

## **Auszug aus dem Textteil: Zusammenfassungen der Beiträge**

### **1 Motivation und Zielsetzung für dieses Buch**

Um mit einem Stereotyp zu beginnen: „Elektrische, magnetische und elektromagnetische Wellen sind Bestandteil unseres Lebens“ und kommen natürlicherweise überall in unterschiedlichen Frequenzen und Stärken vor. In Form von Licht sind sie unverzichtbar für die Wahrnehmung unserer Umwelt, bei Gewittern nehmen wir auch ihre gefährlicheren Aspekte unmittelbar wahr. Gebräuchlich sind auch die Begriffe: „Strahlung“ und „Felder“ für die „Wellen“.

Wir wollen uns bei unserer Betrachtung auf den nicht-ionisierenden Teil der Strahlung und hier vor allem auf den Bereich der energiearmen Wellen von Funkanwendungen beschränken. An dieser Stelle noch ein ergänzender Hinweis: Wenn in den Ausführungen nicht speziell auf eine besondere Situation bei „gepulsten“ Signalen eingegangen wird, sind die Erläuterungen allgemein gültig und beinhalten sowohl sinusförmige als auch rechteckige oder sonstige spezielle Signalförmigkeiten.

Als der Mensch die Eigenschaften von Wellen entdeckte, erforschte und sie auch künstlich herzustellen verstand, kam Skepsis auf, ob diese Wellen denn wohl für die Gesundheit unbedenklich seien. Anfangs beschränkten sich die Befürchtungen darauf, dass die Sendequellen und andere elektrische Bauteile explodieren könnten. Später kam die Angst vor den Strahlen selbst hinzu, da es erste Erfahrungen mit Röntgen- und Gammastrahlen gab, die die Gefahren energiereicher, ionisierender Strahlung aufzeigten. Aber erst mit Beginn der aktiven Verwendung im Hochfrequenzbereich, wie der Telegraphie und dann insbesondere mit dem Massenmarkt der Mobilfunk-D- und -E-Netze, wurden die Stimmen lauter, die mit den zunehmenden Anwendungen elektromagnetischer Wellen gesundheitliche Auswirkungen befürchteten.

Dennoch - der Vorwurf, dass neue Technologien ohne „Umweltverträglichkeitsprüfungen“ auf die Menschheit losgelassen werden, stimmt nicht, da man, als die ersten Rundfunkanstalten ihren Betrieb aufnahmen und erste Meldungen über Beeinträchtigungen aufkamen und bekannt wurden, unverzüglich Schutzregeln und -maßnahmen einführte. Diese Erscheinungen wurden übrigens von den Technikern der Sendeanstalten als "Senderkrankheiten" oder "Kurzwellenkater" bezeichnet.

Später interessierten dann auch Fragen zu gegenseitiger Beeinflussung von technischen Geräten, der sogenannten „elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) von technischen Systemen“. Solche technischen Probleme werden in dieser Ausarbeitung nicht berührt. Nur die vermuteten Auswirkungen auf Mensch und Umwelt (EMVU) sind Gegenstand dieses Buches.

Viele physikalische Vorgänge sind nicht einfach zu verstehen, und so ist es verständlich, dass leicht Ängste über diese unsichtbare, nicht mit menschlichen Sinnen ohne weiteres erfahrbare, aber dennoch überall vorhandene Strahlung entstehen konnten. Erstmalig gewann diese Problematik zum Ende des vergangenen Jahrtausends durch den Gebrauch der Mobiltelefone eine starke soziologisch-politische Relevanz, da millionenfach Bürger mit den kleinen HF-Sendern am Ohr unmittelbarer einer EMF-Exposition ausgesetzt waren.

Um eventuelle Gefährdungen oder Beeinträchtigungen einschätzen zu können, mussten viele Daten erhoben werden. Analysen wurden gefertigt, Messungen und Kalkulationen erstellt, um Anwendungen bestimmten Frequenzbereichen zuzuordnen und potenzielle Gefährdungen einschätzen zu können. Viele Forschungsvorhaben wurden initiiert sowie Tausende von Versuchen auf nationaler und internationaler Ebene durchgeführt und ausgewertet. Auf Basis der intensiven Forschung wurden Schutz- und Grenzwerte für gesundheitlich unbedenkliche Strahlungsstärken festgelegt, die als Grundlage für die technische Anwendung herangezogen werden können.

Zwar ergaben sich in der seriösen, replizierbaren Forschung keinerlei Hinweise auf Beeinträchtigungen oder gar Schädigungen, wenn die oben erwähnten Grenzwerte nicht überschritten wurden, doch

fanden Besorgte mit steigender Häufigkeit immer wieder neue Vermutungen über spezielle Gefährdungsursachen. Ein beliebtes Beispiel, das immer wieder genannt wird, sind die so bezeichneten „gefährlichen“ gepulsten Signale.

Hierbei werden Assoziationen aufgestellt, die die Wirkung von Pulsen mit der Wirkungsweise eines Schlagbohrhammers vergleichen, der auch eine dicke Betonwand durchdringen kann. Mittels des Zitates: „Steter Tropfen höhlt den Stein“ wird nahe gelegt, dass solche Signalformen besonders gefährlich seien.

Die Fragen aber lauten nun: „Ist diese Angst begründet?“, „Sind Pulse bzw. gepulste Signale von unserem Körper überhaupt wahrnehmbar?“, „Beeinflussen sie gar unsere Gesundheit?“. Diese Thematik hat uns beschäftigt und dazu inspiriert, ein Buch zum Thema „Pulse/Pulsung bei elektromagnetischen Feldern im Hochfrequenzbereich“ herauszugeben, in dem über neueste Forschungsergebnisse berichtet wird und Experten medizinischer, technischer und biologisch-physikalischer Fakultäten ihre Einschätzung und Stellungnahme abgeben. Und da die Zusammenhänge sehr komplex, die Materie vielfältig und die Antworten sehr wissenschaftlich sind, finden Sie am Ende dieser Publikation eine Schlussbetrachtung, die das Wesentliche noch einmal kurz und verständlich zusammenfasst.

## **2 Was sind gepulste Felder – Technische Aspekte und Anwendungen**

### **2.0 Grundlagen und Anwendungen der Nachrichtentechnik**

Das Kapitel 2 umfasst die wichtigsten Erläuterungen, die - unserer Meinung nach - für das Verständnis des behandelten Themas: „Sind gepulste Signale gegenüber Sinus-Signalen etwas Besonderes?“ aus technischer Sicht notwendig sind. Natürlich kann in diesem Rahmen nicht alles angesprochen werden, aber die zum Verständnis dieser Thematik wichtigsten Begriffe werden in Kapitel 2 behandelt, wie z.B. Funk, Pulsung, Modulation/Demodulation und Digitalisierung.

Daneben finden sich Anwendungsbeispiele aus der technischen Praxis, wo „gepulste“ Signale für das Funktionieren der Technik (Mobilfunk der 2. Generation, Radar, Laser, Magnetresonanztomografie) eine große Rolle spielen. Ein Unterkapitel ist der „Schutz- und Sicherheitskonzeption für Mensch und Umwelt“ gewidmet.

Am Ende des Kapitels 2 folgt mit dem Beitrag zum Vorhaben miniWatt noch ein Ausblick auf zukünftige technische Entwicklungen in der Anwendung von gepulsten elektromagnetischen Feldern.

### **2.1 Definition, Technische Merkmale**

#### **2.1.0 Erläuterung der Grundbegriffe**

Begriffe wie Funk, Strahlen, Pulsung und Digitalisierung treten in der EMVU-Diskussion immer wieder auf und werden bisweilen sogar in „politische Reizwörter“ umgewandelt wie „Strahlung“ „harte Taktung“, „knallharte Pulsung“, „steile Flanken“, „digitale Pulsung“ oder „digitale Modulation“ und werden damit nicht mehr sachorientiert benutzt.

Der Gebrauch der Technik ist Alltag, aber die Funktionsweise ist oft nicht vertraut. Da die Begriffe und deren Inhalte wesentlich für das Verständnis des ganzen vorliegenden Bandes sind, sollen sie eingangs erläutert werden.

Die Technik hat inzwischen eine hohe Komplexität erreicht. Zum besseren Verständnis sollen die Erklärungen möglichst anschaulich sein. Dies bedeutet einerseits, dass Vorgänge durch zahlreiche Zeichnungen visualisiert werden und dass andererseits einfacher Darstellung der Vorrang vor hoher Genauigkeit gegeben wird. Ziel ist es im Wesentlichen, einen Einblick in die Materie zu geben. Da die behandelten technischen Prinzipien nicht isoliert vorkommen, können sie auch nicht völlig losgelöst von einander beschrieben werden. Ziel ist es also, dem interessierten Leser eine Brücke zu den technischen und wissenschaftlichen Artikeln des Buches zu bauen.

„Die Natur macht keine Sprünge“, besagt eine alte Weisheit. Die Technik kann es auch nicht. Alle Zustandsänderungen brauchen Zeit, deshalb können auch Pulsflanken nicht beliebig steil werden. Was unter **Pulsen** zu verstehen ist – dasselbe ist mit Taktung gemeint - und wie ihr Zeitverlauf mit ihrem Frequenzinhalt zusammenhängt, wird im ersten Abschnitt beschrieben. Als nächster Grundbegriff der Nachrichtentechnik kommt **Funk** an die Reihe. Vom Alltag her ist er jedem durch Radio und Fernsehen bestens bekannt, weniger aber die Physik, die dahinter steckt. Funk wiederum ist untrennbar mit den Verfahren der **Modulation** und **Demodulation** verbunden. Die **Digitalisierung** schließlich, die die moderne Technik längst beherrscht, rundet die Übersicht ab. Geht es inhaltlich in jedem Abschnitt hauptsächlich darum, wie etwas funktioniert, so wird am Schluss der Abschnitte jeweils kurz zusammengefasst, warum man diese Verfahren anwendet bzw. welchen Nutzen sie bringen.

Nach diesen grundlegenden Begriffen wird der Schritt zu bekannten Anwendungen getan. Es beginnt mit **Pulsanteilen bei Mobilfunk und Fernsehen**, geht über **Radar** zu **Laser** und endet schließlich beim **Stroboskop**.

Dass aber auch der Schutz von Personen nicht außer Acht gelassen wird, zeigen die abschließenden Artikel des Kapitels Technik. Zuerst geht es um Schutz und Sicherheit durch **Grenzwerte**, dann um die Verringerung von Sendepiegeln im Projekt **miniWatt**. Schließlich wird am Beispiel der **Magnetresonanztomografie** gezeigt, wie man ein Konzept entwickelt (hat), das für Sicherheit vor Schäden durch die Technik sorgt. Gleiches gilt natürlich für die elektromagnetischen Felder des Alltags.

