

# Die hochfrequente Pulsung beim GSM-System

von Dipl.-Ing. Ralf Dieter Wölfle

## Die Grundlagen des GSM Systems

Das GSM Mobilfunksystem arbeitet mit einer Kombination aus Zeit- und Frequenzmultiplexing ([TDMA bzw. FDMA](#)), um scheinbar gleichzeitig eine Vielzahl an Gesprächen oder Datenübertragungen abwickeln zu können. Für die Frequenzebene bedeutet dies, dass das für GSM verfügbare Frequenzband in einzelne Kanäle aufgeteilt wird, die jeweils eine Breite von 200kHz aufweisen.

	Basisstation -> Mobilgerät (downlink)	Mobilgerät -> Basisstation (uplink)
GSM900:	935.0 MHz ... 960.0 MHz	890.0 MHz ... 915.0 MHz;
GSM1800	1805.0MHz ... 1880.0 MHz	1710.0 MHz ... 1785.0 MHz

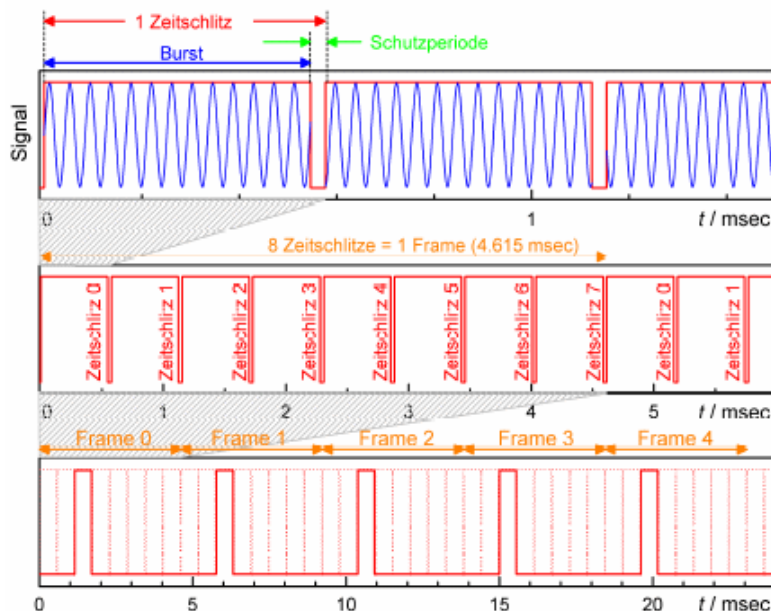
Im GSM900-Band stehen somit 126, im GSM1800-Band 376 Kanäle zur Verfügung.

Das GSM900-Erweiterungsband ("EGSM", extended GSM) stellt 50 weitere Kanäle zwischen 925.0 MHz und 935.0 MHz (downlink) bzw. 880.0 MHz und 890.0 MHz (uplink) zur Verfügung. Die Nutzung ist in Deutschland seit 2006 möglich, erfolgt bislang aber nur spärlich.

Die Gesamtheit aller Kanäle teilen sich die vier Netzbetreiber T-Mobile, Vodafone, eplus und O2.

Zeitlich betrachtet wird auf jedem Kanal mit "Bursts" gearbeitet. Ein Burst ist ein 546.5 µsec langer "Impuls", in dem die eigentliche Datenübertragung stattfindet. Zwei aufeinander folgende Bursts sind durch eine Schutzperiode ("guard period") von 30.5µsec voneinander getrennt, innerhalb welcher keine Aussendung des hochfrequenten 900 MHz oder 1800 MHz Trägers erfolgt. Die grundlegende Periodizität von GSM beträgt somit 577 µsec (exakt 15/26 msec) die Dauer eines Zeitschlitzes. Je nach Verwendungszweck des Kanals und dessen Auslastung ergeben sich charakteristische Geräusche auf Elektromoganzählern, weswegen es erforderlich ist, sich zumindest in Grundzügen mit GSM-Signalen auseinanderzusetzen.

