,8 und 95% CI) oder für Gliome (OR 3,77 und 95% CI) im Vergleich zu den Personen der Kontrollgruppen deutlich anstiegen [35]. 1.640 Stunden verteilt auf über 4 Jahre bedeutet etwa eine Stunde pro Tag ein Handy zu benutzen. In diesem Zusammenhang weisen wir auf unsere erhobenen Daten [36], welche die Zeitspanne angeben, in der ukrainische Studenten (wie Schüler in anderen Ländern) täglich Handygespräche führten. Unsere Ergebnisse zeigten, dass mehr als die Hälfte von ihnen über eine Stunde pro Tag am Handy verbrachte, ein Viertel davon sogar mehr als zwei Stunden täglich.

Ein weiterer potentieller Angriffspunkt für die MW-Strahlung von Handys ist neben dem menschlichen Gehirn auch die Ohrspeicheldrüse, vorausgesetzt beim Telefonieren wird keine Freisprecheinrichtung verwendet. Dementsprechend ergab die Studie eines israelischen Teams einen Zusammenhang zwischen der Handynutzung und Ohrspeicheldrüsenkrebs [37]. Diese Studie umfasste 402 gutartige und 58 bösartige Fälle von Ohrspeicheldrüsen Tumoren, welche bei Israelis im Alter von über 18 Jahren in den Jahren 2001-2003 diagnostiziert wurden. Das Risiko bösartiger Ohrspeicheldrüsenkarzinome lag bei OR 2,26 und 95% CI,

bei intensiver Nutzung von Mobiltelefonen (für Benutzer mit mehr als 5.479 Stunden bei gleichzeitiger Nutzungsdauer während weniger als fünf Jahren). Erst kürzlich wurde durch neue Studien bekannt, dass es in Israel während der Jahre 1970-2006 insgesamt betrachtet zu einem 4-fachen Anstieg bösartiger Ohrspeicheldrüsen Tumoren kam, wohingegen in dieser Zeit die Neuerkrankungen mit Speicheldrüsenkrebs auf einem fast gleichmäßig stabilen Niveau blieben (38). Zuvor enthüllte bereits eine finnische Studie eine Wahrscheinlichkeit von OR 5,0 und 95% CI für die Entwicklung von Speicheldrüsenkrebs bei allen finnischen digitalen Handy-Kunden nach ein bis zwei Jahren Handynutzung gegenüber der Kontrollgruppe [39].

Die Wahrscheinlichkeitsrate für das Non-Hodgkin-Lymphom bei T-Zellen, Haut- und Leukämiearten lagen lt. der Gruppe von Prof. L. Hardell [40] für Analoghandynutzer bei 3,4 und 95% CI; für die Nutzer digitaler Handys bei 6,1 und 95% CI und sowie für die Nutzer schnurloser Telefone bei 5,5 und 95% CI. Eine amerikanische Studie erbrachte OR 1,6 und 95% CI für das Non-Hodgkin-Lymphom bei Benutzern von Mobiltelefonen nach einer Nutzungsdauer von mehr als acht Jahren [41]. Aderhautmelanome\* (in der Analyse von 118 Fällen mit Aderhautmelanomen und 475 Kontrollen in Deutschland) wurden mit einer Wahrscheinlichkeit von 4,2 und 95% CI für Personen angegeben, die wahrscheinlich und / oder gesichert einer bestimmten Art von Mobilfunkstrahlung ausgesetzt waren[42]. Ein Hodenkrebs (Seminom) - Risiko bestand mit einem Quotenverhältnis (OR) von 1,8 und 95% CI bei Männern, die ihr Handy im "Standby" stets in derselben Hosentasche mit sich trugen [43]. Diese Ergebnisse basieren auf 542 Fällen von Seminomen\* in Schweden.

**Basis-Sendestationen.** Während der letzten Jahrzehnte wurden weltweit mehr als 1,5 Millionen Basis Sendestationen installiert. Allerdings zog es die Weltgesundheitsorganisation vor, ihr Augenmerk vorrangig auf die Auswirkungen von Handys auszurichten, während sie von Studien über die Auswirkungen von Sendeanlagen zurückschreckte (mit Ausnahme der Jahre 2003-2006, als die WHO Studien über mögliche Auswirkungen der Strahlung von Sendeanlagen empfahl). [44]. Dies ist vermutlich der Hauptgrund, weshalb augenblicklich nur wenige Veröffentlichungen zu dieser Problemstellung gefunden werden können [45-49]. In den Jahren 1994-2004 wurde in Deutschland eine Vergleichsstudie von Krebsfällen bei Menschen durchgeführt, die in einem Umkreis von bis zu 400 m von der Basis-Sendestation oder aber weiter als 400 m davon entfernt lebten[48]. Eine Gesamtsteigerungsrate der Krebsfälle unter den Anwohnern, die in nächster Nähe zu den Basisstationen wohnten, erhöhte sich um den Faktor 1,26 im Vergleich zur Kontrollgruppe innerhalb der ersten fünf Jahre (1994-1998), und 3,11-fach während des zweiten fünfjährigen Beobachtungszeitraums (1999-2004) im Sendebetrieb.

Insbesondere im zweiten Beobachtungszeitraum gab es eine statistisch signifikante Zunahme von Krebsfällen, so-

wohl im Vergleich mit der im weiter entfernten Bereich wohnenden Bevölkerung als auch mit dem generell zu erwartenden Auftreten. In Israel wurde die Bevölkerung ( $n = 622$ ) in der näheren Umgebung (bis 350 m Entfernung) zur Basis-Sendestation (850 MHz, 1500 Watt bei voller Sendeleistung) über die Betriebsdauer eines Jahres mit Personen verglichen ( $n = 1222$ ), welche in einem anderen Gebiet wohnten [47]. In den Sendegebietern rund um die Stationen traten 4,15 mal mehr Krebsfälle als im Rest der Stadt auf. Relative Krebsraten für Frauen lagen bei 10,5 für Gegenden nahe der Sendestation, 0,6 für die Kontrollzone und 1 für die ganze Stadt. Krebsvorkommen bei Frauen in der Nähe zu Basisstation - Bereichen lagen im Vergleich zur Kontrollzone und der Stadt signifikant höher ( $p < 0,0001$ ). Angesichts dieses Umstandes einer sehr deutlichen Zunahme durch eine Reihe von Krebserkrankungen innerhalb nur eines Jahres schlussfolgerten die Autoren der Studie daraus, dass MW potentiell (latent) Krebserkrankungen bei den Bewohnern in der Nähe der Sendestation hervorrufen könnten. Französische und spanische Forscher zeigten auch, dass bei Bewohnern in der Nähe einer Basisstation (bis zu 300 m) in deutlich stärkerem Maße viele subjektive gesundheitliche Beeinträchtigungen auftraten, wie z. B. Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schlafstörungen und Depressionen, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die in einem entfernteren Bereich wohnt [49, 50].

## Krebszunahme durch Mikrowellen in Nagetier-Modellstudie

Eine äußerst repräsentative Studie wurde im Auftrag der US Air Force an der Universität von Washington durchgeführt [51]. 100 Laborratten wurden während 24 Monaten für 21,5 Stunden pro Tag gepulsten Mikrowellen von 2.450 MHz ausgesetzt, bei 800 Peaks pro Sekunde und einer Pulsweite von 10  $\mu$ s. Die gepulsten Mikrowellen wurden in einer Rechteckschwingung bei 8 Hz moduliert. Der durchschnittliche SAR - Wert für eine Ratte mit 200 g betrug 0,4 W/kg. Im Versuch sollte die Langzeitwirkung gepulster Mikrowellen von Radarsystemen auf Air Force-Piloten nachgestellt werden. Es war ein Versuch für langfristige Bestrahlung von Air Force - Piloten mit gepulsten Mikrowellen durch Radar-Systeme. Während der Studie wurden 155 Hinweise auf Stoffwechsel-Erkrankungen beobachtet. Als ein Ergebnis war festzustellen, dass bei den Versuchstieren die deutlichste Auswirkung der Langzeit-Mikrowellen-Bestrahlung ein dramatischer Anstieg von Krebserkrankungen war. Insgesamt wurde eine 3,6-fache Steigerung von Krebsfällen bei bestrahlten Tieren im Vergleich zur Kontrollgruppe nachgewiesen. Lymphom-Fälle wurden bei den bestrahlten Tieren 4,5-mal häufiger als in der Kontrollgruppe diagnostiziert. Darüber hinaus wurden gutartige Tumoren der Nebennieren siebenmal öfter in den bestrahlten Tieren als in der Kontrollgruppe nachgewiesen.

In der nächsten Studie im Auftrag der US-Air Force wurden 200 weibliche C3H/HeJ Mäuse für 21 Monate mit

einer horizontal polarisierten 435-MHz-Puls-Welle (1.0 ps Pulsbreite, 1.0 kHz Pulsfrequenz) bestrahlt, (22 h/Tag, 7 Tage pro Woche), und zwar in einer HF-Strahlungsumgebung mit einer Leistungsflussdichte von 1,0 mW/cm<sup>2</sup> (SAR 0,32 W/kg), während weitere 200 Mäuse lediglich scheinexponiert wurden [52]. Obwohl unter diesen Studienbedingungen die Exposition von Brustkrebstumor anfälligen Mäusen verglichen mit der Kontrollgruppe keinerlei Einfluss auf die Entstehung von Brustkrebs verursachte, erhöhten sich jedoch gleichzeitig bestimmte Fälle von Tumoren ganz erheblich, so z.B. die bilateralen Fälle von Eierstock - Epithelen sowie Stroma-Tumoren um ein Fünffaches; mehrere Fälle von Leberzellkarzinomen waren dreifach erhöht, und die Fälle von Nebennieren Tumoren erhöhten sich um das 1,63-fache.

