

UMTS - der Multimedia-Mobilfunk

1. Worin unterscheiden sich UMTS und GSM?

Zum einen benutzt UMTS ein anderes Frequenzband im Bereich von 1900 bis 2170 MHz als GSM, zum anderen liegt ein weiterer wichtiger Unterschied in der Art und Weise der Informationsübertragung zwischen Handy und Basisstationen. Im GSM-Netz werden die Informationen im Zeitmultiplex gesendet, die Botschaft erreicht ihren Empfänger gewissermaßen stückchenweise: Es wird ein Datenpaket zu einem bestimmten Zeitpunkt verschickt, danach entsteht eine Pause, in der zunächst andere Handys von der Basisstation bedient werden, anders bei UMTS. Hier senden alle Nutzer 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. Die Technik des CDMA, das Bandspreizverfahren, lässt sich mit folgendem Beispiel, das in der Literatur immer gerne verwendet und zitiert wird, verdeutlichen:

Stellen Sie sich vor, Sie besuchen mit Ihrem Partner eine außergewöhnliche Party. Außer Ihnen sind noch viele Paare da. Jedes Paar spricht eine andere Sprache und alle reden mit gleicher Lautstärke durcheinander. Um sich nun in dieser geräuschvollen Umgebung mit Ihrem Partner zu unterhalten, können sie vorgehen wie bei GSM: Sie fordern alle Anwesenden auf, statt gleichzeitig nur nacheinander, also in "Zeitschlitz (Zeitmultiplex)" zu reden. Damit können Sie Ihren Partner nun zwar gut verstehen, der Nachteil wäre allerdings, dass Sie ihn nur selten zu hören bekämen, denn er müsste sich ja mit den anderen abwechseln. - Die Datenübertragungsrate wäre gering.

Gehen sie dagegen vor wie bei UMTS, können alle gleichzeitig reden. Sie machen sich dabei aber die Tatsache zunutze, dass sich jedes Paar - Sender und Empfänger - in einer eigenen Sprache verständigt. Auf diese Weise hört jeder Partner die Sprache - technisch: den Code - des jeweils anderen aus dem Stimmengewirr heraus und die Verständigung klappt.

Gegenüber den starren Zeitschlitz 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. 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, er kann sogar 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.

Die nachstehende Abbildung zeigt beispielhaft, wie bei einer unveränderten Sendeleistung einer Basisstation von 20 W die Kapazitäten in den Netzen gestiegen sind. Waren beim C-Netz mit 20 W Sendeleistung etwa 10 Gespräche gleichzeitig möglich, so sind es in den GSM-Netzen (D und E) schon bis zu 30 Gespräche, UMTS schafft bei gleicher Sendeleistung Kapazitäten, die etwa 60 Gesprächen entsprechen.

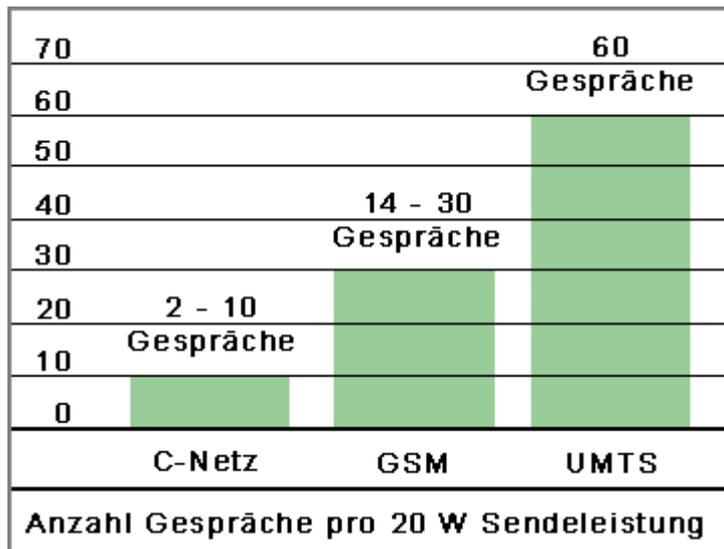


Abbildung 1: Bei gleichbleibender Sendeleistung steigt die Kapazität der Mobilfunknetze von Mobilfunkgeneration zu Mobilfunkgeneration kontinuierlich.

