

# UMTS

Reinhold Wehner

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 (European Telecommunications Standards Institute) 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)**

## Netzstruktur

Wenngleich das UMTS-Netz in seiner Struktur den bereits bekannten D- und E-Netzen ähnlich ist, müssen die Netzbetreiber neue Sendeanlagen errichten, da UMTS sowohl in einem anderen Frequenzbereich arbeitet, als auch andere Techniken einsetzt. Zwar können ca. 50 % bis 70 % der vorhandenen Sendemasten durch UMTS mitgenutzt werden, dennoch müssen die UMTS-Sendeeinrichtungen und -antennen in jedem Fall neu errichtet werden. Um die Eingriffe in die Umgebung so gering wie möglich zu halten, nutzen die Lizenzinhaber, soweit rechtlich zulässig und technisch möglich, Infrastrukturelemente der Sendeanlagen gemeinsam mit anderen Mobilfunkbetreibern. UMTS-Sendestationen versorgen ebenso wie bei den D- und E-Netzen nur einen begrenzten Bereich, die sogenannte Funkzelle. Die angestrebten hohen Übertragungsraten sind jedoch nur dann möglich, wenn ein engmaschiges und lückenloses Netz von Sendestationen vorhanden ist. Deshalb ist bei UMTS die regelmäßige Anordnung der Stationen sehr wichtig.

UMTS nutzt das Frequenzband im Bereich von 1.920 MHz bis 2.170 MHz, der Kanalabstand beträgt 5 MHz. Die Informationsübertragung erfolgt, anders als bei GSM, nicht im Zeitmultiplexverfahren, sondern alle Nutzer senden zur gleichen Zeit kontinuierlich und auf demselben Frequenzband. Dabei werden Informationen mit einem speziellen Code versehen, die nur der Empfänger entschlüsseln kann. Dieses Verfahren nennt man CDMA (Code Division Multiple Access)

Abb. 1a zeigt die schematische Darstellung der Signalform bei Handy und Basisstation im D- und E-Netz. Der Zeitschlitz eines Mobilteilteils beträgt genau 0,577 Millisekunden und wird innerhalb eines Zeitrahmens von 4,6 ms einmal gesendet. Die Basisstation sendet dagegen je nach Zahl der gleichzeitig telefonierenden Handys in allen belegten (maximal 8) Zeitschlitzten.

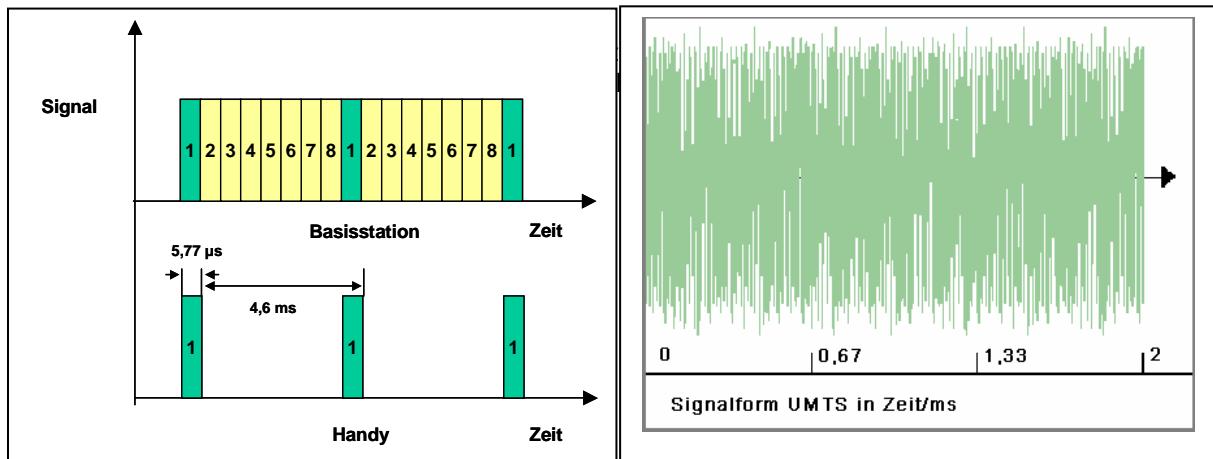


Abb. 1a: Signalform bei GSM

Abb. 1b: Signalform bei UMTS (Quelle:[6])

Gegenüber den starren Zeitschlitzten des GSM-Standards und aufgrund weiterentwickelter Modulationstechniken kann UMTS die vorhandenen Frequenzen wesentlich besser nutzen. Einfache Telefongespräche, die eine geringe Bandbreite beanspruchen, lassen Platz für gleichzeitige Übertragungen mit hoher Bandbreite, z. B. der Bildübertragung.