In der dritten veröffentlichten Studie dieser Serie [53] wurden die gleichen für Brustkrebstumor anfälligen Mäuse während 20 Monaten mit einer kontinuierlichen Strahlung von 2450 MHz MW und einem SAR-Wert von 0.3 bis 1 W/kg (20 h / Tag, 7 Tage/Woche) bestrahlt. Hiermit wurden hundert Mäuse tatsächlich bestrahlt, während weitere 100 Mäuse wiederum lediglich scheinbestrahlt wurden. Als Ergebnis fanden sich in den exponierten Mäuse höhere Brustkrebs-Raten (1,27 - fach erhöht) und insgesamt betrachtet ein höherer Stand verschiedener Tumorarten (1,38 - fach erhöht) im Vergleich zur Gruppe der scheinexponierten Mäuse. Statistisch gesehen war der Unterschied zwischen den beiden Gruppen dennoch nicht signifikant. Unterdessen kam es zu doppelt so vielen Brustkrebs Fällen als in der scheinexponierten Mäusegruppe.

In einer anderen Studie wurden Mäuse mit hoher Anfälligkeitsrate für die spontane Entwicklung von Brustkrebs gemeinsam mit Mäusen, die zuvor mit 3,4-Benzpyren [BP] behandelt worden waren, in einem schalldichten Raum bei 5 oder 15 mW/cm<sup>2</sup> zwei Stunden täglich in 6 Bestrahlungssitzungen pro Woche über drei Monate hinweg einer gleichbleibenden Mikrowellen-Strahlung von 2.450 MHz ausgesetzt [54]. MW-Bestrahlungen von 5 bis 15 mW/cm<sup>2</sup> führten zu einer Beschleunigung der Entwicklung von BP-induziertem Hautkrebs. MW-exponierte Mäuse mit hoher Anfälligkeit für spontanen Brustkrebs entwickelten früher Brusttumore als die der Kontrollgruppe. Die Autoren dieser Studien wiesen darauf hin, dass sowohl die Krebszunahme als auch die Senkung der natürlichen antineoplastischen Resistenz ähnlich wie bei den Mäusen war, die 5 mW/cm<sup>2</sup> MW ausgesetzt und bereits durch die Käfighaltung chronisch gestresst waren. Hierbei war jedoch die Rate der Krebsfälle bei den Tieren, die mit 15 mW/cm<sup>2</sup> bestrahlt waren, im Vergleich zu der durch Käfighaltung chronisch gestressten Kontrollgruppe deutlich höher.

In der bekannten Studie von M. Ripacholi et al.[1997] wurden transgene Mäuse\*, die nur bedingt dazu veranlagt waren, spontane Lymphome zu entwickeln, für die Bestrahlung durch MW von 900 MHz verwendet, bei einer Pulswiederholungsfrequenz von 217 Hz, einer Leistungsflussdichte von 2,6 - 13 W/m<sup>2</sup> und durchschnittlichen SAR-

Werten von 0,13 – 1,4 W/kg [55]. Eine Gruppe von Mäusen (101 Weibchen) wurden für zwei 30-minütige Perioden am Tag während 18 Monaten bestrahlt. Eine andere Gruppe von Mäusen (100 Weibchen) erhielt lediglich eine Schein-Exposition zu Vergleichszwecken. Das Lymphom-Risiko bei den bestrahlten Mäusen lag deutlich höher, nämlich mehr als doppelt so hoch als bei denen der Kontrollgruppe [OR 2,4 und 95% CI]. Insbesondere verursachte das folliculäre Lymphom den größten Anteil an Häufung von Tumoren.

## Mikrowellen und Zellstoffwechsel

**Freie Radikale**, darunter reaktive Sauerstoffspezies (ROS), sind ein wesentliches Merkmal des Zellstoffwechsels [56-58]. Störungen der Redox-Balance, unkontrollierte Aktivierung freier radikalen Prozesse, die Überproduktion von ROS und / oder Unterdrückung der antioxidativen Abwehrmechanismen innerhalb der Zellen sind oftmals wichtige Hinweise darauf, dass bestimmte gefährliche Veränderungen im Zellstoffwechsel in der Entstehung sind oder aber bereits begonnen haben [59, 60]. Deshalb sind die angegebenen Daten oxidativer Wirkungsgrade einiger Faktoren extrem wichtig für die Forschung der Risikobewertung.

Ein deutlicher Anstieg sowohl bei der ROS- als auch der Stickoxid - Erzeugung in Zellen wurden sowohl in vitro [68-72] als auch in vivo [61-67] während des Einflusses von nicht-thermischen Mikrowellen nachgewiesen. Auf Möglichkeiten der ROS-Generierung in Abhängigkeit von mitochondrialer\* sowie Membran-NADH\*- Oxidase in exponierten Zellen wurde hingewiesen. [71,72]. Dementsprechend wurde festgestellt, dass der erste Schritt bei der Interaktion von MW (875 MHz, 0,07 mW/cm<sup>2</sup>) und den Versuchszellen (Rat1 und HeLa) in der Plasmamembran durch NADH - Oxidase angestoßen wurde, welche in der Lage ist, schnell (innerhalb weniger Minuten) ROS zu generieren [72]. ROS regen unmittelbar die MMPs – Matrixmetalloproteinasen\* an und ermöglichen es, diese aufzuspalten und den Heparin-bindenden Wachstumsfaktor EGF\* zu bilden, welcher wiederum die extrazelluläre signalregulierte Kinase (ERK)\* Kaskade auslöst, aber auch andere zelluläre Übertragungsformen und Verbreitungswege verursacht. Andererseits wurden bei einer Modellstudie gereinigte menschliche Spermien einer Mikrowellenbestrahlung ausgesetzt (1,8 GHz, SAR von 0,4 W/kg bis 27,5 W/kg), wodurch eine deutliche Überproduktion von ROS, verbunden mit einem signifikanten Rückgang der Spermien-Motilität und deren Vitalität [71] in den Mitochondrien nachgewiesen werden konnte.

Alle beobachteten Effekte standen in einer deutlichen Beziehung zu den SAR-Werten, was darauf hinweist, dass signifikante Effekte durch MW-Bestrahlung bereits weit unter dem üblichen Niveau nicht-thermischer MW-Bestrahlung auftreten. Daher sind MW in der Lage, zellulären oxidativen Stress zu verursachen, was wiederum das Krebswachstum begünstigen und /oder hervorrufen kann [57, 59]. Darüber hinaus weiß man heute, dass zusätzlich zu Schädigungen durch oxidativen Stress auch die ROS in den Zellen eine Rolle als sekundäre Botenstoffe für be-

stimmte intrazelluläre Signalkaskaden spielen können, die zu onkogenen Veränderungen führen [60].

Berichte über **DNA-Schäden** an Zellen, welche einer schwachen Mikrowellenstrahlung sowohl in vivo als auch in vitro ausgesetzt waren, wurden in den vergangenen Jahren durch mehr als 50 unabhängige Studien belegt [73].

Die dabei am häufigsten verwendete Methode zur Dokumentierung von DNA-Schäden ist das sogenannte Alkaline Comet Assay - Testverfahren, welches u.a. zur Bestimmung genotoxischer Komponenten wie industrielle Chemierzeugnisse, Biozide, Pflanzenschutzmittel und Medikamente dient. Ein statistisch signifikanter Anstieg von Einzel- und / oder Doppelstrangbrüchen der menschlichen DNA [74, 75] wurde ebenso wie in Tierversuchen [76-79] und an Zellkulturen [76, 80-83] beobachtet, welche zuvor einer Mikrowellenstrahlung geringer Intensität ausgesetzt wurden.

Erst kürzlich konnte in menschlichen Spermien eine oxidative Schädigung der DNA durch die Bildung von 8-Hydroxi-2-Desoxyguanosin [8-OH-dG]\* durch nicht - thermische Mikrowellenbestrahlung in vitro gezeigt werden [71].

Die Veränderung der DNA stellt einen entscheidenden Schritt bei der Krebsentstehung dar und eine Zunahme von 8-OH-dG [60] ereignet sich bei vielen Tumoren. In Studien zur Risikobewertung ist die Möglichkeit der oxidativen Schädigungen der DNA durch Mikrowelleneinwirkung ein äußerst gefährliches Anzeichen.

Die **Ornithin-Decarboxylase (ODC)\*** verändert unter nicht-thermischer MW-Exposition [84-88] auf dramatische Weise ihre eigentlichen Aufgaben. Es war einer der ersten Tumormarker, der aufzeigte, dass er bereits unter der geringsten Intensität von Mikrowellenbestrahlungen aktiviert werden konnte. ODC ist an den Prozessen des Zellwachstums und der Differenzierung beteiligt, und ihre Aktivität erhöht sich in Tumorzellen, d.h. sie fördert dann das unkontrollierte Zellwachstum. Obwohl man die Bedeutung von ODC keinesfalls überbewerten sollte, da sie normalerweise nicht in der Lage ist, eine Transformation normaler gesunder Zellen in tumoranfällige Zellen durchzuführen, wurde dennoch eine erhöhte Aktivität des Enzyms aufgezeigt, welche dazu geeignet ist, die Entwicklung von Tumoren aus Pre-Tumorzellen (Vorstufen) [89] zu fördern.