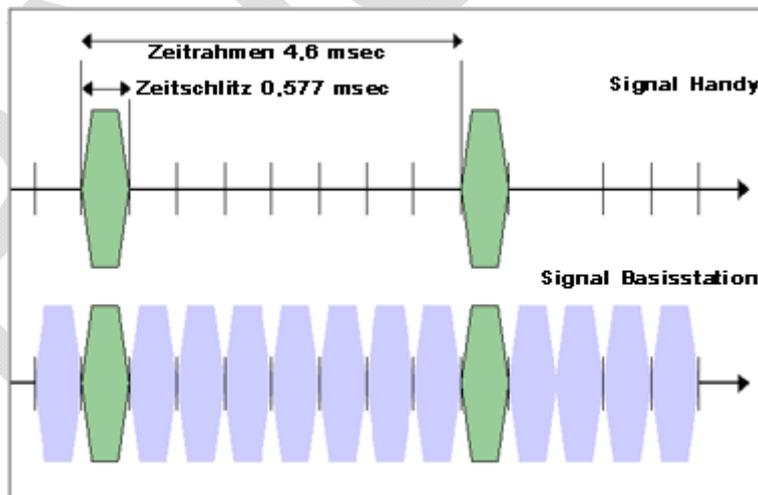


Abbildung 2: Signalform bei GSM.

Schematische Darstellung der Signalform bei Handy und Basisstation im D- und E-Netz. Ein Handy sendet alle 4,6 Millisekunden genau 0,577 Millisekunden lang. Die Basisstation sendet dagegen unterschiedlich häufiger, je nach der Zahl der eingebuchten Handys.

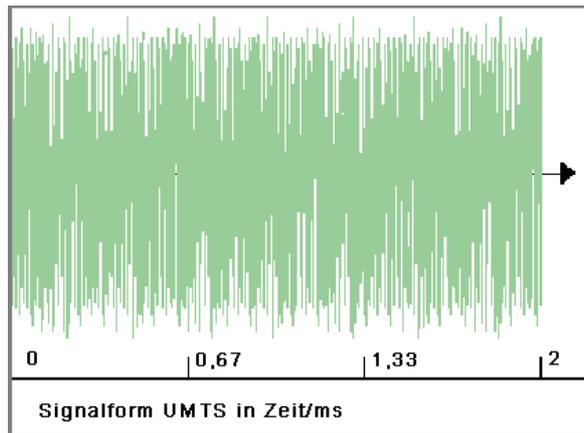


Abbildung 3: Signalform bei UMTS.

Die Signalform bei UMTS unterscheidet sich grundlegend von den D- und E-Netzen. So werden bei UMTS die Informationen in einem rauschähnlichen Signal übertragen.

1.1 UMTS-Basisstation

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. Die automatische Anpassung der Sendeleistung von Sender und Handy an die jeweiligen Übertragungsbedingungen sorgt dafür, dass die verfügbare Maximalleistung bei UMTS in der Praxis meist unterschritten wird.

Man rechnet damit, dass bis 2010 bis zu 20.000 Basisstationen pro Netzbetreiber notwendig sind. Um dies verwirklichen zu können, bauen die Mobilfunkbetreiber UMTS zunächst in größeren Städten mit mehr als 100.000 Einwohnern auf.

1.2 Zellatmung und Handover

Anders als bei GSM haben die Funkzellen der UMTS-Netze jedoch keine feststehende räumliche Ausdehnung. Vielmehr verändern sich die Zellgrößen in Abhängigkeit von der Zahl der Nutzer: Sie "atmen" gewissermaßen.

