



Juni 2015

---

# Faktenblatt GSM

---

## Einführung

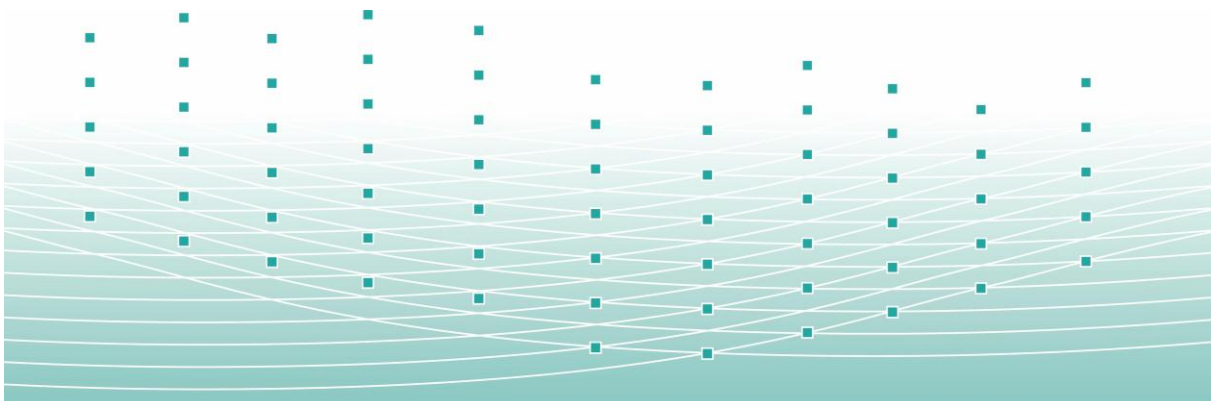
GSM (Global System for Mobile Communications) ist ein äusserst leistungsfähiges und komplexes digitales Mobilfunksystem der zweiten Generation (2G), das sehr viele Dienste, gute Betriebseigenschaften und eine hohe Sicherheit bietet.

Mitte der achtziger Jahre wurde in Europa, den USA und in Japan eine Vielzahl von gegenseitig nicht kompatiblen *analogen* Mobilfunksystemen der ersten Generation (1G) eingeführt. Die bekanntesten Standards waren: AMPS (in den USA und Kanada), TACS (in England, Italien und Österreich), Radiocom 2000 (in Frankreich), C 450 (in Deutschland und Portugal) sowie NMT (in allen nordischen Ländern, in den Benelux-Staaten und in der Schweiz).

Mit den Wachstumsraten dieser konventionellen analogen Mobilfunksysteme wurde bald klar, dass Planungen für ein zukünftiges digitales System mit deutlich höherer Kapazität notwendig waren. Ein weiteres Ziel eines solchen neuen Systems war internationale Kompatibilität zu erreichen, um das Flickwerk der unterschiedlichen analogen Netze zu ersetzen.

Von 1982 bis 1990 entwickelte das ETSI (European Telecommunications Standards Institute) in Zusammenarbeit mit der europäischen Industrie und den Netzbetreibern den GSM-Standard. Mit GSM wurde als *Weltpremiere* ein *digitaler* Mobilfunkstandard mit modernen Leistungsmerkmalen und vor allem für eine grenzüberschreitende Benutzung (Roaming) geschaffen.

Das GSM-System war ursprünglich für den mobilen Sprachtelefoniedienst ausgelegt. Die steigende Nachfrage nach neuen schnelleren Datendiensten wurde schon bald erkannt und der GSM-Standard wurde mit neuen Funktionalitäten wie HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), GPRS (General Packet Radio Service) und EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) erweitert. Diese Dienste erlauben höhere Datenraten und bildeten die Basis für innovative neue Datendienste.



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Abkürzungen</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Entwicklung in Europa</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Frequenzen und Konzessionen</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Technologie der GSM-Luftschnittstelle</b> .....	<b>4</b>
4.1	Das traditionelle GSM .....	4
<b>5</b>	<b>Dienste</b> .....	<b>7</b>
5.1	Teledienste: .....	7
5.2	Trägerdienste .....	7
5.3	Zusatzdienste .....	9