### 2.1.1 Pulse – gepulste Felder

Unter Pulsen versteht man gemeinhin das plötzliche und wiederholte Einsetzen und Abbrechen eines Signals. In der Nachrichtentechnik wird es seit langem angewendet, weil man für die Übertragung von Information auf einer Leitung oder über Funk keinen kontinuierlichen Wellenzug braucht, sondern mit regelmäßigen Stücken davon auskommt. Die zeitlichen Lücken können für weitere Übertragungen genutzt werden. So gelingt es, durch zeitliche Schachtelung von Informationen (Zeitmultiplex) die knappe Ressource Frequenz vielfach auszunutzen.

### 2.1.2 Funk

Elektromagnetische Wellen können sich entlang von Leitern (Leitungen), aber auch über den freien Raum ausbreiten. Ist es im ersten Fall erforderlich, zur Übertragung zwischen zwei oder mehr Orten Leitungen zu legen, so geht es mit Funk ohne sie. Beim Funk lassen sich mit einer Rundstrahlcharakteristik Informationen über eine große umliegende Fläche verteilen und damit eine hohe Anzahl von Empfängern versorgen; diese müssen nicht einmal ortsfest sein, sondern können sich bewegen. So gelang es im vorigen Jahrhundert, einerseits schnell eine Rundfunk- und Fernsehversorgung aufzubauen, andererseits später die Mobilität für das Telefonieren einzuführen. Der Funk wird dadurch zum immer universelleren Informationsträger.

### 2.1.3 Modulation und Demodulation in der Nachrichtentechnik

In diesem Artikel wird der technische Hintergrund der Funkanwendungen sowie das Prinzip der Modulations- und Demodulationsverfahren betrachtet. Mittels hochfrequenter elektromagnetischer Wellen können Informationen übertragen werden, indem die abgestrahlten Wellen (Trägersignal) so beeinflusst („moduliert“) werden, dass die kodierte Information zusammen mit dem Trägersignal übertragen wird. Neben der Ermöglichung der Übertragung über weite Entfernungen werden weitere Vorteile erreicht: Verschiebung in unbelegte und ungestörte Frequenzbereiche, bessere Signalqualität, Zusammenfassung mehrerer Nachrichtenkanäle (Multiplex). Die Rückgewinnung des ursprünglichen Signals im Empfänger wird als Demodulation bezeichnet. Mit der Weiterentwicklung der Technik wurden auch die Modulationsverfahren komplizierter, immer mit dem Ziel einer höheren Frequenzökonomie und besseren Übertragungsqualität. Dieser technische Fortschritt zeigt sich insbesondere am Beispiel des Mobilfunks. Auf dessen Signale, ihre Modulationscharakteristiken und ihre Impulshaltigkeit wird abschließend näher eingegangen.

## **2.1.4 Digitalisierung als wesentlicher Fortschritt**

Digitalisierung ist die Umwandlung einer kontinuierlichen veränderlichen (Mess-) Größe in eine Folge von diskreten Proben, die in Zahlen kodiert werden. Diese lassen sich mit schnellen Prozessoren (Rechnern) bearbeiten und gegen Verfälschung bei der Übertragung sichern. In der Praxis führt das zu einer enormen Qualitätssteigerung bei der Übertragung und einer Erhöhung der übertragenen Datenmenge für immer vielfältigere Anwendungen bei gleichzeitig sehr effizienter Nutzung der Ressource Frequenz.

## **2.2 Anwendungen in der Technik**

### **2.2.0 Wo werden gepulste Signale praktisch eingesetzt?**

Wurden in den vorangegangenen Abschnitten die technische Wirkungsweise gepulster Felder sowie die Begriffe Digitalisierung und (De-)Modulation erläutert, so soll im Folgenden der Fokus auf einige technische Anwendungsmöglichkeiten gelegt werden.

Im ersten Teil wird die digitale Modulation von GSM mit den Impulsanteilen des Fernsehens in Bezug auf die Steilheit der Flanken verglichen, gefolgt von einer Beschreibung des Radars als typische gepulste Anwendung.

Im zweiten Teil werden spezielle Techniken im optischen Bereich außerhalb des Hochfrequenzspektrums vorgestellt, nämlich Laser (ausführlich) und Stroboskop (knapp). Sie arbeiten ebenfalls in typischer Weise gepulst und finden in der Diskussion um mögliche Auswirkungen der Pulsung des Öfferen Erwähnung.

Die reinen technischen Beschreibungen von Funkdiensten wie GSM, UMTS, TETRA usw. sind als Anhänge aufgenommen worden. Zu UMTS, dem neuen Mobilfunksystem der 3. Generation, ist noch anzumerken, dass die derzeit in Deutschland eingesetzte Variante Frequenz- und Codemultiplex, aber nicht Zeitmultiplex nutzt, also nicht gepulst ist wie GSM.

### **2.2.1 Vergleich der digitalen Modulation des GSM-Mobilfunks mit den Synchronimpulsen von TV-Sendern**

In der Diskussion um die Schädlichkeit von Mobilfunkstrahlen wird betont, dass vor allem die impulsförmig modulierte Hochfrequenz des GSM-Standards biologisch wirksam sein soll. Die bekanntlich relativ hohen Feldstärken von Rundfunk und Fernsehen seien dagegen nicht so relevant. In diesem Beitrag werden die Impulsflankensteilheiten der GSM-Signale mit denen der Fernsehsignale verglichen. Das Ergebnis zeigt, dass die meisten Spektralanteile der GSM-Impulse auch im Spektrum der Fernseh-Synchronimpulse enthalten sind, letztere weisen jedoch eine um ein Vielfaches höhere Impulsflankensteilheit auf. Eine Berücksichtigung der landesweit herrschenden Strahlungsintensitäten von Mobilfunk und Fernsehen kann zur Aussage führen, dass die seit über 50 Jahren weltweit eingeführte Fernseh-Technik die Behauptung der biologischen Schädlichkeit der Impulsflankensteilheit digital modulierter Hochfrequenz widerlegt.

### **2.2.2 Gepulste Hochfrequenz in der Radartechnik Technisches Prinzip und Anwendungen**

Eine technische Anwendung, die beispielhaft für die Charakterisierung von gepulsten hochenergetischen Strahlen immer an erster Stelle genannt wird, ist RADAR. Dieser Beitrag umfasst einen historischen Rückblick, die Beschreibung der technischen Funktion und die praktischen Anwendungsfälle. Auf die Auswirkungen auf die biologischen Systeme wird im Abschnitt 3.1.6 eingegangen.

### **2.2.3 Gepulste Felder außerhalb des RF-Frequenzbandes, 1. Beispiel: Laser**

Laserstrahlung hat mit Mobilfunk und Funk allgemein nur insofern etwas zu tun, als sie auf derselben physikalischen Grundlage des Elektromagnetismus beruht. Denn das Frequenzspektrum für Funkanwendungen endet dort, wo Laserwellenlängen beginnen, bei 1 mm bzw. 300 GHz als Frequenz. Anders als der Laser arbeitet Mobilfunk nicht im sensiblen (Sicht-)Bereich des Auges und wird dort entsprechend keine optischen, fokussierenden Wirkungen hervorrufen. Ebenfalls anders als Laserstrahlen sind Mobilfunkfelder selbst auch nicht stark fokussiert, so dass die Strahlungsenergie nicht auf kleine Einwirkungsflächen gebündelt wird. Auf die Laserstrahlung wird der Vollständigkeit halber eingegangen, weil ihre biologischen Wirkungen Denkanstoß geben können für Fragestellungen und Untersuchungsziele in der Mobilfunkforschung.

Theoretisch kann nicht ausgeschlossen werden, dass starke Mobilfunkfelder unter bestimmten Bedingungen Energiekonzentrationen im biologischen Gewebe (Hot Spots) erzeugen könnten, die ansatzweise gleiche Mechanismen bewirken. Nach heutigem Kenntnisstand sind solche Ereignisse bei Einhaltung der geltenden Grenzwerte aber ausgeschlossen. Die aktuelle Forschung zum Mobilfunk konzentriert sich vorwiegend jedoch auf offene Fragen zu möglichen nichtthermischen Effekten im Zusammenhang mit biologischer Signalübertragung (Nervenleitung, Zellwachstum, interne zelluläre Signale), insbesondere der Beeinflussung von Erbinformationen.

Noch einmal hingewiesen sei darauf, dass es bei den Laserauswirkungen nur um thermische bzw. thermochemische oder fotochemische Auswirkungen geht. Im Hinblick auf eine Gefährdung durch Laserstrahlung ist also in erster Linie an die Augen zu denken. Diese sind zwar durchaus an wechselnde Umgebungsbedingungen gewöhnt, gegenüber konzentrierter optischer Strahlung, wie sie von einem Laser ausgehen kann, besitzt der Mensch aber nur eine sehr eingeschränkte Abwehrmöglichkeit, so dass ein System technischer und organisatorischer Maßnahmen eingeführt werden musste, um insbesondere Augenschäden zu vermeiden. Dazu gehört auch ein auf den Gefährdungsgrad bezogenes Klassifizierungssystem sowie – wenn nichts anderes mehr hilft – die Benutzung der richtigen Schutzbrille.

### **2.2.4 Gepulste Felder außerhalb des RF-Frequenzbandes, 2. Beispiel: Das Stroboskop**

Der Vollständigkeit halber soll noch ein jedem bekanntes Beispiel knapp behandelt werden. Ein Stroboskop ist ein Gerät, das optische Impulsfolgen erzeugt. Hierbei ist die Funktionsweise entweder die periodische Unterbrechung oder Intensitätsänderung eines Lichtbündels durch Bedeckung (Blendenverfahren) oder durch Beleuchtung (Lichtblitzverfahren).

## **2.3 Sicherheitskonzept und künftige Technologien**

### **2.3.0 Vorsorglicher Personenschutz**

Ein wichtiger Aspekt bei der Anwendung jeglicher Techniken ist der der Personensicherheit. Das gilt natürlich auch für die Hochfrequenztechnik. Hier wird der Schutz von Personen durch die Festlegung und Einhaltung von Grenzwerten sichergestellt. Dabei werden Obergrenzen für elektrische Felder oder deren biologische Wirkungen so festgelegt, dass eine gesundheitliche Beeinträchtigung von Personen ausgeschlossen ist. Dieses Kapitel stellt zunächst die heutigen Festlegungen und die historische Entwicklung der Personenschutzgrenzwerte dar.

