

Wie Immissionen von TETRA-Basisstationen die menschliche Gesundheit nachteilig beeinflussen können

Dr. Gerard J. Hyland

Associate Fellow
Fachbereich Physik der
Universität Warwick¹, England

Vorstandsmitglied
Internationales Institut für Biophysik¹
Neuss-Holzheim, Deutschland

Tel: 0044 - 1926 - 81 15 84
GJHyland@onetel.com

Übersetzung: Caren Wolters
Eichwaldstr. 4, 6300 Zug, Schweiz
Tel: 0041 - (0)41 74 70 177
wcaren@web.de

Die Unzulänglichkeit der ICNIRP-Richtlinien für die Regulierung der Exposition des Menschen durch Hochfrequenzstrahlung von TETRA-Basisstationen

ICNIRP-Richtlinien

Die ICNIRP²-Richtlinien [1] stellen lediglich sicher, dass Hochfrequenzstrahlung – und damit auch Mobilfunkstrahlung – den Körper nicht so weit erwärmt, dass es zu einer Schädigung kommt. Da die Erwärmung mit der Intensität der Strahlung steigt, begrenzen die Richtlinien diese Intensität, damit die Erwärmung nicht über das Maß hinausgeht, mit dem der Wärmeregulationsmechanismus des Körpers noch „zurechtkommt“.

Die Strahlungsintensitäten, die für den Außenbereich („outdoor“) in der Nähe von Mobilfunk-Basisstationen typisch sind, liegen jedoch so weit – oft um einen Faktor von mehreren Tausend – unterhalb des thermischen ICNIRP-Referenzwertes von 2 W/m² für den TETRA³-Frequenzbereich, dass die Möglichkeit einer relevanten Körpererwärmung hier völlig ausgeschlossen werden kann. Dasselbe gilt entsprechend noch deutlicher für den Innenbereich („indoor“).

Also schützen im Fall der Basisstationen die ICNIRP-Referenzwerte letztendlich vor etwas, das gar keine Gefährdung darstellt. Gleichzeitig überlassen sie aber die Strahlenexponierten den möglichen Gesundheitsrisiken nicht-thermischer Einflüsse, die die Strahlung auf den menschlichen Körper haben kann und die „durch's Netz“ dieser ausschließlich thermisch orientierten Richtlinien „schlüpfen“, insbesondere Einflüsse, die – im Gegensatz zur Erwärmung – davon abhängen, dass der Körper lebt.

Dass dies tatsächlich der Fall ist, wird von den vielen untereinander schlüssigen Berichten über Gesundheitsprobleme – nicht nur bei Menschen sondern auch bei Tieren – belegt, die mit einer Strahlungsexposition, insbesondere von GSM-Basisstationen⁴, korrelieren und die unmöglich etwas mit Erwärmung zu tun haben können.

¹ Die in diesem Beitrag vertretenen Ansichten repräsentieren ausschließlich die des Verfassers und nicht notwendigerweise die der Institutionen, denen er angehört.

² ICNIRP: International Commission for Non-Ionising Radiation Protection (Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung). Auf die Referenzwerte der ICNIRP beziehen sich viele westliche Staaten bei der Festlegung ihrer nationalen Grenzwerte.

³ TETRA: TERrestrial TRunked RADio (Terrestrischer Bündelfunk / Betriebsfunk); der in Großbritannien für TETRA genutzte Frequenzbereich liegt bei 380 - 400 MHz.

⁴ GSM: Global System for Mobile Communication, in Deutschland die D- und E-Netze des Mobilfunks.

Das ALARA-Prinzip

Die vorherrschende „offizielle“ Sichtweise schließt es allerdings aus, die oben genannten Probleme der Nähe zu Basisstationen zuzuschreiben, denn an nahegelegenen öffentlich zugänglichen Orten beträgt die Strahlungsintensität nur einen kleinen Bruchteil des ICNIRP-Referenzwertes. Ein Beispiel für diesen Standpunkt liefert der Abschlussbericht (Stewart Report [2]) der IEGMP⁵:

„Wir kommen zu dem Schluss, dass es keine Anzeichen eines Gesundheitsrisikos für Menschen in der Nähe von Basisstationen gibt, vor dem Hintergrund, dass die zu erwartenden Strahlungsintensitäten nur einen kleinen Bruchteil der Referenzwerte betragen.“ ([2], Abs. 1.33)

Wie soll man also folglich mit Berichten von Gesundheitsproblemen umgehen? Dafür gibt es zumindest zwei Möglichkeiten:

- a) den offiziellen Standpunkt zu akzeptieren, was bedeutet, dass alle Berichte von Gesundheitsbeeinträchtigungen als psychosomatisch abgetan werden müssten,
- b) die Berichte von Gesundheitsbeeinträchtigungen ernst zu nehmen und zu erforschen, ob sie möglicherweise von anderen als den thermischen Strahlungswirkungen, auf die allein sich die Richtlinien beziehen, verursacht sein könnten. Tatsächlich wird diese Möglichkeit in einem weitaus seltener zitierten Absatz des Stewart Reports bereits angesprochen:

*„Obwohl es höchst unwahrscheinlich erscheint, dass die geringen Intensitäten der hochfrequenten Strahlung von Basisstationen maßgebliche akute negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben könnten, **kann die Möglichkeit einer Schädigung** durch eine Exposition, die nicht ausreicht, um eine bedeutende Erwärmung des Gewebes zu bewirken, **zu diesem Zeitpunkt noch nicht mit Gewissheit ausgeschlossen werden.**“* ([2], Abs. 6.44)

Genau diese Möglichkeit der nicht-thermischen Einflüsse wird im Folgenden behandelt. Und es wird deutlich werden, dass es viele Hinweise für das Vorhandensein solcher Einflüsse gibt. Wenn man außerdem in Betracht zieht, dass die negativen gesundheitlichen Auswirkungen, von denen einige exponierte Personen berichten, mit diesen nicht-thermischen Einflüssen konform gehen, dann wird es schwierig, diese als psychosomatisch einzustufen. Demnach muss die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die GSM/TETRA-Telekommunikationstechnologie, wie sie gegenwärtig von den ICNIRP-Sicherheitsrichtlinien geregelt wird, alles andere als sicher ist und ein Risiko für die öffentliche Gesundheit darstellt. Denn diese Richtlinien bieten überhaupt keinen Schutz vor nicht-thermischen biologischen Einflüssen, wie sie von der bei Mobilfunk-Basisstationen üblichen Art der Strahlung ausgehen. Diese Schlussfolgerung wird gestützt von einem weiteren Zitat aus dem Stewart Report, in einem Abschnitt, der vom Vorsorgegedanken in Bezug auf Mobilfunk handelt:

„Die ICNIRP-Richtlinien allein bieten keinen Schutz vor in der Wissenschaft bestehenden Forschungslücken und insbesondere nicht vor potentiellen, bislang unerkannten thermischen oder nicht-thermischen negativen Auswirkungen bei geringeren Expositionspegeln.“ ([2], Abs. 6.41)

Statt zusätzliche (aber beliebig gewählte) Sicherheitsfaktoren bei den ICNIRP-Referenzwerten zu berücksichtigen, um einen höheren Schutzgrad zu erreichen, werden im Stewart Report folgende Empfehlungen gegeben:

„Wir empfehlen, dass Planungsbehörden bei Entscheidungen über die Standorte von Basisstationen die Befugnis haben sollten sicherzustellen, dass die hochfrequenten Felder, denen die Öffentlichkeit ausgesetzt wird, auf die niedrigst machbare Intensität herabgesetzt werden, die noch gewährleistet, dass das Telekommunikationssystem einwandfrei funktioniert.“ ([2], Abs. 6.61)

Diese Strategie ist als ALARA-Prinzip bekannt (*As Low As Reasonably Achievable*⁶). Die britische Regierung geht davon aus, dass die Mobilfunkbetreiber bereits nach diesem Prinzip handeln. Leider gibt es viele Anzeichen für das Gegenteil.

⁵ IEGMP: Independent Expert Group on Mobile Phones

⁶ So niedrig wie vernünftigerweise erreichbar

Internationale Grenz- und Richtwerte im Vergleich

Andererseits haben einige Länder und sogar Regionen in Kontinentaleuropa (und auch anderswo) in dem Versuch, eine höhere Sicherheit für GSM-Einrichtungen zu erlangen, Grenz- und Richtwerte erlassen, die erheblich strenger sind als die Werte der ICNIRP (siehe Tabelle 1-1).

Land/Gremium	Grenz-/Richtwert in W/m ²		
	GSM 900 (900 MHz)	GSM 1800 (1800 MHz)	TETRA (400 MHz)
EU-Staaten (ICNIRP)	4,5	9,0	2,0
<i>Ausnahmen:</i>			
Belgien	1,125	2,25	0,5
Griechenland	3,6		1,6
Italien [3] (< 4 Stunden proTag)	1,0	1,0	1,0
(> 4 Stunden proTag)	0,1	0,1	0,1
Luxembourg	0,45	0,45	?
Salzburg (2000) [4], [5]	0,001	0,001	?
Castilla-La Mancha (Spanien) [6]	0,1	0,1	0,1

Tab. 1-1: Nationale und internationale Grenz- und Richtwerte für GSM- und TETRA-Immissionen im Außenbereich

Da Grenz- und Richtwerte für nicht-thermische Effekte bisher ausschließlich empirisch ermittelt wurden, besteht unweigerlich bei jedem empfohlenen Wert ein gewisses Maß an Unsicherheit. Das Vorhandensein dieser Unsicherheit steigert die Bedeutung des Vorsorgeprinzips, welches ganz einfach dadurch befolgt wird, dass die Emissionen – bei gleichzeitiger Funktionstüchtigkeit des Mobilfunknetzwerks – so niedrig wie möglich gehalten werden.

Bei der Diskussion um die Einführung bedeutend niedrigerer Grenzwerte als denen, die allein den Erwärmungseffekt berücksichtigen (wie z.B. der Richtwertempfehlung des Landes Salzburg), darf nicht vergessen werden, dass nicht-thermische Effekte häufig bei einer sehr niedrigen Schwellenintensität auftreten, die typischerweise mindestens 1.000-fach niedriger ist als die, bei der eine relevante Erwärmung stattfindet und auf der die bestehenden Sicherheitsbestimmungen basieren.

Gesundheitsstörungen in der Nähe von Basisstationen

Symptome bei GSM- und TETRA-Basisstationen

Im Zusammenhang mit negativen gesundheitlichen Auswirkungen bei Menschen, die der Strahlung von Mobilfunk-Basisstationen ausgesetzt sind, wird (häufig in Zusammenhang mit Verschlechterung des TV-Empfangs und Störungen von funkgesteuerten Pkw-Schließanlagen) das vermehrte Auftreten folgender Symptome berichtet.