UMTS erhöht das Tempo der Datenübertragung auf etwa 384 kbit/s, bei GSM sind es 9,6 kbit/s. Bei kurzen Entfernungen zwischen Handy und Sendestation innerhalb einer Funkzelle lassen sich noch höhere Geschwindigkeiten erreichen. Für einen UMTS-Kunden ergeben sich dadurch nicht nur hohe Datenraten, sondern er kann mehrere Dienste gleichzeitig nutzen, etwa telefonieren, faxen, E-Mails abrufen und im Internet surfen. Trotz der höheren Übertragungsraten, die durch UMTS möglich werden, müssen die Sendeleistungen von UMTS-Sendern nicht in gleichem Maße steigen. Anders ausgedrückt, die Weiterentwicklung der Mobilfunktechnik ermöglicht es, bei gleichbleibender Sendeleistung immer höhere Datenmengen zu übertragen.

Vergleicht man - bei unveränderter Sendeleistung einer Basisstation von z.B. 20 W - die Gesprächskapazitäten in den Netzen, so waren beim C-Netz etwa 10 Gespräche gleichzeitig möglich, in den GSM-Netzen (D-Netz und E-Netz) sind es bereits bis zu 30 Gespräche. UMTS wird künftig eine Kapazität von etwa 60 Gesprächen aufweisen.

## UTRA: die Funkschnittstelle von UMTS

UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) ist eine Funkzugangstechnologie, die von 3GPP spezifiziert wurde. UTRA arbeitet frequenzeffizient und unterstützt sowohl Frequency Division Duplex (FDD) als auch Time Division Duplex (TDD). Insofern sind bei UMTS nicht nur ein sondern zwei Zugriffsverfahren vorgesehen, die sich technisch und ggfs. auch in ihrer biologischen Wirkung auf den Menschen unterscheiden. Von der ITU wurde diese Technologie in IMT-2000 als IMT-DS (FDD) und IMT-TC (TDD) übernommen. Damit ist ein nahtloses, globales Roaming sichergestellt.

## UMTS-FDD (UTRA-FDD)

Funksysteme, die mit FDD (Frequency Division Duplex) arbeiten, nutzen für eine Verbindung ein Frequenzpaar. Eine Frequenz für den Uplink (Mobilteil → Basisstation) und eine um den sog. Duplexabstand (190 MHz) versetzte Frequenz für den Downlink (Basisstation → Mobilteil). Als Zugriffsverfahren kommt W-CDMA (Wideband Code Division Multiplex Access) zum Einsatz. Bei UTRA-FDD stehen für den Uplink zwölf 5-MHz-Kanäle im Frequenzbereich 1920 MHz und 1980 MHz und für den Downlink ebenfalls zwölf 5-MHz-Kanäle im Frequenzbereich 2110 MHz und 2170 MHz zur Verfügung. UMTS-FDD findet man vorzugsweise bei mobilem Einsatz mit Handover zwischen unterschiedlichen Zellen bzw. bei symmetrischen Verbindungen wie Sprachübertragung und

Zweiwege-Datenübertragung. Technisch gesehen arbeitet W-CDMA ungepulst. Nachfolgende Tabelle gibt einen kurzen Detailüberblick.