## Diskussion und Schlussfolgerungen

In diesem Beitrag präsentierten wir Beweise für krebserzeugende Wirkungen von Mikrowellen mit bereits geringster Intensität. Beide Studienauswertungen, sowohl die epidemiologischen als auch die experimentellen Daten, führten uns zu dem Schluss, dass zumindest unter bestimmten Bedingungen die Exposition mit langfristiger niedriger Mikrowellen-Intensität zu einer Tumorentstehung führen kann. Unterstützende Beweise kamen durch statistisch signifikante epidemiologische Studien, die sich entweder auf langfristige Analysen wie z.B. die Sterblichkeitsrate bei US- Navy- Personal bezogen, nachdem diese insgesamt über 20 Jahre hinweg im Korea Krieg\* bestrahlt

worden waren, oder aber die relativ kurzzeitigen, einjährigen Studien, wie die Expositionsstudie zu einer Mobilfunkbasisstation in Israel [47]. Im letzteren Fall sind wir mit den Autoren vollkommen einer Meinung, dass MW-Exposition sehr wahrscheinlich bei einer Veranlagung für krebsbedingte Erkrankungen diese beschleunigt. Es ist bemerkenswert, dass man bei einer epidemiologischen Forschung zum schnellen Anstieg von Krebserkrankungen innerhalb der erwachsenen Bevölkerungsgruppe Colorados zu eben diesen Schlussfolgerung kam, wo die Bevölkerung Strahlung von sehr niedriger Frequenz ausgesetzt war [90].

Der wesentliche Schwachpunkt dieser epidemiologischen Daten liegt sowohl bei den militärischen als auch bei den Studien zur Risikobewertung mobiler Kommunikation in dem Mangel einer genauestens überwachten strengen Dosis-Messung der Strahlungsexposition. Wir raten daher dringend dazu, dass künftig anstehende epidemiologische Studien eine korrekte Messung der Intensität und Dosierung von Strahlenbelastungen obligatorisch beinhalten. Das Beispiel einer groß angelegten epidemiologischen Forschungsarbeit, in der eigene Mikrowellen Dosimeter verwendet wurden, sind in neueren deutschen Studien zu finden [91-94]. Andererseits haben wir auch erkannt, dass das Niveau der MW-Exposition in den zeitgenössischen epidemiologischen Studien, zumindest in denen, die sich mit mobilen Kommunikationssystemen beschäftigten, sich stets im Rahmen der offiziellen "Grenzwerte" bewegen, welche durch entsprechende nationale Richtlinien und Empfehlungen der ICNIRP festgelegt wurden. Unter Berücksichtigung dieser Datenlage schließen wir daraus, dass die relative Langzeit-Exposition gegenüber Mikrowellen, wie sie von Mobilfunkgeräten ausgesendet werden, mit jenen Grenzwerten betrieben werden, wie sie durch die jeweils aktuellen Regulierungsbehörden festgelegt wurden, und können deshalb als eine potentielle Gefährdung für die Entstehung von Krebserkrankungen eingestuft werden. Tatsächlich wurde in den meisten der Studien mit Nagetieren die Intensität der MW-Exposition genauestens gemessen, und in der Mehrzahl davon lag die MW-Intensität unterhalb der ICNIRP Grenzwerte. Dennoch zeigten sie eine mehr oder weniger offensichtliche karzinogene Wirkung nach längerer Exposition (bis 24 Monate). Dies deutet ferner darauf hin, dass zumindest unter bestimmten Bedingungen die Exposition sowohl mit gepulsten als auch ungepulsten MW, mit Intensitäten unterhalb der aktuellen offiziellen "Grenzwerte", tatsächlich die Entwicklung von Krebs begünstigen kann.

Darüber hinaus ergaben sich experimentelle Beweise für die potenzielle Gefahr durch diese Art von Strahlung für die menschliche Gesundheit, wie z.B. durch die Beteiligung typischer Marker bei der Krebsentstehung, die Überproduktion reaktiver Sauerstoffspezies oder die Bildung von 8-OH-dG unter dem Einfluss von MW Exposition. Es ist hierbei wichtig, darauf hinzuweisen, dass die experimentellen Daten, insbesondere der In-vitro-Studien, die

oftmals bereits nach einer Kurzzeit (oftmals von nur wenigen Minuten) [72], und/auch nach extrem schwacher Intensität der Exposition mit Mikrowellen signifikante biologische Wirkungsmechanismen aufzeigten (von mehreren Größenordnungen unterhalb der ICNIRP-Empfehlungen) [95]. Berücksichtigt man diese Daten, empfehlen wir dringend, die derzeit verwendeten thermischen Empfehlungen zur Beurteilung möglicher Gefahren durch MW-Exposition als nicht angemessen und unsicher zu bewerten.

Zusammengefasst stellen wir fest, dass es heutzutage genügend plausible Studiendaten gibt, die hinreichend begründen, dass auch die langfristige Exposition mit elektromagnetischen Mikrowellen mit geringer Intensität tatsächlich Krebserkrankungen fördern kann. Auf Grund der jüngsten alarmierenden Daten müssen die Grenzwerte, die den offiziellen Empfehlungen der ICNIRP entsprechen und als Standard von vielen nationalen Regulierungsstellen übernommen wurden, für technische Geräte, die Mikrowellen-Strahlung aussenden, vor allem aber die für mobile Kommunikationssysteme, vollkommen neu bewertet bzw. festgesetzt werden. Desweiteren müssen weitere Studien für eine unvoreingenommene Risikobewertung durchgeführt werden. Im Augenblick empfehlen wir daher dringend eine möglichst breit angelegte Umsetzung des Vorsorgeprinzips für die tägliche Mikrowellen-Exposition, das eine maximale Begrenzung übermäßiger Bestrahlung beinhaltet.

## Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Danksagung

Diese Studie wurde von der Nationalen Akademie der Wissenschaft der Ukraine (Grant No 2.2.5.349) unterstützt, und erhielt eine finanzielle Zuwendung durch die Beteiligung der Europäischen Gemeinschaft im Rahmen des Siebten Rahmenprogramms (FP/2007-2013) unter Grant Agreement No 229603, und war auch von der Süd-mährischen Region über das SoMoPro Programm mitfinanziert.

# Referenzen

1. Hardell L, Sage C. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. *Biomed Pharmacother* 2008; 62: 104–9.
2. Breckenkamp J, Berg G, Blettner M. Biological effects on human health due to radiofrequency/microwave exposure: a synopsis of cohort studies. *Radiat Environ Biophys* 2003; 42: 141–54.
3. Ahlbom A, Green A, Kheifets L, et al. Epidemiology of health effects of radiofrequency exposure. *Environ Health Perspect* 2004; 112: 1741–54.
4. Morgan LL. Estimating the risk of brain tumors from cellphone use: Published case-control studies. *Pathophysiology* 2009; 16: 137–47.
5. Khurana VG, Teo C, Kundi M, et al. Cell phones and brain tumors: a review including the long-term epidemiologic data. *Surg Neurol* 2009; 72: 205–15.
6. Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Epidemiological evidence for an association between use of wireless phones and tumor diseases. *Pathophysiology* 2009; 16: 113–22.
7. Kundi M. The controversy about a possible relationship between mobile phone use and cancer. *Environ Health Perspect* 2009; 117: 316–24.
8. Leszczynski D, Xu Z. Mobile phone radiation health risk controversy: the reliability and sufficiency of science behind the safety standards. *Health Res Policy Syst* 2010; 8: 2.
9. Yakymenko I, Sidorik E. Risks of carcinogenesis from electromagnetic radiation of mobile telephony devices. *Exp Oncol* 2010; 32: 54–60.
10. Yakymenko I, Sidorik E, Tsybulin O. Metabolic changes in living cells under electromagnetic radiation of mobile communication systems. *Ukr Biokhim Zh* 2011; 83: 5–13.
11. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 1998; 74: 494–522.
12. Gandhi O, Lazzi G, Furse C. Electromagnetic absorption in the human head and neck for mobile telephones at 835 and 1900 MHz. *Microwave Theory and Techniques* 1996; 44: 1884–97.
13. de Salles AA, Bulla G, Rodriguez CE. Electromagnetic absorption in the head of adults and children due to mobile phone operation close to the head. *Electromagn Biol Med* 2006; 25: 349–60.
14. Christ A, Gosselin MC, Christopoulou M, et al. Age-dependent tissue-specific exposure of cell phone users. *Phys Med Biol* 2010; 55: 1767–83.
15. Goldsmith JR. Epidemiological evidence relevant to radar (microwave) effects. *Environ Health Perspect* 1997; 105: 1579–87.
16. Szmigielski S. Polish epidemiological study links RF/MW exposures to cancer. *Microwave news* 1985; 5: 1–2.
17. Szmigielski S. Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic radiation. *Sci Total Environ* 1996; 180: 9–17.
18. Robinette CD, Silverman C, Jablon S. Effects upon health of occupational exposure to microwave radiation (radar). *Am J Epidemiol* 1980; 112: 39–53.
19. Rafnsson V, Hrafnkelsson J, Tulinius H. Incidence of cancer among commercial airline pilots. *Occup Environ Med* 2000; 57: 175–9.
20. Gundestrup M, Storm HH. Radiation-induced acute myeloid leukaemia and other cancers in commercial jet cockpit crew: a population-based cohort study. *Lancet* 1999; 354: 2029–31.
21. Grayson JK. Radiation exposure, socioeconomic status, and brain tumor risk in the US Air Force: a nested case-control study. *Am J Epidemiol* 1996; 143: 480–6.
22. Zeeb H, Hammer GP, Langner I, et al. Cancer mortality among German aircrew: second follow-up. *Radiat Environ Biophys* 2010; 49: 187–94.
23. Davis RL, Mostofi FK. Cluster of testicular cancer in police officers exposed to hand-held radar. *Am J Ind Med* 1993; 24: 231–3.
24. Finkelstein MM. Cancer incidence among Ontario police officers. *Am J Ind Med* 1998; 34: 157–62.
25. Savitz DA, Calle EE. Leukemia and occupational exposure to electromagnetic fields: review of epidemiologic surveys. *J Occup Med* 1987; 29: 47–51.
26. Tynes T, Hannevik M, Andersen A, et al. Incidence of breast cancer in Norwegian female radio and telegraph operators. *Cancer Causes Control* 1996; 7: 197–204.
27. Hardell L, Mild KH, Carlberg M. Case-control study on the use of cellular and cordless phones and the risk for malignant brain tumours. *Int J Radiat Biol* 2002; 78: 931–6.
28. Hardell L, Mild KH, Carlberg M, et al. Cellular and cordless telephone use and the association with brain tumors in different age groups. *Arch Environ Health* 2004; 59: 132–7.
29. Hardell L, Mild KH, Carlberg M, et al. Tumour risk associated with use of cellular telephones or cordless desktop telephones. *World J Surg Oncol* 2006; 4: 74.
30. Hardell L, Hansson Mild K. Mobile phone use and risk of acoustic neuroma: results of the interphone case-control study in five North European countries. *Br J Cancer* 2006; 94: 1348–9; author reply 52–3.
31. Hardell L, Carlberg M, Soderqvist F, et al. Long-term use of cellular phones and brain tumours: increased risk associated with use for > or =10 years. *Occup Environ Med* 2007; 64: 626–32.
32. Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K. Case-control study on cellular and cordless telephones and the risk for acoustic neuroma or meningioma in patients diagnosed 2000–2003. *Neuroepidemiology* 2005; 25: 120–8.
33. Hardell L, Carlberg M. Mobile phones, cordless phones and the risk for brain tumours. *Int J Oncol* 2009; 35: 5–17.
34. Hardell L, Carlberg M, Mild KH. Case-control study of the association between the use of cellular and cordless telephones and malignant brain tumors diagnosed during 2000–2003. *Environ Res* 2006; 100: 232–41.
35. Cardis E, Deltour I, Vrijheid M, et al. Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study. *Int J Epidemiol* 2010; 39: 675–94.
36. Yakymenko I, Sidorik E, Tsybulin O, et al. Potential risks of microwaves from mobile phones for youth health. *Environment & Health* 2011; 56: 48–51.
37. Sadetzki S, Chetrit A, Jarus-Hakak A, et al. Cellular phone use and risk of benign and malignant parotid gland tumors — a nationwide case-control study. *Am J Epidemiol* 2008; 167: 457–67.
38. Czerninski R, Zini A, Sgan-Cohen HD. Risk of parotid malignant tumors in Israel (1970–2006). *Epidemiology* 2011; 22: 130–1.
39. Auvinen A, Hietanen M, Luukkonen R, et al. Brain tumors and salivary gland cancers among cellular telephone users. *Epidemiology* 2002; 13: 356–9.
40. Hardell L, Eriksson M, Carlberg M, et al. Use of cellular or cordless telephones and the risk for non-Hodgkin's lymphoma. *Int Arch Occup Environ Health* 2005; 78: 625–32.
41. Linet MS, Taggart T, Severson RK, et al. Cellular telephones and non-Hodgkin lymphoma. *Int J Cancer* 2006; 119: 2382–8.