Anschließend wird das Projekt miniWatt beschrieben, das sich mit der Emission von elektromagnetischen Wellen und Feldern beschäftigt. Es erfasst zunächst die Immissionen in die Umwelt und untersucht schließlich Minimierungsmöglichkeiten der vorhandenen Emissionen unter Einsatz alternativer Techniken.

Seit Beginn der 90er Jahre bestimmt die Entwicklung der individuellen mobilen Kommunikation in immer stärker werdendem Maße unser Kommunikationsverhalten, Immissionen im Privatbereich durch Produkte der persönlichen Kommunikation wie DECT, WLAN, Bluetooth usw. nehmen stetig zu.

Aus diesem Grund wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) von Januar 2002 bis März 2003 das Vorhaben „Alternative Funksysteme mit minimaler Strahlungsleistungsdichte im digitalen Rundfunk, Mobilfunk und drahtlosen LANs“ (kurz: miniWatt) initiiert und finanziert. Ziel des Vorhabens war es, ein ideales System zu entwerfen, welches eine maximal sichere Datenübertragung bei minimaler Leistung erlaubt. Dazu war eine umfassende Untersuchung des Potenzials zur Senkung der Exposition durch technische, strukturelle und organisatorische Maßnahmen beim digitalen Rundfunk, dem Mobilfunk und den WLANs notwendig.

Nun - anknüpfend an die Ergebnisse des Vorhabens miniWatt - werden seit April 2005 systematisch Leistungsdichten, SAR und die Pulshaltigkeiten der verschiedensten Dienste analysiert und verglichen. Das laufende Vorhaben erhielt den Titel „Minimierung der Immission zukünftiger Funkdienste“ (kurz: miniWatt II) und wird gemeinsam vom BMBF und BMU (Bundesministerium für Umwelt) gefördert. Im Gegensatz zum abgeschlossenen Vorhaben miniWatt, soll das Hauptaugenmerk nun auf die Immission gerichtet sein. Die Ergebnisse können u.a. einen wichtigen Beitrag zur immissionsoptimierten Funknetzplanung liefern. Des Weiteren soll die Geräteindustrie in die Lage versetzt werden, ganzheitlich optimierte Lösungen zur Senkung der (Gesamt-) Exposition umzusetzen.

Anschließend wird am Beispiel der Magnetresonanztomografie beschrieben, wie man in einem Sicherheitskonzept von Schutzziele für Zielgruppen ausgeht, für diese Ziele Kriterien formuliert und daraus Maßnahmen ableitet, die Grenzwerte und/oder Hilfsmittel sein können. Dabei geht ein Beratergremium von allen verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen aus, bewertet sie und zieht daraus Schlüsse, die in Empfehlungen an das verantwortliche Ministerium münden. In Deutschland ist das Beratergremium die Strahlenschutzkommission, die vom BMU berufen wird; international bildet die ICNIRP das Beratergremium für die WHO.

Wie die Magnetresonanztomografie funktioniert, die sich inzwischen zu einem vielseitigen Bildgebungsverfahren in der medizinischen Diagnostik entwickelt hat, ist im Anhang A7 dieses Bandes beschrieben.

### **2.3.1 Schutz und Sicherheit**

Der Schutz der Bevölkerung vor möglichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder aus Sendeanlagen wird sichergestellt durch die Festlegung und Einhaltung von Grenzwerten, die in Deutschland durch Rechtsverordnungen verbindlich gemacht worden sind. Für die strikte Einhaltung der internationalen und nationalen Standards sind staatliche Institutionen verantwortlich. Bei der Allgemeinbevölkerung ist dies der Umweltminister zusammen mit dem Gesundheitsminister, im Arbeitsschutz tritt der Arbeitsminister an die Stelle des Umweltministers. Von den Betreibern ist die Einhaltung der Obergrenzen der Immissionen rechnerisch oder messtechnisch nachzuweisen. Die Bundesnetzagentur wacht durch eigene Aktivitäten über die Einhaltung und bietet der Öffentlichkeit Informationen über die örtliche Exposition an.

### **2.3.2 Das Vorhaben miniWatt**

Seit den 90er Jahren bestimmt die individuelle mobile Kommunikation in starkem Maße unser Kommunikationsverhalten. Neben Quellen, denen die Bevölkerung aufgrund von regionalen und überregionalen Netzen ausgesetzt ist, nehmen die Immissionen im Privatbereich durch Produkte der persönlichen Kommunikation wie DECT, WLAN, Bluetooth usw. stetig zu. Während ein Großteil der Bevölkerung die neuen Kommunikationstechniken intensiv nutzt, besteht aber auch eine gewisse Verunsicherung bezüglich der gesundheitlichen Auswirkungen von Hochfrequenzanwendungen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt aber nicht nur die Entwicklung von neuen Technologien, sondern leistet ebenfalls einen Beitrag zur Technikfolgenabschätzung, indem gezielt Projekte aus dem Bereich EMVU gefördert werden.

So hat das BMBF von Januar 2002 bis März 2003 das Vorhaben „Alternative Funksysteme mit minimaler Strahlungsleistungsdichte im digitalen Rundfunk, Mobilfunk und drahtlosen LANs“ (kurz: miniWatt) finanziert. Das mit ca. 1,1 Mio Euro geförderte Projekt war in sieben Arbeitsbereiche mit insgesamt 38 Teilprojekten untergliedert. An dem Forschungsvorhaben waren elf Universitätsinstitute, drei Industrieunternehmen, vier mittelständische Unternehmen sowie ein unabhängiges Forschungsinstitut beteiligt. Ziel des Vorhabens war eine umfassende Untersuchung des Potenzials zur Senkung der

Exposition durch technische, strukturelle und organisatorische Maßnahmen beim digitalen Rundfunk, Mobilfunk und bei WLANs.

Die Fortsetzung des Projekts läuft unter dem Namen miniWatt II und soll im Gegensatz zum abgeschlossenen Vorhaben miniWatt, bei dem die Emission im Vordergrund stand, das Hauptaugenmerk nun auf die Immission richten. Mit Wissenschaftlern, welche über ein breites Fachwissen auf dem Gebiet der Biomedizin verfügen, sollen darüber hinaus Immissionen umfassend bewertet werden. Die Ergebnisse können u. a. einen wichtigen Beitrag zur immissionsoptimierten Funknetzplanung liefern. Des Weiteren soll die Geräteindustrie in die Lage versetzt werden, ganzheitlich optimierte Lösungen zur Senkung der Exposition umzusetzen.

### **2.3.3 Personenschutzkonzept am Beispiel der Magnetresonanztomografie**

Bei der MRT ist man als Patient verschiedenen elektro/magnetischen Feldern ausgesetzt, zusätzlich einer Geräuschbelastung durch die Anlage. Zum Schutz vor gesundheitlichen Auswirkungen wird die Exposition in einer speziellen internationalen Norm (IEC EN 60601-2-33) begrenzt. In ihr stützt man sich auf das vorhandene Wissen auf diesem Gebiet sowie auf die Bewertungen einer internationalen Expertengruppe (ICNIRP) und die der nationalen Strahlenschutzkommission. Hierbei geht man, wie weltweit bei dieser Thematik üblich, zunächst von Schutzziele aus und legt dann Parameter und Prozeduren fest, mit denen diese Ziele erreicht werden.

## **3 Einfluss gepulster Felder auf biologische Systeme**

### **3.0 Biologische Hintergründe und Stand der Forschung**

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Frage nach den biologischen Wirkungen von gepulsten elektromagnetischen Wellen, nachdem zunächst die technischen Grundlagen und Anwendungen ausführlich im Kapitel 2 behandelt worden sind.

Dieses Kapitel ist in drei Unterkapitel gegliedert, die die Überschriften Pulse in der Biologie, Forschungsergebnisse und Medizinische Anwendungen tragen.

Im ersten Beitrag bei „Pulse in der Biologie“ wird die Frage geklärt, inwieweit gepulste Vorgänge im menschlichen Körper durch die Einwirkung gepulster elektromagnetischer Strahlung beeinflusst werden können. Daran schließt sich ein Aufsatz über biophysikalische Primärreaktionen ebendieser Felder an. Nach einem Exkurs zu Demodulationsmechanismen in biologischen Systemen, wird konkret auf den menschlichen Sehapparat und die Nervenleitungen eingegangen. Am Schluss dieses Unterkapitels findet sich ein Beitrag über mögliche Auswirkungen bei Menschen mit Epilepsie sowie mögliche Einflüsse durch die Radartechnik.

Im Unterkapitel „Forschungsergebnisse“ erscheint zunächst eine Zusammenfassung einer Literaturauswertung aller vorhandenen Forschungsprojekte. Ergänzt wird sie von einer Zusammenfassung von Workshops und Seminaren der letzten sieben Jahre zu diesem Thema und endet mit den neuesten Erkenntnissen aus diesem Bereich.

Zum guten Schluss wird unter „Anwendungen“ die Therapie von Knochen und Gelenken mittels gepulster Felder unter die Lupe genommen.

### **3.1 Pulse in der Biologie**

#### **3.1.0 Pulse in der Biologie – Wo treten sie auf und was vermögen gepulste hochfrequente elektromagnetische Felder in der Biologie anzurichten?**

Dieses Kapitel liefert eine Übersicht, in welchen Bereichen der lebenden Materie Pulse, insbesondere gepulste Signale, vorkommen, und stellt diese physikalisch und energetisch den gepulsten elektromagnetischen Felder (EMF) aus der Technik gegenüber.

Es wird die Frage beantwortet, wie hochfrequente EMF auf biologische Systeme wirken. Welche Wirkmechanismen sind bekannt und über welche Hypothesen wird spekuliert? Was ist überhaupt ein Wirkmechanismus? Eine Frage, die vielleicht auf den ersten Blick trivial wirkt, deren Beantwortung aber manche Begriffsverwirrung klären hilft.

Auf die spezifischen Wirkmechanismen gepulster EMF wird detaillierter eingegangen. Welche sind für die Biologie anwendbar und welche spekulativ bzw. welche wurden bereits verworfen?

Auf zwei biologische Teilsysteme wird besonders eingegangen: das Auge und die Nerven, denn ihnen wird oft eine besondere Empfindlichkeit gegenüber (gepulsten) EMF nachgesagt.

Aber auch bestimmter Technik wird eine besondere Wirkung zugeschrieben, als Beispiele werden hier die Schnurlos-Telefone (insbesondere die DECT-Technik) und die Radartechnik behandelt.

