

# Mobilfunktechnik

- Von den Grundlagen zu 3G -



Von Christian Beilborn

# Inhalt

1.	Einleitung	3
2.1	Entwicklung der Mobilfunktechnik – vom A-Netz zu GSM	3
2.2	Aufbau von GSM-Mobilfunknetzen	5
2.3	Beschaffenheit von Sendeanlagen und Funkzellen	7
2.4	Funkwellen und Sendefrequenzen	7
3.1	Funktionsweise des GSM-Mobilfunkstandards und Technik von GPRS	8
3.2	Entwicklung der 3G-Technologie und Funktionsweise von W-CDMA	11
4.	Zusammenfassung und Ausblick	13
5.	Abkürzungen und Literaturverzeichnis	14
6.	Anhang	16

## **1. Einleitung**

Moderner Mobilfunk ist heute in Industrienationen wie Deutschland aus dem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Der Durchbruch der digitalen Gesprächsübertragung gelang im Jahre 1992 mit der großtechnischen Einführung des GSM-Standards (Global System for Mobile Communication). Derzeit leitet die Einführung der Mobilfunktechnik der dritten Generation (3G) wie UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) ein neues Zeitalter der mobilen Kommunikation ein. Durch Einführung einer neuen Übertragungstechnik und des IP-Internetprotokolls im Mobilfunk können größere Datenmengen deutlich schneller übertragen werden. Damit ermöglicht UMTS die breitbandige, paketbasierte Übertragung von Sprache und Daten.

Während heute über zwei Drittel aller Deutschen als Kunden den Mobilfunk erleben, sind die technischen Hintergründe und Funktionsweisen dieser Technologie nur wenigen bekannt.

In der vorliegenden Facharbeit wird die Entwicklung der Mobilfunktechnik vom A-Netz bis hin zu UMTS dargestellt. Einen Schwerpunkt bilden Erläuterungen über Übertragungswege im Mobilfunk, Aufbau und Beschaffenheit von Funkzellen und Mobilfunknetzen. Darüber hinaus wird detailliert auf den GSM-Mobilfunkstandard und dessen Evolution zur GPRS-Technik (General Packet Radio Service) sowie das UMTS-Funkverfahren W-CDMA (Wide Band Code Division Multiple Access) eingegangen.

### **2.1 Entwicklung der Mobilfunktechnik – vom A-Netz zu GSM**

Die Entwicklungsgeschichte der mobilen Kommunikation reicht zurück bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts. Der Seefunkdienst war der erste wirkliche Mobilfunkdienst in Deutschland. Bis in die fünfziger Jahre wurden dann verschiedene Funknetzsysteme wie Hafen-, Zug- und Stadtfunkdienste eingerichtet, die meist auf Langwellen-, später auf Mittelwellen-Funk basierten.

Als die Deutsche Bundespost im Jahre 1958 die bisher vorhandenen Funknetze zum so genannten „Öffentlichen, bewegten Landfunknetz (öbL) A“ zusammenfasste, war dies der Startschuss für das erste nationale Mobilfunknetz - das A-Netz. Dieses Netz entwickelte sich

Ende der 1950er Jahre zum größten öffentlichen Mobilfunknetz weltweit und verfügte 1968 über eine Flächenabdeckung von rund 80 Prozent. Aufgrund der hohen Kosten für Endgeräte und Dienste hatte das A-Netz nur etwa 10.500 Teilnehmer. Darüber hinaus waren die Geräte mit ca. 16 kg sehr schwer und somit kaum für den tragbaren Einsatz nutzbar.

Das B-Netz startete 1972 als Nachfolger des A-Netzes. Im Rahmen des ebenfalls analogen B-Netzes war die Bundesrepublik in 150 Zonen mit einem Durchmesser von bis zu 150 km aufgeteilt. Anstelle der Amt-Vermittlung per Hand konnten die Nutzer nun selbst wählen, wobei allerdings der Aufenthaltsort des gewünschten Teilnehmers der entsprechenden Zone zugeordnet werden musste. Aufgrund der steigenden Anzahl von Nutzern musste das B-Netz auf die Frequenzen des 1977 abgeschalteten A-Netzes zurückgreifen, bis es 1986 seine maximale Teilnehmerzahl von fast 270.000 Nutzern erreichte. Der Betrieb des Netzes wurde im Jahr 1994 eingestellt.

Das C-Netz wurde am 1. September 1985 als erstes (teilweise) digitales Mobilfunknetz in Deutschland in Betrieb genommen. Zwar wurde die Sprache wie im A- und im B-Netz durch analoge Funktechnik übertragen, die Vermittlungs- und Steuerinformationen waren aber bereits digital. Die Sendefrequenz des C-Netzes betrug 450 Megahertz. Das C-Netz verfügte erstmals über die für die Ermittlung des Aufenthaltsortes eines Teilnehmers notwendige typische Netzstruktur aus aneinandergrenzenden Funkzellen. Dabei leistete das Kern-Netz (Core Network) im Hintergrund den so genannten Handover, die Weiterleitung der Gespräche von Funkzelle zu Funkzelle. Mit dieser Voraussetzung konnte eine bundesweit einheitliche Vorwahl (0161-) eingerichtet werden, über die alle Teilnehmer des C-Netzes erreichbar waren. Das C-Netz hatte zeitweise bis zu 800.000 Kunden, womit es sich aber bereits an seiner Kapazitätsgrenze bewegte. Im Jahr 2000 wurde der Netzbetrieb eingestellt.