Häufige Symptome im Zusammenhang mit GSM- und TETRA-Basisstationen:

- Schlafstörungen (bei TETRA stärker als bei GSM)
- Gedächtnis- und Konzentrationsprobleme
- Kopfschmerzen
- Nasenbluten – häufig sehr stark

Typische Symptome bei GSM-Exposition:

- Epileptische Anfälle
- Stark reduzierte Anzahl von neutrophilen Granulozyten⁷ – reversibler Effekt bei Nicht-Exposition⁸
- Unerklärliche Häufung von Krebsfällen in der Nähe bestimmter GSM-Basisstationen [7], deren „Unschuld“ bislang nicht bewiesen wurde.

Typische Symptome bei Exposition durch TETRA-Basisstationen:

- Hautausschlag
- Nächtliche Halluzinationen
- Unangenehme Körpererwärmung (ohne Fieber)
- Schlafstörungen (bis zu 10 x pro Nacht aufwachen)
- Erschöpfung
- Stark beeinträchtigt Immunsystem
- Nasenbluten
- Angst

Ein wichtiger Unterschied zwischen GSM- und TETRA-Signalen besteht darin, dass die Emissionen einer TETRA-Basisstation über den Zeitverlauf einheitlicher sind als bei GSM, weil die Träger einer TETRA-Basisstation immer alle gleichmäßig senden, unabhängig von der aktuellen Auslastung durch Gespräche oder Datenübertragung. Eine GSM-Basisstation dagegen hat nur einen Träger, der ständig mit konstanter, voller Leistung sendet (Organisationskanal, BCCH⁹), während ein oder mehrere zusätzliche Träger (TCH¹⁰) bedarfsweise, je nach aktuellem Kapazitätsbedarf, zum Einsatz kommen.

Alles psychosomatisch?

Einige GSM-spezifische Symptome wurden in zwei veröffentlichten epidemiologischen Studien ([8], [9]) thematisiert, deren Ergebnisse in hohem Maße konsistent sind.

Wichtige Belege dafür, dass diese Symptome nicht psychosomatischer Natur sind, liefern Berichte [10] von Gesundheitsproblemen, die auftraten, ohne dass die Betroffenen wussten, dass in ihrer näheren Umgebung Basisstationen vorhanden waren. Erst im Nachhinein wurde ein zeitlicher Zusammenhang zwischen dem ersten Auftreten ihrer Beschwerden und der Inbetriebnahme der Basisstation festgestellt. Ein anderer wichtiger Punkt ist, dass die Beschwerden zurückgehen, wenn die Leidtragenden sich von dem Mobilfunkmast weiter entfernen und wieder auftreten, wenn sie sich erneut annähern.

Wertvolle unterstützende Hinweise dafür, dass die Gesundheitsprobleme beim Menschen nicht psychosomatischer Natur sind, kommen von Berichten über Gesundheitsprobleme bei Tieren, insbesondere Vieh, das durch Strahlung von GSM-Basisstationen gesundheitlich beeinträchtigt wird, wo ebenfalls die Auffälligkeiten mit Beendigung der Bestrahlung verschwinden ([11], [12], [13]). In Anbetracht der oft sehr ausgeprägten elektromagnetischen Sensibilität gewisser Tierarten (einschließlich Vögel und anderer Kleintiere wie z.B. Bienen), könnten diese Berichte wertvolle Warnungen sein, die man nicht ignorieren sollte.

⁷ Neutrophile Granulozyten gehören zu den weißen Blutkörperchen (Leukozyten), die – als wichtiger Teil des Immunsystems – Bakterien bekämpfen.

⁸ Diese Tatsache ist besonders deswegen interessant, da es sich hierbei um eine objektiv quantifizierbare Beeinträchtigung (hier: des Immunsystems) durch GSM-Strahlung handelt, weshalb sie – im Gegensatz zu anderen Symptomen – unmöglich als psychosomatisch eingestuft werden kann.

⁹ BCCH: *Broadcast Control Channel*, Organisationskanal bei GSM-Mobilfunk

¹⁰ TCHs: *Traffic Channels*, lastabhängige Verkehrskanäle bei GSM, die nur zugeschaltet werden, wenn die Kapazität des Organisationskanals zur Bewältigung des aktuellen Verkehrsaufkommens nicht ausreicht.

Mit welcher Wichtigkeit einige Kreise solche Krankheitsberichte aufnehmen, spiegelt sich in Entwicklungen wider, von denen im Folgenden einige exemplarisch aufgeführt werden.

Freiburger Appell

Der Freiburger Appell [14] wurde im Oktober 2002 von der Interdisziplinären Gesellschaft für Umweltmedizin e.V. (IGUMED, Deutschland) veröffentlicht. Der Appell reagiert auf den „dramatischen“ Anstieg der Berichte über Gesundheitsprobleme (einschließlich Krebs, Herzbeschwerden und neurodegenerativen Erkrankungen), die die 59 ursprünglichen Unterzeichner nach eingehender Recherche mit einer Exposition ihrer Patienten durch elektromagnetische Felder verschiedenster Art – speziell mit Mobilfunk – in Zusammenhang bringen. Der Appell wurde bis heute von über 1.000 Medizinern in ganz Deutschland unterzeichnet.

Catania Resolution

Dieses Dokument wurde im September 2002 nach einer Konferenz in Sizilien von 16 international bedeutenden Wissenschaftlern aus 7 verschiedenen Ländern unterzeichnet. Der erste und vierte Satz der Resolution lauten:

„Epidemiologische sowie in vivo- und in vitro-Untersuchungsergebnisse zeigen Wirkungen auf, die von elektromagnetischen Feldern verursacht werden und von denen sich einige negativ auf die Gesundheit auswirken können.“

und

„Die Menge der Hinweise erfordert vorbeugende Strategien, die auf dem Vorsorgeprinzip basieren. Manchmal kann das Vorsorgeprinzip kluge Vermeidung und umsichtige Nutzung einschließen.“ [15]

Salzburger Resolution

Im Jahr 2000 fand in Salzburg die erste internationale Konferenz statt, die sich mit der Bedeutung von Mobilfunk-Basisstationen für die öffentliche Gesundheit befasste. Aus ihr resultierte die Salzburger Resolution [4] mit 19 Unterzeichnern, bestehend aus Wissenschaftlern und Medizinern aus 10 verschiedenen Ländern. Um einen angemessenen Schutz vor den Emissionen von Basisstationen zu erzielen, empfiehlt die Salzburger Resolution einen Höchstwert für den Außenbereich an öffentlich zugänglichen Orten von 1 mW/m^2 (entsprechend $0,6 \text{ V/m}$).

Bewertung von wissenschaftlichen Studien an Menschen im Niedrigdosisbereich

Diese Bewertung (Hochfrequente Strahlung und Gesundheit – Nachtrag A [16]) wurde im Auftrag des Schweizerischen BUWAL¹¹ vom Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Basel veröffentlicht und im Jahr 2004 vervollständigt. Darin wird geschlussfolgert, dass es ein Risikopotential für die Gesundheit bei Strahlungsintensitäten unterhalb der ICNIRP-Referenzwerte gibt. Als Konsequenz hat die Schweizer Regierung ein systematisches, differenziertes Rahmenwerk erstellt, das die Anwendung des Vorsorgeprinzips für ungesicherte Gesundheitsrisiken erleichtern soll. Es bestimmt 5 Kategorien: Gesichert, Wahrscheinlich, Möglich, Unwahrscheinlich, Nicht beurteilbar.

Charta von Paris

Diese Charta [17] wurde am 20. März 2003 von 3 Mobilfunkbetreibern und der Stadt Paris unterzeichnet. Sie begrenzt die Strahlungsbelastung der Allgemeinbevölkerung, gemittelt über 24 Stunden, auf 2 V/m , sowohl im 900 MHz als auch im 1800 MHz Bereich (ICNIRP: 41 V/m bzw. 58 V/m). Der neue Pariser Grenzwert entspricht $0,01 \text{ W/m}^2$ ($= 10 \text{ mW/m}^2$) was nur um den Faktor 10 höher ist als der empfohlene Wert der Salzburger Resolution.

Technische Parameter von Basisstationen

In welcher Entfernung vom Sendemast bestimmte Immissionsgrenzen überschritten werden, hängt von der Sendeleistung der Antennen, ihrer Montagehöhe, ihrer Hauptstrahlrichtung¹², der Ausprägung von Nebenkeulen¹³,

¹¹ BUWAL: ehem. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; seit 2006 umbenannt in BAFU: Bundesamt für Umwelt

¹² Die Hauptstrahlrichtung wird definiert durch die horizontale und vertikale Richtung, in der die höchste Leistungsabstrahlung erfolgt. Maßgeblich hierfür sind in der Antennerichtcharakteristik die so genannten Hauptkeulen.

der Höhe des Messpunkts (z.B. ein Schlafräum im zweiten oder dritten Geschoss) und der Topografie der Umgebung ab. Dementsprechend ist es unmöglich, einen allgemeingültigen „Sicherheitsabstand“ zu bestimmen. Außerdem entkräftet die Existenz der Nebenkeulen auch die gängige Behauptung (z.B. [18]), dass der sicherste Ort für einen Sendemast gerade auf dem Schuldach sei.

Die Hinweise verdichten sich

Renommierte Wissenschaftler und Mediziner sind sich einig, dass es reichlich besorgniserregende Hinweise dafür gibt, dass die Strahlung von Basisstationen für die Bevölkerung nicht risikolos ist. In England sagte Prof. L. Challis, stellvertretender Vorsitzender der IEGMP (*Independent Expert Group on Mobile Phones*) und Vorsitzender von *Mobile Telephone Health Research* (MTHR), in einem Interview:

„Die Regierung will, dass wir sagen, diese Masten seien total sicher und ungefährlich, aber das können wir nicht.“ [19]

Anderswo in Europa, wie bereits oben erwähnt, war die Reaktion konsequenter, indem einige Staaten (und sogar Regionen innerhalb einiger Länder, wie Frankreich und Spanien) zulässige Expositionsgrenzen festgesetzt haben, die sehr viel strenger sind als die Referenzwerte der ICNIRP.

Gründe für die Möglichkeit, dass die Gesundheitsprobleme von anderen Strahlungseffekten als einer Erwärmung stammen

Die Möglichkeit, dass Mikrowellenstrahlung¹⁴, wie sie bei GSM- und TETRA-Systemen Anwendung findet, nicht-thermische Wirkungen hervorruft, begründet sich wie folgt. Erstens haben Mikrowellen, weil sie einfach eine bestimmte Art elektromagnetischer Strahlung sind¹⁵, außer der Strahlungsintensität noch andere Eigenschaften. Im Falle des Lichtes ist die Intensität gleichbedeutend mit Helligkeit. Neben der Helligkeit hat das Licht jedoch auch eine Farbe, die von der Frequenz der Strahlung bestimmt wird. Zweitens kann Licht dazu gebraucht werden, Informationen zu übertragen, indem man es auf eine bestimmte Weise an- und ausschaltet (Pulsung). Die Information, die im Pulsmuster verschlüsselt enthalten ist, wird dann von einer anderen Person (dem Empfänger) wie ein Morsezeichen entschlüsselt.

