

## Entwicklung des öffentlichen Mobilfunks in Deutschland

Wilhelm Filensky

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 funktechnischen Parameter.

### Funksprechverkehr im fahrenden Zug

Die Anfänge des öffentlichen Mobilfunks gehen auf das Jahr 1918 zurück, als im Auftrag der Deutschen Reichspost erste Sprechfunkversuche von fahrenden Zügen aus durchgeführt wurden. Anfang 1926 - also vor 80 Jahren – startete der reguläre Zugsprechfunk-Betrieb für Reisende auf der Bahnstrecke Berlin-Hamburg [1]. In anfangs zwei D-Zügen, später 5 D-Zug-Paaren konnten die Fahrgäste aus dem fahrenden Zug heraus mit Teilnehmern des öffentlichen Fernsprechnetzes verbunden werden. Die eigentliche Funkverbindung hatte eine Länge von nur wenigen Metern und erfolgte zwischen den auf den Waggon-Dächern montierten Draht-Antennen und den längs der Bahnlinie verlaufenden Fernsprech-Freileitungen. Die Funkgeräte arbeiteten im Langwellenbereich, verwendeten Amplitudenmodulation und hatten eine Sendeleistung von wenigen Watt. In den Zugvermittlungsstellen Spandau und Bergedorf erfolgte die Überleitung in das öffentliche Fernsprechnet.



**Bild 1: Telefoneinrichtung im fahrenden Zug**

Quelle: Das Neue Universum, Band 46, 1925

## Das A-Netz

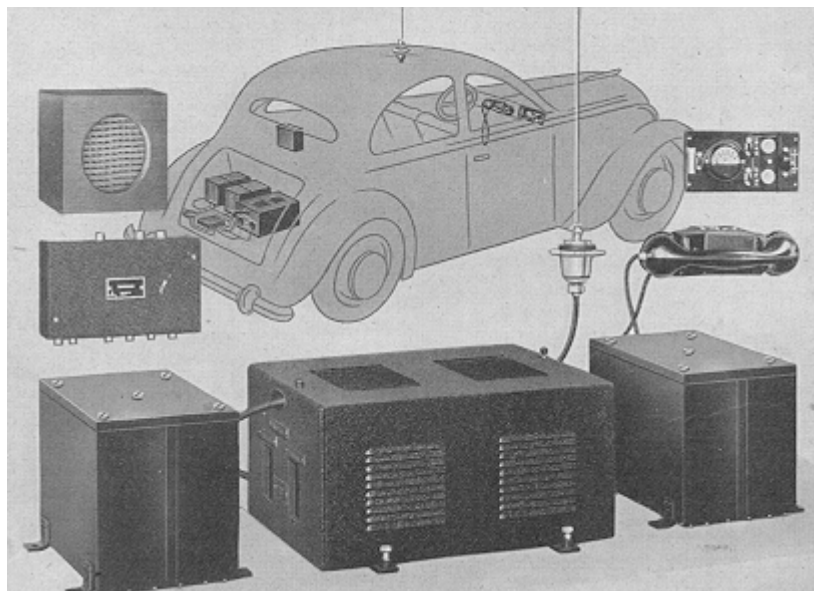
Nach dem Krieg betrieb die Deutsche Bundespost zunächst verschiedene Versuchsnetze in Großstädten, an wichtigen Häfen, Autobahnen und Binnenwasserstraßen in den Frequenzbereichen 30 MHz, 80 MHz und 160 MHz [2]. 1958 war das Geburtsjahr des A-Netzes, als man sich entschied, ein öffentliches Mobilfunksystem in einheitlicher 160-MHz-Technik aufzubauen. Dieses Netz arbeitete im Frequenzbereich von 158 MHz bis 177 MHz, verwendete das Frequenz-Zugriffsverfahren (FDD = Frequency Division Duplex) und hatte einen Duplex-Abstand von 4,5 MHz. Der Kanalabstand betrug 50 kHz (mit Ausnahme eines lokalen Netzes in Hamburg, in dem 20 kHz verwendet wurde). Benutzt wurde die Frequenzmodulation mit einem maximalen Frequenzhub von  $\pm 15$  kHz. Die Sendeleistung von Autotelefon und Basisstation betrug jeweils 10 W.