Die zweite Mobilfunkgeneration mit den digitalen GSM-Netzen eröffnete der breiten Bevölkerung in den 1990er Jahren den Zugang zur mobilen Kommunikation mit erstmals kleinen und handlichen Mobiltelefonen. Sprachübermittlung in guter Qualität, Datendienste wie SMS, Fax oder Notebook-PC-Anbindungen und sogar die mobile Internetnutzung mit einer geringen Übertragungsrate wurden mit dem GSM-Standard für Jedermann verfügbar. Der große Erfolg der zweiten Mobilfunkgeneration ermöglichte eine nahezu vollständige Netzabdeckung.

Bereits im Dezember 1989 hatte das Mannesmann-Konsortium den Zuschlag für die D2-Lizenz bekommen. Mannesmann und die Deutsche Bundespost, die die D1-Lizenz erhielt, entwickelten anschließend gemeinsam mit den Handy-Herstellern die neue digitale Mobilfunktechnik. 1991 wurden erste Testnetze eingerichtet. Im Sommer 1992 fiel schließlich der Startschuss für den regulären Betrieb der D-Netze.

Im Sommer 1994 kam mit E-Plus ein weiterer privater Netzbetreiber auf den Markt. Das Unternehmen startete das erste GSM-1800-Netz (E1) in Deutschland. Das E-Netz ist eine leistungsstarke Variante des Mobilfunkstandards GSM 900. Es sendet im Frequenzbereich von 1710 bis 1880 MHz. Im Oktober 1998 errichtete auch VIAG Interkom (heute O2) ein E-Netz in Deutschland.

Nach der Einführung im Jahr 1995 entwickelte sich SMS (Short Message Service) in kurzer Zeit nach der Telefonie zum meistgenutzten Handy-Dienst. Ende der 1990er Jahre hatten dann beide GSM-Mobilfunknetze die so genannte Enhanced Fullrate eingebaut und damit die Sprachverständigung deutlich verbessert.

## **2.2 Aufbau von GSM-Mobilfunknetzen**

Mobilfunknetze stellen die Basisinfrastruktur dar, welche das Telefonieren und die Übermittlung von Daten mit dem Handy ermöglicht. Um die moderne Mobilfunktechnik nahezu überall in Deutschland nutzen können, sind ausreichend ausgedehnte Übertragungskapazitäten notwendig. Die heutigen GSM-Netze gliedern sich in eine Vielzahl kleiner wabenartiger Funkzellen, welche einen bis zu einige Kilometer großen Radius aufweisen und dort Mobilfunksignale senden und empfangen. Nahezu das gesamte Bundesgebiet wird mit solchen Funkzellen abgedeckt und damit die mobile Kommunikation fast überall ermöglicht. Der Übertragungsweg beim Mobilfunk beinhaltet allerdings nicht nur die Strecke vom Mobiltelefon zur Mobilfunksendeanlage, welche die Funkzelle versorgt, in der sich der Handy-Nutzer befindet. Die Informationen müssen zielgenau zu der Mobilfunkzelle weitergeleitet werden, in der sich der Empfänger aufhält. Dies gewährleistet das so genannte Core Network, welches die Einwahl, Identifizierung, Abrechnung und Lokalisierung der Mobilfunknutzer koordiniert. Der Übertragungsweg vom sendenden Mobiltelefon gestaltet sich dabei wie folgt:

Die Mobilfunkbasisstation nimmt das Funksignal eines Handys und damit die zu vermittelnde Information über ihre Empfangsantenne auf. Dann gibt sie diese über herkömmliche

Telefonleitungen oder über Richtfunk an eine Funkvermittlungsstelle, ein so genanntes Mobiles Switching Center (MSC), weiter. Hier werden die Gespräche vermittelt und der gesamte Gesprächsablauf vom Ruf bis zum Gesprächsende gesteuert. Dienste wie die Rufweiterleitung, Anklopfen oder Mehrfachgespräche werden vom MSC im Core Network ausgeführt. Das Core Network verbindet alle Funkvermittlungsstellen und verfügt über Datenbanken der registrierten Kunden, akzeptierten Authentifizierungsverfahren, Geräte-Nummern, koordiniert die Aufenthaltsorte der Netzteilnehmer und erfasst zentral die Nutzungsdaten für die Rechnungsstellung.

Bei der Funkvermittlungsstelle wird das Gespräch an das Festnetz übergeben. Von dort wird es über Hochgeschwindigkeitsverbindungen entweder an den (Festnetz-)Empfänger weitergeleitet oder aber vom Festnetz wiederum über eine herkömmliche Telefonleitung an eine andere Funkvermittlungsstelle übergeben, die das Gespräch an die nächstgelegene Basisstation weiterleitet, von wo es das Empfänger-Handy erreicht.

Mobilfunkbetreiber, die über kein eigenes Festnetz verfügen, übertragen die Funksignale meistens ausschließlich über Richtfunkstrecken. Mit Hilfe des Richtfunks lassen sich Signale im Gigahertz-Bereich senden und empfangen. Das geschieht mit Parabolantennen. Gesendet wird im Mikrowellenbereich zwischen 2 GHz und 60 GHz. Über so genannte Richtfunkrelais werden die Mikrowellensignale jeweils verstärkt, so dass eine Richtfunkstrecke in der Regel mehrere Funkzellen überbrückt. Die maximalen Entfernungen hängen dabei von der Frequenz ab. Bei Frequenzen von 2 GHz können sie zwischen 40 km und 100 km liegen. Bei höheren Frequenzen verringert sich die Reichweite und liegt bei 10 GHz bei maximal 30 km.