42. Stang A, Anastassiou G, Ahrens W, et al. The possible role of radiofrequency radiation in the development of uveal melanoma. *Epidemiology* 2001; 12: 7–12.
43. Hardell L, Carlberg M, Ohlson CG, et al. Use of cellular and cordless telephones and risk of testicular cancer. *Int J Androl* 2007; 30: 115–22.
44. Kundi M, Hutter HP. Mobile phone base stations-Effects on wellbeing and health. *Pathophysiology* 2009; 16: 123–35.
45. Abdel-Rassoul G, El-Fateh OA, Salem MA, et al. Neurobehavioral effects among inhabitants around mobile phone base stations. *Neurotoxicology* 2007; 28: 434–40.
46. Hutter HP, Moshammer H, Wallner P, et al. Subjective symptoms, sleeping problems, and cognitive performance in subjects living near mobile phone base stations. *Occup Environ Med* 2006; 63: 307–13.
47. Wolf R, Wolf D. Increased incidence of cancer near a cell-phone transmitted station. In: Columbus F., editor. *Trends in cancer prevention*: Nova Science Publishers, Inc, 2007: 1–8.
48. Eger H, Hagen K, Lucas B, et al. Einfluss der räumlichen Nähe von Mobilfunksendeanlagen auf die Krebsinzidenz. *Umwelt-Medizin-Gesellschaft* 2004; 17: 273–356.
49. Santini R, Santini P, Danze JM, et al. Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone base stations: 1. Influences of distance and sex. *Pathol Biol* 2002; 50: 369–73.
50. Navarro E, Segura J, Portoles M, et al. The Microwave Syndrome: A Preliminary Study in Spain *Electromagn Biol Med* 2003; 22: 161–9.
51. Chou CK, Guy AW, Kunz LL, et al. Long-term, lowlevel microwave irradiation of rats. *Bioelectromagnetics* 1992; 13: 469–96.
52. Toler JC, Shelton WW, Frei MR, et al. Long-term, low-level exposure of mice prone to mammary tumors to 435 MHz radiofrequency radiation. *Radiat Res* 1997; 148: 227–34.
53. Frei MR, Jauchem JR, Dusch SJ, et al. Chronic, low level (1.0 W/kg) exposure of mice prone to mammary cancer to 2450 MHz microwaves. *Radiat Res* 1998; 150: 568–76.
54. Szmigielski S, Szudzinski A, Pietraszek A, et al. Accelerated development of spontaneous and benzopyrene-induced skin cancer in mice exposed to 2450-MHz microwave radiation. *Bioelectromagnetics* 1982; 3: 179–91.
55. Repacholi MH, Basten A, GebSKI V, et al. Lymphomas in E mu-Pim1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Radiat Res* 1997; 147: 631–40.
56. Kamata H, Hirata H. Redox regulation of cellular signalling. *Cell Signal* 1999; 11: 1–14.
57. Halliwell B, Whiteman M. Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? *Br J Pharmacol* 2004; 142: 231–55.
58. Nemoto S, Takeda K, Yu ZX, et al. Role for mitochondrial oxidants as regulators of cellular metabolism. *Mol Cell Biol* 2000; 20: 7311–8.
59. Valko M, Leibfritz D, Moncol J, et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol* 2007; 39: 44–84.
60. Valko M, Rhodes CJ, Moncol J, et al. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem Biol Interact* 2006; 160: 1–40.
61. Ferreira AR, Bonatto F, de Bittencourt Pasquali MA, et al. Oxidative stress effects on the central nervous system of rats after acute exposure to ultra high frequency electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics* 2006; 27: 487–93.
62. Grigoriev YG, Grigoriev OA, Ivanov AA, et al. Confirmation studies of Soviet research on immunological effects of microwaves: Russian immunology results. *Bioelectromagnetics* 2010; 31: 589–602.
63. Irmak MK, Fadillioglu E, Gulec M, et al. Effects of electromagnetic radiation from a cellular telephone on the oxidant and antioxidant levels in rabbits. *Cell Biochem Funct* 2002; 20: 279–83.
64. Ozgur E, Guler G, Seyhan N. Mobile phone radiation-induced free radical damage in the liver is inhibited by the antioxidants N-acetyl cysteine and epigallocatechin-gallate. *Int J Radiat Biol* 2010; 86: 935–45.
65. Ozguner F, Altinbas A, Ozaydin M, et al. Mobile phone-induced myocardial oxidative stress: protection by a novel antioxidant agent caffeic acid phenethyl ester. *Toxicol Ind Health* 2005; 21: 223–30.
66. Ozguner F, Oktem F, Ayata A, et al. A novel antioxidant agent caffeic acid phenethyl ester prevents long-term mobile phone exposure-induced renal impairment in rat. Prognostic value of malondialdehyde, N-acetyl-beta-D-glucosaminidase and nitric oxide determination. *Mol Cell Biochem* 2005; 277: 73–80.
67. Sokolovic D, Djindjic B, Nikolic J, et al. Melatonin reduces oxidative stress induced by chronic exposure of microwave radiation from mobile phones in rat brain. *J Radiat Res (Tokyo)* 2008; 49: 579–86.
68. Agarwal A, Desai NR, Makker K, et al. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. *Fertil Steril* 2009; 92: 1318–25.
69. Luukkonen J, Hakulinen P, Maki-Paakkanen J, et al. Enhancement of chemically induced reactive oxygen species production and DNA damage in human SH-SY5Y neuroblastoma cells by 872 MHz radiofrequency radiation. *Mutat Res* 2009; 662: 54–8.
70. Zmyslony M, Politanski P, Rajkowska E, et al. Acute exposure to 930 MHz CW electromagnetic radiation in vitro affects reactive oxygen species level in rat lymphocytes treated by iron ions. *Bioelectromagnetics* 2004; 25: 324–8.
71. De Iuliis GN, Newey RJ, King BV, et al. Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro. *PLoS One* 2009; 4: e6446.
72. Friedman J, Kraus S, Hauptman Y, et al. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies. *Biochem J* 2007; 405: 559–68.
73. Ruediger HW. Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields. *Pathophysiology* 2009; 16: 89–102.
74. Gandhi G, Anita. Genetic damage in mobile phone users: some preliminary findings. *Indian J. Hum. Gent.* 2005; 11: 99–104.
75. Yadav AS, Sharma MK. Increased frequency of micronucleated exfoliated cells among humans exposed in vivo to mobile telephone radiations. *Mutat Res* 2008; 650: 175–80.
76. Lai H, Singh NP. Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics* 1995; 16: 207–10.
77. Lai H, Singh NP. Single- and double-strand DNA breaks in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency electromagnetic radiation. *Int J Radiat Biol* 1996; 69: 513–21.
78. Ferreira AR, Knakievicz T, Pasquali MA, et al. Ultra high frequency-electromagnetic field irradiation during pregnancy leads to an increase in erythrocytes micronuclei incidence in rat offspring. *Life Sci* 2006; 80: 43–50.
79. Kesari KK, Behari J, Kumar S. Mutagenic response of 2.45 GHz radiation exposure on rat brain. *Int J Radiat Biol* 2010; 86: 334–43.
80. Diem E, Schwarz C, Adlkofer F, et al. Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transfected GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro. *Mutat Res* 2005; 583: 178–83.
81. Paulraj R, Behari J. Single strand DNA breaks in rat brain cells exposed to microwave radiation. *Mutat Res* 2006; 596: 76–80.