Fasst man 8 Zeitschlitz zusammen, so landet man bei einer Einheit mit einer Dauer von 4.615 msec, die als Frame bezeichnet wird. Ein Frame stellt die natürliche Einheit des GSM-Systems dar, da die jeweils i-ten Zeitschlitz aufeinanderfolgender Frames logisch zusammen gehören (z.B. dergestalt, dass sie zum selben Gespräch gehören), wohingegen direkt aufeinander folgende Zeitschlitz i.d.R. nicht korreliert sind. Eine Ausnahme hiervon bildet die Zeitschlitz-Bündelung bei Datenverbindungen. Sofern ausreichend freie Kapazität zur Verfügung steht, können bis zu vier aufeinanderfolgende Zeitschlitz der selben [HSCSD, GPRS oder EDGE](#) Verbindung zugewiesen werden.



Zeitliche Struktur von GSM-Signalen (schematisch):

- Oben: Der hochfrequente Träger (nicht maßstabsgetreu) wird während eines Bursts abgestrahlt. Dabei wird die Nutzinformation auf den Träger moduliert (im Bild nicht dargestellt). Zwei Bursts sind durch eine Schutzperiode getrennt.*
- Mitte: Die Zusammenfassung von 8 Zeitschlitzen bildet einen Frame. Jeder einzelne Zeitschlitz kann dabei gesendet werden (wie im Bild dargestellt) oder nicht.*
- Unten: Mögliche Situation auf einem Gesprächskanal. Einer Gesprächsverbindung wird immer ein fester Zeitschlitz innerhalb eines Frames (hier: Zeitschlitz 2) zugewiesen. Erfolgt keine weitere Datenübertragung, so werden die übrigen Zeitschlitze nicht gesendet. Zur Orientierung gibt die gepunktete Linie die Zeitschlitz-Struktur an.*

## Der Signalisierungskanal

Ein GSM-Kanal kann entweder als Gesprächskanal (TCH) dann laufen ausschließliche Gespräche oder Datenverbindungen über ihn oder als Signalisierungskanal, oft als BCCH bezeichnet, verwendet werden. Dann laufen neben Gesprächen auch Steuerungs-, Mess- und Synchronisierungsinformationen über diesen Kanal. In jedem Sektor einer Mobilfunkzelle existiert genau ein Signalisierungskanal. Als Besonderheit arbeitet dieser in jedem Zeitschlitz immer mit maximaler Leistung, und es sind immer alle Zeitschlitze belegt.

Jeder Frame des Signalisierungskanals enthält die Steuerungsinformationen in Zeitschlitz 0. Zeitschlitz 1 wird für Nachrichten wie CellBroadcast oder SMS verwendet, die restlichen sechs Zeitschlitze stehen im Prinzip für Gespräche zur Verfügung. Erfordert das aktuelle Gesprächsaufkommen erst gar nicht die Nutzung all dieser Zeitschlitze, so werden in den verbleibenden Zeitschlitzen Dummy Bursts, also zufällige Datenfolgen, gesendet. Dies ist erforderlich, um den Mobilstationen (Handys) jederzeit zu ermöglichen, durch Messung der Feldstärke den aktuell am stärksten empfangbaren Signalisierungskanal zu ermitteln und bei Bedarf einen Handover (Übergabe des Gesprächs) an eine andere Zelle einzuleiten.

Was bedeutet dies nun für die Pulsung? Da jeder Zeitschlitz belegt ist, besteht die einzige Unterbrechung des Signalisierungskanals in der Schutzperiode zwischen zwei Zeitschlitzen. Aus dem An- und Abschalten des Kanals alle 577  $\mu\text{sec}$  ergibt sich eine Frequenz von 1733Hz ( $1/577 \mu\text{sec}$ ).

## Die Mobilstation (z.B. Handy)

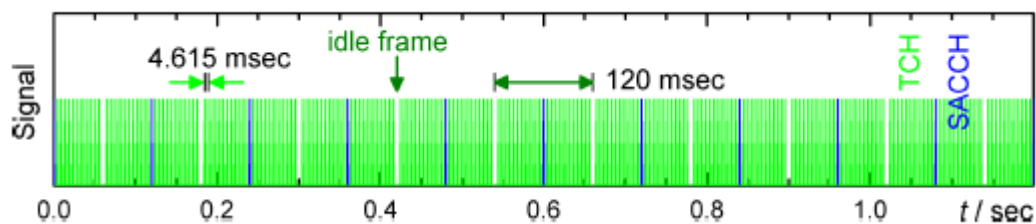
Kommuniziert das Handy mit der Basisstation, dann steht ihm im normalen Gesprächsbetrieb egal, ob das Gespräch über einen Signalisierungskanal oder den nachfolgend beschriebenen Gesprächskanal

abgewickelt wird pro Frame nur einer der acht verfügbaren Zeitschlitz zur Verfügung. Es sendet somit jeweils einen Burst der Dauer 546.5 µsec innerhalb einer Framedauer von 4.615 msec, woraus sich eine Pulsfrequenz von exakt  $216 \frac{2}{3}$  Hz ergibt.