Die Gespräche wurden per Handvermittlung aufgebaut und konnten nur solange aufrecht erhalten werden, bis das Fahrzeug den Versorgungsrand einer Basisstation erreichte. Eine automatische Weiterleitung zur Nachbar-Basisstation (Handover) wurde erst im C-Netz und in nachfolgenden Netzen realisiert. Ein Anrufer aus dem Festnetz musste zudem wissen, in welchem Funkbereich der Mobilteilnehmer unterwegs war.

Das A-Netz war unterteilt in die Teilnetze A1, A2 und A3. Das A1-Netz versorgte das gesamte Bundesgebiet und West-Berlin, das A2-Netz lokale Verkehrsschwerpunkte und das A3-Netz den Raum Hamburg.

Die zwischen 8.000 und 15.000 DM-teure teilnehmerseitige Technik basierte vorwiegend auf Röhrentechnik und nahm reichlich Platz im Armaturenbrett für das Bedienteil und die Handapparat-Auflage sowie den halben Kofferraum des Fahrzeugs für die Funktechnik in Anspruch (Bild 2).

Die höchste Teilnehmerzahl lag bei 10.500, im Endausbau bestand das A-Netz aus über 100 Basisstationen mit insgesamt 300 Funkkanälen. 1977 wurde das A-Netz zugunsten des automatisch wählenden B-Netzes außer Betrieb genommen.



**Bild 2: Komponenten einer A-Netz-Funktelefonanlage**

Quelle: [www.handy-seiten.de](http://www.handy-seiten.de)

## Das B-Netz

Im Jahre 1972 führte die Deutsche Bundespost das technisch weiter entwickelte B-Netz ein [3]. Im Gegensatz zum A-Netz konnten jetzt Selbstwählverbindungen in beide Richtungen hergestellt werden. Laufende Gespräche wurden beim Verlassen des Versorgungsbereiches einer Basisstation jedoch

auch im B-Netz nicht zur benachbarten Basisstation weitergeleitet. Zudem musste bei Anrufen zur Mobilstation der ungefähre Aufenthaltsort bekannt sein.

Das B-Netz arbeitete zunächst im Frequenzbereich 148,41 MHz bis 149,13 MHz (Uplink-Richtung, d. h. Übertragungsrichtung vom Mobilgerät zur Basisstation), und 153,01 MHz bis 155,73 MHz (Downlink-Richtung, d. h. Übertragungsrichtung von der Basisstation zum Mobilgerät). Somit betrug der Duplex-Abstand 4,6 MHz. Verwendung fand die Frequenzmodulation mit einem maximalen Frequenzhub von  $\pm 4$  kHz und einem Kanalabstand von 20 kHz. Die Sendeleistung der Basisstation betrug 20 W, die der Mobilstation 10 W. Die Mobilstation - bestehend aus Bedienteil, Handapparat nebst Auflage und dem etwa zwei Schuhkartons großen Funkgerät - durfte nur fest im Fahrzeug eingebaut betrieben werden.

Bis 1980 verfügte das B-Netz über 19 Funkkanäle (d. h. einem Rufkanal und 38 Sprechkanälen) und konnte bis zu 16.000 Mobilfunk-Teilnehmer aufnehmen. Nach Abschaltung des A-Netzes wurden die freigewordenen Frequenzen (157,61 MHz bis 158,33 MHz im Uplink und 162,21 MHz bis 162,93 MHz im Downlink) als B2-Netz dem nunmehr als B1-Netz bezeichneten Ursprungsnetz hinzugefügt. Dadurch stieg die Zahl der Sprechkanäle auf 75. Seinen Höhepunkt erreichte das B-Netz im Jahre 1986 mit 158 Basisstationen, insgesamt 850 Funkkanälen und etwa 27.000 Nutzern.