82. Wu W, Yao K, Wang KJ, et al. Blocking 1800 MHz mobile phone radiation-induced reactive oxygen species production and DNA damage in lens epithelial cells by noise magnetic fields. *Zhejiang Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban* 2008; 37: 34–8.
83. Schwarz C, Kratochvil E, Pilger A, et al. Radiofrequency electromagnetic fields (UMTS, 1,950 MHz) induce genotoxic effects in vitro in human fibroblasts but not in lymphocytes. *Int Arch Occup Environ Health* 2008; 81: 755–67.
84. Paulraj R, Behari J, Rao AR. Effect of amplitude modulated RF radiation on calcium ion efflux and ODC activity in chronically exposed rat brain. *Indian J Biochem Biophys* 1999; 36: 337–40.
85. Byus CV, Kartun K, Pieper S, et al. Increased ornithine decarboxylase activity in cultured cells exposed to low energy modulated microwave fields and phorbol ester tumor promoters. *Cancer Res* 1988; 48: 4222–6.
86. Litovitz TA, Krause D, Penafiel M, et al. The role of coherence time in the effect of microwaves on ornithine decarboxylase activity. *Bioelectromagnetics* 1993; 14: 395–403.
87. Litovitz TA, Penafiel LM, Farrel JM, et al. Bioeffects induced by exposure to microwaves are mitigated by superposition of ELF noise. *Bioelectromagnetics* 1997; 18: 422–30.
88. Hoyto A, Juutilainen J, Naarala J. Ornithine decarboxylase activity is affected in primary astrocytes but not in secondary cell lines exposed to 872 MHz RF radiation. *Int J Radiat Biol* 2007; 83: 367–74.
89. Clifford A, Morgan D, Yuspa SH, et al. Role of ornithine decarboxylase in epidermal tumorigenesis. *Cancer Res* 1995; 55: 1680–6.
90. Wertheimer N, Leeper E. Adult cancer related to electrical wires near the home. *Int J Epidemiol* 1982; 11: 345–55.
91. Roosli M, Frei P, Bolte J, et al. Conduct of a personal radiofrequency electromagnetic field measurement study: proposed study protocol. *Environ Health* 2010; 9: 23.
92. Heinrich S, Thomas S, Heumann C, et al. Association between exposure to radiofrequency electromagnetic fields assessed by dosimetry and acute symptoms in children and adolescents: a population based cross-sectional study. *Environ Health* 2010; 9: 75.
93. Milde-Busch A, von Kries R, Thomas S, et al. The association between use of electronic media and prevalence of headache in adolescents: results from a population-based cross-sectional study. *BMC Neurol* 2010; 10: 12.
94. Thomas S, Heinrich S, Kuhnlein A, et al. The association between socioeconomic status and exposure to mobile telecommunication networks in children and adolescents. *Bioelectromagnetics* 2010; 31: 20–7.
95. De Pomerai D, Daniells C, David H, et al. Non-thermal heat-shock response to microwaves. *Nature* 2000; 405: 417–8.



# Glossar

(Erstellt durch Diagnose-Funk, Quellen: Fachliteratur, EMF-Portal):

**8-OH-dG (8 – Hydroxi-2- Deoxyguanosin):** Einer der zuverlässigsten und in den letzten Jahren etablierten Biomarker zur Erkennung von oxidativem Stress und anderer mutagener Einwirkungen auf die DNA. Ein Marker ist eine Substanz, wie ein Hormon, Enzym oder ein besonderer Eiweißkörper (z.B. Tumormarker), die bei vermehrtem Vorkommen im Blut das Vorhandensein einer Krankheit anzeigt.

**Akustikus Neurinom:** Gutartige, am häufigsten vorkommende sogenannte Kleinhirnbrückenwinkeltumore aus Binde und Nervengewebe, die von den Schwann'schen Zellen des Hörnervs, (des achten Hirnnervs), ausgehen. Der Tumor verursacht u.a. meist einseitige Hörminderungen, Ohrgeräusche, Gleichgewichtsstörungen, Schwindel oder Lähmungen der Gesichtsmuskulatur.

**CI:** siehe Konfidenzintervall

**DNA-Reparatur:** Die in der Zelle ablaufenden Prozesse zur Beseitigung von DNA-Schäden mit Hilfe von Enzymen, die Fehler in der DNA-Sequenz und DNA-Struktur korrigieren können. Die Schäden können durch ultraviolette Strahlung, Chemikalien oder freie Radikale verursacht werden.

**EGF (Epidermaler Wachstumsfaktor):** Ein aus 53 Aminosäuren bestehendes Protein, das an der Zellproliferation und Differenzierung durch Bindung an EGF-Rezeptoren auf der Zelloberfläche beteiligt ist.. Bei bestimmten Tumorarten wird dieser EGF Faktor hochreguliert oder/ und in mutierter Form vorgefunden, was dazu führt dass Tumorzellen wachsen und sich unkontrolliert vermehren.

**ERK:** Ein Enzym, das eine wichtige Rolle in der Signaltransduktion spielt. Gehört zu den Mitogen aktivierten Kinasen und reguliert seinerseits zelluläre Prozesse wie z.B: die Proliferation und Zelldifferenzierung. Hierbei handelt es sich um biologische Zellvorgänge, die unterschiedliche Bereiche des Organismus betreffen können und sind, lt. Krebsforschungen, an der onkogenen Zelltransformation von Zellen beteiligt, die sich zu Krebszellen verändern.

**Freies Radikal:** Molekül oder Molekülbereich, in dem neben normalerweise paarweise vorkommenden Elektronen auch einzelne Elektronen auftreten. Die Moleküle reagieren dadurch chemisch sehr aggressiv und können Schäden in Zellen , z.B. an der DNA , verursachen (oxidativer Stress). Ein bekanntes Beispiel ist Wasserstoffperoxid. Freie Radikale zählen zu den intrinsischen Mutagenen. Radikale sind andererseits auch wichtige Bestandteile bei Enzymreaktionen. Sie können durch Stoffwechselfvorgänge oder durch äußere Einflüsse entstehen und können durch Radikalfänger abgebaut werden.

**Ionisierende Strahlung:** Strahlung mit einer Wellenlänge von weniger als 200 nm, die beim Durchgang durch Mate-

rie Ionisation verursacht. Ihre Energie reicht aus, um Elektronen (häufig über kaskadenartige Reaktionen) aus einem Atom oder Molekül herauszulösen. Hierdurch werden chemische Bindungen (kovalente Bindungen) aufgebrochen und freie Radikale (Atome oder Moleküle mit ungepaarten Elektronen) gebildet. Diese führen u.a. zu DNA-Doppelstrangbrüchen.

**Ipsilateral:** Auf derselben Seite des Körpers, z.B. wo das Handy benutzt wird; bilateral: zweiseitige Benutzung.

**Katarakt:** Trübung der Augenlinse oder ihrer Kapsel, z.B. Grauer Star.

**Konfidenzintervall (KI, CI):** ist ein geschätztes Intervall, welches den wahren Wert eines unbekanntes Parameters mit vorgegebener Wahrscheinlichkeit überdeckt. Häufig wird das 95%- Konfidenzintervall verwendet, wobei mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% die gesuchte Ausprägung des betrachteten Parameters der Grundgesamtheit enthalten ist.

**Korea-Krieg:** Der Korea Krieg begann am 25.Juni 1950 und endete am 27.Juni 1953 mit einem Waffenstillstand, jedoch ohne Friedensvertrag. Die US-Truppen blieben weiter im Land. Diese Tatsache interpretieren die Autoren Yaky-menko et al. wohl als Fortsetzung des Kriegszustandes.

**Kovalente Bindung:** Bindung zwischen zwei oder mehreren Atomen, denen ein oder mehrere Elektronenpaare gleichzeitig angehören.

**Matrixmetalloproteinasen:** Zinkabhängige Endopeptidasen, die zur Familie der Proteasen gehören, und in der Lage sind, extrazelluläre Matrix Proteine abzubauen sowie eine Anzahl bioaktiver Enzyme zu entwickeln.

**Mikrowellen:** Elektromagnetische Wellen mit Frequenzen zwischen 300 MHz und 300 GHz. Anwendungsbeispiele sind die Wärmeezeugung im Mikrowellenherd, die Mikrowellentherapie und Mikrowellenspektroskopie zur Erforschung des Aufbaus von Molekülen und Atomen und Funkübertragungstechnologien.

**Mitochondrien:** Kraftwerke der Zellen. Kleine Organellen eukaryontischer Zellen, die Energie in Form von ATP durch oxidativen Abbau von Nährstoffen gewinnen. Mitochondrien haben die Fähigkeit zur Selbstreplikation, sie besitzen ein ringförmiges DNA-Molekül, eigene Ribosomen und sind von einer doppelten Membran umgeben.

**Nichtionisierende Strahlung:** umfasst alle Strahlen und Felder des elektromagnetischen Spektrums, die nicht genügend Energie besitzen, um eine Ionisation zu verursachen, z.B. Radiowellen, Mikrowellen, Infrarot-Strahlen und sichtbares Licht.

**NADH:** Eine energiereiche reduzierte Form von NAD, welche in der Lage ist, im oxidativen Sauerstoffwechsel als

energielieferndes Coenzym der Atmungskette, Elektronen auf Sauerstoff zu übertragen.

