



OFCOM Federal office for communications
OFCOM Office fédéral de la communication
BAKOM Bundesamt für Kommunikation
UFCOM Ufficio federale delle comunicazioni
UFCOM Uffici federal da comunicaziuns

"Faktenblatt" GSM

Version 0.4: 22. Mai 2001

FM/GF doh

1 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 wurden 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 dem Anwachsen dieser konventionellen analogen Mobilfunksystemen 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 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 bilden die Basis für neue innovative Datendienste.

2 Entwicklung in Europa

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

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

Dieser Plan wurde aber mit dem raschen Erfolg von GSM in den meisten Länder 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.

Ende des Jahres 2000 betrug die Anzahl der Mobilfunkkunden in den 15 EU-Staaten ca. 130 Millionen (weltweit ca. 450 Millionen). Das ergibt bei ca. 375 Millionen Einwohnern in den 15 EU-Staaten eine *mittlere* Penetration von 35%.

3 Konzessionen in der Schweiz

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) – gestützt auf Vorarbeiten des BAKOM – beschlossen, zwei weitere Mobilfunkkonzessionen unter der Nutzung des GSM-Standards auszuschreiben. Daraufhin wurden neun ernsthafte Konzessionsgesuche von fünf Kandidatinnen eingereicht. Der anschliessend durchgeführte Kriterienwettbewerb führte schliesslich im April 1998 zur Konzessionierung von zwei weiteren Mobilfunkbetreiberinnen in der Schweiz: DiAx und Orange. 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 zugeteilt werden.

Anfangs 2001 betrug die Anzahl der Mobilfunkkunden in der Schweiz insgesamt ca. 4,6 Millionen. Dies entspricht einer Penetration von 66%. Dabei haben die Swisscom 67%, DiAx 16% und Orange 17% Marktanteile.

Die zur Zeit (2001) den GSM-Betreibern in der Schweiz zur Verfügung stehenden Bandbreiten sind in der untenstehenden Tabelle 1 ersichtlich.

Tabelle 1: Bandbreiten für die öffentlichen GSM-Betreiber in der Schweiz (Anfangs 2001).

Betreiber	Frequenzen im 900-MHz-Band ^{a)}	Frequenzen im 1800-MHz-Band	Total
Swisscom	2 x 13,6 MHz	2 x 12,2 MHz	2 x 25,8 MHz
DiAx (TDC Switzerland AG)	2 x 15 MHz	2 x 11,8 MHz	2 x 26,8 MHz
Orange	2 x 2,2 MHz	2 x 24,8 MHz	2 x 27 MHz
Total	2 x 30,8 MHz	2 x 48,8 MHz	2 x 79,6 MHz
<i>Bemerkungen:</i>			
a) Inklusive Frequenzen im E-GSM900-Band (Extension-GSM-Band): DiAx: 2 x 4,4 MHz, Orange: 2 x 2,2 MHz.			

4 Dienste

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

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.

TRÄGERDIENSTE:

- ◆ **LEITUNGSVERMITTELTE¹ 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 6.2.1).
- ◆ **GPRS:** Paketvermittelter² Datendienst mit Bitraten von bis zu 171,2 kBit/s (siehe Kapitel 6.2.2).

ZUSATZDIENSTE:

- ◆ **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.
- ◆ **CALL RESTRICTION:** Diese Dienste sind 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.

¹ Bei der Leitungsvermittlung wird der Übertragungskanal ausschliesslich durch eine Anwendung genutzt. Dieser Anwendung steht die gesamte Bandbreite des Kanals exklusiv zur Verfügung.

² 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.