Auch wenn die Strahlungsintensitäten von Basisstationen viel zu niedrig sind, um eine relevante Erwärmung zu bewirken, kann die absorbierte Energiemenge (die proportional zur Strahlungsintensität ist) immer noch ausreichen, um feine (strukturelle) Veränderungen der Molekülarchitektur von Stoffen, wie z.B. Proteinen, hervorzurufen [20]. Besonders dann, wenn die Frequenz der Strahlung mit der Frequenz der Eigenschwingung eines Biomoleküls übereinstimmt oder nur wenig davon abweicht. Dies kann zu Veränderungen von biochemischen Reaktionen (wie z.B. der Enzymaktivität) führen, die prinzipiell gesundheitliche Folgen haben können.

Im Falle eines lebendigen Organismus gibt es noch andere Möglichkeiten nicht-thermischer Einflüsse, da ein lebendiges System selbst viele verschiedene elektrische und biochemische Schwingungsaktivitäten beinhaltet, die jeweils spezifische Frequenzen haben, von denen manche sehr nah bei denen von GSM- und TETRA-Signalen liegen – eine Übereinstimmung, die diese biologischen Aktivitäten für unterschiedliche (nicht-thermische) Störungen anfällig macht ([21], [22]).

Die hier betrachteten nicht-thermischen Einflüsse entstehen vor allem deshalb, weil die biologischen Systeme die eintreffende Strahlung aufgrund ihrer genau definierten, kohärenten Frequenzcharakteristik zu „erkennen“ vermögen. Dies ermöglicht zum einen die selektive Aufnahme von Energie (wenn die Schwingungen die „richtige“ Frequenz haben); zum anderen kann man nicht-thermische Effekte als Einflüsse auf eher informativer Ebene interpretieren.

¹³ Nebenkeulen (Nebenzipfel) sind relative Maxima der Antennenrichtcharakteristik. Sie sind zwar schwächer ausgeprägt als die Hauptkeule, können sich aber insbesondere in der unmittelbaren Umgebung um die Antenne und unterhalb der Antenne stark auswirken.

¹⁴ Als Mikrowellen werden hochfrequente elektromagnetische Wellen mit einer Frequenz über 300 MHz bezeichnet.

¹⁵ Eine andere, bekanntere Art elektromagnetischer Strahlung ist das sichtbare Licht, das im Vergleich zum Mikrowellenfrequenzbereich bei wesentlich höheren Frequenzen jenseits des Infrarotlichts liegt.

Hochfrequente elektromagnetische Strahlung in der Natur

Es ist wichtig zu erkennen, dass sich die gepulste hochfrequente Strahlung von GSM- und TETRA-Mobilfunksystemen aufgrund ihrer hohen Kohärenz¹⁶ von elektromagnetischer Strahlung natürlichen Ursprungs (wie z.B. dem Sonnenlicht) unterscheidet. Das heißt, die bei TETRA und GSM verwendete Strahlungsart ist von sehr genau definierten Frequenzen gekennzeichnet – wodurch ihre biochemische Wirkung auf den menschlichen Körper verstärkt werden kann und ihre Wahrnehmung gegenüber der (höchst inkohärenten) Wärmestrahlung ermöglicht wird, die vom Körper in Abhängigkeit von seiner Temperatur abgestrahlt wird. Diese Frequenzen reichen von den sehr hohen Trägerfrequenzen (300 MHz bis 300 GHz), die auch als Mikrowellen bezeichnet werden, über die sehr viel niedrigeren der Signalpulsung¹⁷, bis zu den noch niedrigeren Frequenzen, die durch die Wiederholrate der Zeitschlitze in ihren Zeitrahmen¹⁸ und den noch tiefer gestaffelten Organisationsstrukturen der „Multirahmen“ entstehen.

Wie in Tabelle 3-1 (s.u.) ausgeführt wird, liegen einige dieser niedrigeren Frequenzen dicht an spezifischen körpereigenen Frequenzen, die bestimmte bioelektrische Aktivitäten im lebenden Körper steuern – ein Zusammenreffen, das diese Bioaktivitäten anfällig für verschiedene Störungen macht ([21], [22]), wie sie oben aufgeführt sind.

Ein möglicher Faktor, der diese Anfälligkeit fördert, könnte sein, dass das Leben auf der Erde sich praktisch in der Abwesenheit von natürlicher (also inkohärenter) Hochfrequenzstrahlung entwickelt hat: Die Strahlungsdichte der durch die Sonne verursachten Strahlung in dem Frequenzbereich, der vom Mobilfunk genutzt wird, ist um den Faktor 10^{13} niedriger als die technische, wie sie typischerweise in einigen 100 Metern Entfernung von einer Mobilfunk-Basisstation zu finden ist. Wir haben daher nicht nur in der Evolution keine Immunität gegen diese Art Strahlung entwickelt – und erst recht nicht gegen die höchst kohärente Mikrowellenstrahlung jüngsten technischen Ursprungs – sondern es ist durchaus möglich, dass die Abwesenheit solcher Strahlung von der Natur sogar genutzt wurde, um sicherzustellen, dass die Regulierung und Kontrolle von lebensnotwendigen biologischen Vorgängen vor etwaigen gesundheitsschädlichen elektromagnetischen Einflüssen von außen geschützt wird (oder bis vor kurzem wurde).

Grund- und Nebenfrequenzen von TETRA

Die Trägerfrequenzen, die bei GSM- und TETRA-Funk für die Übertragung von Daten und Sprachnachrichten (mittels entsprechender Modulation) genutzt werden, liegen im Mikrowellenbereich (900 bzw. 1800 MHz bei GSM, 400 MHz bei TETRA) – ein Frequenzbereich, für den es Hinweise gibt (vor allem bei den höheren Frequenzen [23]), dass hier grundlegende Prozesse, wie z.B. Zellteilung, auf verschiedene Weise beeinträchtigt werden können. Bei TETRA dringt die Strahlung wegen der niedrigeren Trägerfrequenz tiefer in das Gewebe ein als bei GSM.

Die Signale, die von einer Basisstation ausgestrahlt werden, beinhalten eine Reihe von niedrigeren Frequenzen [24], von denen einige sehr dicht an den elektrischen und elektrochemischen Rhythmen des Gehirns liegen. Dementsprechend können diese Rhythmen nach dem Resonanzprinzip auf ein möglicherweise biologisch unverträgliches Maß verstärkt werden, ähnlich wie beim Radioempfang gestört werden oder sogar dominiert werden, wobei den natürlichen Rhythmen eine äußerst strenge und daher potentiell schädliche Regelmäßigkeit aufgezwungen wird. Einige Herzattacken resultieren zum Beispiel daraus, dass ein extrem regelmäßiger Herzschlag vorausgeht.

Die folgende Tabelle 3-1 gibt einige Beispiele für endogene biologische/elektrische Schwingungsaktivitäten eines lebenden Organismus, womit verdeutlicht wird, dass der Mensch ein höchst sensibles, elektromagnetisches Präzisionsinstrument darstellt, das in der Lage ist, gewisse Frequenzcharakteristiken (insbesondere niedrigere amplitudenmodulierte Frequenzen) eines äußeren elektromagnetischen Feldes zu dekodieren/demodulieren, unter der Voraussetzung, dass diese dicht bei den Frequenzen körpereigener bioelektrischer Vorgänge liegen. Auf

¹⁶ Kohärenz: Bezeichnung für das Vorliegen genau bestimmter, zeitlich unveränderlicher Beziehungen zwischen den Phasen sich überlagernder Wellen; Eigenschaft, die z.B. einen Laserstrahl von natürlichem Licht unterscheidet.

¹⁷ Um die Zahl der Mobilteile, mit denen eine Basisstation gleichzeitig kommunizieren kann, zu erhöhen, wird die zu sendende Information z.B. bei GSM und TETRA komprimiert in so genannten Zeitschlitzen übertragen. Durch diese Zeitschlitzeinteilung entsteht die Signalpulsung.

¹⁸ Ein Rahmen besteht bei GSM aus 8, bei TETRA aus 4 Zeitschlitzen.

diese Weise kann der lebendige Organismus das Vorhandensein solcher Signale „erkennen“ und „informations-spezifisch“ wahrnehmen, kann also letztendlich in einer völlig nicht-thermischen Art und Weise beeinflusst werden [25].

Frequenz	Technische TETRA-Parameter	Biologische Körperfunktionen bzw. Wirkungen
ca. 18 kHz	Amplitudenmodulation innerhalb der Zeitschlitz	Unbekannt Aber: Nahe den 15 kHz von UMTS, dessen Strahlung zu Gesundheitsproblemen führt
70,4 Hz	Zeitschlitz-Wiederholrate	Elektrische Muskelaktivität (40-120 Hz), wie aus der <i>Elektromyografie</i> (EMG) ersichtlich
17,6 Hz	Rahmen-Wiederholrate = Pulsrate der Mobilteile	Signifikant erhöhter Kalziumionen-Efflux aus Gehirnzellen (Schädigung des Nerven- und Immunsystems) [26] Erhöhte ODC ¹⁹ -Werte [27] Stresswirkung auf die wichtigsten hemmenden (GABA ²⁰) und stimulierenden (Glutamat) Neurotransmitter des zentralen Nervensystems [28] Bei photosensitiver Epilepsie können Anfälle durch Blitzlichter der Frequenz von 15 bis 20 Hz hervorgerufen werden Typische Frequenz für die Gehirnaktivität bei konzentrierter Arbeit und während der REM-Schlafphase (Beta-Wellen)
0,98 Hz	Multrahmen-Wiederholrate	Dicht bei der Herzschlagfrequenz (in Ruhe ca. 1 Hz)

Tab. 3-1: TETRA-typische Frequenzen und ihre biologischen Entsprechungen

Besonderheiten nicht-thermischer Effekte

Es kann nicht stark genug betont werden, dass nicht-thermische Effekte nicht einfach als eine Art thermische Effekte betrachtet werden dürfen, die zu schwach sind, um eine messbare Temperatursteigerung zu bewirken. Sie sind im Gegenteil die Folge einer grundverschiedenen Art von Interaktion zwischen der einstrahlenden Hochfrequenzwelle und dem biologischen System als bei der Strahlung mit Wärmeeffekten. Letztere ist vor allem abhängig von der Intensität des elektromagnetischen Feldes und ist gleichermaßen bei lebender und toter Materie zu beobachten. Die völlig andere Natur nicht-thermischer Effekte wird dadurch ersichtlich, dass sie von konventionellen Erwärmungsmethoden nicht repliziert werden können. Die Auswirkungen nicht-thermischer Einflüsse durch Hochfrequenzstrahlung sind sogar häufig gegenteilig zu den thermischen. Zum Beispiel wird die Fruchtbarkeit von Fadenwürmern durch Erwärmung beeinträchtigt, während sie durch Bestrahlung mit Hochfrequenz subthermischer²¹ Intensität gefördert wird [29]. Dementsprechend ist es gut möglich, dass bei stärkeren Intensitäten nicht-thermische Effekte von thermischen verwischt werden, was die scheinbar paradoxe Feststellung erklärt, dass viele nicht-thermische Effekte bei niedrigerer Strahlungsintensität ausgeprägter sind [22]. Außerdem besitzen nicht-thermische Effekte ausnahmslos eine sehr viel stärkere Frequenzabhängigkeit als thermische, welche stattdessen hauptsächlich von der Intensität abhängen [24]. Andere Eigenschaften nicht-thermischer Wirkungen, die sie von thermischen unterscheiden, sind, dass sie oft nur in bestimmten Intensitätsbereichen („Fenstern“) und erst nach einer bestimmten Expositionszeit auftreten [22].

