



The background image shows a woman with short blonde hair talking on a mobile phone. Overlaid on this is a blue timeline of mobile technologies: GSM, EDGE (highlighted with a magnifying glass), GPRS, WAP, Bluetooth, 4G, 2000, 1980, and 110. The title 'Datenbeschleuniger für Mobilfunk-Netze' is written in large white letters over the timeline.

Datenbeschleuniger für Mobilfunk-Netze

Von Rudolf Zarits

Mit Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE) lässt sich die **Kapazität aktueller GSM-Netze verdreifachen**. EDGE wird damit gleichzeitig Wegbereiter und Konkurrent für die neuen UMTS-Netze.

Das europäische Normungsinstitut ETSI (European Telecommunication Standards Institute) spezifiziert seit Einführung des GSM-Standards (Global System for Mobile Communication) mehrere Entwicklungsstufen, die höhere Übertragungsgeschwindigkeiten erlauben und, wie im Fall von GPRS (General Packet Radio Service), eine paketorientierte Übertragung der Nutzdaten zulassen. Der Hintergedanke dabei: Die direkte Ankoppelung der Mobilfunk-Netze an das Internet.

Die maximale Übertragungsrate pro Datenkanal wurde bei der ursprünglichen GSM-Konzeption auf 9,6 kBit/s beschränkt. Der Grund dafür lag darin, dass als Gegenstelle im Festnetz ausschließlich Modems mit dieser Datenrate zur Verfügung standen. Als ersten Entwicklungsschritt erhöhte die ETSI den GSM-Standard auf eine Übertra-

gungsgeschwindigkeit von 14,4 kBit/s pro Datenkanal; diese reicht aber allenfalls dazu aus, um Diensten wie beispielsweise der E-Mail-Übertragung zu genügen. Aus diesem Grund wurden im Laufe der letzten Jahre zusätzliche Erweiterungen spezifiziert: Dazu gehören unter anderem die Übertragungstechniken HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) und GPRS genauso wie der EDGE-Standard (Enhanced Data Rates for Global Evolution). EDGE stellt dabei keine Alternative für HSCSD und GPRS dar, sondern beschreibt die technischen Möglichkeiten diese Übertragungstechniken auf höhere Durchsatzraten zu erweitern. Demzufolge gibt es verschiedene

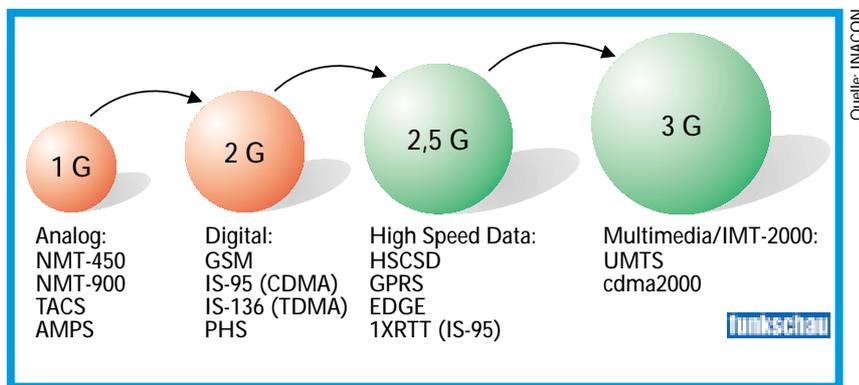
Varianten von EDGE: Compact EDGE und Classic EDGE. Für den europäischen Markt, der ausschließlich auf der GSM-Technik aufbaut, ist nur Classic EDGE attraktiv, da Compact EDGE nicht für GSM standardisiert ist.

Die Classic-EDGE-Technik repräsentiert somit die konsequente Weiterentwicklung von GPRS und HSCSD zu noch höheren Durchsatzraten: Mit EDGE mutiert HSCSD zu ECSD (Enhanced Circuit Switched Data) und GPRS zu EGPRS (Enhanced General Packet Radio System). Ermöglicht werden die höheren Durchsatzraten durch Verwendung des Modulationsverfahrens 8-PSK. Die Chancen für die Entwicklung von

ECSD-fähigen Netzen stehen angesichts der Vorrangstellung von GPRS und der mangelnden Marktdurchdringung von HSCSD eher schlecht. Somit wird die EDGE-Variante EGPRS in Europa das Rennen machen. Die neue Technik bringt im Wesentlichen drei grundlegende Neuerungen gegenüber der traditionellen GSM-Technik: Eine neue Modulationsart mit adaptivem Wechsel zwischen der alten GMSK- (Gaussian Minimum Shift Keying) und der neuen 8-PSK-Modulation (Phase Shift Keying) sowie intelligentere Retransmissions-Verfahren, mit denen sich bei gleicher Empfangsqualität höhere Durchsatzraten erzielen lassen. Hinzu kommen neun neue Codierungsschemata (MCS-1 bis MCS-9), die von den Empfangsbedingungen der Luftschnittstelle abhängig sind.