- *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.
- ◆ **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.
- ◆ **NUMBER IDENTIFICATION:** Diese Dienste erlauben es, eine Identifizierung des anrufenden oder angerufenen Teilnehmers durch den Netzbetreiber oder durch den Kunden vorzunehmen.
 - *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. Mit neuen Ortungsdiensten will man bis Ende 2001 eine Genauigkeit (Standardabweichung) der Positionsmessung von 125 m erreichen. Ortungsdienste können für verschiedene Anwendungen eingesetzt werden:
 - *Positionsbestimmung bei Notrufen:* Bei einem Notruf ab einem Handy können die Sicherheitsbehörden 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.

5 Umweltauflagen

5.1 Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NIS)

Sowohl die Sendeantennen der Basisstationen als auch die Handys geben nichtionisierende Strahlung in die Umwelt ab.

Hinsichtlich der Strahlungsintensität der Handys gibt es in der Schweiz bisher keine rechtsverbindlichen Schutzbestimmungen.

Die Strahlung der Basisstationen hingegen wird durch die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) begrenzt. Die NISV enthält einerseits Anforderungen an einzelne Anlagen, andererseits begrenzt sie auch die gesamte Hochfrequenzstrahlung und damit indirekt die Nutzung des Frequenzspektrums insgesamt.

Die NISV legt fest, dass die Strahlung einer einzelnen Mobilfunksendeanlage an Orten mit empfindlicher Nutzung den Anlagegrenzwert nicht überschreiten darf. Orte mit empfindlicher Nutzung sind Räume in Gebäuden, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten, raumplanungsrechtlich festgesetzte Kinderspielplätze, sowie noch nicht überbaute Bauzonen, wo derartige Nutzungen zugelassen sind. Der Anlagegrenzwert ist für die elektrische Feldstärke festgelegt und beträgt für GSM900-Anlagen 4 V/m, für GSM1800-Anlagen 6 V/m und für Anlagen, die sowohl im 900-MHz-Band als auch im 1800-MHz-Band senden, 5 V/m. Zu einer Anlage gehören alle nahe beieinander liegenden Sendeantennen für Mobilfunk und drahtlose Teilnehmeranschlüsse (WLL). Die Einhaltung des Anlagegrenzwertes wird durch die zuständige Baubehörde der Gemeinde oder des Kantons geprüft. Zu diesem Zweck füllt die Konzessionärin für jede Sendeanlage, die sie neu errichten, verlegen oder ändern will, ein Standortdatenblatt aus, welches technische Angaben über die Anlage und eine Prognose der Strahlungsintensität an benachbarten Aufenthaltsorten von Personen enthalten muss. Dieses Standortdatenblatt ist Bestandteil des Baugesuchs und kann von der Baubehörde öffentlich zugänglich gemacht werden. Das (leere) "Standortdatenblatt für Mobilfunk- und WLL-Basisstationen" findet sich auf der Internetseite des BUWAL (www.buwai.ch/luft/d/n0.htm).

Damit der Anlagegrenzwert eingehalten werden kann, ist ein gewisser Abstand zwischen der Sendeanlage und den Orten mit empfindlicher Nutzung notwendig. Wie gross dieser Abstand sein muss, hängt sehr stark von der Sendeleistung und Abstrahlrichtung der Anlage sowie von den topographischen Verhältnissen ab.

Für die gesamte Hochfrequenzstrahlung, inkl. derjenigen von Rundfunk-, Betriebsfunk- und Amateurfunkanlagen, verlangt die NISV eine Begrenzung an allen Orten, an denen sich Menschen – auch nur kurzfristig – aufhalten können. Die relevanten Grenzwerte – die sog. Immissionsgrenzwerte – werden selten, und dann höchstens in unmittelbarer Nähe einer Sendeanlage erreicht oder überschritten. Im Standortdatenblatt liefert die Konzessionärin den Nachweis, dass die Immissionsgrenzwerte nicht überschritten werden.