Jede UMTS-Funkzelle hat eine mögliche maximale Sendeleistung. Je mehr Menschen in der Zelle mobil telefonieren, desto weniger Leistung kann auf den Einzelnen entfallen. Dadurch verringert sich die Bandbreite bzw. die mögliche Entfernung zur Sendestation. Die Zelle wird kleiner. Bei sehr hohem Sendeaufkommen kann es sein, dass weiter entfernte Teilnehmer von einer anderen daneben liegenden Zelle versorgt werden müssen.

Auch der Übergang von einer Funkzelle zur nächsten, der 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. In dicht besiedelten Gebieten haben die Nutzer sogar überwiegend gleichzeitig Kontakt zu mehreren Basisstationen. Dies verringert die Gefahr von Abbrüchen des Funksignals.

Zudem wird vom Nutzer nicht bemerkbar ein unbemerkter Übergang in die GSM-Netze möglich sein, wenn der Nutzer ein Gebiet mit UMTS-Versorgung verlässt.

Alle UMTS-Handys werden Dual-Mode-Handys sein, d.h. sie werden alle sowohl GSM und UMTS gleichzeitig unterstützen.

1.3 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.

Die unterschiedliche Signaldämpfung hängt ab von der Oberflächenbeschaffenheit (freies Feld, Gebäude, Wald usw.), von den meteorologischen Bedingungen (klare Sicht, starker Regen, Schneefall, Hagel usw.) und selbstverständlich von der Entfernung der Basisstation zum Mobilteil.

Vereinfacht gesagt, führt die Sendeleistungsregelung zu einer umso geringeren Sendeleistung bei beiden Sendern (Basisstation und Mobilteil), je besser der Empfang ist. Die Empfangsfeldstärke an der Basisstation bestimmt die Sendeleistung des Handys. Empfängt die Basisstation das Handy in ausreichend 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 erhöht wird, es hat aber auch den Vorteil, dass die Strahlungsemission des Mobilteils reduziert wird und damit auch die Strahlungsimmission, d. h. die Einstrahlung in den menschlichen Körper, reduziert wird.

Eine geringe Sendeleistung ist bei den UMTS-Systemen, die im Bandspreizverfahren arbeiten und den gesamten Frequenzbereich nutzen, ein unverzichtbarer technischer Bestandteil, denn sonst würde ein Gerät die anderen Geräte "überstrahlen", d. h. die anderen Geräte wären nicht mehr empfang- und identifizierbar.

In den UMTS-Netzen ist die Leistungsregelung des Handys noch wichtiger als in den D- und E-Netzen. Daher erfolgt die Leistungsregelung in dem UMTS-Netz schneller und mit einer größeren Dynamik, d. h. mit einem größeren Regelungsbereich.

Die UMTS-Leistungsregelung ist für die technische Übertragung entscheidend und für die Reduzierung der Strahlungsimmission in den Menschen optimal, denn das Handy, das direkt am Kopf sendet, wird aufgrund der Leistungsregelung immer nur mit geringst möglicher Leistung senden.

Verdeutlichen wir uns die Notwendigkeit der Leistungsregelung wieder an dem Beispiel der Party. Bei der Party hat jedes Paar in einer anderen Sprache gesprochen und konnte sich aufgrund der Sprachfilterung in dem Einheitsbrei der vielen Gespräche verständigen. Würde plötzlich ein Paar besonders laut sprechen und alle übertönen, hätten die anderen Schwierigkeiten sich noch zu hören.

Das Gleiche ist aufgrund der gleichzeitigen Frequenznutzung im UMTS-Netz erforderlich. Es ist absolut notwendig, dass alle Handys mit möglichst geringer Leistung senden, so dass an der UMTS-Basisstation alle Signale mit dem gleichen

Pegel ankommen. Dies kann nur erreicht werden, wenn die Sendeleistung des Handys, von der Basisstation gesteuert, immer möglichst gering gehalten wird.