Parameter	Mobilgerät	Basisstation
Sendefrequenz	1920 - 1980 MHz	2110 - 2170 MHz
Max. Sendeleistung	125 mW (typisch)	20 - 40 Watt, je nach Anlage 80 Watt maximal pro Antenne
Leistungsregelung	80 dB Dynamik, in Stufen von max. 3 dB alle 667 µs	25 dB Dynamik, in Stufen von max. 3 dB alle 667 µs
Pulsung	keine	keine

**Tabelle 1: UMTS-FDD Details**

## UMTS-TDD (UTRA-TDD)

UMTS-TDD (Time Division Duplex) arbeitet im Zeitmultiplexbetrieb mit dem Zugriffsverfahren TD-CDMA. Die Folge ist ein gepulstes Signal. Für eine Verbindung wird nur eine Frequenz benötigt. Die Daten im Up- bzw. Downlink werden auf der gleichen Frequenz, jedoch in unterschiedlichen Zeitschlitzen übertragen. UTRA-TDD belegt vier ungepaarte 5-MHz-Kanäle im Frequenzbereich zwischen 1900 MHz und 1920 MHz, sowie zwei ungepaarte 5-MHz-Kanäle im Frequenzbereich 2010 MHz und 2025 MHz. In Deutschland wurden jeweils 2 Duplex-Frequenzträger an 6 Mobilfunkanbieter und 5 der 7 ungepaarten Blöcke an 5 Mobilfunkanbieter versteigert. 2 der ungepaarten Blöcke sind also noch frei (Tabellen 2a, 2b). Sie dienen als Schutzabstand zum benachbarten DECT-Frequenzbereich. UMTS-TDD ist für asymmetrische Dienste (Kapazität für den Downlink größer als für den Up-Link) interessant und deshalb gut für die Internetkommunikation geeignet. Anwendung findet UMTS-TDD auch in nicht flächendeckenden Netzen, wie z. B. in firmeninternen Hausnetzen.

Netzbetreiber	Frequenz / MHz			
Vodafone	1920,3-1930,2			
Quam		1920,2-1940,1		
E-Plus			1940,1-1950,0	
MobilCom				1950,0-1959,9
Viag / O <sub>2</sub>				1959,9-1969,8
T-Mobile				1969,8-1979,7

**Tabelle 2a: Zuordnung der UMTS-FDD Frequenzblöcke (Uplink)**

Netzbetreiber	Frequenz / MHz			
Vodafone	2110,3-2120,2			
Quam		2120,2-2130,1		
E-Plus			2130,1-2140,0	
MobilCom				2140,0-2149,8
Viag / O <sub>2</sub>				2149,8-2159,8
T-Mobile				2159,8-2169,7

**Tabelle 2b: Zuordnung der UMTS-FDD Frequenzblöcke (Downlink)**

## UMTS-Basisstationen

Eine UMTS-Basisstation besitzt in der Regel drei Antennen mit einer maximalen Sendeleistung von jeweils etwa 20 W. Die Sendeanlage kommt damit auf eine Gesamtleistung von rund 60 W. Durch automatische Anpassung der Sendeleistung von Sender und Handy an die jeweiligen Übertragungsbedingungen wird dafür gesorgt, dass die verfügbare Maximalleistung bei UMTS in der Praxis meist unterschritten wird. Die dynamische Sendeleistungsregelung der Basisstation beträgt 25 dB (d.h. das 316fache) und erfolgt in Stufen zu 3 dB.

## UMTS-Zelle und Handover

Im Gegensatz zu GSM haben die Funkzellen der UMTS-Netze keine feststehende räumliche Ausdehnung. Vielmehr verändern sich die Zellgrößen in Abhängigkeit von der Zahl der Nutzer: Sie "atmen" gewissermaßen. Da die maximale Sendeleistung einer UMTS-Funkzelle konstant ist, wird diese auf die Anzahl der in einer Zelle telefonierenden Teilnehmern aufgeteilt. D.h., je mehr Menschen in der Zelle mobil telefonieren, desto weniger Sendeleistung steht dem Einzelnen zur Verfügung. Damit ist eine geringere Bandbreite verbunden; für eine einwandfreie Kommunikation muss der Abstand zwischen Mobilgerät und Sendestation verringert werden, d.h. die Zelle wird kleiner. Bei sehr hohem Sendeaufkommen müssen ggfs. weiter entfernte Teilnehmer von einer anderen, daneben liegenden Zelle, versorgt werden.

Der Übergang von einer Funkzelle zur nächsten, das so genannte Handover, erfolgt bei UMTS fließend. Das Netz bestimmt jeweils das stärkste Funksignal eines Handys, das sich in Bewegung befindet und ordnet es einer Zelle zu. Dies kann in dicht besiedelten Gebieten dazu führen, dass Nutzer gleichzeitig Kontakt zu mehreren Basisstationen haben. Hierbei verringert sich die Gefahr von Abbrüchen des Funksignals. Verlässt ein Nutzer ein Gebiet mit UMTS-Versorgung sind auch Übergänge in das GSM-Netz möglich.