5.2 Natur- und Landschaftsschutz, Raumplanung

Der Bau neuer Telekommunikationsnetze führt zwangsläufig zur Errichtung neuer Infrastrukturbauten wie Antennenanlagen. Um zwischen dem Aufbau von Telekommunikationsnetzen mit dem damit verbundenen Angebot von Fernmeldediensten einerseits und den In-

teressen von Natur- und Landschaftsschutz und Raumplanung andererseits in der Praxis einen Interessenausgleich zu finden, hat sich eine Arbeitsgruppe von Bund und Kantonen (UVEK/BPUK) unter Mitarbeit von Funknetzbetreibern mit Fragen der Koordination der Planungs- und Baubewilligungsverfahren für Funkinfrastrukturen befasst. Die Empfehlungen können auf der Internetseite des BAKOM (www.bakom.ch) eingesehen werden.

Zudem wurden im Rahmen der Konzessionsvergabe Verpflichtungen in die Konzessionen der Betreiber aufgenommen, wonach Antennenstandorte ausserhalb der Bauzonen nach Möglichkeit gemeinsam zu nutzen sind. Beim Bau von neuen Standorten sind die gesetzlichen Vorgaben bezüglich der Raumplanung sowie des Natur- und Heimatschutzes einzuhalten.

Das BUWAL (Abteilung Landschaft) hat am 30.10.1998 ein Merkblatt betreffend Berücksichtigung der Erfordernisse des Natur- und Landschaftsschutzes sowie der Walderhaltung beim Bau von Mobilfunkantennen veröffentlicht (www.buwal-landschaft.ch/d/planen/telekommunikation/grundsaeetze_antennenbau.htm).

6 Technologie

6.1 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 von acht Zeitschlitz (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 Bild 1). 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 Bild 1 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.

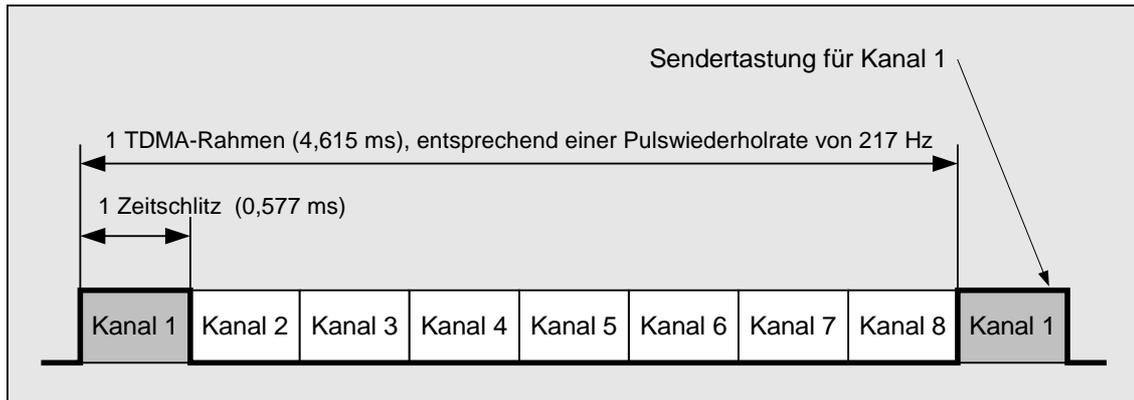


Bild 1: Das Kanalzugriffsverfahren TDMA von GSM.

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.

Parameter	Wert
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.
Maximale Sendeleistung Handy (typisch)	GSM900: 2 W GSM1800: 1 W
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.

6.2 Die neuen Datendienste HSCSD, GPRS und EDGE

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

Das Prinzip dieser neuen Funktionalitäten von HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) und GPRS (General Packet Radio Service) ist die sog. Kanalbündelung: Einer bestimmten Verbindung werden mehrere Zeitschlitze zugeordnet (siehe Bild 1, Seite 8). Dadurch können die Datenraten der einzelnen Teilnehmer stark erhöht werden. Zusätzlich zur Kanalbündelung werden gleichzeitig neue Kanalcodierungen (Übertragungsschutz auf der Luftschnittstelle) und bei EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) sogar ein neues Modulati-

onsverfahren 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 Zeitschlitzten durch den Teilnehmer, wird die durchschnittliche Sendeleistung des Handys während einer Verbindung erhöht.