Während in den D- und E-Netzen das Handy beim Gesprächsaufbau erst mit voller Leistung sendet und dann von der Basisstation heruntergeregelt wird, ist es in den UMTS-Netzen umgekehrt. Dort fängt das Handy an mit der geringsten Leistung zu senden und wird solange die Sendeleistung in Stufen steigern, bis die Basisstation es erkennt. Dies ist notwendig, denn würde es gleich mit voller Leistung beginnen, würden die anderen bestehenden Kommunikationsgespräche gestört.

Technisch läuft es folgendermaßen ab: Es gibt eine Open-loop-Leistungskontrolle, eine äußere Leistungsregelung, und eine Closed-loop-Leistungskontrolle, eine innere Leistungsregelung. Die äußere Leistungsregelung wird bei dem Gesprächsaufbau wirksam. Zuerst schätzt das Handy die Sendekanalqualität zur Basisstation ab. Dies erfolgt durch die Auswertung eines Pilotsignals, das von jeder Basisstation ausgestrahlt wird. Das UMTS-Handy unternimmt dann mit der so abgeschätzten Leistung einen ersten Sendeversuch zur Basisstation. Das Handy wartet eine gewisse Zeit, kommt kein Antwortsignal von der Basisstation, so erhöht das Handy die Sendeleistung und übermittelt noch einmal dieselbe Anfrage. Das geht solange, bis die Basisstation antwortet, wodurch dann der momentan korrekte Leistungswert ermittelt ist. Dieser Regelkreis, der so genannte äußere Regelkreis, ist nicht sehr effektiv und wird nicht für bereits aufgebaute Verbindungen benutzt. Er dient nur zur Initialisierung, damit auch hier nicht mit zu viel Leistung gesendet wird. Bei bereits aufgebauten UMTS-Funkkanälen wird ein geschlossener innerer Leistungskreis, der so genannte Closed-loop-Regelkreis, realisiert. Die Leistungsregulierung gestaltet sich somit in einen inneren Regelkreis und in einen äußeren Regelkreis.

1.4 Sendeleistung von UMTS-Handys

Aufgrund der paketorientierten Übertragungstechnik sind UMTS-Handys 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-Handys liegt typischerweise $125\text{mW} = 0,125\text{W}$ bis $250\text{mW} = 0,25\text{W}$. Im Normalbetrieb liegen die Sendeleistungen aufgrund der Leistungsregelung weit unter diesem Maximalwert.

Simulationen von Herstellern haben ergeben, dass unter Berücksichtigung der Leistungsregelung die mittlere Sendeleistung bei UMTS-Handys in der typischen Netzkonfiguration für Sprachverbindung die folgenden Werte aufweisen dürften:

- In ländlicher Umgebung: ca. $7\text{ mW} = 0,007\text{ W}$
- In städtischer Umgebung: ca. $0,6\text{ mW} = 0,0006\text{ W}$.

1.5 Regelungsbereich des UMTS-Handys

Die UMTS-Handys besitzen in der Leistungsregelung sogar einen Regelungsbereich von 80 dB, dies entspricht dem Faktor 100 Millionen. 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 1.500 Hz in Stufen zwischen 1 dB und 3 dB.

1.6 Sendeleistungsregelung bei UMTS-Basisstationen

Die dynamische Sendeleistungsregelung der Basisstation beträgt 25 dB, (d.h. das 316fache) und erfolgt in Stufen zu 3dB, d.h. jeweils Verdopplung bzw. Halbierung.

1.7 FDD und TDD Betrieb bei UMTS

Der UMTS-Standard unterscheidet außerdem noch zwischen zwei Betriebsarten, nämlich dem FDD-Betrieb (Frequency Division Duplex) und dem TDD-Betrieb (Time Division Duplex). Im FDD-Betrieb werden für eine Verbindung zwei getrennte Frequenzen verwendet, nämlich eine für die Verbindung vom Mobilgerät zur Basisstation und eine von der Basisstation zum Mobilgerät.