Als Sonderfall wird das Phänomen Epilepsie betrachtet: Gibt es Anzeichen oder Beweise, dass gepulste EMF bei dieser Krankheit eine spezifische Wirkung entfalten?

### **3.1.1 Gepulste Vorgänge im menschlichen Körper Bieten sie Angriffspunkte für die Einwirkung gepulster elektromagnetischer Felder?**

Eine ganze Reihe von physiologischen Vorgängen im menschlichen Körper verläuft in - mehr oder weniger - regelmäßigen Intervallen, die man durchaus als „gepulst“ bezeichnen kann, wie Herzschlag und Atmung. Aber auch weniger bekannte Beispiele, wie der zirkadiane Tag/Nacht-Rhythmus, alle Sinneswahrnehmungen wie Riechen, Schmecken, Hören, Sehen, Tasten oder das Temperaturempfinden sind „gepulste“ Vorgänge. Auch molekulare und elektrische Vorgänge in unseren Körperzellen sowie unsere natürlichen Muskelzuckungen und Augenbewegungen im Schlaf unterliegen „gepulsten“ physiologischen Körpersignalen. Unser Körper verständigt sich also in seinem Inneren mit Pulsen; die Pulsgeschwindigkeiten (Frequenzen) dieser Vorgänge sind dabei sehr unterschiedlich.

Gepulste Signale werden auch beim Telefonieren mit dem Handy genutzt. Sie arbeiten nach dem GSM-Standard, dem weltweit am meisten verbreiteten Mobilfunksystem zur mobilen Kommunikation. Da liegt es nahe, einen Zusammenhang mit bzw. eine störende Beeinflussung der „Informationsverarbeitung“ des menschlichen Körpers zu vermuten. Auch gibt es Vorstellungen, dass diese technisch erzeugten, induzierten Pulse im Körper des Menschen Auswirkungen haben könnten, dass sich die fremden Pulse dort „einklinken“ und die eigenen Pulse aus der Bahn werfen könnten. Als Folgen davon werden u.a. nervöse Störungen, Schlaflosigkeit, verschiedenste Schmerzsymptome bis hin zu epileptischen Anfällen angegeben.

Ob diese Möglichkeit der Einflussnahme aus physiologischer Sicht überhaupt besteht, soll in diesem Beitrag näher betrachtet werden.

### **3.1.2 Biophysikalische Primärreaktionen hochfrequenter elektromagnetischer Felder**

Um den öffentlich diskutierten Befürchtungen zum „Elektrosmog“ eine wissenschaftlich fundierte Antwort geben zu können, sind grundsätzlich drei Ansätze möglich: theoretische Modelle zum Wirkungsmechanismus sowie experimentelle und epidemiologische Untersuchungen.

Trotz jahrzehntelanger Bemühungen gibt es bisher auf keinem dieser Wege eine biophysikalisch vertretbare Vorstellung über eine mögliche nicht-thermische Wirkung hochfrequenter Felder im Intensitätsbereich gültiger Grenzwerte. Da jedoch die Wissenschaft prinzipiell die Nicht-Existenz eines Phänomens nicht beweisen kann, bleibt immer ein Zweifel.

Unbefriedigend bleibt die häufig angewendete Methode, die Auslösung einer Reaktion durch HF-Felder einfach zu postulieren und die Folgeprozesse als "Mechanismus" der Wirkung zu bezeichnen, ohne den Primärprozess zu klären.

Dieser Beitrag konzentriert sich auf die primären Prozesse der Umwandlung der HF-Energie in molekulare Reaktionen. Zu unterscheiden sind thermische und nicht-thermische, ionisierende und nicht-ionisierende Effekte. Geht es darum, wie der Körper eines Tieres oder Menschen als HF-Antenne wirken könnte, ist die Wellenlänge von Interesse. Geht es darum, wie die Schwingung am Molekül

angreifen könnte, ist die Quantenenergie von Bedeutung. Es wird näher darauf eingegangen, welche Mechanismen denkbar, welche auszuschließen sind und worauf weitere Forschung konzentriert werden sollte.

### **3.1.3 Welche Demodulationsmechanismen hochfrequenter Felder in biologischen Systemen sind bekannt?**

Hochfrequente elektromagnetische Felder werden – um mit ihnen Informationen übertragen zu können – niederfrequent moduliert. Diese Modulationen liegen bei heutigen Mobilfunkanwendungen im Bereich von wenigen Hertz (Hz) bis einigen Kilohertz (kHz): beim GSM-Mobilfunk spielt zusätzlich die Pulsation des Feldes mit 217 Hz eine Rolle; die Mobilgeräte des TETRA-Systems (siehe Anhang 2 und 4) besitzen eine Modulation bei 17,65 Hz. Biologische Prozesse laufen auf Zeitskalen ab, die vom Nanosekundenbereich ( $ns = 10^{-9}$  s) bis zu Jahren reichen, einige auch mit Zeitkonstanten ähnlich der Pulsdauer und der Amplitudenmodulationen von Mobilfunksystemen. Eine Vielzahl dieser Prozesse, unter anderem im Gehirn (Stichwort EEG), ist zudem mit der Entstehung von niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern verbunden. Ist es somit nicht plausibel, einen Einfluss von Mobilfunk-Modulationen auf biologische Systeme zu erwarten?

### **3.1.4 Ist der Sehapparat des Menschen durch gepulste elektromagnetische Felder des Mobilfunks beeinflussbar?**

Die Netzhaut menschlicher Augen (Retina) wird als Teil des Gehirns angesehen und ist anatomisch betrachtet ein Ausläufer des Vorderhirns. Es ist seit langem bekannt, dass regelmäßig gepulste visuelle Signale über die Augen und über die in Form von Nervenleitungen dahinter geschaltete „Sehbahn“ im Gehirn Effekte auslösen können, die bei bestehenden Krankheiten pathologisch sein können. So wird zum Beispiel fotosensiblen Epileptikern geraten, sich keinem Stroboskoplicht in Diskotheken auszusetzen und beim Fernsehen oder bei Videospiele bestimmte Regeln einzuhalten. So genannte „Magnetophosphene“ sind bekannte Lichtwahrnehmungen, die durch starke, von außen angelegte Magnetfelder im Experiment beim Menschen künstlich erzeugt werden können. Sie sind damit ein direkter Beweis, dass im Zentralnervensystem relativ schwache (induzierte) elektrische Felder grundsätzlich physiologische Effekte auslösen können.

Auch das sichtbare Licht, für das die Augen des Menschen als Reizsensoren die größte Empfindlichkeit haben, gehört zum elektromagnetischen Wellenspektrum, wie auch die Signale von Mobilfunkgeräten. Die Wellenlängen und die damit direkt zusammenhängenden Wellenfrequenzen liegen allerdings in sehr unterschiedlichen Bereichen, die um mehrere Größenordnungen voneinander getrennt sind.

Gibt es trotzdem Grund genug anzunehmen, dass auch die „Pulsfrequenzen“ digitaler Mobilfunksignale womöglich über den Sehapparat Einfluss auf unser Gehirn nehmen können?

### **3.1.5 Erregungsleitung in Nerven – Angriffspunkt für elektromagnetische Felder?**

Einige der Vermutungen über nicht-thermische Wirkungen pulsmodulierter elektromagnetischer Felder auf den Menschen setzen voraus, dass die Felder die Erregungsleitung in Nervenzellen beeinflussen. Hierzu gehören zum Beispiel die Beeinflussung des Schlafs, Einflüsse auf Gedächtnis- und Reaktionsleistungen, allgemeine EEG-Veränderungen oder ein Einfluss auf vegetative Körperfunktionen. Gegenstand der vorliegenden Betrachtung ist, wie die Übertragung von Erregung innerhalb von Nervenzellen oder zwischen mehreren solcher Zellen funktioniert und ob hier grundsätzlich eine Beeinflussung durch schwache elektromagnetische Felder von Funkanwendungen realistisch ist, wenn keine Wärmewirkung im Spiel ist.

### **3.1.6 Einfluss von DECT-Telefonen auf den Menschen – Aktuelle Studien im Fokus**

DECT-Telefone werden verdächtigt, gesundheitliche Schädigungen hervorzurufen. Ob dieser Verdacht zu Recht besteht, wurde durch Sichtung aktueller Forschungsberichte und Stellungnahmen von Expertengremien überprüft. Der niederländische Gesundheitsrat, der eine umfassende Bewertung Anfang 2007 veröffentlicht hat, kommt zu dem Ergebnis, dass es keine wissenschaftlich fundierten

Hinweise auf gesundheitliche Beeinträchtigungen durch die Felder von DECT-Telefoneinrichtungen gibt. Auf Details und Hintergründe wird im Folgenden eingegangen.

### **3.1.7 Gepulste Hochfrequenz in der Radartechnik Biologische Auswirkungen**

Eine technische Anwendung, die beispielhaft für die Charakterisierung von gepulsten hochenergetischen Strahlen immer an erster Stelle genannt wird, ist RADAR. In Abschnitt 2.2.2 wurde darauf bereits mit einem historischen Rückblick, der Beschreibung der technischen Funktion und der praktischen Anwendungsfälle eingegangen. Hier geht es um die Arten der von Radar erzeugten Strahlung und die Auswirkungen auf die biologischen Systeme.

### **3.1.8 Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf die Anfallprovokation bei Personen mit Epilepsie**

Bei Epilepsie handelt es sich um eine chronische neurologische Erkrankung, bei der durch eine Überaktivität des Gehirns aufgrund unterschiedlicher Reizeinflüsse Anfälle ausgelöst werden können. Im folgenden Beitrag soll anhand vorliegender Versuchsergebnisse und Studien diskutiert werden, ob und inwieweit elektromagnetische Felder – insbesondere die des Mobilfunks – Einfluss auf diese Krankheit nehmen können.

## **3.2 Welche Forschungsergebnisse gibt es?**

### **3.2.0 Schnellschuss oder wissenschaftliche Qualität? Verwirrende Vielfalt der Forschungsaktivitäten**

Basis wissenschaftlicher Erkenntnis ist die Forschung. Will man also zu beobachteten oder vermuteten Effekten die genauen Ursachen und Wirkungsweisen kennen, zum Beispiel um einen angemessenen Umgang damit abzuleiten, insbesondere um sich die natürlichen Effekte zunutze zu machen, ohne dadurch Schaden zu nehmen, so muss man intensiv in Forschungen einsteigen, d.h. die Effekte in ihrem gesamten Umfang in wissenschaftlicher Qualität analysieren.