Modulationsarten für EGPRS

EGPRS führt zusätzlich zu der aus der GSM-Technik bekannten GMSK-Modulation die $3/8\pi$ -Offset-8-PSK-Modulation



Die verschiedenen Generationen in der Mobilfunktechnik

Anforderungen an die Sende-Endstufen, da auf Grund von nichtlinearen Verzerrungen im oberen Bereich der Verstärkerkennlinie Intermodulationsprodukte entstehen.

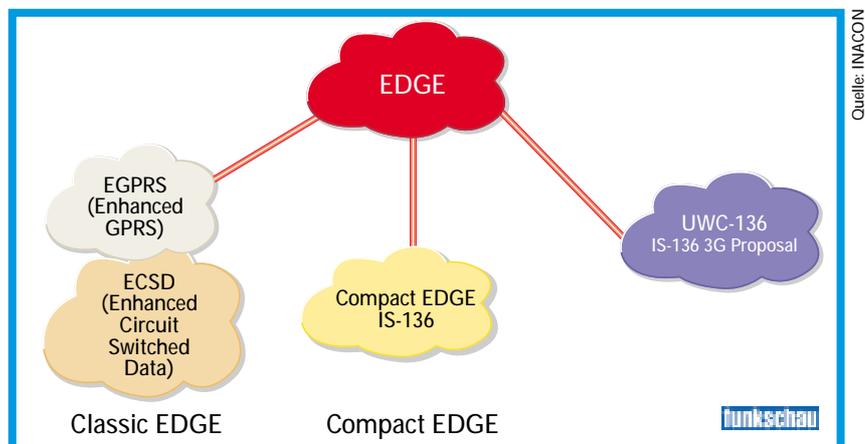
Zur Verringerung dieses Effekts kommt bei der EGPRS-Technik die $3/8\pi$ -Offset-8-PSK-Modulation zum Einsatz. Dabei verhindert der Offset von $3/8\pi$, dass die Signalamplitude den Nullpunkt

wendet der Empfänger eine ihm bekannte Bitfolge, die ohnehin im Signal mit übertragen wird (Trainings Sequence), um das jeweilige Modulationsverfahren zu identifizieren.

Modulation und Coding Schemes

Wie schon von GPRS bekannt, hängen die Systeme auch bei EGPRS je nach Empfangsbedingung verschieden viele redundante Bit zur Fehlererkennung und Fehlerkorrektur an den Datenstrom; dieses Verfahren heißt Kanalcodierung. Während für GPRS nur vier verschiedene Coding-Schemes zum Einsatz kommen (CS-1 bis CS-4), sind für EGPRS neun verschiedene Modulations- und Coding-Schemes (MCS) definiert (MCS-1 bis MCS-9).

Die Übertragungssicherheit bei EGPRS hängt von den einzelnen verwendeten Modulations- und Coding-Schemes ab (siehe auch Grafik auf Seite 48). Auf den ersten Blick mag es dabei widersprüchlich erscheinen, dass die Übertragungssicherheit beim Sprung von MCS-4 auf MCS-5 deutlich besser wird; sollte man doch annehmen, dass eine höhere Übertragungsrate an der Luftschnittstelle nur auf Kosten der Übertragungssicher-



Die EDGE-Technik besitzt viele Varianten. Als aussichtsreichster Kandidat für Europa wird EGPRS gehandelt, während die EDGE-Variante von HSCSD (ECSD) wenig Erfolg haben wird

ein. Das Kürzel „8-PSK“ im Namen sagt bereits aus, dass für das modulierte Signal acht verschiedene Phasenzustände definiert sind. Während sich bei GMSK pro Phasenänderung nur ein Bit übertragen lässt, sind es bei 8-PSK drei Bit. Dabei steht für jeden Phasenzustand eine Folge von drei Bit, von denen jede einen anderen Wert darstellt (000 bis 111). Damit ermöglicht die 8-PSK-Modulation theoretisch eine Verdreifachung der Durchsatzrate im Vergleich zum GMSK-Verfahren.

