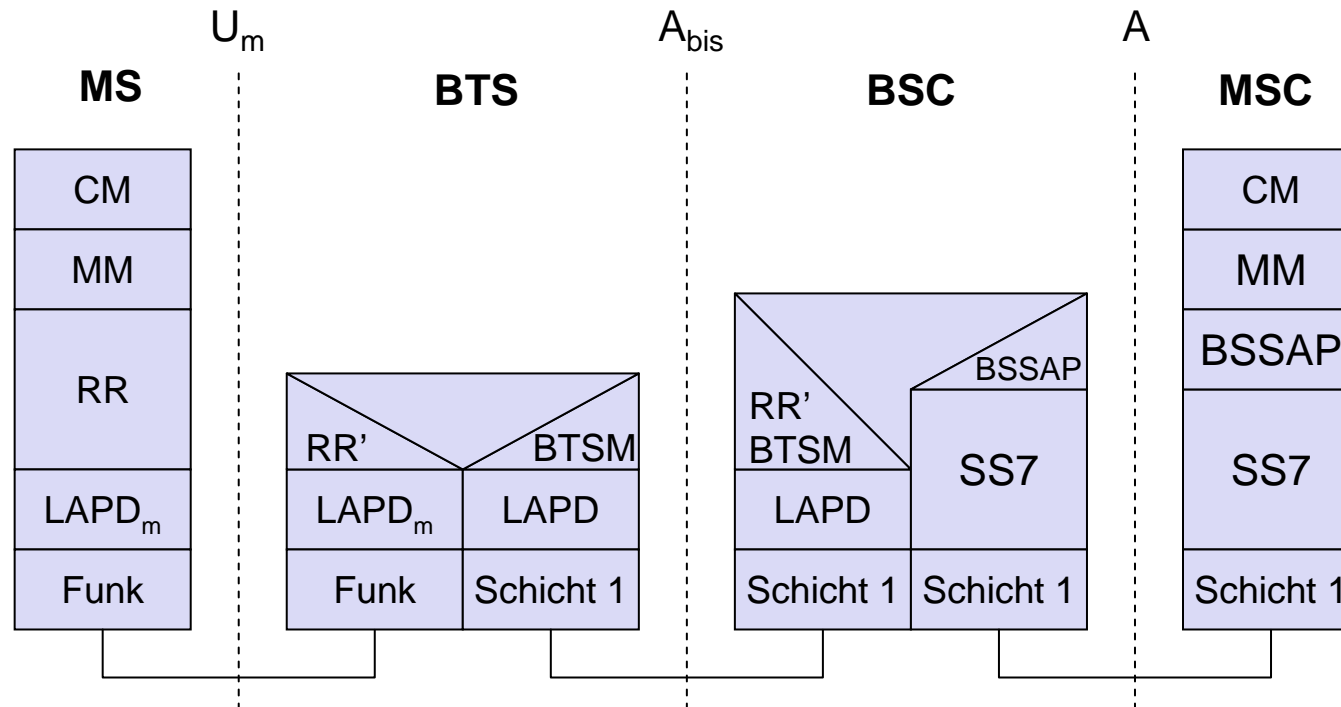


2.4 Signalisierung in GSM

- Protokollarchitektur



16/64 kbit/s

64 kbit/s /
2,048 Mbit/s

CM Call Management
MM Mobility Management
RR Radio Resource Management
BTSM BTS Management
BSSAP BSS Application Part