Eine zusätzliche niederfrequente Periodizität in GSM Signalen entsteht bei bestehender Gesprächsverbindung auf Grund der Tatsache, dass jeder 26. Burst nicht abgestrahlt wird und so eine Lücke in der regelmäßigen Signalstruktur auftritt. Der Grund für das Ausfallen des Pulses liegt darin, dass in diesem Zeitraum das Telefon die Empfangsstärke der Nachbarstationen messen muss, um Informationen für einen eventuellen Handover an eine neue, besser empfangbare Station zu gewinnen. Daher muss das Telefon für einen Frame das Senden im entsprechenden Zeitschlitz unterlassen. Dieser fehlende HF-Impuls wiederholt sich alle 120 msec ( $26 \times 8 \times 15 / 26$  msec); somit ergibt sich im akustischen Signal neben den 217 Hz ein hörbarer Frequenzanteil bei  $8 \frac{1}{3}$  Hz.

Dieser Effekt ist sowohl bei der Basisstation sofern das Gespräch über einen Gesprächskanal und nicht über den Signalisierungskanal abgewickelt wird, als auch beim Telefon feststellbar. Hier wurde er allerdings nur mit dem Telefonsignal (Uplink) dokumentiert, da das Basisstationssignal (Downlink) im Verhältnis zum Telefonsignal viel schwächer ist und daher in der akustischen Darstellung vom Telefonsignal massiv übertönt wird.

Unterstützt das Handy den DTX-Mode (Discontinuous Transmission), so ergibt sich zu den Zeiten, in denen der Teilnehmer nicht in das Mikrofon spricht, eine drastische Reduktion der Anzahl an abgestrahlten Sendeimpulsen. Nur noch etwa halbe Sekunde, genauer gesagt: alle 104 Frames, wird ein Paket von 8 Bursts mit dem üblichen Abstand von 4.615msec ( $216 \frac{2}{3}$  Hz) abgegeben. Zusätzlich wird alle 120msec, d.h. alle 26 Frames, ein weiterer HF-Burst erzeugt. Dadurch ergibt sich in der akustischen Wahrnehmung ein Gemisch aus den Frequenzen  $216 \frac{2}{3}$  Hz,  $8 \frac{1}{3}$  Hz und  $21/12$  Hz ( $104 \times 8 \times 15 / 26$  msec).



Signal eines Mobiltelefons (schematisch):

Da pro Frame jeweils nur einer der acht Zeitschlitz für die Gesprächsdaten (grün) oder Steuerdaten (blau) verwendet wird, ergibt sich eine Periodizität von etwa 217 Hz (4.615 msec). Zusätzlich entfällt die Ausstrahlung in jedem 26. Frame (alle 120msec), was zu den "Lücken" im Spektrum und zu einer weiteren Periodizität von  $8 \frac{1}{3}$  Hz führt.