Da sich die Strecke der Informationsübermittlung je nach Standort von Sender und Empfänger verändern kann, muss die Verbindung auch bei Wechsel der Mobilfunkzelle während eines Gesprächs erhalten bleiben. In einem solchen Fall führt das System automatisch und vom Handy-Nutzer unbemerkt ein so genanntes Handover auf die angrenzende Funkzelle durch und beendet die Verbindung zur alten. Als Kriterium für eine solche Weitergabe einer Verbindung dient die gemessene Übertragungsqualität. Bei Unterschreiten eines bestimmten Schwellenwertes wird der Zellenwechsel entweder vom Mobiltelefon (dezentrales Handover) oder einer Basisstation (zentrales Handover) eingeleitet.

## **2.3 Beschaffenheit von Sendeanlagen und Funkzellen**

Die Aufteilung der Mobilfunknetze in Funkzellen von begrenzter Größe ermöglicht eine optimale Nutzung der beschränkten Anzahl verfügbarer Funkkanäle. Da die Menge an verfügbaren Funkfrequenzen beim Mobilfunk durch die staatliche Lizenzvergabe stark begrenzt ist, werden dieselben Frequenzen in ausreichendem räumlichem Abstand wieder verwendet. Jede Funkzelle wird durch eine Basisstation (Sende- und Empfangsstation) versorgt. Die Zellengröße und die Zahl der Sendeanlagen sind abhängig von der Zahl der Nutzer und der Nutzungsart. So hängen die erforderlichen Datenraten von den genutzten Anwendungen, wie Telefonieren, Internet etc. ab. So erfordern eine steigende Nutzerzahl und höhere Datenraten ein dichteres Mobilfunknetz mit mehr Basisstationen. Der Durchmesser einer Funkzelle reicht von unter 100 Metern in Innenstädten bis zu mehreren Kilometern auf dem Land. Aufgrund der unterschiedlichen Ausbreitungseigenschaften des Funksignals haben beispielsweise die D-Netze einen Zellenradius von bis zu 40 Kilometern, während die Funkzellen der E-Netze über einen maximalen Radius von 10 Kilometern verfügen.

Mobilfunkantennen senden aufgrund ihrer ausgeprägten Richtcharakteristik die elektromagnetischen Wellen gebündelt in eine bestimmte Richtung waagrecht aus. Dies ist mit dem Lichtkegel beim Autoscheinwerfer vergleichbar, dessen Intensität beim Verlassen des Kegels oder beim Entfernen von der Lichtquelle schnell abnimmt. Der so genannte Öffnungswinkel einer Antenne als Hauptbereich der Energieabgabe beträgt normalerweise in der Senkrechten etwa 5 bis 10 Grad. Zusätzlich ist die Antenne häufig um etwa -5 Grad leicht nach unten geneigt, wodurch eine zielgerichtete Versorgung der Funkzelle erreicht wird.

Die typische Sendeleistung von Mobilfunkantennen liegt zwischen 20 und 50 Watt, wobei die tatsächlich benötigte Leistung von der Größe der Funkzelle und der Verbindungsqualität zwischen Handy und Mobilfunkantenne abhängig ist. Die Leistung wird daher ständig automatisch an die Gegebenheiten angepasst und möglichst auf ein Minimum beschränkt. Die Maximalleistung von GSM-Handys beträgt 2 Watt in D- und 1 Watt in E-Netzen.

## **2.4 Funkwellen und Sendefrequenzen**

Der Mobilfunk arbeitet mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Sie sind die technische Grundlage der mobilen Kommunikation. Wie alle elektromagnetischen Wellen breiten sich auch Mobilfunkwellen mit Lichtgeschwindigkeit aus. Im Sender wird ein Sprach-

oder Datensignal in ein hochfrequentes Signal digitalisiert und über eine Antenne ausgesendet. Im Empfänger wird in umgekehrter Richtung die ankommende Funkwelle über eine Antenne aufgenommen und in verstärkter Form in das ursprüngliche Ausgangssignal zurückverwandelt. Die Intensität der Funkwellen nimmt mit zunehmendem Antennenabstand schnell ab. Zusätzlich werden die elektromagnetischen Felder an Hindernissen wie Bergen, Gebäuden etc. durch Absorption, Reflexion und Streuung abgeschwächt. Die Reflexion sorgt aber auch dafür, dass die Wellen auch Bereiche erreichen, zu denen sie wegen der Abschattungen auf direktem Wege nicht gelangen können. Durch die Reflexionen erreicht ein Mobilfunksignal auf Umwegen von der Basisstation das Handy. Daher kann ein Handynutzer in der Regel - auch bei fehlendem direkten Sichtkontakt zur Basisstation - Mobilfunksignale empfangen.

Die Frequenzbereiche sind in zwei Frequenzbänder unterteilt. Auf dem unteren Frequenzband, dem so genannten Uplink, erfolgt die Übertragung der Daten vom Handy zum Sender, während auf dem oberen Frequenzband im so genannten Downlink die Daten vom Sender zum Mobiltelefon übertragen werden.

Die elektromagnetischen Wellen liegen in Deutschland zwischen 890 und 915 MHz sowie 935 und 960 MHz bei den D-Netzen und zwischen 1.710 und 1.785 MHz sowie 1.805 und 1.880 MHz bei den E-Netzen. UMTS sendet im Frequenzbereich zwischen 1.920 und 2.170 MHz.