SS7
LAPD

Signalisierungssystem Nr. 7
Link Access Procedure for the D-channel

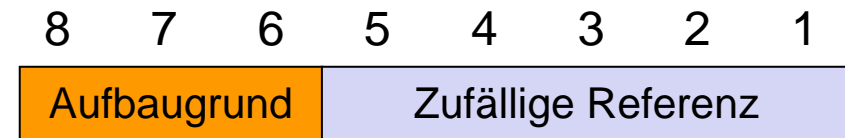
2.4.1 Das LAPD_m-Protokoll

- Von ISDN abgeleitetes Schicht-2-Protokoll für die Kommunikation zwischen Mobilstation und Basisstation
 - Keine Synchronisation, keine Bitfehlererkennung (kein CRC)
 - ▶ beides in Schicht 1 enthalten
 - Zwei Betriebsmodi
 - ▶ Bestätigender Betrieb
 - ▶ Stop-and-Wait-ARQ mit Flusskontrolle
 - ▶ Unbestätigender Betrieb
 - ▶ Einziger Betriebsmodus für Punkt-zu-Mehrpunkt-Kanäle
 - ▶ Wird auf allen logischen Kanälen eingesetzt
 - ▷ Ausnahme: zufälliger Zugriff auf RACH
 - Auflösung von **Konkurrenzsituationen** beim Medienzugriff
 - ▶ Zufallsgesteuerter Zugriff auf RACH-Kanal
- Für Übertragung von
 - Signalisierungsinformation
 - ▶ Call Control, Mobility Management, Radio Resource Management
 - Kurznachricht (Short Message Service - SMS)

Rahmentyp	Bedeutung	Einsatz
SABM	Set Async. Balanced Mode	Erste Dateneinheit, um den bestätigten Modus zu erreichen
DISC	DISConnect	Erste Dateneinheit, um den bestätigten Modus zu verlassen
UA	Unnumbered Ack.	Bestätigung zu den zwei obigen Dateneinheiten
DM	Disconnect Mode	Antwort, die den Dicsonnected Mode anzeigt
UI	Unnumbered Information	Informations-Dateneinheit im unbestätigenden Betrieb
I	Information	Informations-Dateneinheit im bestätigenden Betrieb
RR	Receive Ready	Fahre mit Senden fort
RNG	Receive Not Ready	Stoppe das Senden
REJ	REJect	Negative Bestätigung

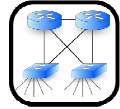
- Mobilstation fordert Kanalkapazität für eine dedizierte Verbindung an
 - Mobilstation sendet *Channel_req* über RACH
 - ▶ Enthält **Aufbaugrund** und **Zufallsreferenz**
 - ▶ Einzige Möglichkeit zur Identifikation einer Mobilstation

100	Antwort auf einen Ruf
101	Notruf
110	Neuaufbau eines Rufs
111	Von Mobilstation initialisierter Ruf, Kurznachricht
000	Alle anderen Fälle