## 1 Abkürzungen

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AIPN	All-IP Network
AMC	Adaptive Modulation and Coding
APN	Access Point Name
BAKOM	Bundesamt für Kommunikation
bps	Bit pro Sekunde
CDMA	Code Division Multiple Access
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
DSL	Digital Subscriber Line
DVB-T	Terrestrial Digital Video Broadcast
eMBMS	Evolved Multimedia Broadcast/Multicast Service
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EPC	Evolved Packet Core
EPS	Evolved Packet System (EPS = E-UTRAN + EPC)
E-UTRA	Evolved UMTS Terrestrial Radio Access
E-UTRAN	Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network
EV-DO	Evolution-Data Optimized
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FTTx	Fiber To The x (Home, Building, Curb ...)
GBR	Guaranteed Bitrate
GHz	Giga-Hertz ( $10^9$ Hertz)
GSM	Global System for Mobile Communications
HetNet	Heterogeneous Network
HSPA	High Speed Packet Access
ICIC	Inter Cell Interference Coordination
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMS	IP Multimedia System
IMT	International Mobile Telecommunications
IP	Internet Protocol
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	ITU Radiocommunication Sector
LIPTO	Local Internet Protocol Traffic Offload
LTE	Long Term Evolution
LTE-A	LTE-Advanced
MBMS	Multimedia Broadcast/Multicast Service
MHz	Mega-Hertz ( $10^6$ Hertz)
MIMO	Multiple Input Multiple Output (Mehrfachantennenverfahren)
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
PER	Packet error rate
PRB	Physical Resource Block
PSK	Phase Shift Keying
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying

RAT	Radio Access Technology
RB	Resource Block
RRM	Radio Resource Management
SAE	Services Architecture Evolution
SC-FDMA	Single Carrier Frequency Division Multiple Access
SDMA	Space Division Multiple Access
SFN	Single-Frequency Network
SIPTO	Selected Internet Protocol Traffic Offload
SIR	Signal to Interference Ratio
SMS	Short Message Service
SON	Self Organising Network
TDD	Time Division Duplex
TTI	Transmission Time Interval
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VoIP	Voice over IP
VoLTE	Voice over LTE
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WRC	World Radio Conference (ITU)

## 2 Entwicklung in Europa

In einem Memorandum of Understanding (MoU) einigten sich im Jahre 1987 die Netzbetreiber von 13 europäischen Ländern auf den folgenden minimalen Ausbauplan:

- 1991: Inbetriebnahme eines GSM-Pilotnetzes in jedem Land
- 1993: Versorgung der Hauptstädte inkl. internationaler Flughäfen
- 1995: Versorgung aller Hauptverkehrsachsen und der grossen Städte.

Dieser Plan wurde aber mit dem raschen Erfolg von GSM in den meisten Ländern sehr rasch übertroffen. Bereits Ende 1993 wurde die Schwelle von einer Million Mobilfunkkunden erreicht. Mitte 1994 waren mehr als 50% des besiedelten Gebietes in Europa mit GSM versorgt.

Mitte 2007 betrug die Anzahl der Mobilfunkkunden (GSM und UMTS) in den 27 EU-Staaten inkl. Schweiz ca. 443 Millionen (weltweit ca. 3,5 Milliarden). Die Mobilfunkpenetration in der Schweiz beträgt ca. 111%.

Den Höhepunkt der weltweiten Verbreitung von Nur-GSM Teilnehmergeräten wurde ca. 2012 überschritten. Dies hat mit dem damals stark wachsenden Marktanteil von 3G- und später 4G-Smartphones, auch in Schwellenländern, zutun. Unter dem Druck des sich ca. jährlich verdoppelnden Datenvolumen in Mobilfunknetzen wird das Funkspektrum zunehmend mit spektral effizienterer Technologie (Bits pro Sekunde und Hertz Bandbreite) genutzt. Daher nimmt die Bedeutung von GSM (2G) zunehmend ab. Aus Kostengründen sind die Netzbetreiber bestrebt, die Anzahl betriebener Technologien zu reduzieren.

Mobile subscriptions by technology (billion)

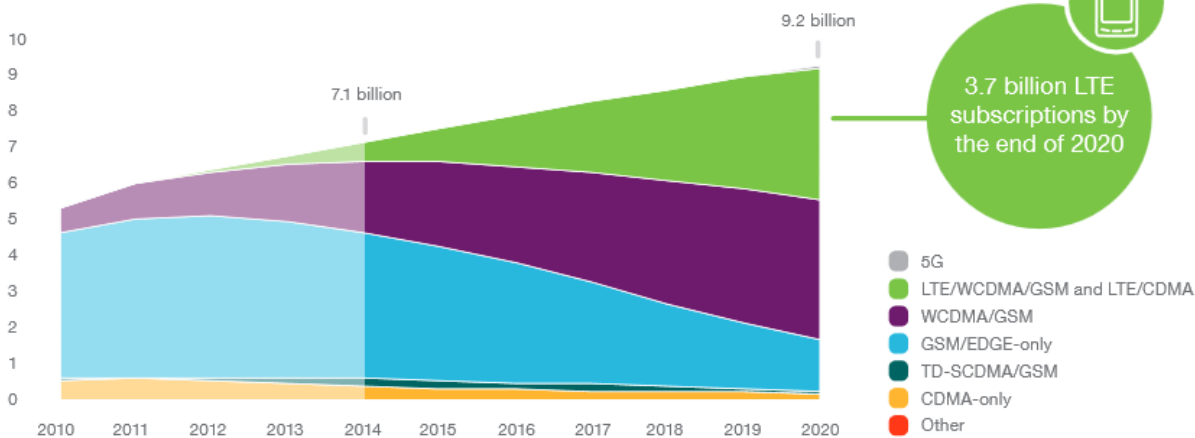


Abbildung 1: Entwicklung der Teilnehmeranschlüsse nach Technologie (1 Billion = 1 Milliarde, Quelle: Ericsson Mobility Report, June 2015)