Zum Thema Mobilfunk gibt es bereits eine sehr große Zahl an Forschungsarbeiten und –ergebnissen mit mehr oder weniger guter wissenschaftlicher Qualität. Die Beurteilung der gewollten und besonders auch der ungewollten Effekte elektromagnetischer Felder und die weitere Forschung konzentrieren sich daher auf Teilthemen bzw. Sichtweisen, zu denen noch nennenswerte Unsicherheiten bestehen.

Ein solches Teilthema, die Besonderheiten gepulster Felder, ist Gegenstand dieses Buches. In diesem Abschnitt wird zunächst der Versuch unternommen, anhand der einzelnen vorliegenden speziellen Studien einen umfassenden Überblick zu geben über den Stand der Erkenntnisse zu besonderen Wirkungen der Pulsung.

Ergänzt wird diese Übersicht durch die Darstellung der aktuellen Diskussion zu einer weiteren speziellen Betrachtung, die unter dem Begriff „Mechanismen“ zusammengefasst wird und den vollständigen Ursache-Wirkungs-Weg erfassen will.

### **3.2.1 Literaturanalyse zu experimentellen biomedizinischen Studien über Effekte hochfrequenter elektromagnetischer Felder unter besonderer Berücksichtigung des Unterschieds zwischen „gepulsten“ und „un gepulsten“ Feldern**

Die vorliegende Literaturanalyse hatte das Ziel, experimentelle biomedizinische Studien, die sich explizit der Frage nach der Wirkung pulsmodulierter Felder (PW, pulsed wave = „gepulste Welle“) im Vergleich zu nicht pulsmodulierten Feldern (CW, continuous wave = „kontinuierliche Welle“) widmeten, zu recherchieren und auszuwerten. Dabei wurde überprüft, ob die in dieser wissenschaftlichen Literatur aufgezeigten biologischen Effekte elektromagnetischer Felder (Frequenzbereich 0,35 – 300 GHz) je nach Anwendung pulsmodulierter bzw. nicht pulsmodulierter Felder unterschiedlich waren. In den

entsprechenden Studien wurde biologisches Material, wie Zellen, Gewebeproben und Pflanzen sowie Tiere und Menschen untersucht.

Im Fokus der Analyse stand *nicht* zu ermitteln, in welchen Studien die Auslösung eines messbaren biologischen Effekts durch die Einwirkung der Felder *an sich* beschrieben wird, sondern in welchen Effektunterschiede unter PW- und CW-Bedingungen oder das Auftreten eines Effekts unter nur *einer* dieser Bedingungen festgestellt wurde.

Die Herkunft der Studien nach Ländern und Arbeitsgruppen, die technischen Aspekte sowie verschiedene biologische Endpunkte wurden berücksichtigt bzw. gesondert betrachtet. Ziel war es hier, Parameter aufzudecken, die möglicherweise besonders empfindlich auf eine Pulsung elektromagnetischer Felder ansprechen. Dabei sollten erkennbare Tendenzen herausgefiltert werden und eventuell vorhandene Forschungslücken aufgezeigt werden.

Im vorliegenden Buch wird eine Kurzfassung der Literaturanalyse vorgestellt, während die vollständige Literaturanalyse als umfassendes eigenes Werk zu einem späteren Zeitpunkt veröffentlicht wird. Alle im folgenden Text genannten Literaturzitate beziehen sich auf die Literaturliste im Anhang zu diesem Buch (A9).

### **3.2.2 Mechanismen der Einwirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf biologische Systeme, Zusammenfassung von Workshops und Seminaren**

Die grundsätzlichen Probleme, wie hochfrequente elektromagnetische Felder (HF-EMF) auf den Menschen und andere biologische Systeme wirken können, wurden bereits im Abschnitt 3.1.2 behandelt. Dieser Beitrag gibt einen kurzen Überblick zu Inhalten und Ergebnissen von Workshops und Seminaren zum Thema Mechanismen, die in den letzten sieben Jahren stattfanden und von der Forschungsgemeinschaft Funk (FGF), dem Mobile Manufactures Forum (MMF) oder/und der Europäischen Forschungsinitiative COST 281 organisiert wurden.

Vorausgehend zu diesen Veranstaltungen hatte die FGF bereits 1996 eine Literaturstudie initiiert, die den damaligen Stand der Mechanismen-Vorstellungen zusammenfasst (Haberland 1999).

## **3.3 Medizinische (therapeutische) Anwendungen von Pulsungen**

### **3.3.0 Gezielte Nutzung gepulster Felder in der Biologie**

In den bisherigen Abschnitten ging es immer um die technische Anwendung gepulster Signale und deren mögliche biologische Nebenwirkungen mit der Intention, biologische Wirkungen zu vermeiden. Wenn man jedoch von der Existenz biologischer Wirkungen der elektromagnetischen Felder (EMF) ausgeht, kann man versuchen, diese Wirkungen gezielt für gesundheitliche, d.h. therapeutische Zwecke einzusetzen. Ein Beispiel ist die nachfolgend beschriebene Stimulation von Knochenwachstum als Therapie bei Knochenbrüchen.

Wie der Beitrag zeigt, gibt es jedoch auch hier keine eindeutigen, abgeschlossenen Erkenntnisse über die Wirkungsweise der eingesetzten EMF, so dass je nach Sichtweise von bestätigtem Behandlungserfolg oder Placebo-Effekt gesprochen wird. Eine eindeutige Wirkung kann nur bei starken Feldern weit oberhalb der für den Menschen zugelassenen Feldstärken erklärt werden. Aus diesem Beispiel ist zweierlei abzuleiten, zum einen: Selbst wenn Wissenschaft und Medizintechnik es darauf anlegen, im Bereich zulässiger Exposition gezielt biologische Wirkungen zu erzeugen, gelingt dies – zumindest in diesem Beispiel - weder mit gepulsten noch kontinuierlichen EMF in zuverlässiger wissenschaftlicher Qualität, d.h. eindeutig und nachvollziehbar. Zum anderen gibt es auch hier Erklärungsansätze über Wirkungsweisen, zu denen zu prüfen wäre, ob sie auch als ungewollte Nebenwirkung bei nicht-therapeutischer Exposition wie Mobilfunk entstehen könnten.

### **3.3.1 Gepulste Felder zur Therapie von Knochen und Gelenken - sind die derzeit verwendeten Geräte wirksam?**

Schon mehr als zwei Jahrhunderte richtet sich die Hoffnungen von Patienten und Ärzten auf eine erfolgreiche Therapie durch die Wirkung elektrischer und magnetischer Felder und leider auch von einer großen Schar von Scharlatanen auf entsprechende Gewinne. Obgleich die ersten Versuche in früherer Zeit hauptsächlich der Heilung von Erkrankungen wie Kopfschmerzen, Krämpfen, Epilepsie etc. galten, sind bereits im 19. Jahrhundert Bemühungen bekannt, elektrische Felder zur Beschleunigung der Heilung von Knochenbrüchen einzusetzen. Diese offenbar nicht sehr erfolgreichen Versuche gerieten in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts mehr und mehr in Vergessenheit.

Nun bieten viele Firmen der Medizintechnik Geräte zur Stimulation des Knochenwachstums an. Seit 1979 ist dieses Verfahren in den USA zugelassen; an Hunderttausenden von Patienten wurde es bisher erprobt. Doch: ist es mehr als eine Placebo-Therapie? Obgleich diesem Verfahren ein vernünftiger Gedanke zugrunde liegt, konnte diese Hypothese bisher experimentell nicht verifiziert werden.

Zwar macht der Beitrag deutlich, dass die Bemühungen, das Knochenwachstum durch elektrische Felder künstlich zu beeinflussen, durchaus erfolgversprechend sein könnten. Selbst wenn sich diverse Hypothesen und Versuche als unzutreffend erweisen, so könnte ein elektrisches Feld Strömungen induzieren und damit in den Prozess der Regulation des Knochenwachstums und der Knochenregeneration eingreifen. Voraussetzung dafür wäre allerdings, dass die elektrischen Parameter der Therapiegeräte tatsächlich geeignet wären, dies zu vollbringen.

## **4 Öffentliche Wahrnehmung gepulster Felder**

### **4.0 Wie objektiv ist die öffentliche Wahrnehmung?**

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln einerseits technische Grundlagen und Anwendungen und andererseits biologische Erkenntnisse vorgestellt wurden, wendet sich das folgende Kapitel der Seite der Wahrnehmung zu.

Der große technische Fortschritt begann bekanntermaßen vor etwa 200 Jahren. Damals waren es zunächst nur einzelne Entdeckungen und Erfindungen, wie Glühbirne und Eisenbahn, später dann Auto und Telefon, und der Mensch konnte sich entscheiden, ob er diese technischen Neuerungen nutzen wollte. Doch die technische Entwicklung erfolgte rasant und nahm immer mehr Platz im alltäglichen Leben ein, bis sie heute flächendeckend und in fast allen Frequenzbereichen und Leistungsstärken ihre Anwendung findet.

Schalten wir unser Handy und damit das damit verbundene Feld aus, so sind wir doch weiterhin von den elektromagnetischen Wellen der Sendtürme umgeben. Gleiches gilt für Radio und Fernsehen. Bei Fön, Rasierapparat oder Toaster dagegen bestehen nach dem Ausschalten keine elektromagnetischen Felder weiter. Dass sich die Felder auch außerhalb der eigenen Wände ausdehnen und sich elektrische Geräte entsprechend „stören“ können, hatte man insbesondere in der Vergangenheit öfter erfahren können. Was zu der Frage führte, ob elektromagnetische Wellen dann nicht auch beim Menschen Störungen in Form von gesundheitlichen Auswirkungen hervorrufen können.

Viele Menschen reagieren bei technischen Innovationen mit Skepsis, insbesondere dann, wenn Ihnen die technischen Grundlagen zum Verständnis hierfür fehlen. Verwundern tut dies kaum, schließlich befürchtete man schon 1835 bei der ersten Fahrt mit der Eisenbahn in Deutschland, der Mensch sei für Geschwindigkeiten über 25 km/h nicht geschaffen und man müsste mit ernsthaften Erkrankungen rechnen. Viele Ärzte warnten damals daher vor deren Benutzung. Heute rauschen Tausende mit 10facher Geschwindigkeit täglich zur Arbeit, beängstigende Gedanken gehören der Vergangenheit an.