Trotz ihrer stärkeren Frequenzabhängigkeit ist das Auftreten nicht-thermischer Effekte dennoch abhängig von einer minimalen Intensität („Schwellenintensität“) [22]. Eine wesentliche Intensitätsschwelle ergibt sich aus der Bedingung, dass das (nicht 100 % kohärente) Signal von der (inkohärenten) Wärmestrahlung des Körpers (kör-

¹⁹ ODC: Ornithindecarylase; Enzym, das eine wichtige Rolle in der DNA-Replikation spielt und außerdem möglicherweise krebsfördernd ist

²⁰ GABA: g-Aminobuttersäure

²¹ Als subthermisch wird der Bereich der Strahlungsintensität bezeichnet, bei dem es noch nicht zu signifikanter Erwärmung kommt.

pertemperaturabhängig) unterschieden und damit „wahrnehmbar“ wird. Wenn die Hochfrequenzstrahlung eine Frequenz von 1 GHz hat und die Temperatur eines lebendigen Körpers 37°C ist, beträgt diese minimale Intensität nur 10^{-16} W/cm² – ein Wert, der dicht bei den Schwellenwerten für das menschliche Sehvermögen, das Gehör und EEG-Veränderungen liegt [30]. Folglich ist die Fähigkeit des lebendigen Körpers, die Emissionen einer Basisstation – deren Intensitäten an einigen öffentlichen Orten in ihrer näheren Umgebung weit über der besagten Schwelle liegen – wahrzunehmen, ganz und gar nicht abhängig von einer Sensibilität, die in irgendeiner Weise der überlegen wäre, die er in Bezug auf andere physiologisch signifikante Felder unbestreitbar ohnehin schon besitzt.

Andererseits sind die Schwellenintensitäten für nicht-thermische Effekte in einzelligen Organismen sehr viel höher als oben angegeben [22]. Sie sind jedoch immer noch wenigstens 1.000-fach niedriger als die Intensitäten, bei denen thermische Effekte eintreten, auf welchen die vorhandenen Sicherheitsrichtlinien basieren.

Diese komplexen Einflussgrößen könnten die Schwierigkeiten begründen, die bei einigen Versuchen auftraten, nicht-thermische Effekte zu reproduzieren: Allein die „richtige“ Frequenz sichert nicht notwendigerweise den Erfolg. Ein weiterer Punkt, der der Reproduzierbarkeit im Weg steht, ist häufig eine ganz entscheidende Abweichung bei den Randbedingungen der Untersuchung, welche effektiv die Originaltreue der angestrebten Reproduktion in Frage stellt. Also ist der Grund, weshalb manche Versuche bislang nicht reproduzierbar waren, die Tatsache, dass in Wirklichkeit nicht genau die gleichen Versuchsbedingungen reproduziert wurden. Das trifft vor allem auf in vivo Experimente zu, bei denen vollständige Organismen beteiligt sind, bei denen physiologisch, immunologisch und genetisch identische Testpersonen nicht vorausgesetzt werden können.

Nicht-thermische Effekte und biologische Funktionalität

Da die Kontrolle und Regulierung von biologischen Prozessen, die für das Wohlbefinden unabdingbar sind, eine höchst raffinierte Form von biologischer Kommunikation elektromagnetischer Art voraussetzt, ist es sinnvoll anzunehmen, dass sehr wahrscheinlich die Funktionstüchtigkeit des lebendigen Organismus von externer elektromagnetischer Strahlung auf biologisch relevanten Frequenzen und mit subthermischer Intensität beeinflusst werden kann. Erfahrungen mit GSM-Strahlung lassen vermuten, dass biologische Prozesse gestört werden, die einen natürlichen Schutz vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen darstellen. Dies steht im starken Kontrast zu Belastungen durch thermisch wirksame Strahlung (und auch durch ionisierende Strahlung wie z.B. Gammastrahlung), bei denen akute materielle Schäden an Erbsubstanz (DNA), Zellen und Geweben auftreten kann. **Es soll an dieser Stelle noch einmal betont werden, dass im Gegensatz zur Erwärmung nicht-thermische, informationsbezogene Einflüsse nur möglich sind, wenn der Organismus lebt:** Tote haben z.B. keine elektrische Gehirnaktivität, mit der ein externes elektromagnetisches Feld interferieren könnte!

Beispiele für funktionale Beeinträchtigungen

- Die Reduktion der Melatoninausschüttung [31] wird nicht-thermisch durch GSM-Strahlung provoziert, ohne materiellen Schaden an der Melatonin produzierenden Zirbeldrüse zu verursachen.
- Der Wärmeregulationsmechanismus des Hypothalamus wird möglicherweise beeinflusst, was das Hitzegefühl – trotz sehr niedriger, subthermischer Strahlungsintensitäten – erklären würde, von dem einige Bewohner in der Nachbarschaft von Basisstationen berichten.

Andere wichtige Beispiele gibt es im Zusammenhang mit Krebs. Obwohl Mikrowellenstrahlung nicht-ionisierend ist, also nicht genug Energie besitzt, um chemische Verbindungen, insbesondere der DNA, zu lösen, kann sie dennoch die natürlichen Prozesse der DNA-Replikation und -Reparatur funktional beeinflussen, indem sie z.B. feinste Veränderungen der Molekülzusammensetzung (Architektur) bewirkt. Das wäre eine Begründung für in vitro²² Beobachtungen von Chromosomenaberrationen und dem Auftreten von Mikrokernen [32], sowie der Veränderung der Anzahl von durch nicht-thermische Strahlung verursachten DNA-Brüchen [33], obwohl zu beachten ist, dass die Expositionsbedingungen der genannten Untersuchungen nicht immer mit denen von GSM übereinstimmen.

²² In vitro: „Im Reagenzglas“, Gegensatz dazu – In vivo: „Am lebendigen, ganzen Organismus“

Es wurde vor einiger Zeit die Hypothese aufgestellt [34], dass eine kurzzeitig erhöhte Ausschüttung von Hitzeschockproteinen (HSP) bei menschlichen (und auch tierischen) Zellen [35], die GSM-Strahlung ausgesetzt sind, den natürlich programmierten Zelltod (Apoptose) verhindern und somit z.B. präkanzeröse²³ Zellen, die sozusagen „Selbstmord begehen sollten“, am Leben erhalten und sich weiterentwickeln lassen. Diese Hypothese wurde experimentell überprüft [36]. Ein Defizit an HSPs hingegen, das in Zusammenhang mit Langzeitexposition gebracht wird, kann die natürliche Reparatur von DNA-Brüchen negativ beeinflussen [37].

In Übereinstimmung mit diesen Möglichkeiten wurden bezüglich GSM-ähnlicher Exposition folgende Feststellungen gemacht:

1. Die in vivo Feststellung, dass eine Exposition mit gepulster GSM-Strahlung (von einer Intensität vergleichbar mit der während des Gebrauchs eines Mobiltelefons) die Krebsentwicklung bei Mäusen fördert, bei denen die Anlage zu Krebs genetisch verstärkt war [38].
2. Ein zwei- bis dreifacher Anstieg des Auftretens einer seltenen Tumorart (Epithelneurom) an der Peripherie des menschlichen Gehirns, wo die Strahlungseinwirkung von der Antenne des Mobiltelefons am größten ist. Die befallene Kopfseite entspricht dabei der Seite, an der am meisten telefoniert wird. Dies ist das Ergebnis einer epidemiologischen Studie aus den USA [39].
3. Vermehrtes Auftreten von Hirntumoren bei Handynutzern, wie aus einer epidemiologischen Studie aus Schweden hervorgeht ([40], [41], [42]). Die höchste Rate gab es bei den älteren, analogen Telefonen mit höherer Leistung, bei denen Auswirkungen über einen längeren Zeitraum, beobachtet werden konnten²⁴, da sie schon länger auf dem Markt verfügbar waren. Bei digitalen Telefonen (einschließlich der schnurlosen DECT-Telefone) dagegen, bei denen auf den ersten Blick (wegen der relativ kurzen Zeit, die diese Telefone verfügbar sind) kein signifikant erhöhtes Risiko festgestellt wurde, ist dennoch mit steigender Latenzzeit auch ein ansteigender Trend zu beobachten. In einer dritten Veröffentlichung [42] wird von einem erhöhten Risiko der Erkrankung am Akustikusneurinom²⁵ berichtet, auch wenn sie wegen der geringen Fallzahl keine statistische Signifikanz hat. Aber auch hier ist mit steigender Latenzzeit ein ansteigender Trend zu beobachten.

Zwar beziehen sich die obigen Ergebnisse auf die Strahlung von GSM-Mobilteilen. Sie müssen aber deshalb nicht notwendigerweise irrelevant bezüglich der sehr viel schwächeren Strahlung von Basisstationen sein. Denn obwohl die Öffentlichkeit hier dem Fernfeld²⁶ (im Gegensatz zum Nahfeld bei den Mobilteilen) ausgesetzt ist, ist der informationsbezogene Inhalt²⁷ des Signals einer Basisstation sehr ähnlich den Signalen eines GSM-Handys.