## 3 Frequenzen und Konzessionen

Das erste GSM-Netz in der Schweiz wurde unter der Markenbezeichnung Natel D im Frühling 1993 anlässlich des Automobilsalons in Genf von der damaligen Telecom PTT (heute Swisscom) in den kommerziellen Betrieb überführt. Damals war die Telecom PTT der einzige Mobilfunkbetreiber in der Schweiz, weil die Mobilkommunikation als Monopoldienst nur von ihr erbracht werden durfte.

Mit der Liberalisierung des Fernmeldemarktes und der Inkraftsetzung des revidierten Fernmeldegesetzes im Jahre 1998 wurde die Basis für den Wettbewerb bei den Mobilfunknetzen in der Schweiz geschaffen. Bereits im Herbst 1997 hatte die ComCom (Eidgenössische Kommunikationskommission) beschlossen, zwei weitere Mobilfunkkonzessionen unter der Nutzung des GSM-Standards auszusprechen. In der Folge wurden neun Konzessionsgesuche von fünf Kandidatinnen eingereicht. Der

anschliessend durchgeführte Kriterienwettbewerb führte schliesslich im April 1998 zur Konzessionierung von zwei weiteren Mobilfunkbetreiberinnen in der Schweiz: DiAx (heute Sunrise Communications AG) und Orange (heute Salt). Die beiden neuen Netze wurden zügig aufgebaut. DiAx konnte bereits Ende 1998 und Orange Mitte 1999 den kommerziellen Betrieb ihrer Netze aufnehmen.

Ende 2000 konnten den drei Mobilfunkbetreiberinnen in der Schweiz weitere Frequenzen aus dem sog. E-GSM-Band (900 MHz-Band) zugeteilt werden.

Anfangs 2004 wurden zwei weitere GSM-Konzessionen an die beiden Unternehmen Tele2 und In&Phone vergeben.

Mitte 2007 betrug die Anzahl der GSM-Mobilfunkkunden in der Schweiz insgesamt 6,83 Millionen. Dabei hatten die Swisscom Mobile AG 62%, Sunrise Communications AG 18% Orange Communications SA 20% und Tele2 0,3% Marktanteile. Die Anzahl in der Schweiz aktiver Mobilfunkanschlüsse, mit allen Mobilfunktechnologien (GSM, UMTS, LTE), betrug Ende März 2015 11.9 Millionen<sup>1</sup> bei einer ständigen Wohnbevölkerung im Jahr 2013 von 8.2 Millionen<sup>2</sup>. Dies entspricht einer Mobilfunkpenetration von ca. 147%.

Die Eidgenössische Kommunikationskommission ComCom versteigerte im Februar 2012 alle damals zur Verfügung stehenden Mobilfunkfrequenzen<sup>3</sup>. Alle Frequenzblöcke à 5 MHz aus den in Tabelle 1 aufgeführten Frequenzbändern wurden von den drei bestehenden Schweizer Mobilfunk Betreiberfirmen ersteigert. GSM unterstützt die E-UTRA Bänder 8 und 3. Die Auktionseinnahmen für den Bund beliefen sich auf rund 996 Millionen Schweizer Franken.

Frequenzband	E-UTRA operating bands	Bandbreite	Duplexverfahren	Eingesetzte Mobilfunktechnologien
800 MHz	20	2x30 MHz	FDD	LTE-A
900 MHz	8	2x35 MHz	FDD	GSM/EDGE, UMTS/HSPA+
1800 MHz	3	2x75 MHz	FDD	GSM/EDGE, LTE-A
2100 MHz	1	2x60 MHz	FDD	UMTS/HSPA+
2600 MHz	7	2x70 MHz	FDD	LTE-A
	38	1x45 MHz	TDD	
	<b>Total</b>	<b>585 MHz</b>		

**Tabelle 1: Frequenzbänder für Mobilfunk in Europa, Stand Mitte 2015**

Die Umstellung von der bis Ende 2013 gültigen GSM-Frequenzuteilungen auf die 2012 versteigerten neuen Frequenzuteilungen, wurde im August 2014 abgeschlossen<sup>4</sup>.

## 4 Technologie der GSM-Luftschnittstelle

### 4.1 Das traditionelle GSM

GSM ist ein volldigitales System, d.h. auch auf der Funkstrecke werden alle Signale digital übertragen. Dies erlaubt eine kombinierte Nutzung von GSM für Sprache und/oder Daten. Zudem sind hoch entwickelte Sicherheitsmassnahmen gegen Betrug und Abhörung integriert.