## Leistungsregelung

Die heutigen Digitalmobilfunksysteme arbeiten mit einer Sendeleistungsregelung, um die zwischen den Basisstationen und Mobilgeräten entstehenden Empfangsleistungsschwankungen auszugleichen. Ursachen für die Empfangsleistungsschwankungen sind die unterschiedlichen Signaldämpfungen auf dem Funkübertragungsweg. Diese hängen ab von der Beschaffenheit des Geländes (freies Feld, Gebäude, Wald usw.), von meteorologischen Bedingungen (klare Sicht, starker Regen, Schneefall, Hagel usw.) und selbstverständlich von der Entfernung der Basisstation zum Mobilteil. Die Empfangsfeldstärke an der Basisstation bestimmt die Sendeleistung des Handys. Empfängt die Basisstation das Handy in guter Qualität, so regelt die Basisstation solange das Mobilteil in seiner Sendeleistung herunter, bis gerade noch das Signal in ausreichender Qualität empfangen werden kann. Dies hat zum einen den Vorteil, dass die Batteriestandzeit des Mobilteils erhöht wird, führt andererseits aber auch zu einer Verringerung der Strahlungsimmission auf den menschlichen Körper. Darüber hinaus ist eine geringe Sendeleistung bei den UMTS-Systemen, die im Bandspreizverfahren arbeiten und den gesamten Frequenzbereich nutzen, ein unverzichtbarer technischer Bestandteil, um ein „Überstrahlen“ anderer Mobilgeräte, d.h. Empfangs- und Identifikationsstörungen, zu verhindern. Aufgrund der besonderen Bedeutung in UMTS-Netzen erfolgt die Leistungsregelung der Mobilteile schneller und mit größerer Dynamik (größerer Regelbereich) als in den D- und E-Netzen.

## UMTS-Mobilteile

Aufgrund der paketorientierten Übertragungstechnik sind UMTS-Mobilteile stets mit dem Netz verbunden. So ist eine dauernde Verbindung zum Internet möglich, ohne dass jedes Mal eine Verbindung aufgebaut werden muss. Die maximale Sendeleistung von UMTS-Mobilteilen beträgt typischerweise 125 mW bis 250 mW.

Im Normalbetrieb werden die Sendeleistungen aufgrund der Leistungsregelung weit unter diesem Maximalwert liegen. Simulationen von Herstellern haben ergeben, dass unter Berücksichtigung der Leistungsregelung die mittlere Sendeleistung bei UMTS-Handys in der typischen Netzkonfiguration für Sprachverbindung in ländlicher Umgebung bei ca. 7 mW und in städtischer Umgebung bei ca. 0,6 mW liegt. Bei den UMTS-Systemen arbeitet die Leistungsregelung wegen der technischen Notwendigkeit sowohl schneller als auch stärker. Sie erfolgt alle 667 ms, d. h. mit einer Frequenz von 1,5 Hz in Stufen zwischen 1 dB und 3 dB.

In Tabelle 3 sind abschließend noch einmal die relevanten technischen Parameter von GSM und UMTS gegenübergestellt.

Parameter	UMTS	GSM
Maximale Sendeleistung des Mobilteils	125 – 250 mW	125 – 250 mW (Mittelwert)
Kanalzugriffsverfahren	CDMA	TDMA
Datenrate pro Teilnehmer	bis 2 Mbit/s	9,6 kBit/s, mit HSCSD und GPRS bis 57,6 kBit/s bzw. 171,2 kBit/s
Bandbreite pro Kanal	5 MHz	200 kHz
Pulsfrequenz	Entfällt	217 Hz (Mobilteil)
Anzahl Zeitschlitz pro Rahmen	Entfällt	8
Frequenzband	2 GHz	900 MHz / 1800 MHz
Max. Sprachverbindungen pro Kanal	72 bei 100 % Sprachaktivität 108 bei 50 % Sprachaktivität (keine Sprechpausen)	8
Max. Zellenradius (Land)	Ca. 8 km ohne Interferenz von Nachbarzellen. Realistisch ca. 2 bis 3 km	35 km