**NAD<sup>+</sup>**: Ein Wasserstoff übertragendes Coenzym, das in allen Zellen vorkommt und eine wichtige Rolle im Stoffwechsel spielt. Es setzt sich aus Nicotinsäureamid, Adenin, zwei Molekülen Ribose und zwei Phosphorsäureresten zusammen. In zahlreichen enzymatischen Reaktionen dient es als Wasserstoffüberträger, wobei der Reaktion der Wechsel zwischen oxidierter (NAD<sup>+</sup>) und reduzierter Form (NADH) zugrunde liegt.

**ODC (Ornithindecaboxylase)**: Enzym, das als Indikator für die Proliferation dient. Schlüsselenzym der intrazellulären Polyamin-Synthese, das Ornithin durch Decarboxylierung in Putrescin umwandelt. Polyamine sind wichtig für die Stabilisierung der DNA Struktur und bei der Reparatur von DNA - Doppelstrangbrüchen, aber auch als Antioxidantien. Die ODC ist ein essentielles Enzym beim Zellwachstum. Ein Mangel an ODC hat bei Mäuseembryonen eine Apoptose durch DNA Schäden verursacht.

**Odds (deutsch: Quote, Wettverhältnis)**. Die **Odds Ratio** (Quote für Exponierte geteilt durch die Quote für Nichtexponierte) wird in epidemiologischen Studien verwendet und als Näherung für das relative Risiko benutzt, wenn das Risiko der Erkrankung in der Studienpopulation gering ist. Der Wert der Odds Ratio ist größer 1, wenn ein möglicher Zusammenhang zwischen Erkrankung und Exposition besteht, kleiner 1, wenn die Exposition schützend wirkt, und gleich 1, wenn die Exposition kein Risiko birgt.

**Onkogene**: Krebsgene, deren Veränderung oder Aktivierung eine Umwandlung von gesunden Zellen zu Tumorzellen herbeiführen kann. Als Proto-Onkogene liegen die Onkogene in gesunden Zellen vor und haben eine zentrale Bedeutung für die Regulation des Zellwachstums. Krebs entsteht, wenn die Kontrolle des Zellwachstums durch das entsprechende Onkogen zusammenbricht. Auslöser sind zum Beispiel radioaktive Strahlen oder Chemikalien, die eine Veränderung der Erbsubstanz bewirken.

**Oxidase**: Ein Enzym, das mit molekularem Sauerstoff (O<sub>2</sub>) als Elektronenakzeptor bei Oxidation eines Substrats reagiert.

**Oxidation**: Die Abgabe von Elektronen aus einem Atom, z.B. bei der Aufnahme von Sauerstoff oder bei Abgabe von Wasserstoff aus einem Molekül. Gegensatz zu Reduktion.

**Oxidativer Stress** entsteht, wenn oxidative Vorgänge durch freie Radikale (z.B. Wasserstoffperoxid) die Fähigkeit der antioxidativen Prozesse zur Neutralisation übersteigen und das Gleichgewicht zugunsten der Oxidation verschoben wird. Verschiedene Schädigungen in den Zellen können hervorgerufen werden, z.B. Oxidation von ungesättigten Fettsäuren, Proteinen und DNA.

**ROS (Reaktive Sauerstoffspezies)**: Sauerstoffhaltige Moleküle, die sehr instabil und hochreaktiv sind. Die hohe Reaktivität entsteht durch die instabile Elektronenkonfigura-

tion der Radikale. Sie extrahieren schnell Elektronen aus anderen Molekülen, die dann selbst zu freien Radikalen werden. So wird eine Kettenreaktion ausgelöst und Zellschädigungen durch oxidativen Stress verursacht. Zu den ROS gehören Superoxide, Peroxide und Hydroxylradikale.

**SAR-Wert**: Die spezifische Absorptionsrate beschreibt, wieviel Leistung pro Kilogramm Körpergewicht (bzw. biologischem Material) absorbiert wird (W/kg), wenn der Körper in einem hochfrequenten elektromagnetischen Feld exponiert ist. Die SAR kann lokal (z.B. bei Nutzung eines Mobiltelefons) oder auf den ganzen Körper (z.B. im Fernfeld einer Basisstation) bestimmt werden. Als Grenzwerte in Deutschland gelten für die Exposition des Ganzkörpers 0,08 W/kg und des Teilkörpers 2 W/kg (gemittelt über 10 Gramm Körpergewebe).

**Seminom**: Ein bösartiger Keimzell-Tumor des Hodens, der von den Keimzellen (Vorläuferzellen der Spermien) beim Mann ausgeht.

**SIR (standardized incidence rate)**: Das Verhältnis der Inzidenz-Rate eines bestimmten Kollektivs zu der Inzidenz-Rate der gesamten Bevölkerung unter Berücksichtigung (Standardisierung) von Alter und Geschlecht. Ein SIR-Wert von 1 bedeutet, dass die Zahl der Erkrankungen der erwarteten Anzahl entspricht. Werte über 1 weisen auf eine höhere, Werte unter 1 auf eine niedrigere Erkrankungsrate hin.

**SMR (standardized mortality rate)**: Das Verhältnis der Sterberate einer Studienpopulation zu der Sterberate der gesamten Bevölkerung unter Berücksichtigung (Standardisierung) von Alter und Geschlecht. Ein SMR-Wert von 1 bedeutet, dass die Zahl der Sterbefälle der erwarteten Anzahl entspricht. SMR-Werte über 1 weisen auf eine höhere, SMR-Werte unter 1 auf eine niedrigere Sterberate hin.

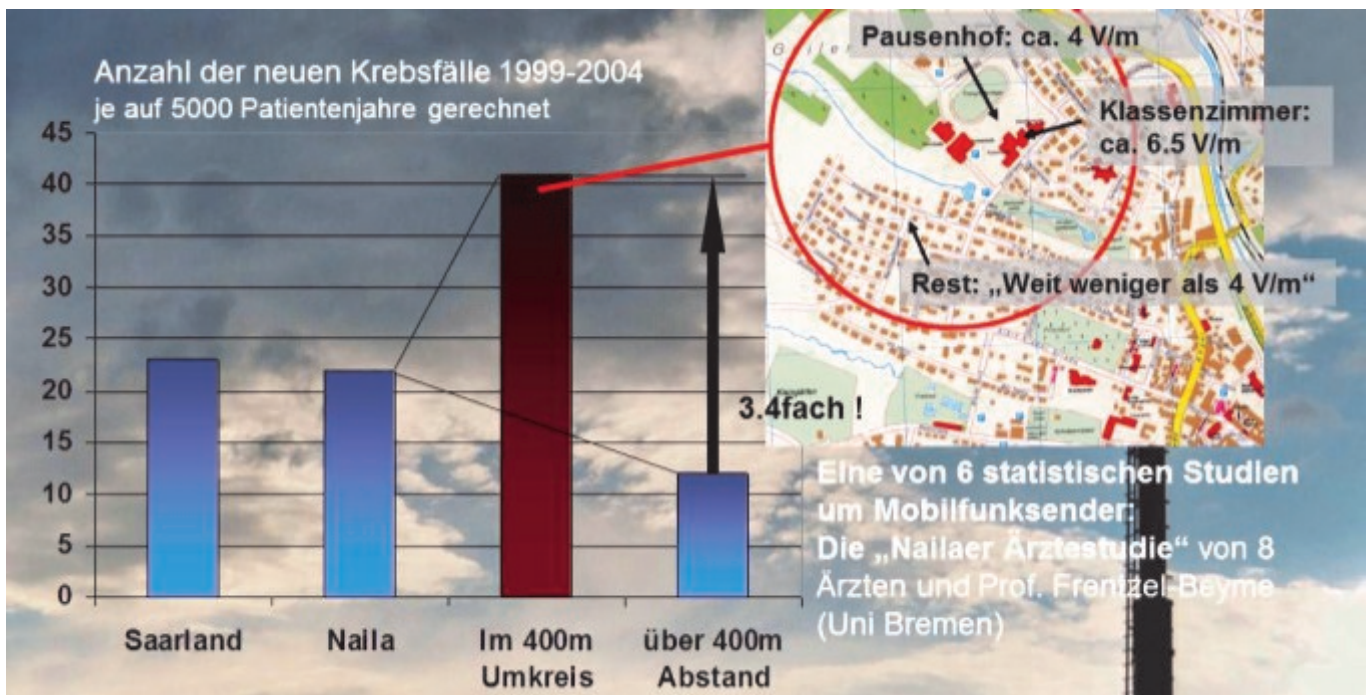
**Transgene Mäuse**: Tiere, deren Genome durch Einpflanzung/Übertragung eines anderen Gens verändert wurden bzw. deren Gen für das Prion-Protein (PRP) durch homologe Rekombination inaktiviert wurden.

**Wirkmechanismus**: Die spezifische biochemische Wechselwirkung, durch die elektromagnetische Felder oder biologisch aktive Substanzen in einem Organismus wirken. Bei einem Wirkungsmechanismus werden die spezifischen Moleküle oder Signalwege (z.B. Genexpression, Rezeptor-Bindung) identifiziert. **Siehe dazu das Schaubild auf Seite 19** aus Desai et al.: „Pathophysiologie der Mobilfunkstrahlung.: Oxidativer Stress und Karzinogenese mit dem Studienschwerpunkt auf dem männlichen Fortpflanzungssystem.“ (Umwelt-Medizin-Gesellschaft 3/2010)

## Nachwort:

# Der Stand der Forschung erfordert Konsequenzen

Mit ihrem Review „Langzeiteinwirkung von Mikrowellen Bestrahlung durch Radar und Mobilfunk löst Krebswachstum aus“ ( Yakymenko et al., 2011) hat das Team von ukrainischen und tschechischen Wissenschaftlern einen hervorragenden Überblick über den Stand der Forschung zu den Auswirkungen der Bestrahlung der Bevölkerung durch Mobilfunkbasisstationen und den Gebrauch von Mobiltelefonen gegeben.