Doch wie ist die Stimmung beim Mobilfunk? Elektromagnetische Wellen gibt es heute überall und es werden ständig mehr. Und in der Diskussion ganz oben: Die Angst vor gepulsten Signalen, die von einigen mit Pulsen verglichen werden, die unseren eigenen Puls und Herzschlag durcheinander bringen, von anderen mit Schlägen, die unser Gleichgewicht stören, unsere Nerven schädigen und unsere Gesundheit ruinieren können. Es ist die Rede von der Grundangst im Menschen vor giftigen oder ge-

fährlichen Dingen – bewusst oder unbewusst. Wir können elektromagnetische Wellen nicht riechen, nicht sehen, nicht schmecken und auch nicht fühlen. Und gerade, weil man diese Wellen nicht wahrnehmen kann, hat sich daraus eine gewisse Mystik entwickelt. Andererseits hat sich mit den Pulsen eine vergleichbare Darstellung gefunden. Sind sie deshalb besonders gefährlich?

## **4.1 Gepulste Gefahr?**

### **Die öffentliche Diskussion am Beispiel der DECT-Telefone**

Schnurlose Telefone halten zunehmend in den heimischen vier Wänden Einzug. Wie die Mobiltelefone geraten auch sie in die kontroverse Diskussion zur Schädlichkeit der Funkfelder. Dabei trifft die Kritik besonders Telefone, die nach dem neuen digitalen DECT-Standard arbeiten. Der DECT-Standard hat den älteren analogen CT-1+-Standard und dessen digitalen Nachfolger CT-2 abgelöst. Im Gegensatz zu analogen CT-1+-Telefonen arbeiten DECT-Telefone mit einem gepulsten Signal, das ständig ausgesendet wird. Geräte nach dem CT-2-Standard verwenden ebenfalls ein gepulstes Signal, aber nur im aktiven Sendebetrieb; wenn nicht telefoniert wird, unterbleibt die Signalausendung. Aus Sicht der Hersteller ist das Dauersignal der DECT-Telefone standardbedingt unumgänglich. In verschiedenen Presse- und Fernsehberichten wurde daher den DECT-Telefonen das Prädikat „gefährlich“ ausgestellt.

In unserem Beitrag werden verschiedene Argumentationen und Aspekte zur DECT-Technik aufgegriffen und miteinander verglichen. Es wird gezeigt, dass die Kritik vorwiegend von subjektiven Erlebnissen und Empfindungen geprägt ist, die wissenschaftlich nur dürftig untermauert sind. Dem stehen wissenschaftliche Ergebnisse internationaler und nationaler Institutionen gegenüber, die in der DECT-Technik kein gesundheitsgefährdendes Potenzial erkennen können.

Die Frage nach einer möglichen Gesundheitsgefährdung durch DECT-Telefone wird auch in Zukunft für gesplante Meinungen sorgen, und es bleibt Aufgabe der Forschung und Wissenschaft, darauf eine möglichst eindeutige sachliche Antwort zu finden.

## **4.2 Die Angst vor Pulsen**

### **4.2.0 Warum ist der Mobilfunk im Fokus der Ängste?**

Um dieses Thema abzudecken, müssen verschiedene Fragen geklärt werden: Warum äußert man Befürchtungen zu den Wellen und Feldern von Handy & Co, während man in der allgemeinen Diskussion Fernseh- und Hörfunksender außer Acht lässt? Inwieweit lässt sich dies – technisch oder psychologisch gesehen – begründen oder widerlegen? Gibt es Personen, die so sensibel sind, dass sie diese Wellen, insbesondere die gepulsten, „ahnen“ können? Handelt es sich bei Elektrosensibilität um eine reale Wahrnehmung oder um einen psychologischen Effekt? Aber auch, wenn die Angst vor elektromagnetischen Feldern und Wellen unbegründet ist, so muss dies ernst genommen und untersucht werden, weil ebendiese Angst selbst krank machen kann.

### **4.2.1 Angst vor steilen Flanken?**

Angeblich liegt die Gefahr der digitalen bzw. gepulsten Mobilfunksignale in den „steilen Flanken“. In diesem Beitrag wird gezeigt, dass diese Aussage schlicht falsch ist, da bei dem seit 60 Jahren verbreiteten Fernseh-Signal in deutlich kürzerer Zeit aufgetastet wird und keine nachweisbar negativen Auswirkungen auf die Gesundheit des Menschen festgestellt wurden.

### **4.2.2 Pulsung: Argumente mit dem Schlagbohrhammer**

Wenn über die Gefährlichkeit und Ungefährlichkeit elektromagnetischer Felder (EMF) des Mobilfunks diskutiert wird, führen Gegner und Befürworter unzählige Argumente auf, um ihrer Meinung - ihrer jeweiligen Wahrheit - Ausdruck zu verleihen. Häufig wird mit Metaphern und Bildern gearbeitet, um bestimmte (Schreckens-) Szenarien für den Adressaten erlebbar und so nachvollziehbar zu machen. Meistens geht es darum, die informationssuchende Person von vermeintlichen Konsequenzen, die der Mobilfunk haben wird, zu überzeugen, für den Fall, dass etwas nicht gemacht wird oder eben doch.

Ein immer wieder anzutreffendes Argument von Mobilfunkgegnern in der Debatte hebt die besondere Problematik der Pulsung heraus. Im Sinne einer Warnung wird die Pulsung verglichen mit einer „Bohrmaschine, die durch Zuschalten des Schlagwerks zum Schlagbohrhammer wird, der dann innerhalb einer Sekunde nicht nur einmal, sondern durch Pulsung seiner Kraft seine Leistung zig-tausend Mal in der Sekunde erbringt“ (Zitat: Bürgerwelle, [www.buergerwelle.de/deutschstart.html](http://www.buergerwelle.de/deutschstart.html)).

Was bewirken solche Spiele mit Schreckensszenarien? Wie ist dieses Schlagbohrhammer-Argument im Hinblick auf die Risikowahrnehmung von Nicht-Experten zu bewerten?

Zur Beantwortung dieser Fragen müssen zwei Ebenen des Puls-Arguments unterschieden werden: Die sachliche inhaltliche Ebene und die konnotativ mitschwingende emotionale Ebene. Die erste Ebene beinhaltet die Hypothese, dass die Verpackung von Daten in kleine digitale Pakete, die zu definierten Zeitpunkten gesendet werden, gefährlicher ist, verglichen mit einer kontinuierlichen Übertragung. Die zweite Ebene arbeitet mit emotionalisierten Inhalten als Überzeugungsmitteln. Es wird versucht, mittels Wörtern wie „Schlagbohrhammer“ Schreckensassoziationen und -bilder auszulösen, die eine Bedrohung, eine Gefahr erahnen lassen und ein „ungutes“ Gefühl oder sogar Angst auslösen können.

In Bezug auf die erste Ebene ist festzuhalten und in den anderen Beiträgen dieses Buches näher erläutert, dass wissenschaftlich keine hinreichende Begründung für das Puls-Argument besteht. Für die Pulsung als Warnung gilt: Die Aussagekraft ist aufgrund der fehlenden wissenschaftlichen Evidenz sehr gering, so dass sie bei der persönlichen Risikowahrnehmung keine besondere Rolle spielen sollte.

Wäre da nicht die emotionale Komponente des Pulsungs-Arguments! Es ist anzunehmen, dass gerade der konnotative Anteil des Arguments sehr wohl eine Wirkung auf den Adressaten und somit auf die Risikowahrnehmung hat (z. B. in Bezug auf die Frage, ob nun EMF gefährlich oder nicht gefährlich sind). Die Forschung zur Risikowahrnehmung und zur Informationsverarbeitung stellt aufschlussreiche Erkenntnisse zur Rolle von Emotionen sowie positiven und negativen Gefühlen bereit, auf die im Folgenden eingegangen wird.

#### **4.2.3 Biologische Relevanz gepulster Signale in der öffentlichen Diskussion**

Unterscheidet sich die biologische Wirksamkeit gepulster Signale von ungepulsten? Diese Frage wird seit mindestens 10 Jahren öffentlich erörtert. Auch die wissenschaftliche Diskussion zu dieser Frage ist nach wie vor kontrovers. Am Beispiel zweier Experteninterviews aus Internet- und Schriftmedien werden häufig zitierte Argumente aus der Sicht bekannter Wissenschaftler gegenübergestellt und diskutiert.

## **5 Welche Schlüsse ziehen Expertenkommissionen?**

### **5.0 Forschungsergebnisse, Normung und Schutz, Perspektiven**

In den bisherigen Abschnitten dieses Buches sind bereits einige Experten zu Wort gekommen, die aus ihrer fachlichen Sicht die Zusammenhänge und Hintergründe zum Thema dargestellt haben. Dabei ist deutlich geworden, dass unterstellte Nebenwirkungen des Mobilfunks weltweit mit großer Aufmerksamkeit verfolgt werden, eine große Anzahl an Forschungsergebnissen vorliegt und Konsequenzen auf der Basis dieses Erkenntnisstandes gezogen werden.

Dieser Abschnitt soll dazu dienen, einen Überblick zu geben über diese Konsequenzen, die sich sowohl in der internationalen Normungsarbeit wiederfinden, als auch als zusammenfassende fachkundige Aussagen im Namen nationaler und internationaler Expertenkommissionen veröffentlicht sind. Demnach besteht Einigkeit, dass bisher keine Gesundheitsschädigung durch Mobilfunkfelder innerhalb der geltenden Grenzwerte wissenschaftlich nachweisbar ist. Besonderheiten gepulster Signale werden dabei nicht herausgestellt.

Alle wissenschaftlich orientierten Aussagen beinhalten aber auch, dass die Forschung nicht abgeschlossen ist und sein kann, da es unmöglich ist, mit wissenschaftlichen Mitteln die Nichtexistenz ei-

nes Effektes nachzuweisen. Trotz der vielen im Sinne medizinischer Diagnose negativen Forschungsergebnisse gibt es daher immer noch unterschiedliche Folgerungen unter den Experten.

## 5.1 Aufgabe der nationalen und internationalen Normung

Auch wenn die Nutzung der Mobilfunkkommunikation, besonders des Mobiltelefons, prinzipiell in der Bevölkerung akzeptiert ist, wird das Thema Strahlungsexposition von Mobilfunkgeräten und Basisstationen emotional und kontrovers diskutiert. Hintergrund ist die Skepsis um technische Neuerungen im Allgemeinen und deren Beurteilung um potenzielle Gesundheitsrisiken im Besonderen. Im Kontext kommt sowohl der Wissenschaft als auch den nationalen und internationalen Standardisierungsgremien eine besondere Bedeutung zu. Im Mobilfunkbereich werden seit den 80er Jahren die Ergebnisse von nationaler und internationaler Forschung in Normen und Grenzwerte mit dem Ziel umgesetzt, eine Gefährdung des Menschen durch elektromagnetische Strahlung nach menschlichem Ermessen auszuschließen.