6.2.1 HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)

Wie der Name sagt ist HSCSD ein leitungsvermittelter Datendienst. Bei HSCSD können bis zu vier Zeitschlitzte 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 ist in bestehenden GSM-Netzen relativ einfach einzurichten, weil das heutige GSM-Kernnetz bereits für 64 kBit/s leitungsvermittelte Datendienste vorbereitet ist. Allerdings benötigen die Teilnehmer neue Handys bzw. neue Computersteckkarten.

6.2.2 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 (Anfangs 2001) werden in der Praxis Datenraten von ca. 40 kBit/s angeboten, d.h. es werden 'nur' drei Kanäle bzw. Zeitschlitzte 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.

Die neuen GPRS-Dienste werden im Jahre 2001 die Mobilfunknetze erobern. Die GSM-Association – eine Vereinigung von GSM-Netzbetreibern – rechnet damit, dass im ersten Halbjahr 2001 in über 100 GSM-Netzen GPRS eingeführt werden wird.

6.2.3 EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

Die Einführung von EDGE, die etwa ab Anfang 2002 stattfinden soll, verspricht durch eine verbesserte Modulationstechnik (8-PSK) eine nochmalige Steigerung aller Datenraten um den Faktor drei. EDGE wird wohl vorwiegend im Zusammenhang mit GPRS (siehe oben) verwendet werden. 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 Zeitschlitzten zu erreichen. Bei den leitungsvermittelten Diensten ist dies die maximale Datenrate, die durch die Begrenzung im Festnetz limitiert ist.

Ob EDGE bzw. EGPRS wirklich eingeführt wird, ist zum heutigen Zeitpunkt noch nicht abschliessend zu beurteilen. Die Meinungen der Systemlieferanten und Netzbetreiber sind in dieser Frage geteilt.

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

Dienst	Kanalcodierung	Modulation	Netto Datenrate pro Zeitschlitz	Maximale Datenrate
HSCSD (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
GPRS (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
ECSD (EDGE) (leitungsvermittelt)	TCH/F28.8	8-PSK	28,8 kBit/s	2 x 28,8 kBit/s = 57,6 kBit/s ^{a)}
	TCH/F43.2		43,2 kBit/s	1 x 43,2 kBit/s = 43,2 kBit/s ^{a)}
EGPRS (EDGE) (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>				
a) Bei den leitungsvermittelten Diensten ist die maximale Datenrate auf der Luftschnittstelle 57,6 kBit/s.				

7 Frequenzen

Das Mobilfunksystem GSM wird in zwei Frequenzbändern betrieben: im 900-MHz-Frequenzband (GSM900) und im 1800-MHz-Frequenzband (GSM1800³). Alle möglichen Bänder für öffentliche GSM-Mobilfunknetze sind in der Tabelle 2 Seite 9 ersichtlich. Grundsätzlich sind im 900-MHz-Frequenzband 2 x 35 MHz und im 1800-MHz-Frequenzband 2 x 75 MHz für öffentliche Mobilfunksysteme verfügbar. Dabei bedeutet "2 x" dass die jeweilige Bandbreite sowohl im Uplink (vom Handy zur Basisstation) als auch im Downlink (von der Basisstation zum Handy) vorhanden ist.

In der Schweiz sind diese Bänder jedoch noch nicht vollumfänglich verfügbar: im 1800-MHz-Band werden bis ins Jahr 2002 noch 2 x 25 MHz von anderen Diensten belegt und im 900-MHz-Band wird bis zum Ende des Jahres 2005 ein Bereich von 2 x 2,8 MHz (inkl. Schutzabstand) für das Schnurlose Telefon CT1+ reserviert bleiben (siehe Bild 2).