Im TDD-Betrieb wird dagegen für eine Verbindung nur eine Frequenz benötigt, je nach Richtung, jedoch in unterschiedlichen Zeiträumen. Der Up- bzw. Down-Link wird auf der gleichen Frequenz, jedoch zu unterschiedlichen Zeiten abgewickelt. Der TDD-Betrieb ist für asymmetrische Dienste (Kapazität für den Down-Link größer als für den Up-Link) interessant und deshalb ideal geeignet, um auf das Internet zuzugreifen.

Derzeit setzen die Netzbetreiber nur den FDD-Betrieb ein. Ob der TDD-Betrieb in Deutschland Verwendung finden wird, ist fraglich. Das TDD-Verfahren ist vor allem für nichtflächendeckende Netze (z. B. firmeninterne Hausnetze) vorgesehen.

Die in den nächsten Jahren auf den Markt kommenden UMTS-Handys werden nur die FDD-Betriebsart unterstützen, so dass im weiteren nur noch FDD behandelt wird.

2. Einige technische UMTS-Details (FDD)

Tabelle 1: Technische Details von UMTS

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

2.1 Die Funkschnittstelle von UMTS

Die Funkschnittstelle von UMTS wird UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) genannt. Die Luftschnittstelle ermöglicht die Kommunikation zwischen UMTS-Handy und UMTS-Basisstation.

2.2 Vergleichende Übersicht zu UMTS und GSM

Die wichtigsten technischen Daten von UMTS- und GSM-Systemen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 2: UMTS und GSM in direktem Vergleich

	<i>UMTS</i>	<i>GSM</i>
Maximale Sendeleistung des Handy	125 - 250 mW	125 - 250mW (gemittelt)
Kanalzugriffsverfahren	CDMA	TDMA (gepulst)
Datenrate pro Teilnehmer	bis 2 MBit/s	9,6 kBit/s*)
Bandbreite pro Kanal	5 MHz	200 kHz
Pulsfrequenz	entfällt	217 Hz
Anzahl Zeitschlitze pro Rahmen	entfällt	8
Frequenzband	2 GHz	900 MHz / 1800 MHz
Max. Sprachverbindungen pro Kanal	108**)	8
Max. Zellenradius (ländliche Zellen)	ca. 8 km***)	35 km

Bemerkungen:

*) Mit HSCSD und GPRS sind Datenraten von bis zu 57,6 kBit/s bzw. 171,2 kBit/s möglich.

***) Gilt für 50 % voice activity. Bei 100 % voice activity (keine Sprechpausen) sind nur 72 Sprachverbindungen pro Kanal möglich.

***) Dieser Zellenradius ist nur möglich ohne Interferenz von Nachbarzellen (sehr wenig Verkehr). Unter realistischen Bedingungen (Interferenz von Nachbarzellen) wird der max. Zellenradius von UMTS-Systemen nur ca. 2 - 3 km betragen.

3. Weiterentwicklung von UMTS

Der UMTS-FDD-Standard unterliegt einer ständigen Weiterentwicklung. Seit 2006 setzen die Netzbetreiber das HSDPA-Übertragungsverfahren (High Speed Downlink Packet Access) ein. Durch Verwendung leistungsfähiger Kanalkodierungs- und Modulationsverfahren gelingt es, bei guten Funkbedingungen im Downlink Übertragungsraten von über 10 MBit/s zu erreichen.

Für den Uplink hat sich das High-Speed-Uplink Packet-Access-Verfahren (HSUPA) mit vergleichbaren Kodierungs- und Modulationsmodifikationen auf eine Übertragungsrate bis zu 7,2 MBit/s gesteigert.

Während die deutschen Mobilfunkbetreiber ihre UMTS-Netze durch HSDPA und HSUPA auf das 20-fache der ursprünglichen Übertragungsbiraten aufrüsten, erscheint mit LTE (Long Term Evolution) eine Weiterentwicklung, welche bis zu 50-fache Geschwindigkeit der DSL-2000-Festnetzanschlüsse bietet.