Da auch die Nachbarn Österreich, Niederlande und Luxemburg die gleiche Funktechnik einsetzten, war ein grenzüberschreitender Betrieb (Roaming) in diesen Ländern möglich.

Im Jahre 1994 wurde das B-Netz zugunsten des moderneren C-Netzes abgeschaltet.



**Bild 3: Funkgerät, Bediengerät und Handapparat mit Auflage für das B-Netz (TEKADE)**

Quelle: <http://www.oebf.de/>

## Das C-Netz

Mit der Inbetriebnahme des dritten analogen Netzes - des C-Netzes - stand in Deutschland eine Mobilfunktechnologie zur Verfügung, die es ermöglichte, auch zellulare Netzstrukturen zu realisieren, da die Gespräche nunmehr ohne Unterbrechung von Funkzelle zu Funkzelle weitergereicht werden konnten [4]. Es war zudem möglich, Gespräche zu den Funkteilnehmern aufzubauen, ohne deren Standort kennen zu müssen. Die gleiche Technik kam auch in Portugal und Südafrika zum Einsatz.

Das C-Netz begann seinen Betrieb mit 222 Duplex-Kanälen und einem Kanalraster von 20 kHz. Durch zwei Frequenzband-Erweiterungen konnten 1990 15 und 1991 50 weitere Duplex-Kanäle hinzugewonnen werden. Die Basisstationen sendeten nunmehr im Bereich 460,00 MHz bis 465,74

MHz (Downlink), die Funktelefone im Bereich 450,00 MHz bis 455,74 MHz (Uplink), der Duplex-Abstand betrug 10 MHz. Neben den im Abstand von 20 kHz angeordneten Kanälen waren Versatzkanäle im 10-kHz- und 12,5-kHz-Abstand vorgesehen zur Optimierung der Spektrumsausnutzung und besseren Koordinierung mit den Nachbarländern. Bei der Sprachübertragung wurde Phasenmodulation mit einem maximalen Frequenzhub von  $\pm 4$  kHz angewendet, während die Übertragung der Signalisierungsdaten mittels Frequenzumtastung (FSK) und einer Bitrate von 5,28 kBit/s erfolgte. Durch Invertierung der übertragenen Sprachfrequenzen wollte man das unberechtigte Abhören erschweren.

Die Sendeleistung eines Basisstations-Sprechkanals betrug in der höchsten Stufe 25 W, die des Fahrzeugtelefons 12,5 W und die der später eingeführten Handys 2 W. Je nach Nähe zur Basisstation konnte eine Leistungsregelung beidseitig die Sendeleistung um bis zu 35 dB reduzieren. Der Versorgungsradius einer Basisstation lag zwischen 2 km (Kleinzelle) und etwa 30 km (Großzelle). Während in den A- und B-Netzen ausschließlich fest eingebaute Fahrzeuggeräte verwendet werden durften, gab es im C-Netz später auch tragbare Funktelefone und die ersten Handys (Bild 4).

Erstmals im Mobilfunk war der Einsatz einer Telekarte zur Aktivierung des Funktelefons. Nachdem diese in den ersten Jahren des C-Netz-Betriebs ausschließlich mit Magnetstreifen versehen waren, kam 1988 die eine Speicherchip aufweisende Chipkarte hinzu. Seit 1989 wurden Telekarten ausgegeben, die einen Mikroprozessor-Chip trugen und einen hohen Schutz gegen Missbrauch boten, da jeder Verbindungsaufbau mit einer Authentifizierungsprozedur verbunden war. Eine vergleichbare Technologie nutzen auch die heutigen GSM- und UMTS-Netze unter der Bezeichnung SIM-Karte (Subscriber Identity Module).

Anfang 1992 wurde das C-Netz auf ein 12,5 kHz-Kanalraster umgestellt. Neben der Kleinzellentechnik trug dieser Schritt dazu bei, die für ursprünglich 100.000 Teilnehmer konzipierte Netzkapazität erheblich zu steigern. 1993 erreichte die Kundenzahl mit über 800.000 ihren Höchststand. Im Endausbau bestand das C-Netz aus mehr als 1.900 Basisstationen mit insgesamt 25.000 Sprechkanälen.