³ GSM im 1800-MHz-Frequenzband wurde ursprünglich unter der Bezeichnung DCS1800 (*Digital Cellular System at 1800 MHz*) eingeführt. Da jedoch dieses System – abgesehen von den Frequenzen – die gleichen Funktionalitäten wie GSM900 aufweist, wurde der Name im Jahre 1997 auf GSM1800 geändert.

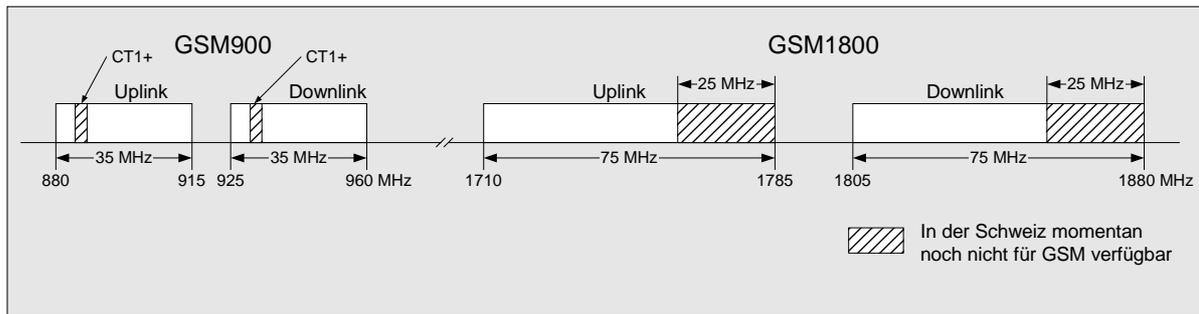


Bild 2: Frequenzen für GSM in der Schweiz.

8 Netze

Die wichtigsten GSM-Netzelemente sind in Bild 3 ersichtlich. Die Zentrale MSC (Mobile Switching Centre) bildet dabei das Kernstück des Mobilfunksystems. Sie übernimmt die Lenkung und Vermittlung der Anrufe vom Ursprung bis zum Ziel. Die MSC wird mit anderen MSC's im gleichen Netz oder anderen GSM-Netzen verbunden und ist die Vermittlungsstelle zum öffentlichen Netz. Die zwei wichtigen Datenbanken HLR und VLR speichern die Informationen über die Teilnehmer.

Der BSC (Base Station Controller) verwaltet als Hauptfunktion die Daten für die Mobilität. Ein Mobilteilnehmer kann beliebig vom Bereich einer Funkzelle in den Bereich einer anderen wechseln. Dieser Vorgang, bei dem der Teilnehmer keine Unterbrechung seiner Verbindung feststellt, wird als Handover bezeichnet.

Die BTS (Base Transceiver Station) ist hauptsächlich für das Senden und Empfangen der Funksignale von und zu den Handys verantwortlich.