Die Schwäche der 8-PSK-Modulation: Sie ist anfälliger für Funkstörungen, da die Phasenzustände viel enger beieinander liegen als bei der GMSK-Modulation. Außerdem entsteht bei der 8-PSK-Methode eine unerwünschte Amplitudenmodulation. Dadurch steigen die

durchläuft (siehe dazu auch die Abbildung auf Seite 48). Mit dieser Methode erhöht sich die Genauigkeit der Signalerkennung und gleichzeitig sinken die Anforderungen an die Linearität der Sende-Endstufen.

Die 8-PSK-Modulation wird außerdem nur dann eingesetzt, wenn die Qualität auf der Luftstrecke dafür geeignet ist. Bei schlechteren Empfangsbedingungen schaltet die Basisstation automatisch auf GMSK um. Zur Gewährleistung der Rückwärtskompatibilität zu reinen GMSK-Empfängern erfolgt diese Umschaltung ohne jeglichen Signalisierungsaufwand.

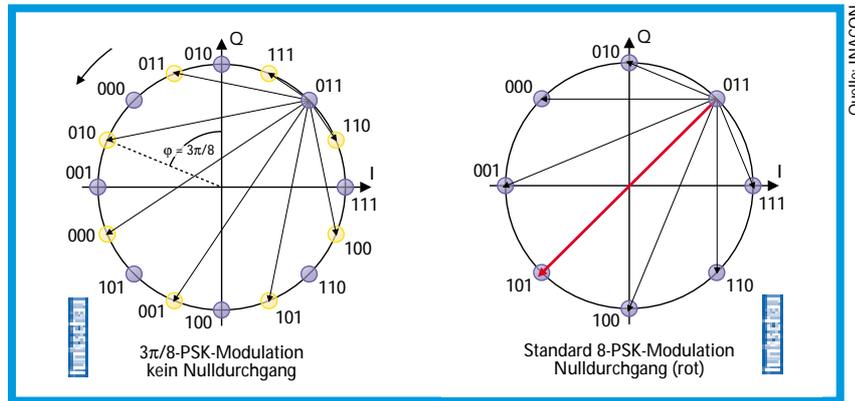
Demzufolge muss das EGPRS-Empfängergerät selbstständig entscheiden, ob es gerade GMSK oder 8-PSK empfängt (Blind Detection). Zu diesem Zweck ver-

Glossar

ARQ	Automatic Repeat Request
BEC	Backward Error Correction
CPS-Feldes	Coding and Puncturing Scheme
CS	Coding Schemes
EDGE	Enhanced Data Rates for Global Evolution
FEC	Forward Error Correction
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
IR	Incremental Redundancy
MCS	Modulation and Coding Schemes
PS	Puncturing Scheme
PSK	Phase Shift Keying

heit zu bewerkstelligen ist. Die Erklärung für dieses Phänomen ist einfach: MCS-4 stellt für das GMSK-Verfahren die maximale, MCS-5 jedoch die niedrigste Übertragungsrate für das 8-PSK-Verfahren dar. Mit dieser Methode verdreifacht sich die Durchsatzrate und fügt den Nettodaten redundante Bits hinzu.

Die Entscheidung, welches Modulations- und Coding-Scheme Verwendung findet, fällt das Netz in Abhängigkeit der Bedingungen an der Luftschnittstelle. So kann während einer Übertragung jede der verfügbaren MCS (Modulation and Coding Scheme) zum Einsatz kommen. Das Endgerät erkennt anhand des CPS-



Wie in der rechten Grafik ersichtlich, durchläuft die Amplitude beim Sprung von Symbol „011“ auf Symbol „101“ den Nullpunkt (Zero Passing). Um dies zu verhindern, wird – wie in der linken Grafik dargestellt – ein Offset von $3/8\pi$ von Symbol zu Symbol eingeführt

Unter Puncturing verstehen die Fachleute das beabsichtigte Weglassen bestimmter Bits aus dem codierten Bitstrom beim Senden. Dieses Verfahren ermöglicht auf einfache Weise, die Kapazität der Nutzdaten und somit die Nettodurchsatzrate zu erhöhen. Allerdings verschlechtert Puncturing die Korrektoreigenschaften auf der Empfängerseite.