Hierbei agieren internationale Gremien, wie die ICNIRP (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection), internationale Organisationen wie die WHO (World Health Organisation), der Europäische Rat, Standardisierungsgremien wie die International Electrotechnical Commission (IEC), ETSI (European Telecommunications Standards Institute) oder CEN/CENELEC (Comité Européen de Normalisation / Comité Européen de Normalisation Electrotechnique).

Bei der Festlegung von Immissionsgrenzwerten sind eine Reihe unterschiedlicher Expertenauffassungen miteinander in Einklang zu bringen. Forschungsberichte müssen geprüft und die Wirkung auf den Menschen aus Tierversuchen abgeleitet werden. Aufgrund der verfügbaren Kenntnisse und der hieraus abgeleiteten Grenzwerte kann dann ein geeigneter Schutz vor der Exposition durch zeitlich veränderliche EMF definiert werden.

Wie das im Einzelnen funktioniert, erklärt der entsprechende Beitrag.

## 5.2 Wie bewertet ICNIRP gepulste elektromagnetische Felder?

Die Internationale Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierenden Strahlen (ICNIRP) befasst sich in kurzen Abständen mit der Thematik und nimmt auf der Basis der verfügbaren aktuellen Forschungsergebnisse Stellung zur gesundheitlichen Problematik, gibt Empfehlungen ab und veröffentlicht sie. Sie tut das auf internationaler Ebene und ist das Beratergremium (Expertengremium) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wie auch der EU; auf der nationalen Ebene ist es in Deutschland die Strahlenschutzkommission (SSK). Die ICNIRP wurde 1992 während eines internationalen Strahlenschutz-Kongresses gegründet und ist international als unabhängiges Fachgremium anerkannt.

Professor Dr. Jürgen Bernhardt ist über viele Jahre (1992-2004) Mitglied dieser Kommission gewesen, davon 1996-2000 als Vorsitzender und 2000-2004 als stellvertretender Vorsitzender. Darüber hinaus war er langjähriger Mitarbeiter des Bundesamtes für Strahlenschutz und des Institutes für Strahlenhygiene. Auf beiden Ebenen hat er sich immer wieder mit den gesundheitlichen Aspekten nicht nur des Mobilfunks, sondern auch der nieder- und hochfrequenten elektromagnetischen Felder befasst. Damit kommen die nachfolgenden gesundheitlichen Bewertungen der ICNIRP zu gepulster HF und NF wirklich aus allererster Hand.

Vorauszuschicken ist noch eine Anmerkung:

Im Bereich der EMVU hat man die Grenze zwischen Nieder- und Hochfrequenz bei 100 kHz gezogen, weil in den zwei Bereichen unterschiedliche Effekte vorherrschen. Unterhalb dieser Grenze sieht man die Stromdichte als wirksame Größe an, darüber den Energieeintrag. Beides kommt in den Basisgrenzwerten zum Ausdruck.

In der Funktechnik spricht man ab 30 kHz (oder noch darunter) von Hochfrequenz, weil sie sich dort bereits als Trägerfrequenz für aufmodulierte Übertragungsinformationen nutzen lässt. Es handelt sich hier um keine mit Zahlenwert definierte Grenze.

### **5.3 Statements der Expertenkommissionen**

Die teilweise umfangreichen Aussagen der wesentlichen Expertenkommissionen werden kurz, sachlich und umfassend resümiert. Die Kern-Aussagen selbst finden sich als wörtliche Zitate im Anhang 8, verbunden mit Quellenangaben, aus welcher Publikation die Zitate entnommen sind, bzw. mit Internet-Links zum zitierten Dokument.

### **5.4 Statements einzelner Experten/Meinungsbildner**

Aussagen renommierter internationaler Experten zu gesundheitlichen Wirkungen elektromagnetischer Felder finden sich in den Veröffentlichungen der WHO zu spezialisierten Workshops und Seminaren über aktuelle Themenbereiche. Intensiv diskutierte Schwerpunktthemen stellten in den letzten Jahren vor allem die Forschungen in den Bereichen „EMF-Hypersensitivität“ und „Wirkungen von EMF auf Kinder“ dar. Die Expertenaussagen stimmen in der Bewertung überein, dass auch bei Langzeitexpositionen bis heute keine bestätigten gesundheitsschädlichen Wirkungen schwacher elektromagnetischer Felder unterhalb der ICNIRP-Grenzwert-Empfehlungen bekannt sind. Dies gilt sowohl für ungepulste als auch für gepulste Felder.

## **6 Zusammenfassung und Ausblick**

### **6.0 Ist die Pulsung nun erkannt als die wahre Ursache schädlicher Effekte?**

Wer dieses Buch bis hierher gelesen hat, ist mit einer Fülle von Informationen aus Technik und Biologie konfrontiert worden. Damit wird zunächst deutlich, wie umfassend die Thematik ist und wie wenig hier schnelle und oberflächliche Betrachtung und Schlussfolgerung angemessen sind.

Fundierte Schlussfolgerungen aus den bis heute vorliegenden Erkenntnissen sollen in diesem Abschnitt gezogen werden, und es zeigt sich, dass auch aus wissenschaftlicher Sicht das Thema nicht abgeschlossen ist. Es wird zusammenfassend darauf eingegangen, dass diverse Argumente aus der öffentlichen Diskussion zwar leicht widerlegt werden können und die bisherigen wissenschaftlichen Forschungsergebnisse keinerlei Anlass für panikartige Reaktionen liefern, dass andererseits aber der Stand der Wissenschaft nicht ausreicht, um die moderne Mobilfunktechnik und ihre künftige Entwicklung ohne weitere Prüfung anzuwenden.

Es geht also darum, mit einer möglichst sachlichen Sichtweise bei allen Beteiligten in der Diskussion zu bleiben, daraus weitere Forschungserfordernisse abzuleiten und angemessene Konsequenzen für Nutzung und Grenzen der technischen Möglichkeiten zu ziehen.

### **6.1 Wirken gepulste Felder anders?**

#### **Stand der Forschung, Konsequenzen, Perspektiven**

Dieses Buch widmet sich der in der Öffentlichkeit viel diskutierten Frage, ob sich nicht vielleicht die Forschung über die Wirkung elektromagnetischer Felder und auch die daraus abgeleiteten Grenzwerte im Wesentlichen auf kontinuierliche Schwingungen beziehen; ob nicht vielmehr gepulste oder modulierte Hochfrequenzfelder anders, möglicherweise wesentlich stärker auf das biologische System einwirken. Besondere Besorgnis erregen natürlich die Pulse und Amplitudenschwankungen des Mobilfunks. Der populistische Charakter von Argumenten zu dieser Problematik, bei denen von "Nadelstich"- oder gar "Schlagbohrhammer"-Effekten die Rede ist, wurde bereits in einem anderen Beitrag dieses Buches offengelegt. Auch die technisch-physikalischen Parameter der uns umgebenden HF-Felder und ihr Amplitudenverhalten bzw. ihre Pulsung sind an anderer Stelle bereits im Detail besprochen.

## **6.2 Was tun mit dem Restrisiko? Risikowahrnehmung und Risikokommunikation**

Alle vorherigen Ausführungen in diesem Buch führten zu dem Schluss, dass es kein allgemein akzeptiertes eindeutiges Resümee gibt, ob Funkfelder oder insbesondere gepulste Felder die Gesundheit beeinträchtigen. Es bleibt der Umgang mit dem Risiko, dass es doch bisher unerkannte Effekte gibt, die Einfluss auf die Gesundheit nehmen könnten. Mit Risiken leben wir auch in anderen Bereichen, sei es in der Lebensmittelversorgung, im Wohnumfeld mit den verwendeten Bau- und Ausstattungsmaterialien oder – vielleicht noch am deutlichsten – im Reiseverkehr. Diese Risiken richtig einzuschätzen und ihre Bedeutung angemessen zu bewerten, ist auch für Experten nicht immer einfach.

## **Glossar**

Das Glossar enthält Erklärungen zu einigen ausgewählten, im Zusammenhang mit dem Thema auftretenden Abkürzungen und Begriffen. Weitere Informationen sind im Internet zu finden im Glossar des EMF-Portals (<http://www.emf-portal.de/glossar.php?l=g>).

## **Anhänge**

### **A1 Entwicklung des öffentlichen Mobilfunks in Deutschland**

Für nahezu 80 Millionen Einwohner Deutschlands ist das Handy heute ein nicht mehr wegzudenkendes Kommunikationsmittel, das sogar beginnt, das Festnetz mehr und mehr zu substituieren. Dabei liegt der Beginn des rasanten Teilnehmer-Zuwachses im öffentlichen Mobilfunk erst ein Jahrzehnt zurück. Dieser Beitrag will einen Überblick vermitteln über die Entwicklung der Mobilfunktechnik in Deutschland, beginnend bei den mehr als 80 Jahre zurückliegenden Anfängen der Eisenbahn-Telefonie, über die analogen A-, B-, und C-Netze der ersten Generation, die digitalen GSM-Netze der 2. Generation und deren Evolutionsschritte, die UMTS-Netze der 3. Generation mit ihren Weiterentwicklungen bis hin zu den Aktivitäten zur Konzipierung einer zukünftigen Technologie der 4. Generation. Der Schwerpunkt dieser Betrachtungen liegt dabei in der Beschreibung der wichtigsten funktchnischen Parameter.

### **A2 GSM**

Ende der 1980er Jahre entschied in Deutschland der damalige Postminister Schwarz-Schilling, dass neben der Deutschen Telekom (heute T-Mobile) ein privater Anbieter eine GSM-Lizenz erhalten solle. Diese zweite Lizenz ging 1989 an den Mannesmann-Konzern (heute Vodafone). Der Regelbetrieb der im 900-MHz-Bereich arbeitenden D1- und D2-Netze (GSM 900) begann 1992.

Im Jahre 1993 vergab der nachfolgende Postminister Bötsch die Lizenz für ein im 1800-MHz-Bereich arbeitendes drittes GSM-Mobilfunknetz E1 an den Betreiber E-Plus. 1997 folgte als zweiter E-Netz-Betreiber Viag Interkom (heute O2). Mittlerweile verfügen auch T-Mobile und Vodafone über 1800-MHz-GSM-Frequenzen, wie auch E-Plus und O2 kürzlich Frequenzen im 900-MHz-Bereich erhalten haben.

Ende 2006 gab es in Deutschland über 83 Mio. GSM-Teilnehmer, die von mehr als 60.000 Basisstationen versorgt werden. Weltweit befinden sich heute in mehr als 200 Ländern GSM-Systeme im Einsatz.