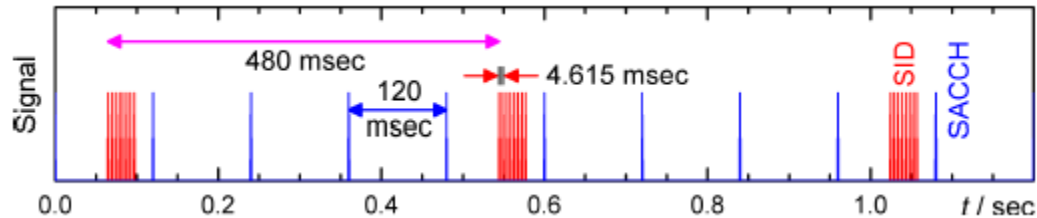
## Die Gesprächskanäle

Im Gegensatz zu Mobilfunktelefon und Signalisierungskanal lassen sich über Gesprächskanäle keine pauschalen Aussagen treffen. Je nach verwendeter Systemtechnik (der GSM-Standard schreibt hier keine konkrete Vorgehensweise vor) werden Gesprächskanäle nach verschiedenen Systematiken belegt und sind dadurch mehr oder weniger häufig in Betrieb und mehr oder weniger stark ausgelastet. Immer gemeinsam ist ihnen jedoch die Tatsache, dass ein Zeitschlitz nur dann übertragen wird, wenn tatsächlich eine Verbindung (Gespräch oder Datenübertragung) aktiv ist. So werden wie beim Mobiltelefon Zeitschlitz ausgelassen, wenn der Gesprächspartner nicht spricht (DTX-Mode) oder kein Datenfluss erforderlich ist, weil das Mobiltelefon gerade Feldstärkemessungen umliegender Stationen durchführt; d.h. es fehlt bei einem Gesprächskanal ebenfalls jeder 26. Frame. Dies steht im Gegensatz zum Signalisierungskanal, wo an dieser Stelle Dummy Bursts gesendet werden.

Sind pro Frame nur aufeinander folgende Zeitschlitz belegt oder frei, so verstärkt sich die akustische Wiedergabe der  $216 \frac{2}{3}$  Hz noch, da mehr Energie in der Grundwelle zu liegen kommt. In diesem Audiobeispiel wurden die Zeitschlitz 0 und 1 ausgeschaltet, während die restlichen sechs Zeitschlitz

gesendet wurden.

Sind hingegen nicht-aufeinander folgende Zeitschlitzte belegt oder frei in der Simulation wurden hier die Bursts 0 und 4 ausgeschaltet, entsteht eine Periodizität von  $433 \frac{1}{3}$  Hz. Die Tonhöhe des akustischen Signals verdoppelt sich. Die konkrete Belegung der Zeitschlitzte führt also zu Variationen in Form von Vielfachen der Grundfrequenz von  $216 \frac{2}{3}$  Hz bis hin zu den bereits bekannten  $1733 \frac{1}{3}$  Hz, wenn alle Zeitschlitzte belegt sind. Darüber hinaus entfällt wie beim Handy jeder 26. Frame, was eine zusätzliche Frequenz von  $8 \frac{1}{3}$  Hz ergibt.



Signal eines Mobiltelefons im DTX-Mode (schematisch):

Das Telefon sendet alle 104 Frames (480 msec, 2.1Hz) eine Folge von 8 Kontrollimpulsen ("SID-Frames")

im Abstand von jeweils einem Frame (4.615msec, 217Hz).

Zusätzlich wird jeder 26. Frame übertragen (120 msec,  $8 \frac{1}{3}$  Hz).

## Datenverbindungen (GPRS)

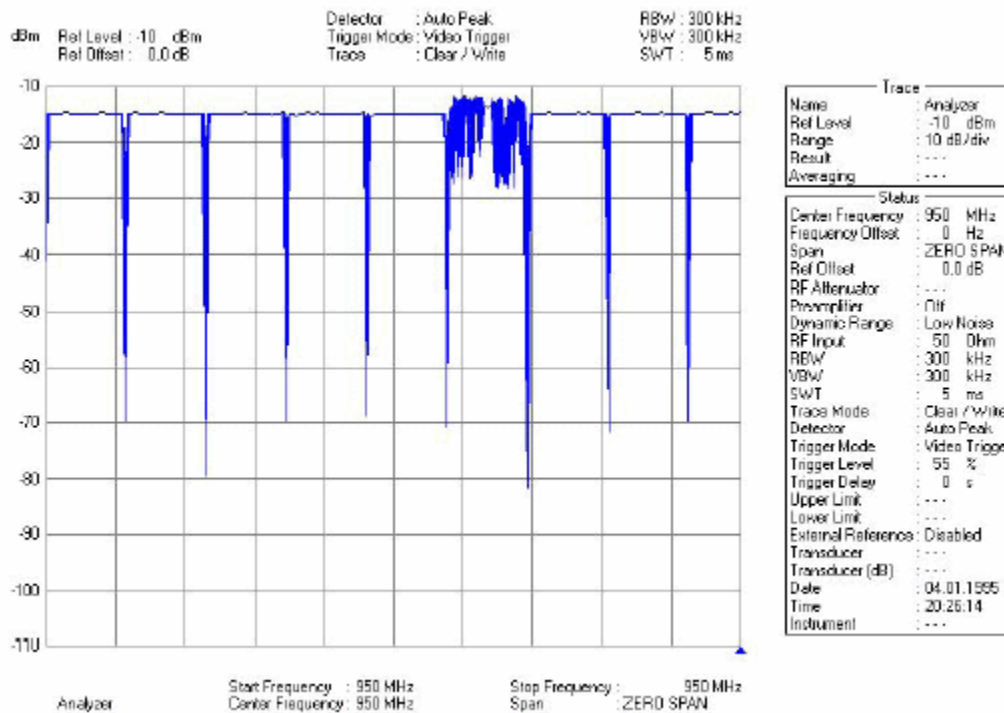
Datenverbindungen nach dem GPRS-Standard verwenden zusätzliche Steuerungskanäle, wie sie auch schon beim leitungsvermittelten Dienst existieren. Je nach Konfiguration der Basisstation können sie auf dem Signalisierungskanal oder auf einem Gesprächskanal untergebracht werden.