Ende 2000 wurde das C-Netz zugunsten der prosperierenden GSM-Netze abgeschaltet.



**Bild 4: Portables Funktelefon (Siemens) links, erstes Handy (SEL) rechts für das C-Netz**

## Die GSM-Netze

Im Vergleich zu den analogen Vorgängern stellt GSM (Global System for Mobile Communications) den ersten digitalen Mobilfunkstandard dar. Er wurde - unter deutscher Beteiligung - von der Group

Special Mobile ab dem Jahre 1982 entwickelt und befindet sich heute weltweit in mehr als 200 Ländern im Einsatz [5].

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 O<sub>2</sub>). Mittlerweile verfügen auch T-Mobile und Vodafone über 1800-MHz-GSM-Frequenzen, wie auch E-Plus und O<sub>2</sub> kürzlich Frequenzen im 900-MHz-Bereich erhalten haben.

Wie bereits das C-Netz stellt GSM einen zellularen Standard dar mit Makro-, Mikro-, Pico- und Schirmzellen mit Radien von einigen hundert Metern bis zu 35 km (GSM 900) bzw. 10 km (GSM 1800). GSM verwendet das Frequenz-Duplex-Verfahren (FDD). Die in Deutschland zugewiesenen Frequenzen liegen für GSM 900 im Uplink zwischen 880 MHz und 914,8 MHz und im Downlink zwischen 925 MHz und 959,8 MHz, entsprechend einem Duplex-Abstand von 45 MHz. Hier haben T-Mobile und Vodafone jeweils etwa 12-MHz-Bandbreite und E-Plus sowie O<sub>2</sub> jeweils 5 MHz-breite Bänder zur Verfügung. Der GSM-1800-Bereich umfasst 1710 MHz bis 1785 MHz (Uplink) und 1805 MHz bis 1880 MHz (Downlink), der Duplex-Abstand beträgt 95 MHz. In diesem Band verfügen E-Plus und O<sub>2</sub> über je etwa 22,5 MHz, T-Mobile und Vodafone dürfen jeweils etwa 5 MHz nutzen.

Das GSM-Spektrum ist unterteilt in Funkkanäle mit einer Bandbreite von je 200 kHz. Ein solcher Kanal umfasst mittels Zeitmultiplex-Verfahren (TDMA = Time Division Multiple Access) 8 Zeitschlitze, d. h. über einen Funkkanal können bis zu 8 Gespräche gleichzeitig übertragen werden. Jeder TDMA-Rahmen hat eine Dauer von 4,615 ms, bestehend aus acht 0,577 ms-langen Zeitschlitzen. GSM verwendet für die Modulation das GMSK-Verfahren (Gaussian Minimum Shift Keying). Die maximalen Sendeleistungen der GSM-Handys liegen bei 2 W (GSM 900) bzw. 1 W (GSM 1800), die der Basisstationen bei bis zu 640 W (GSM 900) bzw. 40 W (GSM 1800). Die Dynamik der feldstärkeabhängigen Sendeleistungsregelung umfasst einen Bereich von über 30 dB.

Anfänglich boten die GSM-Netze nur Sprachkommunikation. Zwischenzeitlich gab es jedoch Evolutionsschritte, um weitere Dienste einführen zu können. Nachfolgend sind die wichtigsten aufgeführt:

- SMS (Short Message Service) ist ein Dienst zur Übertragung von Textnachrichten mit einer Länge von maximal 160 Zeichen. Er wurde 1992 erstmals erprobt und erfreut sich heute großer Beliebtheit (2004 wurden in Deutschland über 23 Mrd. SMS versandt).
- MMS (Multimedia Messaging Service) ist als Weiterentwicklung von SMS anzusehen. Seit Ende der 1990er Jahre bietet er die Möglichkeit, multimediale Informationen zu anderen Handys oder zu normalen E-Mail-Adressen zu versenden. Die maximale Größe einer MMS kann bislang 300 kByte betragen.
- WAP (Wireless Application Protocol) wurde 1998 verabschiedet. Dieser Standard ermöglicht den mobilen Zugang ins Internet und neue Dienste im Mobilfunk, z. B. die Übertragung von Börsenkursen. Wegen der geringen Auflösung der Handy-Displays beschränkt sich dieser Zugang auf kleinere Textseiten und auf Schwarzweiß-Bilder.
- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) ist ein seit Ende 1999 verfügbarer kanalvermittelter Datenübertragungsdienst. Durch Bündelung mehrerer benachbarter Zeitschlitze eines Funkkanals sind theoretisch Übertragungsgeschwindigkeiten von bis zu  $8 \times 14,4 \text{ kBit/s} = 115,2 \text{ kBit/s}$  möglich. Angeboten wird HSCSD in Deutschland von E-Plus und Vodafone mit Bitraten von 14,4 kBit/s.
- GPRS (General Packet Radio Service), eingeführt Ende 2000, ist ein paketorientierter Datenübertragungsdienst in den GSM-Netzen, bei dem die Daten sendeseitig mittels Internet-Protokoll in einzelne Pakete umgewandelt, als solche übertragen und am Empfangsort wieder zusammengesetzt werden. Durch Bündelung mehrerer Zeitschlitze können abhängig von der Netzauslastung bis zu 57,6 kBit/s übertragen werden. Da GPRS auf der Vermittlung einzelner Datenpakete und nicht auf der Bereitstellung fester Übertragungswege beruht, können die Nutzer stets eingebucht bleiben.
- EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution) beinhaltet ein Übertragungsverfahren, mit dem sich deutlich höhere Datenraten realisieren lassen. Durch Verwendung einer leistungsfähigeren Modulation (8-stufiges Phase Shift Keying statt GMSK) gelingt es, 48 kBit/s pro Zeitschlitz, bei

Bündelung aller acht Zeitschlitzte eines Funkkanals bis zu 384 kBit/s zu übertragen. Allerdings sind hierzu EDGE-fähige Endgeräte notwendig. Obwohl EDGE in verschiedenen europäischen Ländern eingeführt wird, ist es vor dem Hintergrund des derzeit erfolgenden UMTS-Ausbaus fraglich, ob dieser Dienst auch in Deutschland angeboten werden wird [6].

Ende 2005 gab es in Deutschland über 76 Mio. GSM-Teilnehmer [7], die von circa 60.000 Basisstationen versorgt werden.



**Bild 5: D-Netz-Handys aus der Anfangszeit (Hagenuk, Motorola, Dancal) im Vergleich zu einem Handy von heute (Nokia);**

Quelle: <http://www.handy-sammler.de/>

## Die UMTS-Netze

Ende der 1980er Jahre hat die International Telecommunication Union (ITU) die Anforderungen an ein Mobilfunksystem der dritten Generation, bezeichnet als IMT2000 (International Mobile Telecommunications 2000) festgelegt. Daraufhin begann ETSI (European Telecommunications Standard Institute) das Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) zu konzipieren. UMTS ermöglicht neben der Sprachübertragung auch die schnelle Datenkommunikation und Multimedia-Anwendungen.

Der UMTS-Standard beinhaltet zwei Funktechnologien, und zwar das auf Frequenzduplex (FDD) basierende UMTS-FDD und das auf Zeitduplex (TDD = Time Division Duplex) basierende UMTS-TDD.

Im August 2001 erfolgte in Deutschland die Versteigerung der UMTS-Lizenzen. Es erhielten Lizenzen für die UMTS-FDD-Technologie die Bewerber E-Plus, Group 3G (später Quam), Mannesmann Mobilfunk (heute Vodafone), Mobilcom, T-Mobile und Viag Interkom (heute O<sub>2</sub>), bestehend aus jeweils 10 MHz-breiten gepaarten Frequenzpaketen. Die je 5 MHz-breiten Frequenzblöcke der UMTS-TDD-Technologien gingen an E-Plus, Group 3G, Mannesmann Mobilfunk, Mobilcom und T-Mobile. Insgesamt erbrachte die Versteigerung dem Deutschen Staat Einnahmen von rund 100 Mrd. DM.