### **A3 UMTS**

Unter der Bezeichnung IMT2000 (International Mobile Telecommunications 2000) wurden Ende 1980 von der ITU (International Telecommunication Union) die Anforderungen an ein Mobilfunksystem der

dritten Generation festgelegt. Dieses UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) genannte System wurde ursprünglich von ETSI standardisiert, wird jedoch inzwischen vom 3GPP (3rd Generation Partnership Project) weiter betreut. Im Zuge der kontinuierlichen Weiterentwicklung des Standards sollen u.a. durch HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) die Downlinkdatenraten und durch HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) die Uplinkdatenraten gesteigert werden.

Mit UMTS wurde die technische Grundlage für die Übermittlung großer Datenmengen geschaffen und dadurch die Voraussetzungen für eine Vielzahl neuer multimedialer Anwendungen ermöglicht. Dank hoher Datenübertragungsgeschwindigkeiten sowie des schnellen Zugriffs auf das Internet wird das Mobiltelefon zu einer universell einsetzbaren Kommunikationsplattform.

UMTS umfasst erweiterte multimediale Dienste wie

- Audio- und Videotelefonie (persönliche Kommunikation)
- Unified Messaging, Video-Sprach-Mail, Chat (Nachrichtendienste)
- Internetzugang => z.B. World Wide Web browsing, Informationsdienste, öffentliche Dienste (Informationsverteilung)
- persönliche Navigation, Fahrerunterstützung (Standortbezogene Dienste)
- Prozessmanagement, Mobilität in geschlossenen Räumen (Geschäftsdienste)
- Bankdienste, e-Commerce, Überwachung, Beratungsdienste (Massendienste)

## A4 TETRA

Terrestrial Trunked Radio (TETRA) ist ein zelluläres, digitales Bündelfunksystem, das speziell für den Behörden- und Betriebsfunk entwickelt und vom European Telecommunications Standards Institute (ETSI) 1995 als Standard veröffentlicht wurde. TETRA vereint die Vorteile des Bündelfunkprinzips (d.h. keine feste, sondern dynamische, bedarfsorientierte Zuordnung der Funkkanäle je Benutzer/gruppe) mit denen des digitalen Mobilfunks. TETRA-Netze zeichnen sich gegenüber analogen Pendants durch bessere Frequenzökonomie, exzellente Übertragungsqualität bei Sprach- Datenanwendungen, ein flexibles Netz- und Verbindungsmanagement sowie hohe Ausfalls- und Abhörsicherheit aus. Diese Merkmale sind es, die TETRA besonders für die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) wie Polizei, Feuerwehr, Hilfsorganisationen oder Katastrophenschutz interessant machen. Aber auch im professionell kommerziell genutzten Bereich wie auf Flughäfen, bei Nahverkehrsbetrieben oder Transportunternehmen wird die innerbetriebliche Funkkommunikation über TETRA-Netze abgewickelt.

TETRA kann grundsätzlich auf allen Frequenzen unterhalb 1 GHz arbeiten. Gemäß CEPT decision ERC/DC(96)04 stehen in Europa die Frequenzbänder 380 MHz – 400 MHz (europaweit für die BOS reserviert), 410 MHz – 430 MHz, 450 MHz – 470 MHz sowie das 800 MHz-Band (für kommerzielle Nutzer) zur Verfügung.

TETRA bietet eine Vielzahl von Dienste- und Leistungsmerkmalen, die sich an den Anforderungen professioneller Anwender orientieren. Verschlüsselung der Kommunikations- und Signalisierungsdaten auf der Luftschnittstelle, Ende-zu-Ende Verschlüsselung, dynamische Gruppenbildung, Wechsel zu und Anmeldung in Nachbarzellen (Handover, Roaming), Flottenmanagement mit Unterstützung durch das Global Position System (GPS), sowie Gateway-Funktionalitäten zu anderen Kommunikationsdiensten und -netzen stellen nur einen Auszug dar. Durch den im Vergleich zu GSM extrem schnellen Verbindungsaufbau (typisch 300 ms), per Tastendruck absetzbare Notrufe oder unbemerktes Mithören der Leitstelle im Notfall werden auch spezifische Anforderungen der Sicherheitsdienste erfüllt. TETRA-Endgeräte können bei Ausfall der Basisstation oder wenn sie sich außerhalb deren Reichweite befinden unmittelbar und direkt miteinander wie Walkie-Talkies kommunizieren. Als offener Standard bietet TETRA Herstellern und Lieferanten von TETRA-Produkten und -Dienstleistungen langfristig Investitionssicherheit. TETRA wird, mit steigender Tendenz, weltweit in mehr als 70 Länder von mehr als 700 Anwendern erfolgreich eingesetzt.

Biologische Auswirkungen von TETRA im nicht-thermischen Bereich konnten in einer speziell darauf abgestellten Studie nicht festgestellt werden. Die Reaktionsparameter bezüglich der bioelektrischen Hirnaktivität wiesen keinerlei Unterschiede zwischen Exposition und Scheinexposition auf.

## **A5 Das DECT-System**

Funkbasierte Telekommunikationssysteme genießen eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung. Das wohl bekannteste System ist DECT, der digitale Standard für drahtlose Telekommunikation. Ende der 80er Jahre konzipiert hat DECT die veralteten analogen Systeme wie CT0, CT1, CT1+ abgelöst und die digitalen Systeme der ersten Generation wie CT2 und CT3 erfolgreich vom Markt verdrängt. DECT ist heute im Bereich der schnurlosen Telefonie quasi der de-facto-Standard in Europa.

Mit den so genannten Access-Profilen wurde im Standard zudem ein mächtiges und flexibles Instrument implementiert, mit dessen Hilfe das DECT-System Zugang zu anderen Systemen wie GSM, UMTS oder Internet findet. DECT hat seine Vielseitigkeit im privaten, geschäftlichen und öffentlichen Bereich klar unter Beweis gestellt. Der Nutzeffekt dieses Standards, der sich durch eine hochwertige Zugangstechnologie auszeichnet, wird sowohl von den Endnutzern, als auch Regulierungsbehörden, Standardisierungsgremien, Netzbetreibern und Geräteherstellern anerkannt. Eine im Vergleich zu analogen Systemen sehr gute Sprachqualität sowie ein Sicherheitsstandard der, konsequent angewandt, umfassenden Schutz gegen Missbrauch bietet, runden das positive Bild ab. Insofern ist es nur folgerichtig, dass der DECT-Standard mittlerweile in mehr als 110 Ländern genutzt wird.

## **A6 WLAN**

Drahtlose Netzwerktechnologien ermöglichen im Gegensatz zur drahtgebundenen Technik Datenübertragungen per Funk oder Infrarot. Sie werden dem Umstand gerecht, dass moderne Anwender hohe Anforderungen an Flexibilität und Mobilität der von ihnen genutzten Telekommunikationssysteme stellen. Unter dem Begriff WLAN (Wireless Local Area Networks) versteht man lokale Datennetze, die im Gegensatz zu den drahtgebunden LAN über Funk oder Infrarot eine drahtlose Datenkommunikation ermöglichen. Aufgrund der einfachen Installation werden Funk-LANs auch für temporär zu installierende Netze (z.B. auf Messen) verwendet. Da die Anbindung eines Benutzers an ein Funk-LAN einfach zu realisieren ist, können heute an öffentlichen Plätzen wie Flughäfen oder Bahnhöfen Netzwerkzugänge, sogenannte Hot Spots, angeboten werden. Dort können die mobilen Nutzer Verbindungen in das Internet oder in das Intranet aufbauen. Unter dem Begriff „City-LANs“ werden WLANs häufig als innerstädtische Alternative zu GSM- und UMTS-Netzen angesehen. Durch den Einsatz von WLAN können aufgrund des flexiblen Zugriffs auf Datenbanken, Internet oder e-mails Kosten gespart und die Produktivität gesteigert werden.

Am bekanntesten sind die nach IEEE 802.11x beschriebenen WLAN Lösungen, die im unlicenzierten 2,4 GHz Band bzw. 5,2 GHz Band arbeiten.

## **A7 „Magnetresonanztomografie“ – Was ist das eigentlich? Beschreibung der Methode**

Körpergewebe und -flüssigkeiten bestehen aus großen komplexen Molekülen, die viele Wasserstoffatome enthalten. Die Wasserstoffkerne (Protonen) mit ihren Quanteneigenschaften lassen sich auch in lebendem Gewebe durch Hochfrequenz-Impulse zu einer HF-Impulsantwort anregen. Dazu bedarf es zusätzlich eines starken Magnetfelds und einer ausgeklügelten Anwendung der Kernresonanz. Durch ihre unterschiedliche "chemische Umgebung" reagieren Protonen in unterschiedlichen Geweben und Flüssigkeiten etwas anders und lassen sich mit der Kernresonanz unterscheiden. Diesen Unterschied kann man messen, räumlich zuordnen und kontrastreich darstellen. So lassen sich detailreiche Schnittbilder vom Inneren des Körpers für die medizinische Beurteilung gewinnen. Dieses bildgebende Verfahren heißt Magnetresonanztomografie.

## **A8 Bewertung Modulation EEG**

### **GSM-1800-Hochfrequenzfelder mit verschiedenen Modulationen und Feldstärken: Kein Kurzzeiteffekt des menschlichen EEG im Wachzustand**

Mehrere Studien haben in letzter Zeit teils widersprüchliche Ergebnisse zu potenziellen Wirkungen elektromagnetischer Felder (EMF) digitaler Mobiltelefone auf das menschliche Elektroenzephalogramm (EEG) im Wachzustand und das Schlafprofil berichtet. Diese Ungereimtheiten könnten auf die

unterschiedlichen Eigenschaften der in den Experimenten verwendeten EMF zurückgehen. Es war das Ziel der vorliegenden Studie, den Einfluss von Modulationsfrequenz und Feldintensität auf von EMF des GSM-1800-Standards erzeugte potenzielle Veränderungen des EEG aufzuzeigen. Aus diesem Grund haben wir eine doppelblind Placebo-kontrollierte Studie mit 18 gesunden menschlichen Teilnehmern durchgeführt. Diese wurden EMF eines GSM-Handys mit Leistungsspitzen von 1/4, 1, 2 und 8 W und entweder 217, 108, 27 oder 0 Hz (d.h. CW) Pulsmodulation ausgesetzt. Die entsprechende spezifische Absorptionsrate (SAR (10g)) lag bei etwa 0,61 W/kg bzw. 1,25 W/kg. Während einer vierminütigen Einwirkungszeit wurden keine unmittelbaren Veränderungen im EEG hinsichtlich spektraler Komponenten festgestellt.