Mit Hilfe des Puncturing-Schemes (PS) – dieses gibt Auskunft darüber, welche Bits bei der Übertragung fehlen – kann das Empfangsgerät die entsprechenden Stellen vor der Decodierung wieder auffüllen. Der Decoder erkennt die aufgefüllten Stellen als Fehler in der Übertragung, die er mit Hilfe redundanter Bits korrigiert. Während bei GPRS nur ein bestimmtes Puncturing-Scheme für jedes Coding-Scheme (CS-1 bis CS-4) zum Einsatz kommt, das sowohl dem Sender als auch dem Empfänger bekannt ist und somit nicht übertragen wird, verwendet EGPRS bis zu drei verschiedene, vordefinierte Puncturing-Schemes (P1, P2 und P3) pro MCS. Sowohl bei GPRS als auch bei EGPRS gibt es zwei verschiedene Übertragungsmodi, die zum Tragen kommen, sobald die Fehlerkorrektur auf

werden fehlerhaft empfangene Datenblöcke automatisch erneut angefordert (ARQ; Automatic Repeat Request).

Während es bei GPRS nur einen ARQ-Modus für die gesicherte Übertragung gibt, unterscheidet EGPRS zwei verschiedene Modi: Type I ARQ und Type II Hybrid ARQ, der auch unter dem Namen Incremental Redundancy bekannt ist.

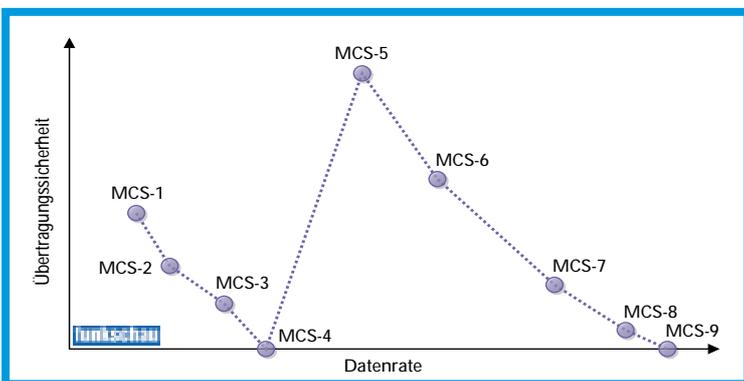
Beim Typ-I-ARQ-Modus überträgt das System fehlerhaft empfangene Datenblöcke bei der wiederholten Sendung genauso wie sie ursprünglich gesendet wurden; bei GPRS kommt ausschließlich diese Art der Übertragungswiederholung zum Einsatz. Dabei versucht der Empfänger im Gegensatz zur Variante Type ARQ II, die Decodierung des Datenblocks ohne die Verwendung der bisher eingegangenen Dateninformationen durchzuführen.

Intelligente Datenkorrektur

Incremental Redundancy (IR) beziehungsweise Type II ARQ stellt eine intelligentere Methode der Übertragungswiederholung dar. Dabei sind die Puncturing Schemes von entscheidender Bedeutung. Während bei Type I ARQ die fehlerhaft empfangenen Datenblöcke bei der wiederholten Sendung in ihrer ursprünglichen Art gesendet werden, steigt bei IR bei jeder Übertragungswiederholung die Anzahl der bekannten Bit im Empfänger: Bei der erstmaligen Sendung eines Datenblockes wird ein bestimmtes Puncturing-Scheme (P1) angewandt. Wenn der Datenblock fehlerhaft empfangen und zur Übertragungswiederholung angefordert wird, verwendet die Senderseite ein anderes, vordefiniertes Puncturing-Scheme (P2). Der Empfänger kombiniert nun diese beiden Versionen des Datenblockes und versucht, die Dekodierung vorzunehmen. Dieses Verfahren erlaubt im Gegensatz zu Type I ARQ die Dekodierung der richtigen Information auch in dem Falle, dass der Block beim zweiten Versuch wiederum fehlerhaft empfangen wurde. (SW)

Abhängigkeit der Netto-Datenrate vom verwendeten MCS

Coding Scheme	Modulation	Code Rate	Datenrate pro Zeitschlitz
MCS-1	GMSK	0.53	8.8 kBit/s
MCS-2	GMSK	0.66	11.2 kBit/s
MCS-3	GMSK	0.80	14.8 kBit/s
MCS-4	GMSK	1.0	17.6 kBit/s
MCS-5	8-PSK	0.37	22.4 kBit/s
MCS-6	8-PSK	0.49	29.6 kBit/s
MCS-7	8-PSK	0.76	44.8 kBit/s
MCS-8	8-PSK	0.92	54.4 kBit/s
MCS-9	8-PSK	1.0	59.2 kBit/s



Die Übertragungssicherheit bei der EGPRS-Technik hängt von der verwendeten Modulation und vom Coding-Schema ab