Von nicht-thermischen Effekten zu gesundheitsschädlichen Effekten

Während das Auftreten nicht-thermischer Effekte natürlich noch nicht notwendigerweise bedeutet, dass sie gesundheitsbeeinträchtigende Auswirkungen zur Folge haben, gibt es dennoch eine beunruhigende Anzahl von Übereinstimmungen [23] zwischen einigen dieser nicht-thermischen biologischen Wirkungen und der (vorwiegend neurologischen) Art vieler negativer gesundheitlicher Reaktionen von Personen, die (unfreiwillig) über einen längeren Zeitraum der Strahlung von Basisstationen ausgesetzt waren. Wie bereits oben erwähnt, gibt es in Bezug auf GSM-Basisstationen zunehmend Hinweise für solche Gesundheitsprobleme, sowohl in Veröffentlichungen als auch in Einzelberichten [10]. In Bezug auf TETRA werden die ersten Berichte jetzt erst gesammelt [10].

²³ präkanzerös: im Vorstadium eines Karzinoms/bösartigen Tumors

²⁴ Es wird manchmal argumentiert, dass selbst bei analogen Telefonen die Expositionszeit noch sehr wenig fortgeschritten ist, zumindest im Vergleich zu den viel längeren Latenzzeiten, die für die Krebsarten, die bei dafür empfänglichen Personen gefördert oder ausgelöst werden könnten, in der Regel angenommen werden. Es sei jedoch angemerkt, dass die Latenzzeitschätzungen in diesem Fall nicht unbedingt korrekt sein müssen, da sie auf Erfahrungen ohne Strahlungsexposition beruhen.

²⁵ Akustikusneurinom: Sehr seltener, gutartiger Tumor am Nervus vestibulocochlearis, in der Nähe des Hörorgans

²⁶ Im Fernfeld sind das elektrische und magnetische Feld fest miteinander verknüpft und breiten sich als gemeinsame elektromagnetische Welle aus; im Nahfeld existieren sie unabhängig voneinander. Als Grenze zwischen Nah- und Fernfeld wird üblicherweise eine Entfernung von ca. vier Wellenlängen Abstand von der Sendeantenne betrachtet.

²⁷ niederfrequente Muster, die das Gehirn „erkennen“ und folglich darauf reagieren kann

Besonders interessant ist, wie diese Strahlung (nicht-thermisch) die Gehirnfunktion beeinflusst – insbesondere seine elektrische Aktivität, seine Elektrochemie und die Blut-Hirn-Schranke – und wie sie das Immunsystem schwächt. Denn GSM-Strahlung und GSM-ähnliche Strahlung ist bekannt als Ursache für:

1. die Veränderung des natürlichen Rhythmus der elektrischen Gehirnaktivität, wie sie im EEG²⁸ messbar ist [43],
2. die Störung des empfindlichen Gleichgewichts chemischer Substanzen im Gehirn – insbesondere des Dopaminopiatsystems [44],
3. die Erhöhung der Durchlässigkeit der menschlichen Blut-Hirn-Schranke ([45], [46]), wodurch der Übergang giftiger chemischer Substanzen vom Blut in die Gehirnflüssigkeit ermöglicht wird.

Aus medizinischer Sicht gehen Punkt 2 und 3 mit Kopfschmerzen, einem der meisterwähnten Symptome, einher. Außerdem wurde entdeckt [47], dass mit der erhöhten Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke gebietsweise „dunkle Neuronen“ entstehen, die Gehirnzellschädigungen aufzeigen. Dies ist besonders bei Kindern Grund zur Sorge, da sie „auf Dauer eine reduzierte Gehirnreservekapazität bedeuten könnten“ [46]. Auch die Gefahr der vorschnellen Alterung, mit den ersten negativen Auswirkungen bereits im mittleren Alter, muss in Betracht gezogen werden.

Des Weiteren wird die REM²⁹-Schlafphase, während der wichtige restorative Prozesse sowie Informationsverarbeitung stattfinden, durch hochfrequente Strahlung verkürzt [48], während – wie bereits erwähnt – die Melatoninausschüttung eingeschränkt wird³⁰ [31]. Beide Phänomene stimmen mit Berichten über Schlafstörungen und Konzentrationsschwierigkeiten überein. Die Reduzierung des Melatoninspiegels stimmt auch mit Berichten über ein erhöhtes Vorkommen bestimmter Krebsarten bei exponierten Personen überein; denn Melatonin ist ein onkostatistisches³¹ Hormon, d. h. ein Hormon, das (besonders Frauen) vor Krebs schützt.

Eine essentielle Erkenntnis im Zusammenhang mit nicht-thermischen Einflüssen auf lebendige Organismen ist, dass nicht jeder gleichermaßen anfällig ist, selbst, wenn er genau der gleichen Strahlung für genau die gleiche Zeit ausgesetzt ist. Denn die Anfälligkeit hängt nicht nur von der Strahlung sondern auch von der genetischen Anlage sowie der neurologischen und physiologischen Verfassung des Individuums zum Zeitpunkt der Exposition ab, wie z.B. der Stabilität der elektrischen Gehirnaktivität und dem Stresslevel vor der Bestrahlung. Während dies zugegebenermaßen das Auftreten von nicht-thermischen Wirkungen weniger vorhersagbar (und weniger durch Gegenmaßnahmen regulierbar) macht als bei thermischen Effekten, heißt das nicht, dass sie einfach ignoriert werden können oder dass sie bei bestimmten Personen keine Gesundheitsschäden hervorrufen können.

Das Ausmaß der Gesundheitsschäden wird selbstverständlich je nach Immunsystem von Person zu Person unterschiedlich sein. Dies wiederum wirft die Frage auf, inwieweit die zugrunde liegenden nicht-thermischen Effekte nach den heute allgemein üblichen Bewertungsmaßstäben überhaupt „als anerkannt feststehen“ können, so dass sie bei Sicherheitsüberlegungen gegenwärtig berücksichtigt würden.

Wichtiger wäre es, die Frage zu stellen, ob es ein feststehendes Gesundheitsrisiko bezüglich TETRA/GSM-Strahlung gibt, worauf die Antwort unzweifelhaft „ja“ lautet. Wahrscheinlich ist die Behauptung richtig, dass ein neues Medikament oder Nahrungsmittel mit einem ähnlichen Risiko und aus Einzelfällen begründeter Unsicherheit bezüglich seiner Schädlichkeit niemals zugelassen werden würde. In Bezug auf Mobilfunk ziehen es die Behörden dagegen anscheinend vor, von seiner Harmlosigkeit bezüglich nicht-thermischer Effekte („Unschuld“) auszugehen bis das Gegenteil („Schuld“) bewiesen ist – wobei es dann natürlich schon zu spät ist!

Abgesehen von ihrem schwächeren Immunsystem sind Kinder wegen ihrer schnellen Zellteilung (höhere Anfälligkeit für Erbgutschäden) und ihres noch in der Entwicklung befindlichen Nervensystems besonders verletzlich [2]. Daher ist von einer Positionierung von Sendemasten in der Nähe von Schulen und Kindergärten (einschließlich der versteckten in Kirchtürmen und Werbeschildern, z.B. bei Tankstellen) strengstens abzusehen.

Finanzieller Gewinn darf nicht höchste Priorität haben.

²⁸ EEG: Elektroenzephalogramm

²⁹ REM: Rapid Eye Movement – Schnelle Bewegungen der Augäpfel, signifikant für Traumphasen

³⁰ Bezüglich der Strahlung von UMTS-Basisstationen wurde eine starke Reduzierung von Melatonin beobachtet, welche sich normalisiert, wenn die Exposition beendet wird (Scheiner, persönlicher Bericht, 2005).

³¹ onkostatistisch: Das Krebswachstum hemmend

Weitere verwandte Aspekte

Schützenswerte Technik – Schutzbedürftiger Mensch

Witzigerweise wird eine schädliche, nicht-thermische Beeinflussung zwischen GSM-Strahlung und elektronischen Geräten, z.B. in Flugzeugen oder Krankenhäusern, allgemein anerkannt und respektiert. Die *elektromagnetische Verträglichkeit* (EMV)³² wird mit einem Handyverbot sichergestellt – ausnahmslos. Ironischerweise dehnt sich diese Besorgnis trotz folgender Tatsachen nicht auf den lebendigen menschlichen Organismus aus:

- a) Der Mensch ist selbst ein ausgereiftes elektromagnetisches „Instrument“, welches – wie bereits erwähnt – in der Lage ist, elektromagnetische Felder wahrzunehmen, die millionenfach schwächer sind als die, die an öffentlich zugänglichen Orten in der Nähe von TETRA/GSM-Basisstationen vorzufinden sind.
- b) Eine große Bandbreite nicht-thermischer biologischer Effekte durch Hochfrequenzstrahlung niedriger Intensität (sowohl un gepulst als auch gepulst) wurde in vielen Versuchen mit unterschiedlichen Beweisgraden ersichtlich, die während der letzten 30 Jahre mit vielen verschiedenen biologischen Systemen durchgeführt wurden – von Zellen in Teströhrchen bis zu vollständigen, lebenden menschlichen Organismen – von denen die meisten in internationalen Wissenschaftsmagazinen veröffentlicht wurden [25].

Der altbekannte Trick, die angebliche Unbedenklichkeit von Radio- und Fernsehsendern (denen wir schon eine lange Zeit ausgesetzt sind) zu betonen, um die Behauptung der Unschädlichkeit von Mobilfunkstrahlung zu stützen, ist aus mindestens drei Gründen fehlerhaft:

1. Bestimmte Gesundheitsprobleme werden durchaus mit der Strahlung von Rundfunksendern in Verbindung gebracht ([49], [50], [51], [52], [53], [54]).
2. Die Strahlung von Rundfunksendern ist im Gegensatz zu GSM nicht gepulst, insbesondere nicht in Frequenzmustern, die das Gehirn erkennen würde.
3. Die Richtwirkungen der Antennen der verschiedenen Systeme sind recht unterschiedlich, so dass die Exposition durch die verschiedenen Quellen nicht direkt oder etwa aussagekräftig verglichen werden können.