Die Verbindung zwischen Handy (MS) und Basisstation (BTS) wird als Funkschnittstelle bezeichnet. Die Daten werden auf dem Funkkanal als kurze Pakete (Burst) gesendet, wobei diese in den Rahmen

<sup>1</sup> <http://www.comcom.admin.ch/dokumentation/00439/00467/index.html?lang=de>

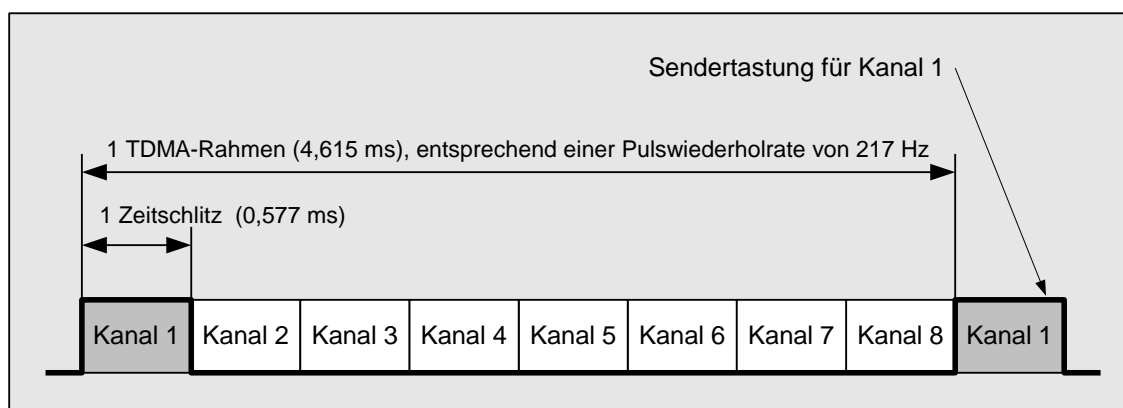
<sup>2</sup> <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/01/key.html>

<sup>3</sup> <http://www.comcom.admin.ch/themen/00783/index.html?lang=de>

<sup>4</sup> <http://www.comcom.admin.ch/themen/00783/index.html?lang=de>

von acht Zeitschlitzen (Slots) eingefügt werden. Dabei belegt ein einzelnes Handy bzw. eine Basisstation während einer Verbindung genau einen solchen Zeitschlitz auf einer bestimmten Trägerfrequenz, d.h. einen logischen Kanal. Der Sender wird während einer Verbindung ca. 217-mal pro Sekunde ein- und ausgeschaltet (siehe Abbildung 2). Dieses Kanalzugriffsverfahren wird als TDMA (Time Division Multiple Access) bezeichnet. Normalerweise werden in einer Zelle von der Basisstation mehrere Trägerfrequenzen mit der TDMA-Struktur von Abbildung 2 ausgesendet.

In jeder Zelle wird auf einer bestimmten Trägerfrequenz im ersten Zeitschlitz der Kontrollkanal von der Basisstation zu den Handys übermittelt. Die anderen sieben Zeitschlitz dieser Trägerfrequenz können für Gespräche verwendet werden. Der Kontrollkanal wird verwendet, um den Handys die Systemdaten des Netzes zu übermitteln und die Synchronisation zwischen der Basisstation und den Handys zu ermöglichen. Dieser Träger wird von den Basisstationen die ganze Zeit mit voller Leistung ausgesendet, damit die Handys beim Einschalten, beim Roaming oder beim Handover die Zelle finden können. Auch wenn in der Zelle keine Gespräche geführt werden, wird dieser Träger mit voller Leistung auf allen acht Zeitschlitz ausgesendet.



**Abbildung 2: Das Kanalzugriffsverfahren TDMA von GSM**

Als Modulationsverfahren wird GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) angewendet. Dieses Modulationsverfahren hat den grossen Vorteil, dass einfache und relativ billige Sender eingesetzt werden können.

Die wichtigsten Funkparameter von GSM sind in der nachfolgenden Tabelle 2 dargestellt.