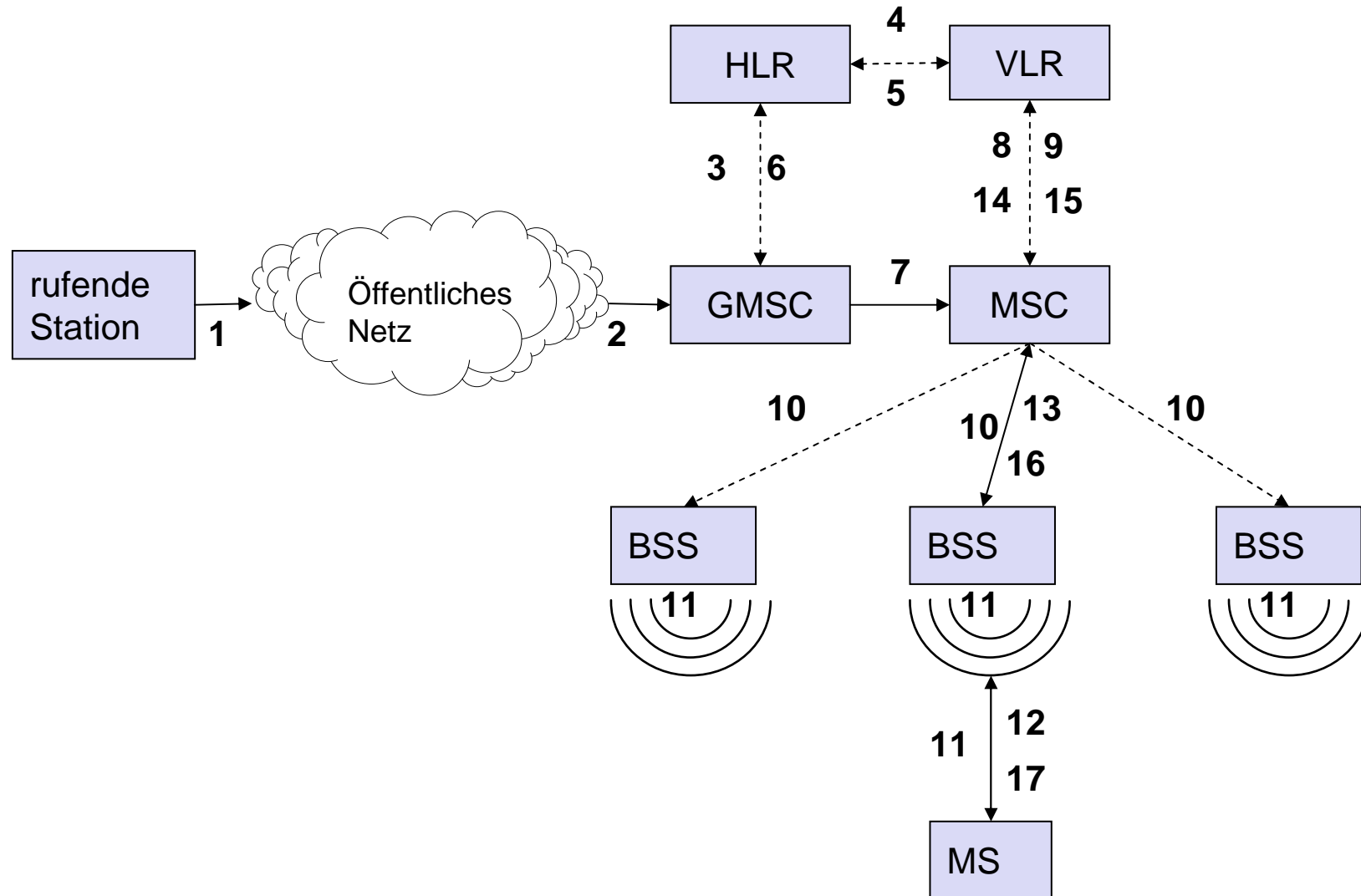
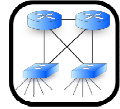


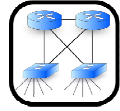
- Basisstation sendet *Immediate_Assignment* über AGCH
 - ▶ Enthält *Channel_req*, damit auch die **Zufallsreferenz**
 - ▶ Enthält zugewiesenen, **dedizierten Kanal**
 - ▶ Mobilstation, mit gleicher Zufallsreferenz belegt den Kanal
- Problem
 - ▶ Zufallsreferenz hat sehr kurze Länge → **Kollision möglich!**

- Nachdem dedizierter Kanal (SDCCH) aktiviert
 - Aufbau einer bidirektionalen Schicht-2 Verbindung im bestätigten Modus
 - ▶ Mobilstation sendet *Set Async. Balanced Mode (SABM)*-Dateneinheit mit Identität (IMSI, TMSI, IMEI)
 - ▶ Basisstation antwortet mit *Unnumbered Ack. (UA)*
 - ▶ Identität aus zuerst eingetroffenen SABMs
 - ▶ Bei unterschiedlichen IDs: Verbindungsabbruch
 - ▶ Bei identischen IDs (MS, BTS):
 - ▶ Wechsel in den bestätigten Modus
 - ▶ Datentransfer kann stattfinden
 - ▶ ... damit: **Auflösung von Kollisionen**