Zu diesen Steuerungskanälen gehört auch der "Packet Timing Advance Control Channel" (PTCCH). Er dient der Zeitsynchronisation zwischen Basisstation und Mobilstation und wird in jedem 26. Frame gesendet. Befindet er sich auf einem Gesprächskanal und werden zu einem Zeitpunkt gerade keine GPRS-Daten gesendet, dann lässt er sich isoliert wahrnehmen wiederum ergibt sich eine Frequenz von  $8 \frac{1}{3}$  Hz. Während aktiver Datenverbindungen ist er ebenfalls vorhanden, wird aber von den durch Daten gefüllten Zeitschlitzten "überdeckt". Die von ihm generierte Taktungsfrequenz von  $8 \frac{1}{3}$  Hz ist daher vergleichbar mit dem DTX-Mode eines Handys, bei dem die  $8 \frac{1}{3}$  Hz auch nur in Sprechpausen bemerkbar werden.

## EDGE

Bei EDGE handelt es sich um eine Erweiterung des GSM Mobilfunkstandards, welche 1997 von Ericsson vorgeschlagen wurde. Dabei wird innerhalb eines Zeitschlitzes ein anderes Modulationsverfahren (8-PSK an Stelle von GMSK) eingesetzt, wodurch dieser Zeitschlitz etwa das Dreifache an Daten übertragen kann. Der Einsatz von EDGE kann sowohl mit leitungsvermittelten ((HS)CSD) als auch mit paketorientierten (GPRS) Verbindungen erfolgen, welche dann als ECSD bzw. EGPRS bezeichnet werden.

Vergleicht man die akustische Auswirkung eines "EDGE-modulierten" Zeitschlitzes (im Audio-Beispiel sind alle Zeitschlitzte an, und jeweils der nullte Zeitschlitz eines Frames ist 8-PSK moduliert) mit einem Signal, bei dem alle Zeitschlitzte GMSK-moduliert sind (vergleiche Audio-Beispiel 01), so ergibt sich kein signifikanter akustischer Unterschied. Insbesondere ist kein 10 Hz Signal hörbar, wie gelegentlich behauptet wird. Ebenfalls kein akustisch wahrnehmbarer Unterschied zu reinem GMSK ergibt sich, wenn mehr als ein Zeitschlitz pro Frame 8-PSK moduliert ist.



EDGE Signal am Spektrumanalyzer:

*Ein EDGE Zeitschlitz zeichnet sich durch eine höhere Dynamik gegenüber herkömmlichen, GMSK-modulierten Zeitschlitzten aus. In der Praxis werden EDGE Zeitschlitzte daher mit leicht abgesenkter Leistung abgestrahlt, um Reserven für kurzzeitige Signalspitzen vorzuhalten. Die Amplitude von GMSK-Zeitschlitzte ist somit i.d.R. größer als die von EDGE-Zeitschlitzten.*

**Textquelle:** [http://www.raif-woelfle.de/elektrosmog/redirect.htm?http://www.raif-woelfle.de/elektrosmog/technik/gsm\\_puls.htm](http://www.raif-woelfle.de/elektrosmog/redirect.htm?http://www.raif-woelfle.de/elektrosmog/technik/gsm_puls.htm)