Jegliche Studienergebnisse, die gesundheitsgefährdende Auswirkungen nachweisen, werden von der deutschen Bundesregierung und der Mobilfunkindustrie bestritten, ohne sie auch im geringsten widerlegen zu können.

In Deutschland begann die öffentliche Diskussion um die Auswirkungen der Mobilfunkbasisstationen mit der Naila-Studie. Die Nailaer-Sendemast-Studie (2004) zur GSM-Technologie ergab, dass sich der Anteil von neu aufgetretenen Krebsfällen bei Patienten, die während der letzten zehn Jahre in einem Abstand bis zu 400 Meter um die seit 1993 betriebene Mobilfunksendeanlage gewohnt hatten, gegenüber dem über 400 Meter entfernten Bereich im Gesamtzeitraum von 1994 bis 2004 verdoppelt und in der Zeit von 1999 bis 2004 sogar verdreifacht hat. Überdies war das Alter, in dem diese Patienten an Krebs erkrankt sind, durchschnittlich 8,5 Jahre jünger als im 400 Meter entfernten Bereich.

Diese Ergebnisse veranlassten Politik und Industrie zu fast panischen Widerlegungsbemühungen. Die Bundesregierung und das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) versuchten umgehend, diese Studie, die Prof. Frenzel-Beyme wissenschaftlich betreute, unglaubwürdig zu machen. Dr. Horst Eger, Projektleiter der Naila-Studie, forderte damals im Gegenzug „aus ethischen und juristischen Gründen

umgehend weitere Untersuchungen an anderen Standorten, um das Risiko für die Bevölkerung sicherer abschätzen zu können.“ Dieser Aufforderung kam das BfS bis heute nicht nach. Fakt ist bis heute, dass die Naila - Studie die einzige deutsche Mobilfunk- Sendemaststudie mit der Fragestellung Genotoxizität ist. Das ist ein gesundheitspolitischer Skandal. Und besonders bemerkenswert: BfS - Präsident König „bedauerte“ 2005 öffentlich, dass weitere Feldstudien nicht zustandekamen, weil die Netzbetreiber sich weigerten, Daten zur Verfügung zu stellen.

Auf Eigeninitiative einer Gruppe von Wissenschaftlern wird aktuell in Bielefeld im Stadtteil Mastbruch ein Projekt durchgeführt, in dem Auswirkungen eines neu aufgestellten Mobilfunkmastes durch „Vorher-Nachher“ – Blutuntersuchungen untersucht wird. Das Projekt ist über mehrere Jahre angelegt und kann über die Internetseiten [www.gegenwelle.de](http://www.gegenwelle.de) und [www.pandora-stiftung.eu](http://www.pandora-stiftung.eu) verfolgt werden.

Seit 2004 sind in Deutschland und weltweit weitere Sendemast - Studien durchgeführt worden, die allesamt die Risiken bestätigen. Yakuschenko et al. haben nun einen nahezu vollständigen Überblick über den internationalen Forschungsstand vorgelegt.

## Auf drei Studien wollen wir besonders hinweisen:

1. Im Jahr 2010 erschien die Studie von Eger et al. „Spezifische Symptome und Mobilfunkstrahlung in Selbitz (Bayern) - Evidenz für eine Dosiswirkungsbeziehung“ in: Umwelt - Medizin – Gesellschaft 2010; 23 (2): 130 – 139. Als Zusammenfassung schreibt das EMF-Portal:

„Es wurde eine signifikante Dosis-Wirkungsabhängige Korrelation zwischen den Beschwerden Schlafstörung, Depression, zerebrale Symptome, Gelenk-Beschwerden, Infekte, Hautveränderungen, Herz-Kreislauf-Störungen, Gleichgewichts- und Seh-Störungen sowie Magen-Darm-Beschwerden und der Wohnnähe zur Basisstation gefunden. Die Autoren erklären diesen Zusammenhang mit dem Einfluss von Mikrowellen auf das Nervensystem des Menschen.“ Den Volltext der Studie finden Sie unter: [www.mobilfunkstudien.de/dokumentationen/index.php](http://www.mobilfunkstudien.de/dokumentationen/index.php)

2. Im Jahr 2011 wurde in der Zeitschrift Umwelt-Medizin-Gesellschaft 1/2011 eine gemeinsame Studie von Professor Buchner und Dr. Horst Eger vorgestellt: „Veränderung klinisch bedeutsamer Neurotransmitter unter dem Einfluss modulierter hochfrequenter Felder - Eine Langzeiterhebung unter lebensnahen Bedingungen.“

Sie untersuchten die Auswirkungen eines Sendemasten im bayerischen Rimbach auf das Blut von Anwohnern.

Im Umweltausschuss des Europarates sagte der Berichterstatter Jean Huss ( Grüne Luxemburg) zu dieser Studie:

„Der Wert dieser Studie, die sich über eineinhalb Jahre erstreckt, liegt darin, dass Ärzte und Wissenschaftler wesentliche Veränderungen in der Konzentration u.a. bestimmter Stresshormone im Urin messen und bestimmen konnten. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es einen signifikanten Anstieg von Adrenalin und Noradrenalin über mehrere Monate hinweg gibt, sowie auch eine signifikante Reduktion von Dopamin und Phenylethylamin (PEA), allesamt Veränderungen, die den Zustand chronischen Stresses angeben, die nach Ansicht der Studienurheber die zuvor geschilderten Symptome verstärken. Die Autoren beziehen das abgesenkte PEA Niveau auf die eingeschränkte Aufmerksamkeit und Hyperaktivität bei Kindern, Störungen, die in Deutschland zwischen den beobachteten Jahren 1990-2004 immens gestiegen sind.“

**Den Volltext der Studie finden Sie unter:**

[www.mobilfunkstudien.de/dokumentationen/index.php](http://www.mobilfunkstudien.de/dokumentationen/index.php)

Zu den Ergebnissen der Studie gab Dr. Eger ein Interview für Diagnose-Funk, siehe „Kompakt“, Juni 2011:

<http://info.diagnose-funk.org/kompakt/ausgabe-2011-06.php>

3. In Brasilien haben Wissenschaftler verschiedener Fakultäten der Universität Belo-Horizonte und des öffentlichen Gesundheitsdienstes 2011 die Studie „Sterblichkeit durch Tumorbildung und Mobilfunkmasten im Stadtgebiet

von Belo Horizonte, Bundesstaat Minas Gerais, Brasilien“, ( Dode et al., Science of Total Environment) veröffentlicht.

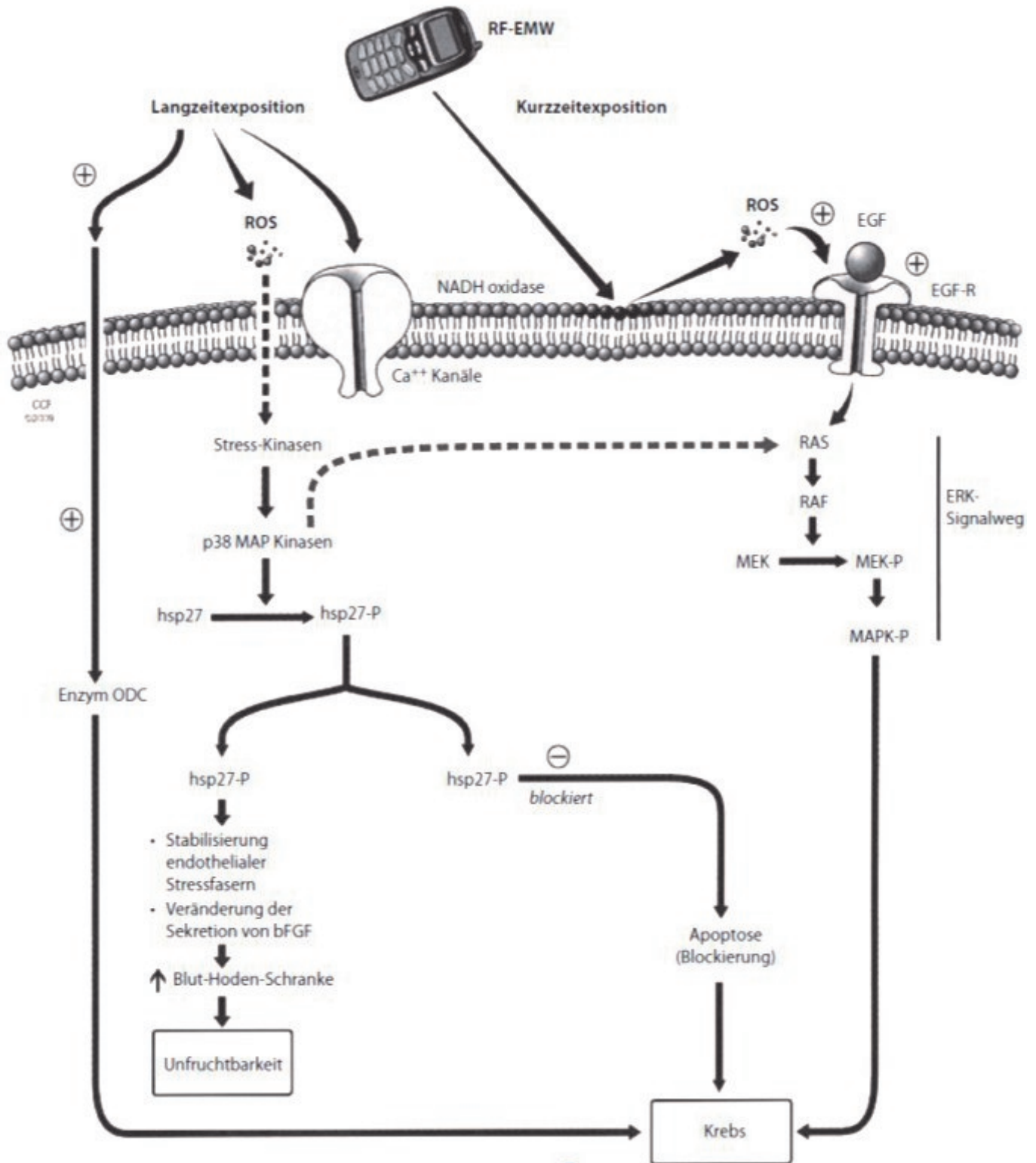
Es wurden Ortsdaten von 2 Millionen Einwohnern ausgewertet, Messungen durchgeführt und die Verteilung von über 7000 Krebstodesfällen mit den vorhandenen Datenbanken der installierten Mobilfunksender abgeglichen. Es zeigt sich erstens, dass die Krebssterblichkeit dort am höchsten ist, wo die Einwohner den höchsten Strahlenbelastungen ausgesetzt sind. Im höchst bestrahlten Bereich Centro-Sul findet man 1459 Krebstodesfälle auf 249.862 Einwohner, was einer Rate von 58 auf 10.000 entspricht. In der geringer belasteten Region Barreiro zeigen sich auf 219.873 Einwohner 451 Krebstodesfälle, die Rate liegt mit 20 auf 10.000 um zwei Drittel niedriger. Die Angaben weisen zweitens nach, dass die Rate der Sterblichkeit durch Krebs umso höher ist, je näher die Einwohner am Sendemast leben.