### **3.1 Funktionsweise des GSM-Mobilfunkstandards und Technik von GPRS**

Die D- und E-Netze in Deutschland nutzen das digitale GSM-Übertragungsverfahren. Dabei werden Sprachsignale ähnlich wie beim Computer in eine logische Folge von Zahlen (Nullen und Einsen, entsprechend dem Zweiersystem der Mathematik) digitalisiert. Gegenüber der analogen Mobilfunktechnik bietet dieses Verfahren eine weitaus bessere Sprachqualität, ist weniger störanfällig und arbeitet mit einer viel niedrigeren Sendeleistung. Für die Übertragung werden die digitalen Signale durch Modulation auf ein hochfrequentes elektromagnetisches Feld als Transportmedium über ein 200 kHz breites Übertragungsband verteilt ("gespreizt"). Die digitalen Signale werden nun komprimiert in zeitlich aufeinander folgenden Datenpaketen übertragen. Das hochfrequente Trägersignal bildet zusammen mit der Sprachinformation den Inhalt der Datenpakete.

Wegen der geringen Bandbreite von 200 kHz und der teuren Frequenzressourcen erfolgt beim GSM-Standard die Sprachkodierung mit 13 Kilobit pro Sekunde (kbit/s) im Gegensatz zum Festnetz, wo dies mit 64 kbit/s geschieht. Das GSM-Verfahren gewährleistet dank der besonderen Kodierung und Komprimierung des Signals dennoch eine gut verständliche Sprachübertragung.

GSM-Handys fassen Zeitspannen von 4,16 Millisekunden (ms) eines Gespräches zusammen und senden diese komprimiert in nur einem Achtel der Zeit innerhalb von 0,577 ms per Funkwellen an die Basisstation. Dadurch können 8 Gespräche (leitungsvermittelnde Verbindungen) gleichzeitig über einen Frequenzkanal gesendet und die Frequenz damit besonders effektiv genutzt werden. Der Sender des Handys sendet also 217-mal in der Sekunde Datenpakete, welche 0,577 ms dauern. Nach einem Sendeimpuls von 0,577 ms wird das Sendemodul 3,58 ms (4,16 ms - 0,577 ms) lang ausgeschaltet. Somit entsteht ein gepulstes Signal. Diese Übertragungsverfahren werden daher auch als so genannte niederfrequent gepulste Hochfrequenz bezeichnet. In den dazwischen liegenden Sendepausen schicken bis zu 7 weitere Handys nacheinander ihre Datenpakete los.

Das Handy sendet die Datenpakete der Sprachinformation immer im gleichen zeitlichen Abstand nacheinander, während die Basisstation in der Regel mehrere Verbindungen abwickelt. Damit werden mehrere Sprachpakete an mehrere Handys gesendet, so dass die Aussendung je nach tatsächlichem Gesprächsaufkommen weniger häufig ausgeschaltet wird. Das Signal ist somit eher statistisch schwankend als periodisch gepulst.

## **GPRS**

Die GSM-Technologie wird der erforderlichen Schnelligkeit, die mit den neuen technologischen Entwicklungen einhergeht, nicht gerecht. GPRS (General Packet Radio Services) ergänzt deshalb das bestehende GSM-Netz und ermöglicht eine schnellere und effektivere Datenübertragung. GPRS ist ein spezielles System für die Übertragung von Informationen über das GSM-Netz. Hierbei werden die Daten in einzelne Pakete aufgeteilt, wobei jedes dieser Pakete mit zusätzlichen Informationen versehen wird. Diese übermitteln dem Netz, wie die einzelnen Pakete zusammenhängen und wer die Nachricht empfangen soll. Ermöglicht wird dies durch das Internet Protokoll (IP), welches eine Datenübertragung ohne eine direkte leitungsvermittelnde Verbindung zum Empfänger möglich macht. Mit Hilfe des GPRS-Systems können die Pakete durch verschiedene Kanäle des Netzes geleitet werden,

was die Nutzung freier Kapazitäten ermöglicht. Die Pakete werden dann beim Empfänger in der richtigen Reihenfolge zu einem Ganzen zusammengefügt.

Jeder der in acht Zeitschlitz unterteilten GSM-Funkkanäle besitzt eine Datenübertragungsrate von 9,6 kbit/s. Bei einer normalen GSM-Datenübertragung belegt der Anwender während der kompletten Dauer seiner Verbindung einen Zeitschlitz und macht somit Gebrauch von den gesamten 9,6 kbit/s. Wenn alle GSM-Zeitschlitz belegt sind, können keine weiteren Personen auf die Netz-Verbindungen zugreifen.

Bei der GPRS-Technologie stehen die Zeitschlitz mehreren Nutzern gleichzeitig zur Verfügung. Damit kann, durch das Versenden individuell adressierter Informationspakete, die Kapazität des Netzes gezielter genutzt werden, beispielsweise in Übertragungspausen, die bei der herkömmlichen GSM-Datenübertragung ungenutzt bleiben würden. Zudem bietet dieses System ein effektiveres Kostenmanagement, da die Abrechnung nach Datenmenge und nicht nach Verbindungsdauer erfolgt.

Eine höhere Übertragungsgeschwindigkeit wird bei GPRS durch die parallele Übertragung der Daten über mehrere Zeitschlitz erreicht. Theoretisch beträgt die Höchstgeschwindigkeit für GPRS bis zu 171,2 kbit/s, wenn alle acht Zeitschlitz vollständig genutzt werden könnten. Das wäre etwa dreimal so schnell wie die aktuelle Datenübertragung über das ISDN-Festnetz. Diese theoretische Geschwindigkeit wird in der Praxis jedoch nicht erreicht. Datenraten von 40 bis 50 kbit/s sind derzeit realistisch.