Offizielle Bewertungen und Stellungnahmen

An den Reviews offizieller Stellen ([2], [55], [56], [57], [58]) wird offen kritisiert, dass sie die elektromagnetische Empfindlichkeit nicht ausreichend berücksichtigen, die nur beim lebendigen Organismus auftreten. Zudem haben sie Folgendes gemeinsam:

1. Sie haben starkes Interesse daran zu beweisen, dass Mobilfunk **kein** Risiko für die Allgemeinbevölkerung darstellt.
2. Sie schätzen die Glaubhaftigkeit negativer (= marktfreundlicher) Ergebnisse höher ein als die positiver (= kritischer), indem sie aus jedem positiven Ergebnis, das Gesundheitsprobleme vermuten lässt, die negativsten Tendenzen herauspicken, gleichzeitig aber die negativen Feststellungen längst nicht so genau hinterfragen. Es gibt sozusagen nur falsche positive – **nie** falsche negative Behauptungen! Häufig wird bei scheinbar widersprüchlichen Ergebnissen die falsche Schlussfolgerung gezogen, dass es gar keine Auswirkungen gibt.
3. Ausnahmslos wird nicht erkannt, dass der Misserfolg von so genannten Replikationen (identische Wiederholung von Versuchen durch eine andere Forschungsinstitution) daher rührt, dass sie gar keine Wiederholungen mit identischen Rahmenbedingungen waren, sondern in Wirklichkeit **ganz andere Versuche** aufgrund entscheidender Differenzen in den Rahmenbedingungen der Experimente, die die Glaubhaftigkeit der angeblichen Replikation in Frage stellen.
4. Es wird mutwillig unterstellt, dass das **Nicht-Vorhandensein eines Schadensbeweises** auch ein **Beweis für das Nicht-Vorhandensein eines Schadens** ist.
5. Positive Effekte werden mit der Begründung verleugnet, dass die Versuche angeblich aus irgendeinem Grund fehlerhaft seien oder weil diese Leute Schwierigkeiten haben, Mechanismen für die umstrittenen Effekte zu erkennen, die ihrem Verständnis nach glaubwürdig sind.

³² Englisch: EMC = *Electromagnetic Compatibility*

Natürlich ist eine derartige Skepsis förderlich für die Entwicklung einer seriösen Wissenschaft. Dennoch muss man dabei aufpassen, dass wertvolle mögliche Anzeichen positiver Effekte nicht übersehen oder voreilig verworfen werden. Gleichmaßen dürfen negative Feststellungen nicht automatisch von ähnlich genauer Überprüfung ausgenommen werden. Gegenwärtig gibt es definitiv eine Tendenz dazu, jegliche positive Ergebnisse zu „falschen“ Ergebnissen zu erklären, während kaum die Möglichkeit falscher negativer Ergebnisse in Betracht gezogen wird – eine gefährliche und völlig unakzeptable Situation, die darauf hinausläuft, dass ein völlig unge-rechtfertigtes und unrealistisches Sicherheitsgefühl verbreitet wird.

Schlussfolgerungen

Reales Risiko (an)erkennen

Aufgrund vieler untereinander schlüssiger Berichte über nachteilige Gesundheitsauswirkungen in der Nähe von TETRA-Basisstationen muss die Schlussfolgerung gezogen werden, dass derartige technische Anlagen ein reales Risiko für die Gesundheit derjenigen darstellen, die nahebei wohnen, lernen oder arbeiten. Dies ist nicht nur meine persönliche Meinung, sondern auch die vieler international renommierter Wissenschaftler und Mediziner. Außerdem ist meine Besorgnis ziemlich unabhängig von den theoretischen Überlegungen, die hier im Kapitel „Gründe für die Möglichkeit, dass die Gesundheitsprobleme von anderen Strahlungseffekten als einer Erwärmung stammen“ angestellt wurden, auch wenn diese die Glaubhaftigkeit der umstrittenen nicht-thermischen Effekte unterstützen, indem sie mögliche Mechanismen aufzeigen, über die solche Effekte zustande kommen und die menschliche Gesundheit beeinflussen könnten.

Von offizieller Seite wird dieses Gesundheitsrisiko für die Allgemeinbevölkerung jedoch bislang nicht anerkannt. Und diejenigen, die es wagen, von der offiziellen Linie abzuweichen, indem sie vor potentiellen Gefahren für die menschliche Gesundheit durch nicht-thermische Einflüsse von Mobilfunkstrahlung warnen, werden Opfer von sofortiger Kritik und Spott – besonders durch diejenigen, die ein persönliches Interesse daran haben, dass der Mobilfunk weiter wächst. Ein gutes Beispiel hierfür ist der heftige Angriff des COST281-Komitees [59] auf meinen Bericht für die STOA-Kommission des EU-Parlaments [25].

Denn dass die Regierungen so sicher sind, die ICNIRP-Richtlinien böten einen völlig ausreichenden Schutz, kann nur eines von zwei Dingen bedeuten:

1. sie erkennen einfach nicht, dass die ICNIRP-Richtlinien lediglich einen Schutz gegen übermäßige Erwärmung bieten oder
2. sie verstehen, dass die Richtlinien nur die thermischen Aspekte berücksichtigen, glauben aber, dass Erwärmung das Einzige sei, das negative gesundheitliche Auswirkungen hervorrufen könne. Mit dieser Überzeugung würden sie jedoch definitiv ignorieren, dass unsere Empfindlichkeit und Verletzlichkeit gegenüber hochfrequenter Strahlung im lebendigen Zustand größer ist als im toten – eine Einstellung, welche die gänzliche Nichtachtung der grundlegenden Rolle voraussetzt, die elektromagnetische Wechselwirkungen in der Biokommunikation und -regelung spielen, besonders bei der Regulierung und dem Schutz von biologischen Prozessen, die das Leben und Wohlbefinden sichern.

Die Würdigung des Menschen als elektromagnetisches Wesen

Elektromagnetische Wechselwirkungen sind nicht körperfremd, und nicht-ionisierende elektromagnetische Strahlung unterhalb der thermischen Grenzwerte sollte nicht wie ein Giftstoff behandelt werden. Im Gegensatz zur Wärmewirkung, die im Übermaß einen effektiven materiellen Schaden verursachen kann, wirken nicht-thermische Effekte **auf subtilere Weise** aufgrund ihrer Fähigkeit, biologische Prozesse zu stören – insbesondere, so scheint es, biologische Prozesse, die dafür bestimmt sind, einen (natürlichen) Schutz gegen negative Gesundheitseinflüsse verschiedenster Art zu bilden.

Die Besonderheit des Lebens

Es ist offensichtlich, dass die internationale Wissenschaft derzeit bezüglich der nicht-thermischen Effekte der Strahlung, wie sie beim TETRA-Funk zur Anwendung kommt, gespalten ist; ganz zu schweigen von der Bewertung ihrer Folgen für die menschliche Gesundheit. Eine höhere Akzeptanz des Bestehens und der Bedeutung

nicht-thermischer Effekte sowie ihres Schadenspotentials für empfindliche Personen ist eindeutig abhängig davon, zunächst einmal grundsätzlich anzuerkennen, dass der lebendige Körper eben **wegen seines Lebens** eine besondere elektromagnetische Sensibilität besitzt. Wenn dies in die Sicherheitsbestimmungen mit einfließen sollte, würde dies einen sehr viel ganzheitlicheren, einheitlicheren Ansatz bedingen als bevor, wo bisher der entscheidendste Faktor nicht mit berücksichtigt wurde, nämlich das Leben der zu schützenden Personen. Ein Beispiel für die Empfindlichkeit des lebendigen Körpers ist die Tatsache, dass ein Stroboskop mit seinen regelmäßigen Lichtblitzen epileptische Anfälle provozieren kann. Sicherheitsbestimmungen, die nur die Lichtintensität regeln, würden überhaupt keinen Schutz bieten, es sei denn, die Intensität wäre so gering, dass das Licht nicht mehr sichtbar wäre.

Empfehlungen des Autors

Wenn man das Widerstreben der Sicherheitsgremien berücksichtigt, nicht-thermische Einflüsse hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung von TETRA und anderen Mobilfunksystemen zu beachten – insbesondere die Einflüsse, die nur beim lebendigen Körper relevant sind – dann ist die einzig verantwortliche Maßnahme, auf einen Vorsorgeansatz zurückzugreifen – damit würde zumindest das Schadenspotential bedingungslos anerkannt. Eine Möglichkeit für die Umsetzung dieses Vorsorgeansatzes wäre dafür zu sorgen, dass die Basisstationen ausreichend weit entfernt von Wohngebieten und Orten empfindlicher Nutzung – wie Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Altenheime etc. – positioniert werden und dass die Strahlungsintensitäten an diesen Orten unterhalb dessen liegen, wo negative gesundheitliche Auswirkungen bisher bekannt sind. Alternativ könnte der seit Februar 2002 empfohlene Wert des Landes Salzburg von $0,01 \text{ mW/m}^2$ ($= 10 \text{ } \mu\text{W/m}^2$, outdoor) übernommen werden („neue“ Salzburger Richtwertempfehlung) – ein Wert, der 200.000-fach niedriger ist als der in den Richtlinien der ICNIRP [1], bezogen auf die Frequenz von 400 MHz, die für TETRA in Großbritannien benutzt wird.

Anhang: Technische Signaleigenschaften von TETRA-Basisstationen in Großbritannien

Begriffserläuterungen anhand von GSM

In Europa arbeiten die GSM-Mobilfunksysteme mit Trägerfrequenzen um 900 MHz (GSM 900, D-Netze in Deutschland) und 1800 MHz (GSM 1800, E-Netze in Deutschland).

Damit eine Basisstation mit mehr als einem Mobilteil quasi-gleichzeitig kommunizieren kann, wird ihre Signalstruktur in kurze Abschnitte gleicher Länge (Zeitschlitz) unterteilt. Die Wiederholfrequenz dieser Zeitschlitz beträgt 1,733 kHz. Acht aufeinanderfolgende Zeitschlitz bilden einen GSM-Rahmen von 4,615 ms Länge, der ca. 217 Mal pro Sekunde wiederholt wird. Bei der Aussendung der Signale durch die Basisstation wird zwischen den einzelnen Zeitschlitz die Sendeleistung kurzzeitig stark abgesenkt, so dass sich eine so genannte „Burst“-Struktur ergibt, die einer Pulsung der Sendeleistung entspricht und die mit den Zeitschlitz deckungsgleich ist. Bei dem über alle Bursts innerhalb eines Rahmens konstanten Signal des Organisationskanals (BCCH³³) beträgt die Pulsfrequenz dementsprechend 1,733 kHz. Beim Mobilteil, das nur einen Zeitschlitz resp. Burst des Rahmens nutzt, ist die Pulsfrequenz identisch mit der Rahmenfrequenz und beträgt dementsprechend ca. 217 Hz.

Aus technischen Gründen werden die Rahmen in so genannte Multirahmen gruppiert, die entweder 26 Rahmen (beim Verkehrskanal TCH³⁴) bzw. 51 Rahmen (beim Organisationskanal BCCH) beinhalten, wobei der 26ste (resp. 51ste) ungenutzt bleibt – so kann ein Multirahmen vom nächsten unterschieden werden. Hieraus resultiert eine Multirahmenwiederholfrequenz von 8,35 Hz (resp. 4,25 Hz). Diese niedrigen Frequenzen charakterisieren die GSM-Strahlung, auch wenn keine 217 Hz auftreten – was immer der Fall ist bei Organisationskanälen und auch bei Verkehrskanälen, wenn alle 8 Zeitschlitz genutzt werden.