**Tabelle 2: Wichtige Funkparameter von GSM.**

<i>Parameter</i>	<i>Wert</i>
Kanalraaster der Trägerfrequenzen	200 kHz
Frequenzen für öffentliche GSM-Systeme	P-GSM900 (2 x 125 Trägerfrequenzen): Handy sendet (Uplink):           890 - 915 MHz Basisstation sendet (Downlink): 935 - 960 MHz  E-GSM900 (zusätzlich 2 x 50 Trägerfrequenzen zu P-GSM900): Handy sendet (Uplink):           880 - 915 MHz Basisstation sendet (Downlink): 925 - 960 MHz  GSM1800 (2 x 374 Trägerfrequenzen): Handy sendet (Uplink):          1'710 - 1'785 MHz Basisstation sendet (Downlink): 1'805 - 1'880 MHz
Duplexabstand	GSM900: 45 MHz GSM1800:       95 MHz
Sendeleistung Basisstation	Die abgestrahlte Sendeleistung ist in der Grössenordnung von 1 W bis mehreren Hundert W ERP pro Hochfrequenzträger. In der Regel werden mehrere Hochfrequenzträger auf einer Basisstation betrieben.
Spitzensendeleistung Handy (typisch)	GSM900: 2 W GSM1800:       1 W
Maximale mittlere Sendeleistung Handy, gemittelt über einen Rahmen (typisch, bei einem Telefongespräch)	GSM900: 250 mW GSM1800:       125 mW
Empfängerempfindlichkeit dynamisch	Handy:           -102 dBm Basisstation:   -104 dBm
Betriebsart	Duplex
Kanalzugriffsverfahren	TDMA
Modulation	GMSK (BT = 0,3)
Kanalbitrate	270,833 kBit/s
Maximale Datenrate, ungeschützt (Gross bit rate) Diese Datenrate entspricht der Netto Datenrate (siehe unten) plus dem Fehlerschutz (Kanalcodierung) auf der Luftschnittstelle	22,8 kBit/s
Netto Datenraten (mit verschiedenen Kanalcodierungen) Diese Datenrate ist für den Teilnehmer bzw. für die Applikation verfügbar	TCH/F2.4:       2,4 kBit/s TCH/F4.8:       4,8 kBit/s TCH/F9.6:       9,6 kBit/s TCH/F14.4:      14,4 kBit/s
Reichweite	ca. 30 km

Ein wichtiges Element für die digitale Sprachübertragung auf der Luftschnittstelle von GSM ist der Sprachcodierer/-decodierer im Handy. Das analoge Sprachsignal vom Mikrofon wird 8000mal pro Sekunde abgetastet und in ein digitales Signal umgewandelt. Dieses Signal wird dem Sprachcoder zugeführt, der dieses Signal auf die Basisrate von 13 kBit/s codiert. Anschliessend wird dieses Signal durch Hinzufügen der Kanalcodierung (Fehlerschutz auf der Luftschnittstelle) mit der Bruttobitrate von 22,8 kBit/s über die Luftschnittstelle übertragen.



## 5 Dienste

Für GSM wurde eine umfangreiche Palette von Diensten entwickelt. Im Rahmen des vorliegenden kurzen Überblickes über GSM können nur die wichtigsten Dienste aufgelistet werden.

### 5.1 Teledienste:

- **TELEFONIEDIENST:** Normaler Sprachtelefoniedienst mit der Möglichkeit, Verbindungen zu mobilen oder festen Teilnehmern in der ganzen Welt herzustellen oder zu empfangen.
- **NOTRUFDIENST:** Durch die Wahl von 112 wird in jedem Land eine nationale Notrufstelle weitervermittelt.
- **KURZMELDUNGSDIENST (SMS):** Bietet die Möglichkeit, alphanumerische Kurzmeldungen bis zu 160 Zeichen zu versenden.
- **FAX:** Ermöglicht das Absenden und Empfangen von Fax-Meldungen mit 2,4 - 9,6 kBit/s.

### 5.2 Trägerdienste

Trägerdienste sind Dienste zur Datenübertragung:

- **LEITUNGSVERMITTELTE<sup>5</sup> DATENÜBERTRAGUNG:** Transparente und nichttransparente synchrone oder asynchrone leitungsvermittelte Datenübertragung von 1,2 - 9,6 kBit/s.
- **HSCSD:** Leitungsvermittelter Datendienst mit Bitrate von bis zu 57,6 kBit/s (siehe Kapitel 5.2.2)
- **GPRS:** Paketvermittelter<sup>6</sup> Datendienst mit Bitraten von bis zu 171,2 kBit/s (siehe Kapitel 5.2.3)
- **EDGE (E-GPRS):** Weiterentwicklung von HSCSD und GPRS durch die Modulationsart 8-PSK, erlaubt höhere Datenraten von 8.8 kbit/s bis zu 59.2 kBit/s/Zeitschlitz resp. bei Verwendung von 8 Zeitslitzen max. 473.6 kBit/s
- **E-EDGE: (EVOLVED EDGE):** Weiterentwicklung von EDGE durch die Modulationsarten 16QAM und 32QAM

#### 5.2.1 Die Datendienste HSCSD, GPRS, EDGE und E-EDGE

Um der damaligen Nachfrage nach deutlich höheren Datenraten als die von GSM ursprünglich angebotenen 9,6 kBit/s gerecht zu werden, wurde das GSM-System erweitert.