GPRS-Telefone sind in der Lage, mehr als einen Zeitschlitz für das Versenden und Empfangen von Daten zu nutzen. Am häufigsten ist die Nutzung von drei oder vier Zeitschlitz für das Empfangen von Daten und der Nutzung eines Zeitschlitz für das Versenden von Daten. Daraus folgt eine realistische Datenübertragungsrate von derzeit 13,4 kbit/s für das Versenden und ca. 40 kbit/s (3 Zeitschlitz) bzw. ca. 54 kbit/s (4 Zeitschlitz) für das Empfangen von Daten.

In der Praxis hängt die Übertragungsgeschwindigkeit von GPRS von verschiedenen Faktoren ab. So haben die Datenmenge, die zeitgleich von mehreren Anwendern verschickt wird, die Konfiguration der Mobiltelefone, die GPRS-unterstützende Infrastruktur, sowie das allgemeine Gesprächsaufkommen einen Einfluss auf die verfügbare Netzkapazität und damit auf die Geschwindigkeit.

## **3.2 Entwicklung der 3G-Technologie und Funktionsweise von W-CDMA**

### **UMTS**

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) ist die Bezeichnung einer völlig neuen Leistungsdimension im Mobilfunk. UMTS bildet die Basis der dritten Mobilfunkgeneration (3G) sowohl für Sprach- als auch für Datenkommunikation, sowohl paket- als auch leitungsvermittelt.

UMTS nutzt eigene Frequenzbänder und ist somit befreit von den Engpässen der GSM-Systeme. Mit hohen Übertragungsraten wird UMTS vielfältigen Multimedia-Diensten den Weg bahnen und parallele Anwendungen ermöglichen, z. B. während eines Telefonates gleichzeitig über das Mobiltelefon online Daten zu übertragen.

Der UMTS-Mobilfunkstandard sieht zwei Funkübertragungsverfahren vor: Wideband-CDMA, kurz W-CDMA, das die Favoritenrolle als 3G-Übermittlungsverfahren übernehmen wird, und TD-CDMA als zusätzlicher Übertragungsmodus. Die Innovation des kodierten Multiplexverfahrens W-CDMA besteht darin, aus der gesamten verfügbaren Bandbreite von 5 MHz flexibel der jeweiligen augenblicklichen Nachfrage angepasst und damit extrem ökonomisch die Übertragungsraten in entsprechender Dienstqualität zuweisen zu können. W-CDMA wird auch als FDD (Frequency Division Duplex), TD-CDMA auch als TDD (Time Division Duplex) bezeichnet.

FDD arbeitet paarweise mit zwei getrennten Frequenzverbindungen; eine vom System zum Empfänger, im Downlink, und umgekehrt eine vom Nutzer zum Netz, das heißt im Uplink. Dies führt zu guten Sende- und Empfangseigenschaften gerade in der Fläche und in größeren Funkzellen, wie sie außerhalb der Ballungszentren anzutreffen sind sowie insbesondere auch beim Gebrauch innerhalb sich schnell fortbewegender Fahrzeuge (z. B. bei 120 km/h mit 384 kbit/s). Dagegen eignet sich TDD besonders für kleinräumigere Zellen an zentralen nutzungsintensiven Orten, so genannten Hot Spots, wie Großstadtbereiche, in Geschäftszentren, etc. sowie in vorwiegend ruhender Position oder bei langsamer Fortbewegung (z. B. bis 2 Mbit/s, bis etwa 10 km/h).

## W-CDMA

Wideband-CDMA (W-CDMA) ist bereits 1999 als breitbandiges Funkübertragungsverfahren für UMTS definiert worden. W-CDMA lässt sich in einer schrittweisen Migration auf die 2G-Netzinfrastrukturen des in Europa und der Welt weit verbreiteten Standards GSM mit dessen möglicher Evolutionsstufe GPRS aufsetzen. Handys und andere Endgeräte im W-CDMA-Modus werden GSM und GPRS mitnutzen können, so dass ein nahtloser Übergang in bestehende Netze möglich ist (sog. Dual-Mode-Geräte). Im Gegensatz zum GSM-Netz werden bei W-CDMA die Signale nicht in Zeitschlitzten, sondern durch unterschiedliche Codes getrennt, die nur vom richtigen Empfänger entschlüsselt werden können. Zusätzlich können die Endgeräte gleichzeitig Verbindungen zu mehreren Basisstationen halten, da die Zellgröße nicht mehr fest vorgegeben, sondern von der Netzauslastung (d.h. Anzahl Nutzer und Datenvolumen) abhängig ist.

W-CDMA erzielt Höchstleistungen, indem die Signale der unterschiedlichen, variable Datenraten verschlingenden Dienste durch flexible Zuweisung der Bandbreite (Bandwidth on Demand) übertragen werden. Jedes Signal wird dabei einerseits kodiert und andererseits durch Modulation über ein 5 MHz breites Übertragungsband verteilt ("gespreizt"). Allen Teilnehmern steht das Frequenzband gleichzeitig zur Verfügung. Die Kodierung kennzeichnet die für die einzelnen Teilnehmer bestimmten Signale. Codes wirken somit wie Filter oder Verschlüsselungssysteme, welche nur die für den Empfänger bestimmten Daten aus dem gesamten riesigen Datenstrom herausfiltern. Alle anderen Nutzer, die die Codes nicht besitzen, können nur die Summe aller Signale als undefinierbares Rauschen empfangen. Die extreme Spreizung auf ein breites Frequenzband hilft, Störungen und Aussetzer durch sich überlagernde Frequenzschwingungen (Fading) zu vermeiden.