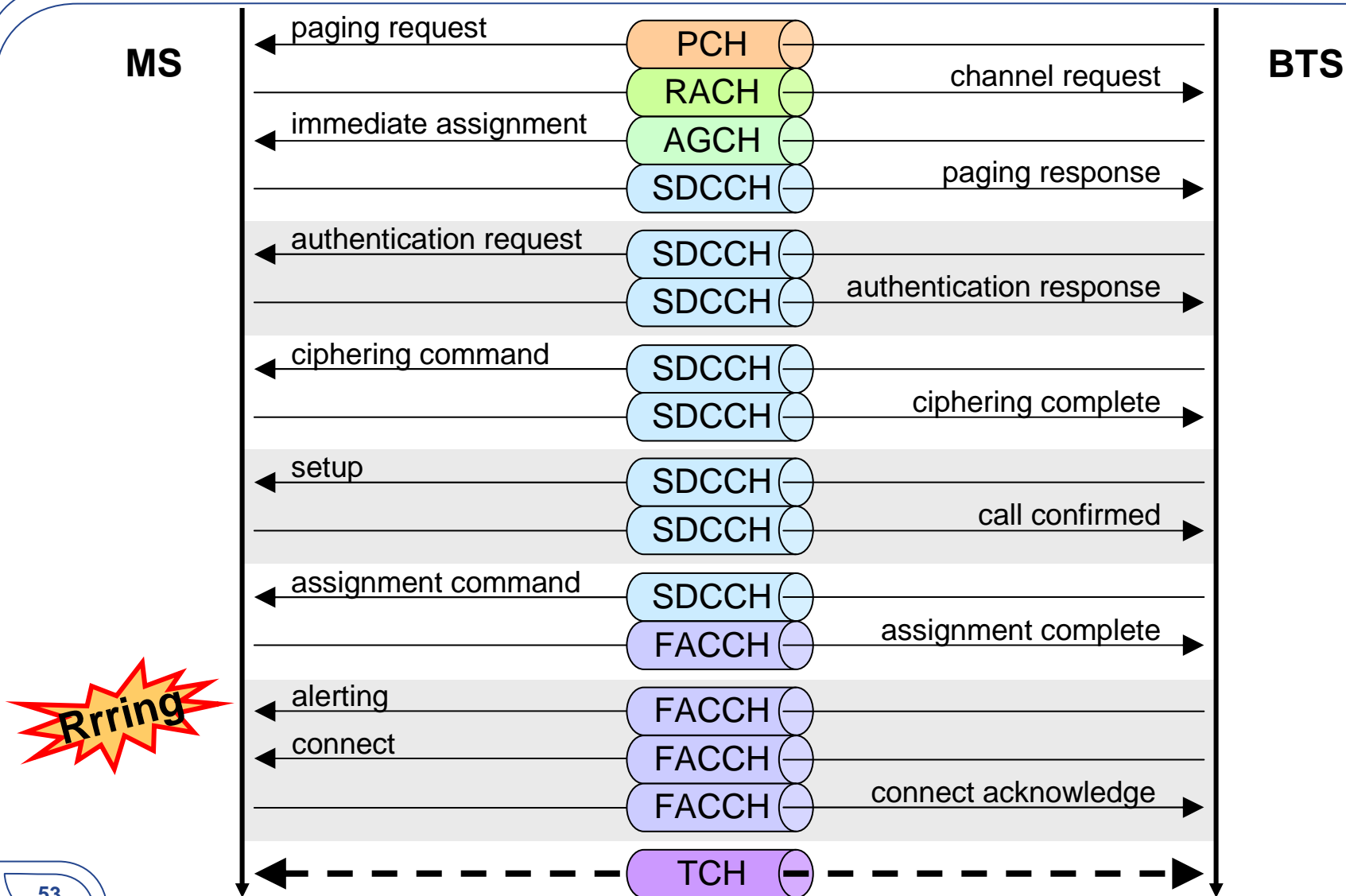


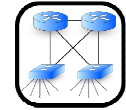
- Gliederung in drei eigenständige Teilschichten
 - Radio Ressource Management (RR)
 - ▶ Belegung, Aufrechterhaltung, Freigabe einer dedizierten Funkkanalverbindung
 - ▶ Teils in BTS, teils in BSC implementiert
 - Mobility Management (MM)
 - ▶ Registrierung, Authentifizierung, Geräteidentifikation
 - ▶ Aktualisierung des Aufenthaltsorts
 - ▶ Bereitstellung temporärer Teilnehmerkennung
 - ▶ Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI)
 - Call Managment (CM)
 - ▶ Call Control (CC)
 - ▶ Verbindungsauf- und -abbau, Änderung Verbindungsparameter
 - ▶ Fernabfrage Anrufbeantworter
 - ▶ Short Message Service (SMS)
 - ▶ Nachrichtenübermittlung über Steuerkanäle SDCCH und SACCH
 - ▶ Supplementary Service (SS)