³³ BCCH: Broadcast Control Channel, permanent und mit konstanter Sendeleistung aktiver Organisationskanal einer GSM-Basisstation

³⁴ TCH: Traffic Channel, lastabhängiger Verkehrskanal bei GSM-Mobilfunk, wird nur aktiviert, wenn die Kapazität des Organisationskanals nicht ausreicht, um das aktuelle Verkehrsvolumen abzuwickeln, meist je Zeitschlitz leistungsgeregelt

Besonderheiten von TETRA

Während bei GSM aufgrund der dort verwendeten GMSK³⁵-Modulation die Amplitude des ausgesendeten Signals innerhalb eines Zeitschlitzes – und damit innerhalb eines Bursts – konstant ist, kommt es bei TETRA zu deutlichen Schwankungen innerhalb eines Bursts, die in der hier verwendeten DQPSK³⁶-Modulation begründet sind. Innerhalb eines Bursts schwankt die Amplitude mit einer Frequenz von ca. 18 kHz um $\pm 85\%$ um die konstante Leistung, die zwischen den Bursts in den so genannten Schutzintervallen ausgesendet wird (Abb. 8-1). Die Dauer eines Schutzintervalls beträgt 1,7 ms. Die Dauer eines TETRA-Rahmens beträgt 56,7 ms; hieraus resultiert bei vier Zeitschlitzes pro Rahmen eine Zeitschlitz-Dauer von 14,175 ms und eine Zeitschlitz-Wiederholfrequenz von 70,4 Hz. Daher ist im Signal einer TETRA-Basisstation die Pulsfrequenz von 70,4 Hz dominant.

Die Rahmenwiederholfrequenz ist hierbei $17,6\text{ Hz} = 70,4 / 4\text{ Hz}$. Mit derselben Frequenz von 17,6 Hz pulsen TETRA-Mobilteile und mobile Repeater, die jeweils nur in einem Zeitschlitz eines Rahmens senden.

Bei TETRA-Basisstationen dagegen treten die 17,6 Hz – die hier nicht mit der Nutzung nur einzelner Zeitschlitzes zusammenhängen, da alle 4 Zeitschlitzes immer gefüllt sind – aus folgendem Grund auf (Abb. 8-1):

FIGURE 7 Power variations in the modulated signal from a TETRA base station over two complete TDMA frames showing the timeslot boundaries

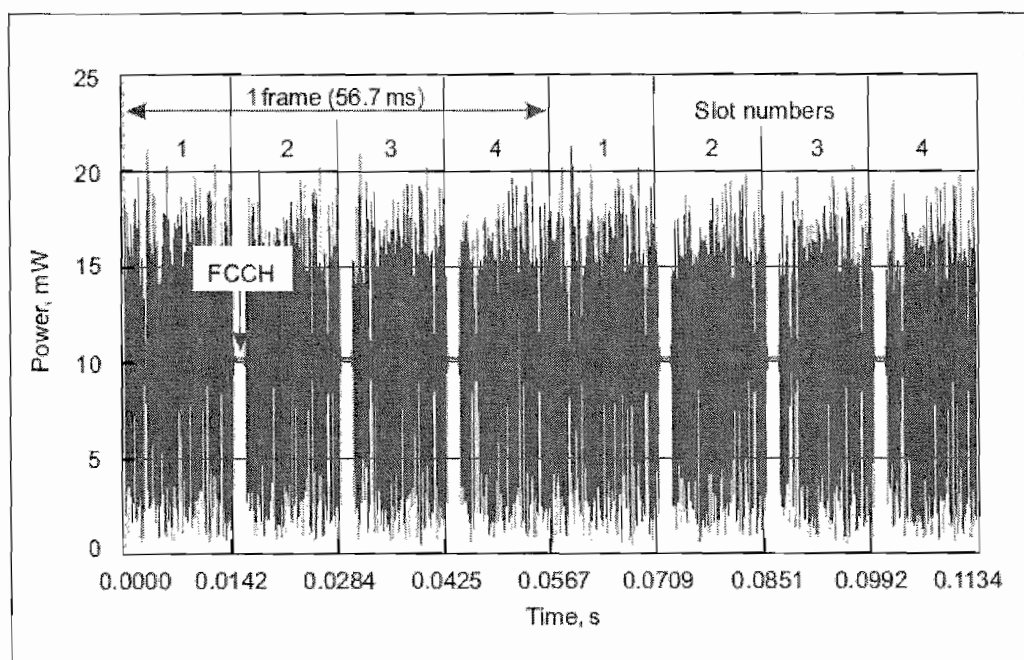


Abb. 8-1: Leistungsvariationen im modulierten Signal einer TETRA-Basisstation über zwei komplette Rahmen; deutlich sichtbar sind die Abstände zwischen den Bursts (Pfeil „FCCH“, Schutzintervalle), innerhalb derer die Sendeleistung für die Dauer von 1,7 ms auf einen konstanten Wert reduziert wird.

Frame: Rahmen; Slot numbers: Zeitschlitz-Nummern; Power: Sendeleistung (Quelle: [60], S. 68)

Die ersten drei Zeitschlitzes eines Rahmens sind von den folgenden durch das Schutzintervall von 1,7 ms Dauer getrennt, während dessen die Sendeleistung auf einen konstanten Wert reduziert wird. Zwischen dem letzten (vierten) Zeitschlitz eines Rahmens und dem ersten Zeitschlitz des nächsten Rahmens fehlt aber dieses Schutzintervall. Daher umfasst jeder dritte Burst zwei Zeitschlitzes und ist damit doppelt so lang wie die zwei dazwischenliegenden Bursts. Dieser Burst mit zweifacher Zeitschlitzlänge wird 17,6 Mal pro Sekunde wiederholt, wodurch bei dem ausgesendeten Signal der TETRA-Basisstation ebenfalls eine Pulskomponente von 17,6 Hz zustande kommt.

³⁵ GMSK: Gaussian Minimum Shift Keying, Art der Phasenmodulation, bei der die Signalamplitude konstant bleibt

³⁶ DQPSK: Differential Quadrature Phase Shift Keying, Art der Phasenmodulation, bei der sich auch die Signalamplitude ändert

Wenn man die großen Leistungsschwankungen ($\pm 85\%$) innerhalb der Zeitschlitz über ein Zeitintervall von der Dauer eines gesamten Rahmens (56,7 ms) mittelt, liegt der resultierende Wert sehr dicht an der (konstanten) Leistung während des Schutzintervalls zwischen den Bursts. Die NRPB³⁷-Analyse verwendet ein noch längeres Mittelungsintervall von 4,08 s³⁸, welches natürlich die Signifikanz der 17,64 Hz-Komponente im Signal verringert. **Es ist jedoch falsch hieraus zu schlussfolgern, dass die großen Leistungsschwankungen vernachlässigt werden können und dass die zwar kontinuierliche Aussendung folglich auch mit konstanter Leistung erfolge.** Denn damit wird die Auswirkung der großen kurzzeitigen Leistungsanstiege und -abfälle auf den lebendigen Organismus ignoriert, die am Beginn und Ende der Bursts dieses 18 kHz „bunten Lärms“ erfolgen und die 17,64 sowie 70,59 Mal pro Sekunde regelmäßig wiederholt werden, während innerhalb der Bursts die Sendeleistung um nicht weniger als 85 % zu- und abnimmt.

System	Trägerfrequenz [MHz]	Zugriffsverfahren	Phasenmodulation	Wiederholraten			
				Symbol (Chip)	Zeitschlitz (ZS)	Rahmen	Multirahmen
TETRA	~ 400	TDMA	DQPSK	18 kHz	70,57 Hz	17,6 Hz	0,98 Hz
Hinweis: Alle Träger senden ständig mit voller Leistung.						4 ZS	18 Rahmen
GSM	900/1800	TDMA	GMSK	270 kHz	1,733 kHz	217 Hz	8,34 / 4,17 Hz
Hinweis: Der Organisationskanal (BCCH) sendet dauernd.						8 ZS	BCCH: 26 R. TCH: 51 R.
UMTS	2100	W-CDMA	QPSK	3,84 MHz	1,5 kHz	100 Hz	
Hinweis: Die 4 Hauptpilotkanäle (CPICH, P-CCPCH, P-SCH, S-SCH) werden permanent ausgesendet. Sie enthalten 15 kHz-, 1,5 kHz- und 100 Hz-Muster.						15 ZS	

Tab. 8-1: Charakteristische Systemparameter von TETRA, GSM und UMTS im Vergleich

Literatur

- [1] ICNIRP-Richtlinien: Richtlinien für die Begrenzung der Exposition durch zeitlich veränderliche elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (bis 300 GHz); www.icnirp.de/documents/emfgdlger.pdf
- [2] Abschlussbericht der IEGMP (Stewart Report); www.iegmp.org.uk/report/text.htm
- [3] Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, 28. August 2003, Serie generale: No. 199, Art.3.2; S. 26
- [4] Hutter, H.-P. u.a.: Mobile Telephone Base-stations – Effects on health and Well-being; in: Proceedings of the 2nd International Workshop on Biological Effects of Electromagnetic Fields, Rhodes (Greece), October 2002, Vol. I; S. 344-352
- [5] Salzburger Resolution: [www.salzburg.gv.at/Tagungsband_\(31\)_Salzburger_Resolution.pdf](http://www.salzburg.gv.at/Tagungsband_(31)_Salzburger_Resolution.pdf)

³⁷ NRPB: National Radiological Protection Board, hat sich 2005 mit der Health Protection Agency zusammengeschlossen und bildet ihre neue Strahlenschutzabteilung (Radiation Protection Division)

³⁸ Dies ist die Dauer von 72 Rahmen oder 4 Multirahmen mit jeweils 18 Rahmen; die Multirahmenwiederholrate ist daher 0,98 Hz.