Feldes (Coding and Puncturing Scheme) im Header jedes gesendeten Datenblocks, welches der Modulations- und Coding-Schemes die Basisstation verwendet. Gleichzeitig gibt das CPS-Feld auch Auskunft über das benutzte Puncturing-Scheme für die Übertragung.

der Empfangsseite versagt: Bei der ungesicherten Übertragung (Unacknowledged Mode) sind die höheren Layer für die Fehlerkorrektur beziehungsweise Wiederholanforderung fehlerhaft empfangener Datenblöcke zuständig. Bei der gesicherten Übertragung (Acknowledged mode)

Highspeed-Datenübertragung im Mobilfunk

1994 begann die Spezifikation des so genannten HSCSD-Standards (High Speed Circuit Switched Data). Dieser setzt im Gegensatz zu GSM (Global System for Mobile Communication), wo nur einer von acht Gesprächskanälen für jeden Nutzer zur Verfügung steht, auf Kanalbündelung an der Luftschnittstelle. Durch die Zuweisung mehrerer Gesprächskanäle für einen einzelnen Nutzer wird es möglich, die Datenrate von GSM, die pro Gesprächskanal 9.6 kBit/s beziehungsweise 14.4 kBit/s beträgt, zu vervielfachen. Je nach Anzahl der zugewiesenen Kanäle pro Mobilstation sind auf diese Weise theoretische Datenraten von maximal 57.6 kBit/s möglich.

Allerdings ist die Kapazität an der Luftschnittstelle begrenzt und jeder Teilnehmer belegt die ihm zugewiesenen Leitungen für die gesamte Dauer einer Verbindung – unabhängig davon, ob er gerade Daten sendet, empfängt oder gar nichts macht. Daher ist diese Art der Durchsatzhöhung nur für Anbieter geeignet, die über reichlich Kapazität an der Luftschnittstelle verfügen. Um zu vermeiden, dass die Funkwege durch bereits wenige Anwender komplett belegt werden und für die restlichen Nutzer keine Ressourcen mehr zur Verfügung stehen, wird bei HSCSD sowie bei allen Verfahren der Kanalbündelung die Steuerung nicht dem Anwender überlassen; vielmehr werden die Kanäle in Abhängigkeit der Verkehrslast vom Netz dynamisch vergeben.

GPRS (General Packet Radio System) setzt ebenso wie HSCSD zunächst auch auf die Bündelung von mehreren Zeitschlitzten. Allerdings besitzt GPRS im Gegensatz zu HSCSD eine paketvermittelte Charakteristik. Dadurch erlaubt es GPRS, die Aufteilung der einzelnen Funkkanäle auf mehrere Nutzer aufzuteilen. So wird im Gegensatz zu HSCSD bei GPRS nur dann ein Kanal belegt, wenn auch wirklich Daten zu senden sind (Resource on Demand).

Damit ergeben sich für GPRS ganz neue Möglichkeiten wie beispielsweise das Always-On-Feature. Das heißt, die Mobilstation kann durchgehend im Internet eingebucht sein ohne irgendwelche Ressourcen im Netz zu binden. Sobald aber zum Beispiel eine E-Mail eintrifft, stellt das Übertragungsnetz automatisch eine physikalische Verbindung zum Endgerät her, um die Information zu übertragen. Zusätzlich ermöglicht GPRS eine den Empfangsbedingungen entsprechende Einstellung der Kodierungsraten. So wurden zu dem bereits im Global System for Mobile Communication (GSM) verwendeten Coding-Scheme CS-1 die weniger sicheren, aber in Bezug auf den Datendurchsatz leistungsfähigeren Kodierungsverfahren CS-2 bis CS-4 definiert. Bei der Kanalkodierung fügt das System den Nettodaten mehr oder weniger viele redundante Bit hinzu, die für die Fehlererkennung und Fehlerkorrektur zuständig sind. Als Konsequenz erlaubt GPRS Datendurchsatzraten von theoretisch bis zu 160 kBit/s (20 kBit/s pro Zeitkanal) mit CS-4. Bei dieser maximalen Datenrate werden allerdings nur Bit zur Fehlererkennung (BEC, Backward Error Correction) hinzugefügt, weshalb beim Empfänger keine aktive Fehlerkorrektur (FEC; Forward Error Correction) erfolgen kann.

Eine Datenrate von 160 kBit/s kann jedoch nur dann erreicht werden, wenn eine exzellente Funkverbindung vorliegt und das Endgerät exklusiv alle Ressourcen auf allen acht Zeitschlitzten eines Trägers zugewiesen bekommt.