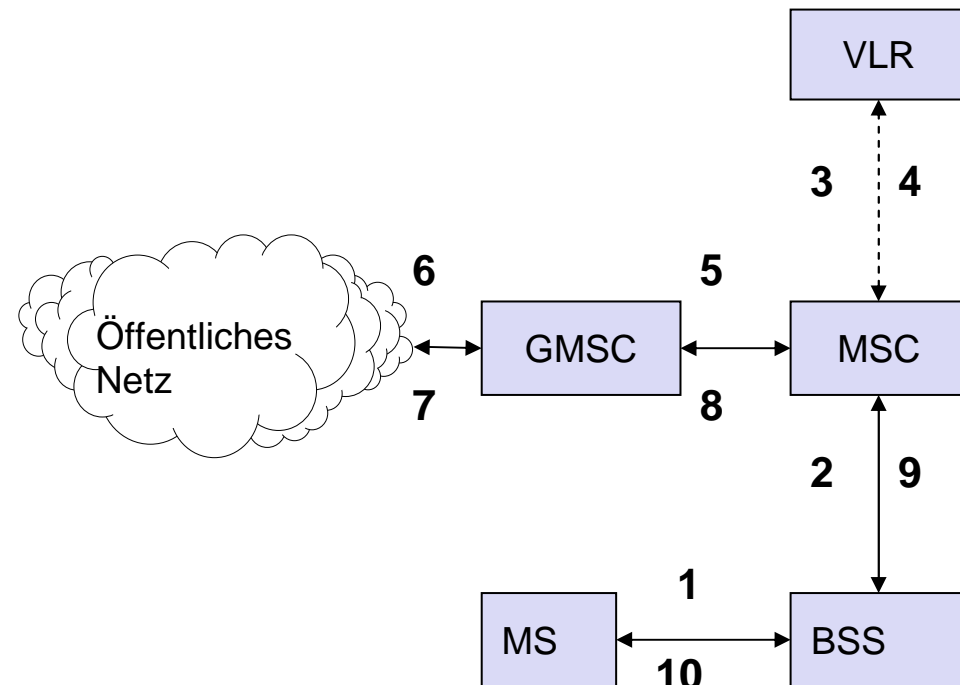


- 1: Ruf eines GSM Teilnehmers
 - Wählen der ISDN Nummer des Teilnehmers (MSISDN)
- 2: Weiterleitung zum GMSC
 - Vermittlungsstation erkennt, dass es sich um eine Mobilnummer handelt
- 3: Verbindungsaufbaunachricht zum HLR
 - HLR kann aus Rufnummer identifiziert werden
 - HLR überprüft Rufnummer und Berechtigung des Teilnehmers
- 4, 5: Anfrage/Antwort VLR zur Bereitstellung einer MSRN
 - HLR kann für den Aufenthaltsort zuständige MSC bestimmen
- 6: Weiterleitung der aktuellen MSC zum GMSC
- 7: Verbindung wird zum aktuellen MSC weitergeleitet
- 8, 9: MSC beauftragt VLR mit Statusabfrage
 - z.B. Erreichbarkeit
- 10, 11: MSC veranlasst Ruf des mobilen Teilnehmers
 - Wird in allen Zellen des aktuellen Aufenthaltsbereiches der MS durchgeführt
- 12, 13: Mobiler Teilnehmer antwortet
- 14, 15: Sicherheitsüberprüfung
- 16, 17: MSC wird vom VLR zum Verbindungsaufbau aufgefordert