## **Der UMTS-FDD-Standard**

Die zugewiesenen Frequenzbereiche für den UMTS-FDD-Standard, der jeweils ein Unterband und ein Oberband benötigt, liegen in Deutschland bei 1920 MHz bis 1980 MHz (Uplink) und 2110 MHz bis 2170 MHz (Downlink). Der Duplex-Abstand beträgt 190 MHz. UMTS verwendet das Code-Division-Multiple-Access-Zugriffsverfahren (CDMA), d. h. alle Teilnehmer senden auf demselben 5-MHz-breiten Funkkanal gleichzeitig, wobei jeder Teilnehmer einen spezifischen Code verwendet. Zusammen mit einer schnellen Sendeleistungsregelung ist es technisch möglich, dass die Teilnehmer differenzierbar bleiben und sich gegenseitig nicht beeinflussen.

Als Modulationsverfahren wird QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) verwendet. Die maximale Datenübertragungsrate liegt bei derzeit 384 kBit/s in Downlink-Richtung. Die maximale Sendeleistung eines Handys beträgt 2 W, die Basisstationen senden mit bis zu 80 W bei Reichweiten von bis zu 30 km. Die Dynamik der Leistungsregelung umfasst bei den Handys 80 dB und bei den Basisstationen 30 dB, wobei die Leistung bis zu 1.500 mal pro Sekunde variiert werden kann.

Der UMTS-FDD-Standard unterliegt einer ständigen Weiterentwicklung. Ab 2006 wollen die Netzbetreiber das HSDPA-Übertragungsverfahren (High Speed Downlink Packet Access) implementieren. Durch Einsatz leistungsfähiger Kanalkodierungs- und Modulationsverfahren (16-stufige Quadratur-Modulation anstelle von QPSK) gelingt es, bei günstigen Funkbedingungen im Downlink Übertragungsraten von über 10 MBit/s zu erreichen [6].

Für den Uplink soll das derzeit in der Spezifikationsphase befindliche High-Speed-Uplink-Packet Access (HSUPA)-Verfahren mit vergleichbaren Kodierungs- und Modulationsmodifikationen die Übertragungsrate auf bis zu 7,2 MBit/s steigern. Diese Technologie soll ab 2007 auf den Markt kommen.

Seit 2004 befindet sich UMTS in Deutschland im Regelbetrieb. Ende 2005 gab es hier etwa 2,3 Mio. Teilnehmer [8]. Man rechnet damit, dass bis 2010 bis zu 20.000 Basisstationen pro Anbieter benötigt werden [9].

## **Der UMTS-TDD-Standard**

Für die auf der Zeitmultiplex-Technik basierende UMTS-Variante UMTS-TDD wurden in Deutschland die Frequenzbereiche 1900 MHz bis 1920 MHz sowie 2020 bis 2025 MHz zugewiesen. UMTS-TDD ist eine Kombination von TDMA und CDMA mit paketorientierter Übertragung der Nutzdaten. Es verwendet das QPSK-Modulationsverfahren. Ein TDMA-Rahmen hat eine Dauer von 10 ms und enthält 15 Zeitschlitze von je 667- $\mu$ s-Dauer. In jedem Zeitschlitz sind 16 CDMA-Kommunikationskanäle enthalten. Die Zeitschlitze sind so konfigurierbar, dass einige von ihnen für den Uplink, die restlichen für den Downlink verwendbar sind. Entsprechend dem Verkehrsaufkommen kann der Netzbetreiber somit festlegen, welche Übertragungskapazität er für Uplink und Downlink zur Verfügung stellen will. Die übertragbaren Nutzbitraten liegen bei maximal 16 MBit/s [11], im Mittel sollen sie bei 512 kBit/s liegen. Die Sendeleistungen und die Dynamik der Leistungsregelung entsprechen dem UMTS-FDD-Standard. Der Versorgungsradius einer UMTS-TDD-Basisstation reicht von Mikrozellen-Dimensionen bis hin zu Großzellen bis zu 30 km.