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

Mit der Einführung des GSM-Standards wurde in den vergangenen Jahren der Grundstein für die moderne mobile Kommunikation gelegt. Erst mit Hilfe dieser Technologie konnten leistungsfähige, digitale Sprach- und Datenübertragungsdienste angeboten und große Netzkapazitäten von über 20 Millionen Nutzern realisiert werden. Grundlage aller modernen Mobilfunktechnik ist die Datenübertragung über hochfrequente elektromagnetische Wellen. Durch die Einführung der GPRS-Technik, welche eine flexible Nutzung der Funkkanäle ermöglicht, können die GSM-Netze inzwischen auch effizienter für Datenübertragungen und mobile Service-Dienste eingesetzt werden.

Mit dem Start der 3. Mobilfunkgeneration UMTS im zweiten Halbjahr dieses Jahres beginnt auch in Deutschland ein neues Zeitalter der mobilen Kommunikation. Mit dem Funkverfahren W-CDMA wird die mobile Funkübertragung von den Fesseln der beschränkten Zeitschlitz- und der geringen Bandbreite befreit. Damit können mit UMTS noch größere Mengen digitaler Daten erheblich schneller mobil gesendet werden. Während die Übermittlung eines Farbbildes von 72 kB im GSM-Verfahren noch etwa 1 Minute dauerte, benötigt UMTS nur noch 1,6 Sekunden. Darüber hinaus werden aber vielmehr auch anspruchsvolle, teilortsbezogene, Datendienste, Videotelefonie und mobiles Internet die mobile Zukunft der Kommunikation ermöglichen.

Dennoch wird auch die GSM-Technik weiterhin für Sprachtelefonie und einfachere Datendienste vor allem in der Fläche eingesetzt werden. So befindet sich in Europa gegenwärtig das GSM-R Netz für Eisenbahnen erst im Aufbau. Dank der bessern Übertragungseigenschaften durch größere Funkzellen als bei UMTS werden die GSM-Netze (vorerst) nicht wegzudenken sein und vorerst weiterhin die Hauptlast der „einfachen“ mobilen Telefonie tragen.

## 5. Abkürzungen und Literaturverzeichnis

### Literatur:

- Alcatel: 3G live UMTS – Hintergrundinformation, Stuttgart 2002
- Alcatel: Alcatel begleitet Netzbetreiber auf ihrem Weg zu dem Netz der nächsten Generation, Stuttgart 2002
- Alcatel: UMTS live, Stuttgart 2002
- Fränkle, Michael: UMTS, Netzausbau und Wirtschaft, München 2002
- In-script: Mobile Kommunikation, Bonn 2002
- IZMF: Was Sie schon immer über Mobilfunk wissen wollten, Berlin 2002
- IZMF: Mobilfunk: ein Teil unserer Welt., Berlin 2002
- IZMF: UMTS: Mobilfunktechnik der Zukunft., Berlin 2002
- Müller, Stefan: General Packet Radio Services (GPRS), München 2002
- Riemann, Volker: Einführung in die 3. Generation, Bonn 2001
- Siemens, Whitepaper: Der neue Weg von GSM zu UMTS, München 2001
- Siemens, The Siemens Mobile Solution for GSM, München 2001
- Siemens, More mobility for a modern world - GSM850 - GSM900 - GSM1800 - GSM1900, München 2002
- Siemens, 3G Wireless Standards for Cellular Mobile Services, München 2002
- Siemens, The Siemens Mobile Solution for UMTS, München 2002
- Siemens, Takink the Right Path Towards 3G, München 2002
- Siemens, Whitepaper: UMTS, München 2001
- Siemens, Welcome to reality – UMTS is here now, München 2003
- Siemens, Whitepaper: W-CDMA v. CDMA2000, München 2002
- 
- [http://www2.eplus.de/frame.asp?go=/corporate/5/5\\_0/5\\_0.asp](http://www2.eplus.de/frame.asp?go=/corporate/5/5_0/5_0.asp) am 15.03.2003
- [http://www.vodafone.de/ueber\\_vodafone/6651.html](http://www.vodafone.de/ueber_vodafone/6651.html) am 15.03.2003
- [http://www.t-mobile.de/technik/1,2897,4341-\\_,00.html](http://www.t-mobile.de/technik/1,2897,4341-_,00.html) am 15.03.2003
- [http://www.siemens-mobile.de/btob/CDA/presentation/ap\\_btob\\_cda\\_presentation\\_frontdoor/0,2950,229,FF.html](http://www.siemens-mobile.de/btob/CDA/presentation/ap_btob_cda_presentation_frontdoor/0,2950,229,FF.html) am 15.03.2003
- <http://www.izmf.de/html/de/7543.html> am 15.03.2003
- <http://www.wow-com.com/consumer/issues/health/> am 15.03.2003
- <http://userpage.fu-berlin.de/~dittbern/Telekom/> am 15.03.2003
- <http://www.3gpp.org/Default.htm> am 15.03.2003