**Tabelle 3: Die wichtigsten technischen Daten von UMTS- und GSM-Systemen.**

## UMTS und EMVU

Durch den sichtbaren (Aus-)Bau weiterer Sendefunkanlagen auch für neue Mobilfunknetze wie z.B. des UMTS-Netzes, wächst in der Bevölkerung die Sorge, ob die getroffenen Schutzmaßnahmen und Grenzwerte für die durch elektromagnetische Felder hervorgerufenen Immissionen ausreichend sind, da gerade die elektromagnetischen Felder der UMTS-Technik spezifische Frequenzvariationen, Modulationen und Intensitätsschwankungen aufweisen. Speziell mit Fokus auf das UMTS-Netz wurde am 28.11.2005 von der Forschungsgemeinschaft Funk e.V. und dem Forum Mobilkommunikation eine Veranstaltung [3] durchgeführt, mit dem Ziel, eine erste Einschätzung der biologischen Auswirkungen auf Basis wissenschaftlicher Arbeiten, soweit zu diesem Thema vorliegend, zu diskutieren und zu überlegen, wie ein sinnvoller Dialog mit der Bevölkerung gestaltet werden kann. Die Veranstaltung gab den bisherigen Wissensstand wieder und stellte auch Grundfragen und Tendenzen der laufenden Forschungsvorhaben auf diesem Gebiet dar.

Biologische Untersuchungen, die sich mit der Auswirkung von Emissionen der UMTS-Technik befassen, wurden erst vor wenigen Jahren in Angriff genommen. Insofern liegen zurzeit nur vereinzelt wissenschaftliche Publikationen vor. Der Grund hierfür liegt u.a. darin, dass eine UMTS-typische Exposition in ihren charakteristischen Parametern sehr variabel ist. Die Forschung hat sich daher zunächst auf die Untersuchung biologischer Wirkung von Feldern mit vergleichbaren Frequenz- und Signalverhalten konzentriert. Im Anschluss daran soll mit Hochdruck an der Erforschung der Unterschiede zwischen der zurzeit eingesetzten GSM-Technik und der neuen UMTS-Technik gearbeitet werden. Dies betrifft vor allem die Trägerfrequenz, die bei UMTS zwischen 1900 MHz und 2170 MHz und damit um den Faktor 2 höher liegt, als bei GSM (900 MHz bis 1800 MHz). Zwar liegen erste Untersuchungen an Zellkulturen, Tieren und auch Tests mit menschlichen Probanden vor, eine Vielzahl weiterer Studien ist jedoch noch nicht abgeschlossen. Die Frage, ob spezielle Modulationsmuster der UMTS-Felder spezifische Wirkungen aufweisen, konnten ebenso wenig eindeutig beantwortet werden, wie bei der Untersuchung der GSM-Felder. Zur Beurteilung der UMTS-Strahlung wurden aber in jüngster Zeit spezielle Testszenarien, welche UMTS-typische Strahlung erzeugen können, entwickelt, um zu erforschen, ob unterschiedliche Besonderheiten der UMTS-Felder evtl. im Einzelnen anders wirken als im Komplex. Zusammenfassend kann man aus den bisher vorliegenden Ergebnissen folgern, dass die bisher geltenden Grenzwerte und Einschätzungen ausreichen. Wenngleich diese Ergebnisse durch weitere Untersuchungen und vor allem durch Langzeitstudien untermauert werden müssen, werden keine negativen Überraschungen erwartet.

## Literatur

- [1] Wilhelm Filensky,  
"Entwicklung des öffentlichen Mobilfunks in Deutschland",  
Forschungsgemeinschaft Funk e.V. Newsletter 1/2006
- [2] Grundinformation zur neuen Mobilfunkgeneration UMTS,  
Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 2/2003
- [3] Gerd Friedrich,  
„Beeinflussen UMTS-Mobilfunkfelder die Gesundheit“,  
Forschungsgemeinschaft Funk e.V. Newsletter 4/2005
- [4] Martin Virnich,  
„UMTS eine aktuelle Bestandsaufnahme“,  
Mobilfunksymposium 26.4.2003
- [5] <http://de.wikipedia.org/wiki/UMTS>
- [6] <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Wirtschaft/Telekommunikation-und-Post/mobilfunk.did=36600.html>