**Weitere Informationen dazu auf:**

[www.diagnose-funk.org/erkenntnisse/krebserkrankung/krebs-und-mobilfunk---vom-hinweis-zum-nachweis.php](http://www.diagnose-funk.org/erkenntnisse/krebserkrankung/krebs-und-mobilfunk---vom-hinweis-zum-nachweis.php)

Auch in der Aufarbeitung der Auswirkungen des Handygebrauchs präsentieren Yakymenko et al. Forschungsergebnisse, die in Deutschland nicht zur Kenntnis genommen werden. Es ist bezeichnend für den deutschen Strahlenschutz, dass die WHO den Vorsitzenden des Ausschusses für nichtionisierende Strahlung in der Strahlenschutzkommission, Prof. Lerchl, von der WHO als Teilnehmer des IARC – Workshops (Mai 2011), der das krebserregende Potential der Mobilfunkstrahlung beurteilen sollte, mit der Begründung seiner lobbyistischen Tätigkeiten von der Teilnahme ausschloss. Die International Agency for Research on Cancer (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) stuft die Strahlung „von Mobiltelefonen möglicherweise als krebserregend für den Menschen (Gruppe 2B), bezogen auf ein erhöhtes Risiko für ein Gliom, einer bösartigen Form von Hirntumor“, ein. Die Formulierung „möglicherweise“ ist ein Kompromiss. An der Untersuchung des IARC haben 31 Wissenschaftler aus 14 Ländern mitgewirkt. Schwedische und israelische Wissenschaftler werden deutlicher: Sie gehen von einem 2 bis 5 fachen Krebsrisiko für Vieltelefonierer aus. Bisher nutzte die Industrie die WHO als Kronzeuge für die Unbedenklichkeit der Strahlung. Damit hat es nun ein Ende.

Trotz dieser Forschungsergebnisse wird im Vierten Mobilfunkbericht der deutschen Bundesregierung vom 12.01.2011 wiederum behauptet, gentoxische Wirkungen gäbe es nicht. Das rechtfertigt auch die Schutzwirkung und Beibehaltung der Grenzwerte: „In Bezug auf gentoxische Effekte ist allgemein bekannt, dass elektromagnetische Felder nicht die Energie besitzen, um kovalente Bindungen zu brechen und DNA - Strangbrüche direkt zu erzeugen.“ (S. 3)



**Wirkmechanismus: Angriffspunkte auf Zellebene für die elektromagnetischen Wellen im Bereich der Funkfrequenzen (RF-EMW).**

Akute (kurzzeitige) Exposition gegenüber elektromagnetischen Funkwellen kann die NADH-Oxidase in der Plasmamembran anregen, was die Bildung von reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) steigern kann. Eine Zunahme der ROS kann den Rezeptor des endothelischen Wachstumsfaktors (EGF) anregen, was wiederum den Weg der extrazellulären signalgesteuerten Kinase (ERK) aktivieren kann. Der Weg der ERK beinhaltet die darauf folgende Aktivierung der Ras- und Raf-Proteine und der mitogenaktivierten Proteinkinase (MAPK). Der Weg der MAPK spielt eine Rolle bei der Förderung von Tumoren. Chronische Exposition gegenüber reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) kann verschiedene Stress-Kinasen aktivieren (p38 MAP-Kinase). Die Aktivierung der p38-MAP-Kinase kann den Weg der ERK anregen und auch zur Phosphorylierung von Hitzeschockproteinen (Hsp) führen, was die Apoptose hemmt. Die Hemmung der Apoptose könnte die Krebsentstehung fördern, indem das Überleben von Zellen mit beschädigter DNA verlängert wird. Hitzeschockproteine stabilisieren auch die endothelischen Stressfasern (endothelial stress fibers) und verändern das Ausscheiden von bFGF. Dies kann zu einer Erhöhung der Durchlässigkeit der Blut-Hoden-Schranke führen und zu Unfruchtbarkeit führen. Elektromagnetische Funkwellen können auch Krebs fördern, indem sie die ornithine Decarboxylase (ODC) anregen, ein Enzym, das beim Weg der Polyaminsynthese die Entstehungsquote drosselt, und auch indem sie in die Kalziumkanäle in der Plasmamembran eingreifen. (Grafik aus Desai et al.: „Pathophysiologie der Mobilfunk-strahlung.: Oxidativer Stress und Karzinogenese mit dem Studienschwerpunkt auf dem männlichen Fortpflanzungssystem.“ Umwelt-Medizin-Gesellschaft 3/2010)

Richtig dagegen ist: Niemand hat je behauptet, dass die nichtionisierende Strahlung\* des Mobilfunks kovalente Bindungen\* so wie die ionisierende Strahlung\* brechen könnte. Der schädigende Mechanismus der Strahlungsarten ist verschieden, doch die Auswirkung auf die Zelle und den Menschen, und nur um diese geht es, kann dieselbe sein. Beide können die DNA schädigen, mit den gleichen krebserregenden Folgen, jedoch auf unterschiedliche Weise, wie es Yakymenko et al. in ihrer Studie ausführlich nachweisen. Auch Desai et al. haben in ihrem Artikel „Pathophysiologie der Mobilfunkstrahlung: Oxidativer Stress und Karzinogenese mit dem Studienschwerpunkt auf dem männlichen Fortpflanzungssystem“, veröffentlicht in der Zeitschrift Umwelt-Medizin-Gesellschaft 3/2010 die Schädigungsmechanismen erläutert und in einer Grafik dargestellt, die wir auf Seite 19 abdrucken. Auf unserer Homepage [www.mobilfunkstudien.de](http://www.mobilfunkstudien.de) kann dieser Forschungsbericht heruntergeladen werden.

Der Stand der Erkenntnis zum Schädigungspotential elektromagnetischer Felder des Mobilfunks wird von den Mobilfunkbetreibern und Regierungen nicht zur Kenntnis genommen. Diese Politik kann man nur noch mit dem Einfluss der Industrielobby erklären. Diagnose-Funk hat dies in dem Brennpunkt „Der vierte Mobilfunkbericht der deutschen Bundesregierung (2011) und der Wahrheitsgehalt des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms“ analysiert.

Diagnose-Funk stellt deshalb u.a. folgende Hauptforderungen auf: Solange diese Technologie genutzt wird, muss die Unverletzlichkeit der Wohnung gegen diese Strahlenbelastung gesetzlich garantiert und Maßnahmen zur Minimierung der Strahlenbelastung auf allen Feldern der Anwendung durchgeführt werden. Eltern, Kinder und Jugendliche müssen über die Risiken aufgeklärt werden. Elektrosensibilität muss als Krankheit anerkannt werden. Die Forschung für eine alternative Mobilfunktechnologie, die nicht die Gesundheit gefährdet, muss staatlich gefördert werden.

Diagnose-Funk sagt klar: Wer diese krankmachende Technologie verteidigt, verhindert den Fortschritt, nämlich die Entwicklung von Funktechnologien, die den Menschen und die Umwelt nicht schädigen.

Das Ziel einer Wende in der Mobilfunkpolitik muss sein, die Risiken des Mobilfunks so schnell wie möglich zu beseitigen, so wie es der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) fordert:

„Die Gesundheit der Menschen nimmt Schaden durch flächendeckende, unnatürliche Strahlung mit einer bisher nicht aufgetretenen Leistungsdichte. Kurz und langfristige Schädigungen sind absehbar und werden sich vor allem in der nächsten Generation manifestieren, falls nicht politisch verantwortlich und unverzüglich gehandelt wird.“ (Positionspapier 46, 2008)



## Unterstützen Sie die Arbeit von Diagnose-Funk!

Ihr Mitgliedsbeitrag ermöglicht unsere Arbeit. Ihre Spende ermöglicht nicht nur den weiteren Ausbau von Diagnose-Funk, unsere geplanten Aktionen und Kampagnen, unsere vielfältige Informationsarbeit mit Internetseiten und Publikationen, sondern ist zugleich Anerkennung und Motivation für unsere Arbeit.

### Impressum:

Diagnose-Funk Schweiz  
Giblenstrasse 3  
CH - 8049 Zürich  
[kontakt@diagnose-funk.ch](mailto:kontakt@diagnose-funk.ch)

Diagnose-Funk e.V.  
Postfach 15 04 48  
D - 70076 Stuttgart  
[kontakt@diagnose-funk.de](mailto:kontakt@diagnose-funk.de)

August 2011