## Abkürzungen

2G:	2nd Generation / 2. Mobilfunkgeneration
3G:	3rd Generation / 3. Mobilfunkgeneration
3GPP:	Third Generation Partnership Project
AC:	Authentication Center
ATM:	Asynchronous Transfer Mode
BSC:	Base Station Controller
BSS:	Base Station Subsystem
BTS:	Base Transceiver Station
CDMA:	Code Division Multiple Access
EDGE:	Enhanced Data Rates for GSM/Global Evolution
EIR:	Equipment Identification Register
EWSD:	Digital electronic switching system
FDD:	Frequency Division Duplex
FTP:	File Transfer Protocol
GGSN:	Gateway GPRS Support Node
GPRS:	General Packet Radio Service
GSM:	Global System for Mobile Communications
GSM-R:	GSM for Railways
HLR:	Home Location Register
HSCSD:	High Speed Circuit Switched Data
HSDPA:	High Speed Downlink Packet Access;
IN:	Intelligent Networks
ISDN:	Integrated Services Digital Network
MC-CDMA:	Multi carrier CDMA
MSC:	Mobile Switching Center
OMC:	Operation & Maintenance Center
PDC:	Personal Digital Cellular
SDO:	Standard Development Organization
SGSN:	Serving GPRS Support Node
SMS:	Short Message Service
SSP:	Service Switching Point
SSS:	Switching Subsystem

- TD-CDMA: Hybrid Time Division / Code Division Multiple Access
- TDMA: Time Division Multiple Access
- TDD: Time Division Duplex
- TRAU: Transcoding and Rate Adaptation Unit
- UMTS: Universal Mobile Telecommunications Systems
- UTRA(N): UMTS Radio Access (Network)
- VLR: Visitor Location Register
- VPN: Virtual Private Network
- W-CDMA: Wideband CDMA