Das Prinzip von HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) und GPRS (General Packet Radio Service) ist die sog. Kanalbündelung: Einer bestimmten Verbindung werden mehrere Zeitslitze zugeordnet (siehe Abbildung 2). Dadurch können die Datenraten der einzelnen Teilnehmer stark erhöht werden. Die Anzahl Zeitslitze die ein Teilnehmergerät verarbeiten kann hängt von der Gerätekategorie ab.

Zusätzlich zur Kanalbündelung werden gleichzeitig neue Kanalcodierungen (Übertragungsschutz auf der Luftschnittstelle) und bei EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) sogar ein neues Modulationsverfahren eingeführt. Damit kann die maximal mögliche Datenrate auf der Luftschnittstelle optimal den herrschenden Übertragungsbedingungen (Störungen, Distanz zwischen Basisstation und Handy, usw.) angepasst werden.

Durch die Kanalbündelung im Uplink, d.h. durch die gleichzeitige Belegung von mehreren Zeitslitzen durch den Teilnehmer, wird die durchschnittliche Sendeleistung des Handys während einer Verbindung erhöht.

---

<sup>5</sup> Bei der Leitungsvermittlung wird der Übertragungskanal ausschliesslich durch eine Anwendung genutzt. Dieser Anwendung steht die gesamte Bandbreite des Kanals exklusiv zur Verfügung.

<sup>6</sup> Bei der Paketvermittlung wird ein vorhandener Übertragungskanal durch mehrere Benutzer gleichzeitig benutzt. Pro Benutzer wird ein virtueller Übertragungskanal aufgebaut. Die vorhandene Bandbreite des Kanals wird unter den Benutzern statistisch, d.h. bedarfsorientiert zugeteilt.

## 5.2.2 HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)

Wie der Name sagt ist HSCSD ein leitungsvermittelter Datendienst. Bei HSCSD können bis zu vier Zeitschlitz eines Trägers von einem einzelnen Teilnehmer belegt werden. Da die Nettodatenrate pro Zeitschlitz 9,6 kBit/s oder 14,4 kBit/s – je nach Kanalcodierung – beträgt, sind somit bis zu 57,6 kBit/s für die einzelnen Teilnehmer verfügbar (siehe Tabelle 3). Dieser Datendienst war in GSM-Netzen relativ einfach einzurichten, weil das GSM-Kernnetz bereits für 64 kBit/s leitungsvermittelte Datendienste vorbereitet war.

Mit der erfolgreichen Einführung von paketvermittelten Technologien wie GPRS (siehe unten) wurde HSCSD weitgehend verdrängt.

## 5.2.3 GPRS (General Packet Radio Service)

Mit dem paketvermittelten GPRS-Dienst sind theoretisch Übertragungsraten bis zu 171,2 kBit/s möglich. Allerdings müssten dazu optimale Ausbreitungsbedingungen herrschen. Die voraussichtlichen Übertragungsraten in realen Netzen werden – zumindest in der Anfangsphase – weit unter dieser theoretischen Obergrenze liegen. Heute werden in der Praxis Datenraten von ca. 40 kBit/s angeboten, d.h. es werden 'nur' drei Kanäle bzw. Zeitschlitz mit der Kanalcodierung CS-2 (siehe Tabelle 3) für eine bestimmte Verbindung gebündelt. Limitierender Faktor sind dabei die Handys.

Anstatt einem Teilnehmer für die gesamte Dauer eines Gesprächs einen Kanal exklusiv zur Verfügung zu stellen wird bei GPRS die Kapazität des Funkkanales nur beansprucht, wenn tatsächlich Daten zur Übertragung anstehen. Damit wird die Spektrumseffizienz des Systems erhöht. Die Netzkapazität ist damit eine allen Anwendern gleichzeitig und jederzeit zur Verfügung stehende Ressource. Auch für die Gebührenberechnung können neue Modelle eingeführt werden. Ein Teilnehmer kann zum Beispiel immer logisch mit einem Server verbunden sein (always-on), zahlt jedoch nur für die Daten, die tatsächlich physikalisch übertragen wurden (Volumengebühren). Das langwierige Verbindungsaufbauen und -abbauen entfällt somit. Dieses Always-on-Prinzip mit GPRS erweitert GSM zum mobilen Internet.

Wie bei HSCSD müssen auch für GPRS neue Handys bzw. Computersteckkarten eingeführt werden. Im Gegensatz zu HSCSD werden für GPRS auch im Fixnetz neue Netzelemente benötigt, um die paketvermittelten Dienste zu unterstützen.

GPRS ist heute in den allermeisten GSM-Mobilfunksystemen implementiert.

## 5.2.4 EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

EDGE erlaubt durch eine verbesserte Modulationstechnik (8-PSK) eine nochmalige Steigerung der Datenraten um den Faktor drei. EDGE wird vorwiegend im Zusammenhang mit GPRS (siehe oben) eingesetzt. Diese Dienste werden EGPRS (Enhanced GPRS) genannt.