- [6] Law 8/2001 of 28th June 2001, governing Radiocommunication Installations in Castilla-La Mancha. D.O.C.M. Num.78, 10th July 2001; S. 8397-8404
- [7] www.observer.co.uk/uk_news/story/0,6903,764389,00.html
www.mastsanity.org/Documents/cluster2003.doc
Für Details zu einer Untersuchung, die von bayerischen Ärzten durchgeführt wurde (Naila-Studie), siehe: Eger, H. u.a.: Einfluss der räumlichen Nähe von Mobilfunksendeanlagen auf die Krebsinzidenz; in: Umwelt Medizin Gesellschaft 17/2004; S. 326-332
Für Details zu einer Untersuchung, die von Ärzten in Israel durchgeführt wurde siehe: Wolf, R.; Wolf, D.: Increased incidence of cancer near a cell-phone transmitter station; in: Int J. of Cancer Prevention 1(2), 2004. Hier ist allerdings anzumerken, dass bei dem betrachteten Mobilfunksystem zwar TDMA als Zugriffsverfahren eingesetzt wurde, dass es sich aber sowohl hinsichtlich der Trägerfrequenz als auch in der Anzahl Zeitschlitz pro Rahmen von der GSM-Spezifikation unterschied.
- [8] Santini, R. u.a.: Survey study of people living in the vicinity of cellular phone base-stations; in: Electromagnetic Biology & Medicine 22(1) 2003; S. 41-49
- [9] Navarro, E.A. u.a.: The microwave syndrome: A preliminary study in Spain; in: Electromagnetic Biology & Medicine 22(2) 2003; S. 161-169.
- [10] Persönliche Berichte an den Autor, 1997-2003
- [11] Wenzel, C. u.a.: The effect of electromagnetic transmitters on the behaviour of dairy cows; in: Der Praktische Tierarzt, 83(3) 2002; S. 260-267
- [12] Löscher, W.; Käs, G.: Conspicuous behavioural abnormalities in a dairy herd near a TV and radio-transmitting antenna; in: Practical Veterinary Surgeon 79(5) 1998; S. 437-444.
- [13] Firstenberg, A.: Special section on farms; In: No Place to Hide 2000, 2(4)
- [14] Freiburger Appell: www.elektrosmognews.de, www.igumed.de
- [15] Catania Resolution: Microwave News 2002, XXII(5); S. 9
- [16] Microwave News 2003, XXIII(2); S.10; www.elektrosmog-schweiz.ch; www.umwelt-schweiz.ch; www.environnement-suisse.ch/imperia/md/content/luft/nis/gesundheit/um-162-d-a.pdf
- [17] Microwave News 2003, XXIII(2); S. 4.; www.paris.fr/fr/actualites/antennesrelais/charte.htm
- [18] Microwave News 2003, XXIII(2); S. 6
- [19] Challis, L.: Exklusiv-Interview in "Express & Echo", 24. Januar 2003; S. 6; www.thisisexeter.co.uk
- [20] de Pomerai, D.: Microwave radiation can alter protein conformation without bulk heating; in: FEBS Letters 2003; 543; S. 93-97
siehe auch: Bohr, H.; Bohr, J.: Microwave-enhanced folding and denaturation of globular proteins; in: Phys. Rev E. 2000/61; S. 4310-4314
- [21] Hyland, G.J.: The physics and biology of mobile telephony; in: The Lancet 356/2000; S. 1833-1836
- [22] Hyland, G.J.: Non-thermal bioeffects induced by low intensity irradiation of living systems; in: Engineering Science and Education Journal 7(6) 1998; S. 261-269
- [23] www.nrpb.org/publications/documents_of_nrpb/abstracts/absd12-2.htm
- [24] Gibson, J.D. (Editor-in-Chief): The Communications Handbook; CRC Press, New York & London, 1997
- [25] Hyland, G.J.: The physiological and environmental effects of non-ionising electromagnetic radiation; EU Parliament, Bruxelles, März 2001; www.europarl.eu.int/stoa/publi/pdf/00-07-03_en.pdf
- [26] Siehe Referenzen in: Merritt, J.H.: Interaction of calcium in biological systems with electromagnetic fields, in: Radio Frequency Radiation Standards, edited by Klauenberg B.J. et al., NATO ASI Series, Plenum Press, New York, 1995; ISBN 0-306-44919-6; S. 197-206

- [27] Byus, C.V. u.a.: Increased Ornithine Decarboxylase (ODC) activity in cultured cells exposed to low energy microwave fields and phorbol ester tumour promoters; in: *Cancer Research* 48/1998; S. 4222-4226
Penafiel, L.M. u.a.: Role of modulation on the effect of microwaves on Ornithine Decarboxylase activity in L929 cells; in: *Bioelectromagnetics* 18/1997; S. 132-141
Paulraj, R. u.a.: Effect of amplitude modulated RF radiation on calcium efflux and ODC activity in chronically exposed rat brain; in: *Indian J. of Biochemistry & Biophysics* 36/1999; S. 337-340
- [28] Yurinskaya, M. M. et al.: Reactions of the receptor systems of the brain to the action of low-intensity microwaves; in: *Biophysics*; 41(4) 1996; S. 869-875.
- [29] de Pomerai, D. u.a.: Growth and maturation of the nematode 'Caenorhabditis elegans', following exposure to weak microwave fields; in: *Enzyme Microbial Tech.*; 30/2002; S. 73-79.
- [30] Smith, C.W. & Best S.: 'Electromagnetic Man'; J.M. Dent & Sons Ltd., London 1989, ISBN 0-460-04698-5
siehe auch: Bise W.: Low power radio-frequency and microwave effects on human electro-encephalogram and behaviour; in: *Physiol. Chem. & Physics*; 10/1978; S. 387-398
- [31] Burch, J.B. u.a.: Melatonin metabolite secretion among cellular telephone users; in: *Int. J. Rad. Biol.* 78/2002; S. 1029-1036
Zur möglichen Evidenz bei Exposition von Rindern durch Hochfrequenzfelder siehe:
Stark, K.D. u.a.: Absence of a chronic effect of exposure to short-wave radio broadcast signal on salivary melatonin in dairy cattle; in: *J. Pineal Research*; 22(4) 1997; S. 171-176
- [32] Vijayalaxmi, B.Z.: Frequency of micronuclei in the peripheral blood and bone marrow of cancer-prone mice chronically exposed to 2450 MHz radio-frequency radiation; in: *Radiation Research* 147/1997; S. 495-500 und *Radiation Research* 149/1998; S. 308
Tice, R.R. u.a.: Genotoxicity of radio-frequency signals – I. Investigation of DNA damage and induction of micronuclei in cultured human blood cells; in: *Bioelectromagnetics* 23/2002; S. 113-126
- [33] Lai, H.; Singh, N.P.: Single and double-strand DNA breaks after acute exposure to radiofrequency radiation; in: *Int. J. Radiation Biol.* 69/1996; S. 13-521
Phillips J.L. u.a.: DNA damage in Molt-4 lymphoblastoid cells exposed to cellular telephone radio-frequency fields in vitro; in: *Bioelectrochemistry & Bioenergetics* 45/1998; S. 103-110
- [34] French, P. u.a.: Mobile phones, heats shock proteins and cancer; in: *Differentiation* 67/2001; S. 93-97
- [35] Leszczynski, D. u.a.: Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: Molecular mechanism for cancer and blood-brain barrier related effects; in: *Differentiation* 70/2002; S. 120-129
- [36] *Microwave News* 2002, XXII(1); S. 14
- [37] Di Carlo, A. u.a.: Chronic electromagnetic field exposure decreases HSP70 levels and lowers cytoprotection; in: *J. Cellular Biochemistry* 84/2002; S. 447-454
- [38] Repacholi, M.H. u.a.: Lymphomas in E μ -Pim 1 transgenic mice exposed to pulsed 900MHz electromagnetic fields; in: *Radiation Res.* 147/1997; S. 631-640
- [39] Muscat, J.E. u.a.: Handheld cellular telephone use and risk of brain cancer; in: *JAMA* 284/2000; S. 3001-3007
- [40] Hardell, L. u.a.: Cellular and cordless phones and the risk for brain tumours; in: *European Journal of Cancer Prevention*; 11(4) 2002; S. 377-386
- [41] Hardell, L. u.a.: Further aspects on cellular and cordless telephones and brain tumours; in: *Int. J. of Oncology* 22/2003; S. 399-407
- [42] Hardell, L. u.a.: Vestibular Schwannoma, tinnitus & cellular telephones; in: *Neuroepidemiology* 22/2003; S. 124-129
- [43] Hamblin, D.L.; Wood, A.W.: Effects of mobile phone emissions on human brain activity and sleep variables; in: *Int. J. Radiat. Biol.* 78(8) 2002; S. 659-669

- [44] Frey, A.H.: Headaches from cellular telephone: Are they real and what are the implications?; in: *Environmental Health Perspectives* 106/1998; S. 101-103.
Frey, A.H. (Editor): *On the Nature of Electromagnetic Field Interactions with Biological Systems*; R.G. Landes Co., Austin, Texas, 1994
- [45] Persson, B.R.R. u.a.: Blood-brain barrier permeability in rats exposed to electromagnetic fields used in wireless communication; in: *Wireless Networks* 3/1997; S. 455-461
- [46] Salford, L.G. u.a.: Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phone.; in: *Environmental Health Perspectives* 2003; <http://dx.doi.org/> – 29.01.2003
- [47] Barbanti, P. u.a.: Increased density of dopamine D5 receptor in peripheral blood lymphocytes of migraineurs: a marker of migraine?; in: *Neurosci. Letts.* 207(2) 1996; S. 73-76.
Winkler, T. u.a.: Impairment of blood-brain barrier function by serotonin induces desynchronisation of spontaneous cerebral cortical activity – experimental observations in the anaesthetised rat; in: *Neuroscience* 68(4) 1995; S. 1097-1104.
- [48] Mann, K.; Röschke, J.: Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on human sleep; in: *Neuropsychobiology* 33/1996; S. 41-47
Lebedeva, N.N. u.a.: Investigation of brain potentials in sleeping humans exposed to the electromagnetic field of mobile phones; in: *Crit. Rev. Biomedical Eng.* 2001; 29; S. 125-133
- [49] Altpeter, E.S. u.a.: Study on health effects of the shortwave transmitter station of Schwarzenburg, Berne, Switzerland; BEW Publication Series Study No.55 (Institute for Social and Preventative Medicine, University of Berne) 1995
- [50] Hocking, B. u.a.: Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers; in: *Medical J. Australia* 165/1996; S. 601-605
- [51] Dolk, H. u.a.: Cancer incidence near radio and television transmitters in Great Britain; in: *American J. of Epidemiology* 145(1) 1997; S. 1-9
- [52] Magras, I.N.; Xenos, T.D.: RF radiation-induced changes in the prenatal development of mice; in: *Bioelectromagnetics*; 18(6) 1997; S. 455-461
- [53] Goldsmith, J.R.: Epidemiologic evidence relevant to radar (microwave) effects; in: *Environmental Health Physics* 105/1997; S. 1579-1587
- [54] Hallberg, Ö.; Johansson, O.: Melanoma incidence and FM broadcasting; in: *Archives of Environmental Health* 57(1) 2002; S. 32-39
- [55] www.rsc.ca/english/RFreport.html
- [56] www.web10975.vs.netbenefit.co.uk/zmirou/zmirousite.htm; www.afsse.fr
- [57] www.gr.nl
- [58] www.nrpa.no
- [59] www.cost281.org/activities.php
- [60] NRPB National Radiological Protection Board (Hrsg.): Possible Health Effects from Terrestrial Trunked Radio (TETRA) – Report of an Advisory Group on Non-Ionizing Radiation; Documents of the NRPB Vol. 12 No. 2 2001; www.hpa.org.uk/radiation/publications/documents_of_nrpb/abstracts/absd12-2.htm