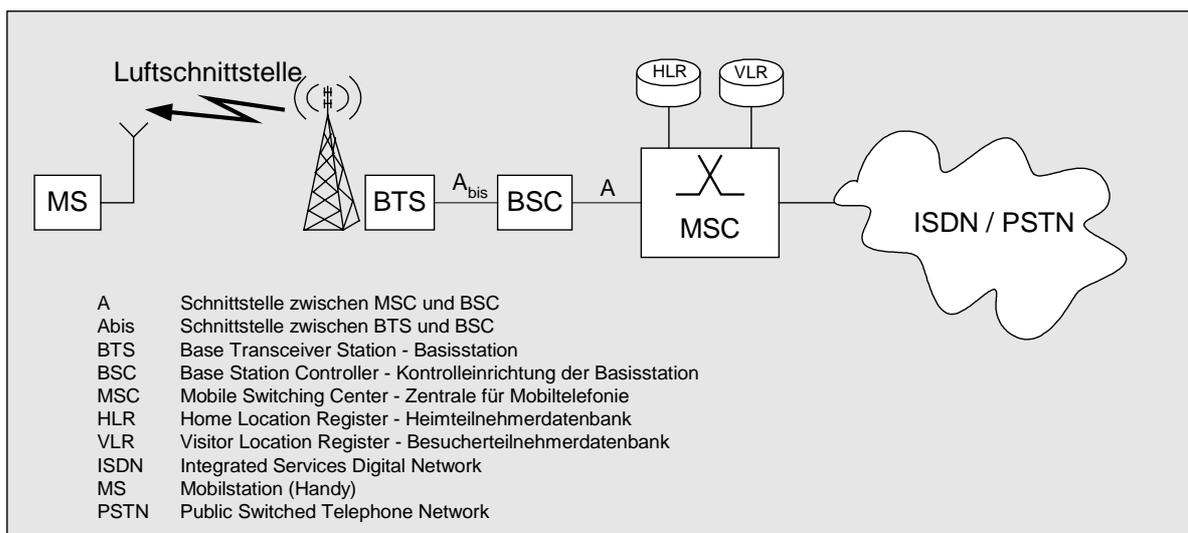


Bild 3: Netzkonfiguration von GSM mit den wichtigsten Schnittstellen (stark vereinfacht).

GSM Mobilfunknetze werden als zellulare Netze aufgebaut. Ein zellulares System ist als Wabennetz aneinandergrenzender Funkzellen konzipiert, die zusammen die Abdeckung eines Versorgungsbereiches gewährleisten. Damit wird es für die Mobilteilnehmer möglich,

sich innerhalb eines Netzbereiches ohne Netzzummeldung und ohne merkbaren Gesprächsunterbruch frei zu bewegen. Der Zellenradius ist abhängig vom Gelände, der Verkehrsdichte und der Sendeleistung und variiert typischerweise von einigen 100 Metern bis einigen wenigen Kilometern.

Abkürzungen

1G	Mobilfunksysteme der ersten Generation (z.B. TACS, C 450, NMT)
2G	Mobilfunksysteme der zweiten Generation (z.B. GSM)
3G	Mobilfunksysteme der dritten Generation (z.B. UMTS)
8-PSK	8 Phase Shift Keying
AMPS	Advanced Mobile Phone Service
BAKOM	Bundesamt für Kommunikation
BPUK	Schweizerische Bau-, Planungs- und Umweltschutzdirektorenkonferenz
BT	Relative Filterbandbreite
BTS	Base Transceiver Station (Basisstation)
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
ComCom	Eidgenössische Kommunikationskommission
CT1+	Cordless Telephone (885-887 MHz gepaart mit 930-932 MHz)
ECSD	Enhanced Circuit Switched Data (HSCSD plus EDGE)
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EGPRS	Enhanced GPRS (GPRS plus EDGE)
E-GSM	Extended GSM900-Band (enthält P-GSM900-Band)
ERP	Effective Radiated Power (abgestrahlte Sendeleistung)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communications
HLR	Home Location Register (Heimteilnehmerdatenbank)
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
ISDN	Integrated Services Digital Network (Dienstintegrierendes digitales Fernmelddenetz)
MS	Mobilstation (Handy)
MSC	Mobile Switching Centre (Zentrale für Mobiltelefonie)
NISV	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung
NMT	Nordic Mobile Telephone
P-GSM	Standard- oder Primary GSM900-Band
PLMN	Public Land Mobile Network (Öffentliches Mobilfunksystem)
PSTN	Public Switched Telephone Network (Öffentliches Telefonnetz)
SMS	Short Message Service (Kurzmeldungsdienst)
TACS	Total Access Communications System
TCH/F	Full rate Traffic Channel (Verkehrskanal)
TDMA	Time Division Multiple Access
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VLR	Visitor Location Register (Besucherteilnehmerdatenbank)
WLL	Wireless Local Loop (Drahtloser Teilnehmeranschluss)