Die Vorteile der Modulationsarten und Kanalcodierungen von EDGE können auch zusammen mit HSCSD (siehe oben) eingesetzt werden. Man spricht in diesem Zusammenhang von ECSD (Enhanced Circuit Switched Data). Damit hat man die Möglichkeit, die maximale Datenrate von 57,6 kBit/s mit weniger als vier Zeitschlitz zu erreichen. Bei den leitungsvermittelten Diensten ist dies die maximale Datenrate, die durch die Begrenzung im Festnetz limitiert ist.

EDGE ist heute in nahezu allen GSM-Mobilfunksystemen implementiert und trug entscheidend zum grossen Erfolg von GSM für mobile paketvermittelte Datendienste mit moderaten Datenraten (mobiles Internet) bei.

## 5.2.5 E-EDGE (Evolved EDGE)

EDGE wurde weiter entwickelt und die Datenraten nochmals deutlich gesteigert. Dies wurde durch verschiedene Maßnahmen erreicht. Die Modulationsarten 32QAM oder 16QAM (anstelle von 8-PSK), die Aggregation von zwei benachbarten Trägern und „Turbo-Codes“, zur Verbesserung der Fehlerkorrektur, erhöhen die Bit-Raten auf bis zu ca. 1 Mbit/s Spitzengeschwindigkeit (theoretisch bis zu 1.625 Mbit/s) im Downlink und ca. 650 kBit/s im Uplink. Die Halbierung des Übertragungszeitintervalls von 20 ms auf 10 ms reduziert die Latenzzeit auf ca. 100 ms. Antennen-Diversität (zwei Empfangsantennen) kann die Signalqualität verbessern.

Deshalb wurde von Industriebeobachtern E-EDGE als 2.75G-System bezeichnet und gab einen Vorgeschmack auf 3G welche kurz darauf eingeführt wurde. Durch die Tatsache, dass die Netzbetreiber teilweise sehr viel Geld in die 3G-Lizenzen investierten, erlangte E-EDGE keine grosse Verbreitung. Auch unterstützt GSM die Frequenzbänder von 3G nicht und das Geld wurde in den 3G Netzaufbau investiert und nicht in den Ausbau der GSM/EDGE-Netze.

**Tabelle 3: Beispiele für Datenraten von HSCSD, GPRS und EDGE (ECSD und EGPRS).**

Dienst	Kanalcodierung	Modulation	Netto Datenrate pro Zeitschlitz	Maximale Datenrate
<b>HSCSD</b> (leitungsvermittelt)	TCH/F9.6	GMSK	9,6 kBit/s	4 x 9,6 kBit/s = 38,4 kBit/s
	TCH/F14.4		14,4 kBit/s	4 x 14,4 kBit/s = 57,6 kBit/s
<b>GPRS</b> (paketvermittelt)	CS-1 (Code rate 0,5)	GMSK	9,05 kBit/s	8 x 9,05 kBit/s = 72,4 kBit/s
	CS-2 (Code rate 0,67)		13,4 kBit/s	8 x 13,4 kBit/s = 107,2 kBit/s
	CS-3 (Code rate 0,75)		15,6 kBit/s	8 x 15,6 kBit/s = 124,8 kBit/s
	CS-4 (Code rate 1)		21,4 kBit/s	8 x 21,4 kBit/s = 171,2 kBit/s
<b>ECSD (EDGE)</b> (leitungsvermittelt)	TCH/F28.8	8-PSK	28,8 kBit/s	2 x 28,8 kBit/s = 57,6 kBit/s <sup>a)</sup>
	TCH/F43.2		43,2 kBit/s	1 x 43,2 kBit/s = 43,2 kBit/s <sup>a)</sup>
<b>EGPRS (EDGE)</b> (paketvermittelt)	MSC-5 (Code rate 0,37)	8-PSK	22,5 kBit/s	8 x 22,5 kBit/s = 180 kBit/s
	MSC-9 (Code rate 1)		59,2 kBit/s	8 x 59,2 kBit/s = 473,6 kBit/s
<i>Bemerkungen:</i> Bei den leitungsvermittelten Diensten ist die maximale Datenrate auf der Luftschnittstelle 57,6 kBit/s.				