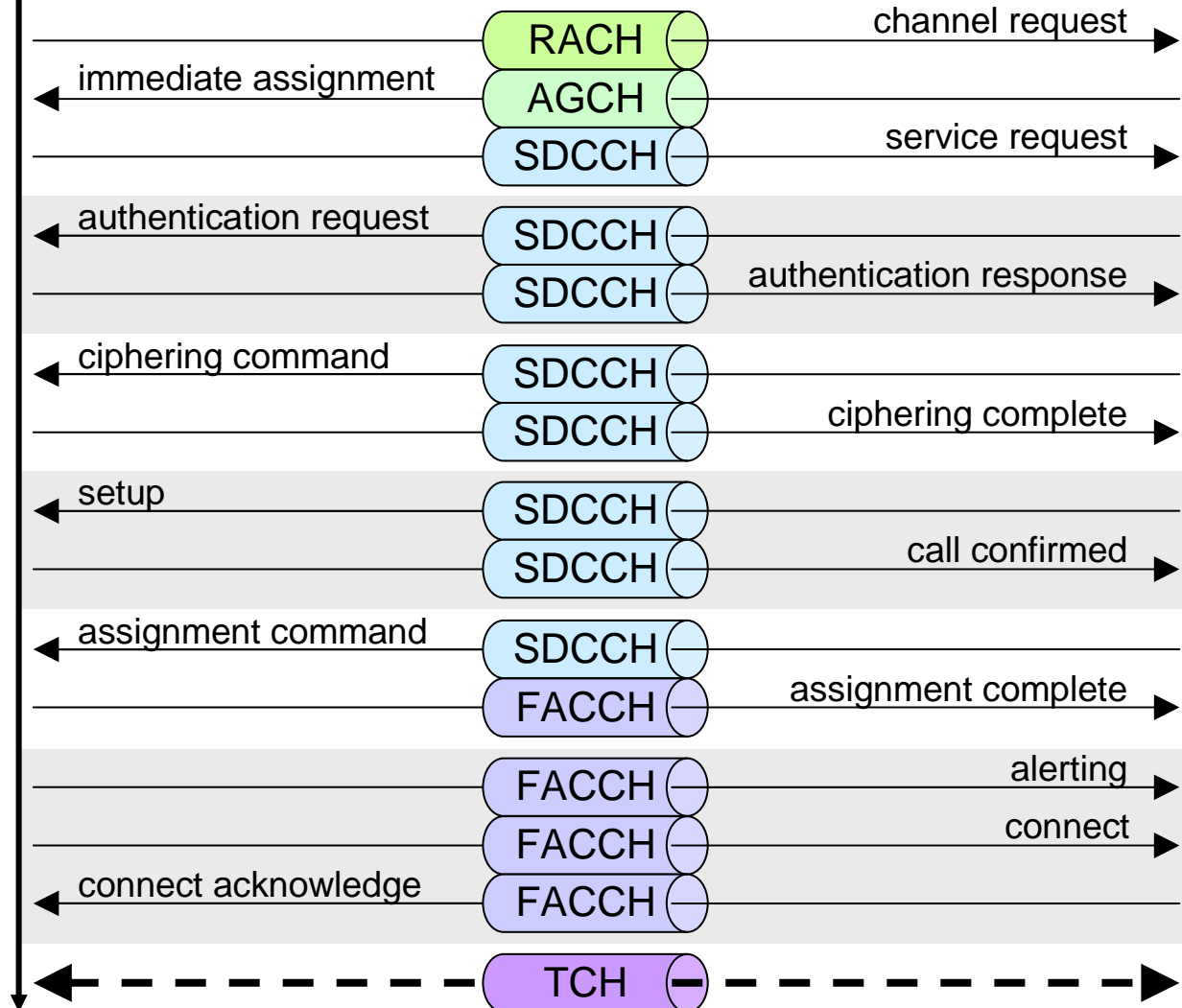
- 1, 2: Signalisierung des Verbindungsaufbauwunschs
- 3, 4: Sicherheitsüberprüfung
 - Z.B. Berechtigung
- 5-8: Ressourcenüberprüfung
- 9-10: Verbindungsaufbau