Während sich UMTS-TDD in Tschechien im Einsatz befindet, räumt man dieser UMTS-Variante in Deutschland nur geringe Zukunftschancen ein, obwohl seinerzeit 5 Lizenzen vergeben wurden.

## **Die Zukunftsperspektiven des Mobilfunks**

Seit Anfang 2004 beschäftigen sich 39 namhafte Firmen und Forschungsinstitute aus 17 Ländern im Rahmen des EU-Projektes WINNER (Wireless World Initiative New Radio) mit der Entwicklung einer Funktechnologie der 4. Generation [12]. Dieser neue Funkstandard soll gleichermaßen Kleinstzellen- und Großzellen-Anwendungen abdecken und eine deutliche Verbesserung im Hinblick auf Leistungsfähigkeit, Effizienz, Flächendeckung und Flexibilität aufweisen.

Basierend auf der ITU-R-Recommendation ITU-R M.1645 „Framework and overall objectives of the future development of IMT2000“ verfolgt das Projekt zwei Entwicklungsrichtungen

- A. Integration existierender und evolutionärer Funkssysteme auf einer Paket-orientierten Plattform, um ein Interworking dieser Systeme zu ermöglichen im Sinne „überall und zu jeder Zeit optimal verbunden“. Angestrebt wird ein Interworking folgender Funkstandards
- GSM/GPRS/UMTS-FDD/UMTS-TDD, TD-SCDMA (Time Division Synchronous CDMA, Chinesisches Mobilfunksystem der 3. Generation)
  - WLAN (Wireless Local Area Network)
  - WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)
  - DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handy), DVB-T (DVB-Terrestrial)
- B. Entwicklung eines neuartigen Funksystems für mobile, Ad-hoc- und WLAN-Anwendungen mit im Vergleich zu heutigen Systemen deutlich verbesserten Eigenschaften. Angestrebt werden folgende technische Merkmale
- Datenraten bis 100 MBit/s für mobile Dienste
  - Datenraten bis 1 GBit/s für Ad-hoc- und WLAN-Anwendungen
  - Spektrale Effizienz von bis zu 25 Bit/s
  - Teilnehmer-Geschwindigkeiten von bis zu 500 km/h
  - Arbeitsfrequenzen zwischen 2,7 GHz und 5,0 GHz sowie Nutzung der IMT2000-Bänder bei 800/900 MHz, 1800/1900 MHz, 2,3 GHz und 2.6 GHz
  - Funkkanalbandbreite 2,5 MHz minimal, 100 MHz maximal

Das WINNER-Konsortium will erreichen, dass die notwendigen zusätzlichen Frequenzbereiche im Rahmen der World Radio Communication Conference (WRC) 2007 zugewiesen werden.

## Literatur

- [1] Reuter M.:  
Fernsprechen beim Zufahren,  
Mobilfunk 4 (1991), Heft 1, S 18
- [2] Strunz G.:  
Der öffentliche bewegliche Landfunk der Deutschen Bundespost,  
Funkschau (1969), Heft 11, S 327 – 330
- [3] Pernice F.:  
Die Erweiterungen des Funkfernprechnetzes B der Deutschen Bundespost,  
ZPF (1980), Heft 5, S 32 – 35
- [4] Hermanns J.:  
Technik der beweglichen Funkdienste,  
Lehrbuch der Fernmeldetechnik, 5. Auflage (1986), S 1200 ff
- [5] <http://www.gsmworld.com/>
- [6] <http://de.wikipedia.org/>
- [7] <http://www.gsmsite.de/>
- [8] <http://www.inside-handy.de/>
- [9] <http://www.nrt.de/>
- [10] <http://www.zdnet.de/>
- [11] <http://www.ipwireless.com/>
- [12] <http://www.ist-winner.org/>