### 5.3 Zusatzdienste

#### 5.3.1 CALL OFFERING: Umleit- oder Weiterleitungsdienste bei ankommenden Rufen.

- *Call Forwarding Unconditional (Service 21):* Bei Aktivierung dieser Anrufweiterleitung wird ein ankommender Ruf auf eine durch den Teilnehmer programmierte Nummer im In- und Ausland weitergeleitet.
- *Call Forwarding on Mobile Subscriber Busy (Service 67):* Wenn der angerufene Teilnehmer besetzt ist, wird der nächste Anruf an eine vorprogrammierte Nummer umgeleitet.
- *Call Forwarding on No Reply (Service 61):* Weiterleitung von Anrufen auf programmierten Nummern in In- und Ausland, wenn der gerufene Teilnehmer nicht antwortet. Der Mobilteilnehmer kann eine verzögerte Weiterleitung im Bereich von 5 bis 30 Sekunden programmieren.
- *Call Forwarding on Mobile Subscriber Not Reachable (Service 62):* Weiterleitung von Anrufen auf programmierte Nummern im In- und Ausland, wenn der gerufene Mobilteilnehmer nicht erreichbar ist, d.h. wenn das Gerät nicht eingeschaltet ist oder sich in einem nicht versorgten Gebiet aufhält.

#### 5.3.2 Call Restriction

Diese Dienste erlauben Einschränkungen oder Blockierungen von ankommenden oder abgehenden Anrufen. Eine Vorprogrammierung des betreffenden Dienstes durch den Netzbetreiber und eine Aktivierung/Deaktivierung durch den Mobilkunden ist notwendig.

- *Barring of All Outgoing Calls:* Alle abgehenden Verbindungen national und international (mit Ausnahme des Notrufes) werden gesperrt.
- *Barring of Outgoing International Calls:* Alle abgehenden internationalen Verbindungen werden gesperrt.

- *Barring of Outgoing International Calls except to the Home PLMN Country:* Sperrung wie oben, jedoch wenn sich der Mobilkunde im Ausland befindet, kann er zurück in die Schweiz Anrufe herstellen.
- *Barring of all Incoming Calls:* Alle ankommenden Anrufe werden auf einen Sprechtext (z.B. "Auf dieser Nummer können zurzeit keine Anrufe empfangen werden") geleitet.
- *Barring of all Incoming Calls when Roaming outside the Home PLMN:* Wenn sich der Teilnehmer im Ausland befindet, werden die ankommenden Anrufe nicht weitergeleitet, sondern auf einen Sprechtext (z.B. "Auf dieser Nummer können zurzeit keine Anrufe empfangen werden") geleitet.

### 5.3.3 CALL COMPLETION

Diese Dienste geben erweiterte Möglichkeiten bei der Behandlung von Anrufen.

- *Call Waiting:* Wenn ein Teilnehmer im Gespräch ist und ein weiterer Anruf eingeht, wird der Angerufene auf diesen weiteren Anruf aufmerksam gemacht.
- *Call Hold:* Bei einer bestehenden Verbindung kann diese in eine Wartehaltung gelegt werden, um einen weiteren Anruf zu beantworten oder einen weiteren aufzubauen. Wird oft zusammen mit "Call Waiting" verwendet.

### 5.3.4 Number Identification

Diese Dienste erlauben die Identifizierung des anrufenden oder angerufenen Teilnehmers durch den Netzbetreiber oder durch den Kunden.

- *Calling Line Identification Presentation (CLIP):* Dem angerufenen Teilnehmer kann die Rufnummer des Anrufenden beim betreffenden Anruf angezeigt werden.
  - *Calling Line Identification Restriction (CLIR):* Damit kann ein bestimmter Teilnehmer eine Identifikation bei den Angerufenen verhindern:
  - *Connected Line Identification Presentation (COLP):* Dem rufenden Teilnehmer wird die Nummer des gerufenen Teilnehmers angezeigt. Diese kann im Falle einer Anrufweiterleitung oder Umleitung unterschiedlich zur gewählten Nummer sein.
  - *Connected Line Identification Restriction (COLR):* Damit kann ein bestimmter Teilnehmer die Anzeige der angerufenen Nummer bei den Anrufern verhindern.
- ◆ **LOCATION SERVICES:** Die Ortungsdienste werden benutzt, um die Position eines Handys innerhalb des Mobilfunknetzes zu bestimmen. Momentan kann nur festgestellt werden, in welcher Zelle sich ein Teilnehmer befindet. Ortungsdienste können für verschiedene Anwendungen eingesetzt werden:
- *Positionsbestimmung bei Notrufen:* Bei einem Notruf ab einem Handy können die Sicherheitsorganisationen die Position des Rufenden bestimmen. Dieser Ortungsdienst ist in den USA ab 1. Oktober 2001 gesetzlich vorgeschrieben.
  - *Ortsabhängige Gebührenberechnung:* Die Betreiber haben die Möglichkeit, die Gesprächsgebühren von der geographischen Position des Anrufenden abhängig zu machen (Location based Charging). Beispielsweise können zuhause oder im Büro tiefere Gebühren als im übrigen Netz verlangt werden (home and office zone calls).
  - *Kommerzielle Dienste:* Überwachen von Kindern; Flottenmanagement (z.B. optimieren von Taxifahrten); Auffinden des nächsten Hotels; der nächsten Pizzeria oder Tankstelle; Positionsbestimmungen; Navigation; Lokalisieren von gestohlenen Handys usw.