## 6. Anhang

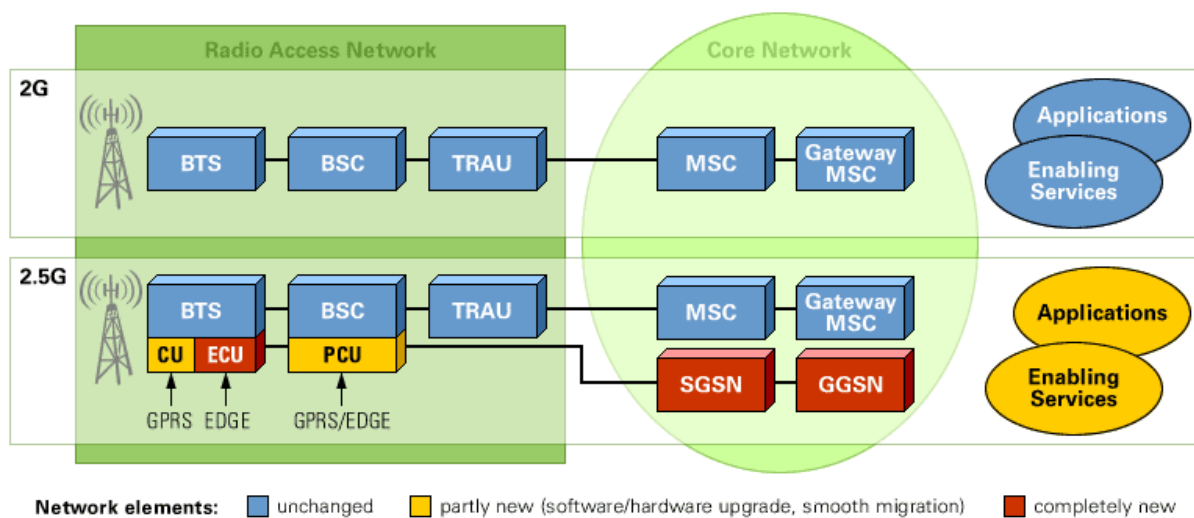


Bild 1: Darstellung des GSM-Netzaufbaus

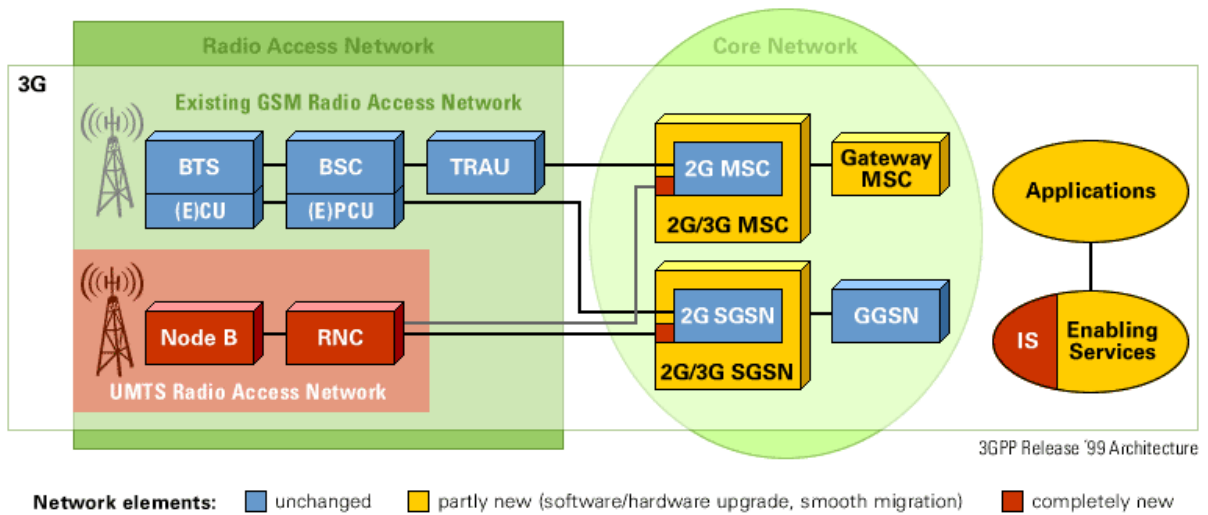


Bild 2: Darstellung des UMTS-Netzaufbaus

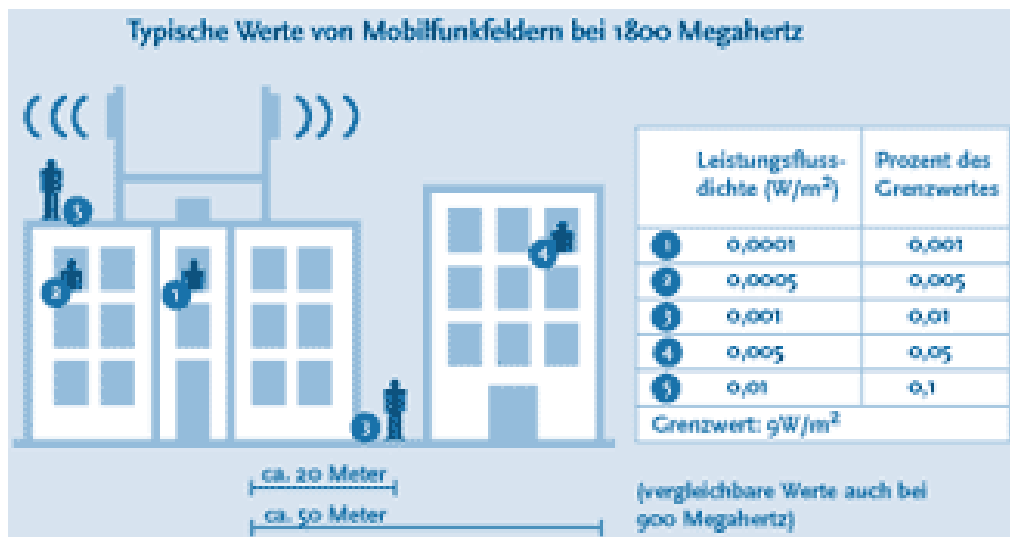


Bild 3: Werte von Mobilfunkfeldern im E-Netz

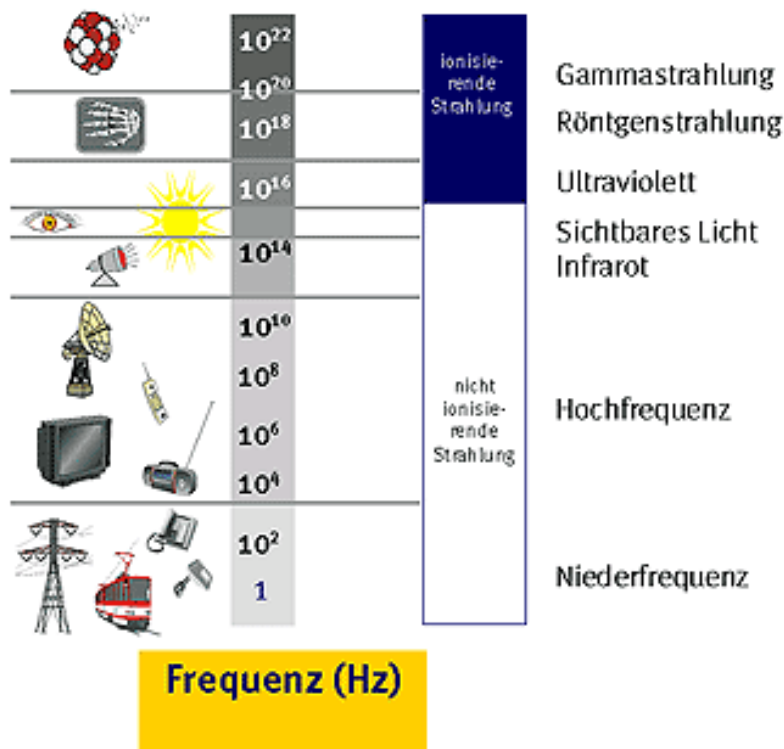
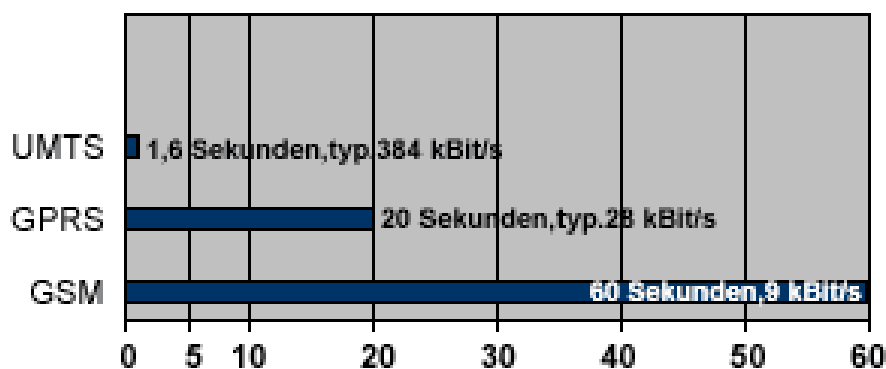


Bild 4: Das elektromagnetische Spektrum

### Dauer einer Bildübertragung (Farbfoto/72 KB)



Durch UMTS wird sich die Datenübertragungsrate beim Mobilfunk auf bis zu 384 kBit/s erhöhen. Das ist rund 40-mal schneller als mit dem GSM-Handy.

Bild 5: Dauer einer Bildübertragung



Bild 6: Mobilfunkantenne



Bild 7: UMTS-Netzwerkinfrastruktur