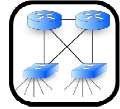




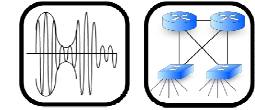
MS

BTS

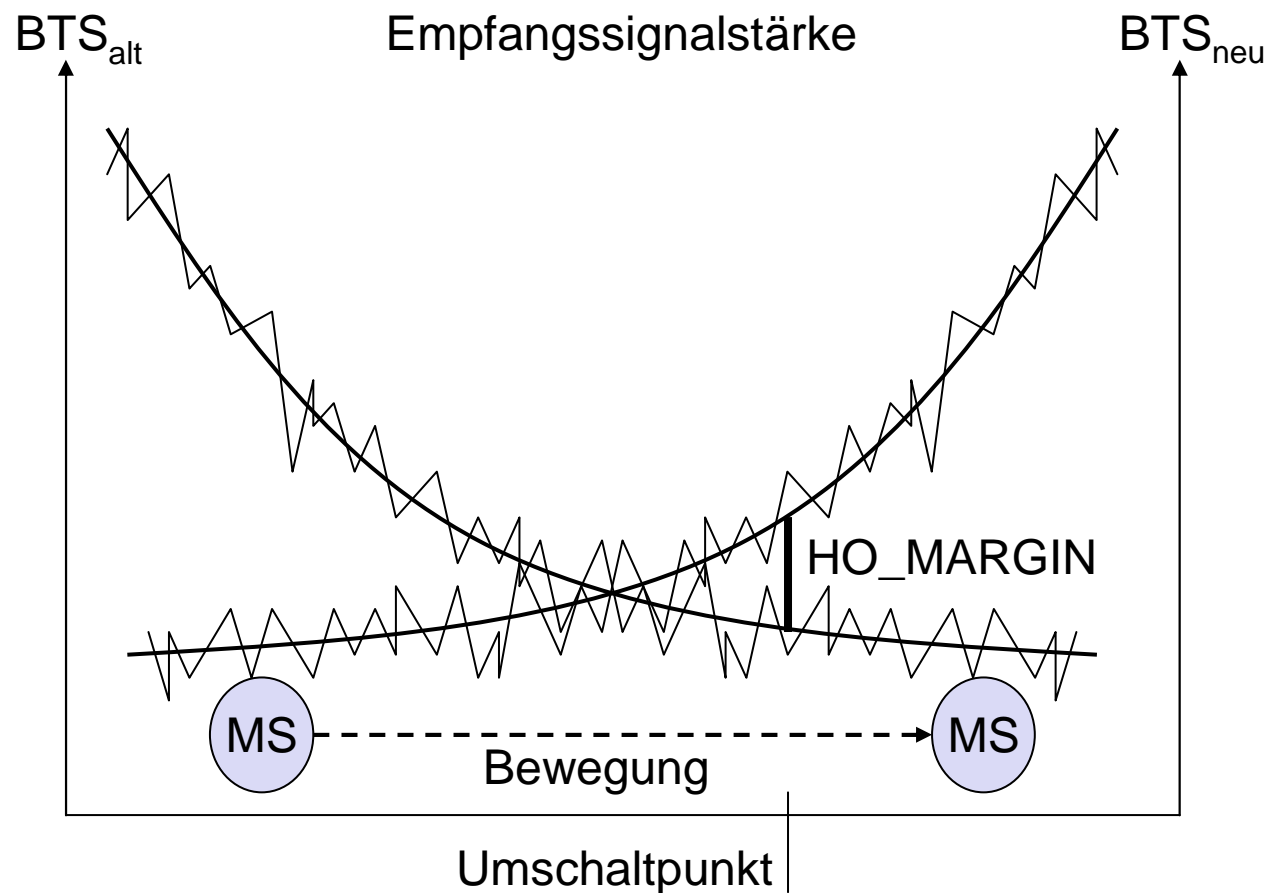


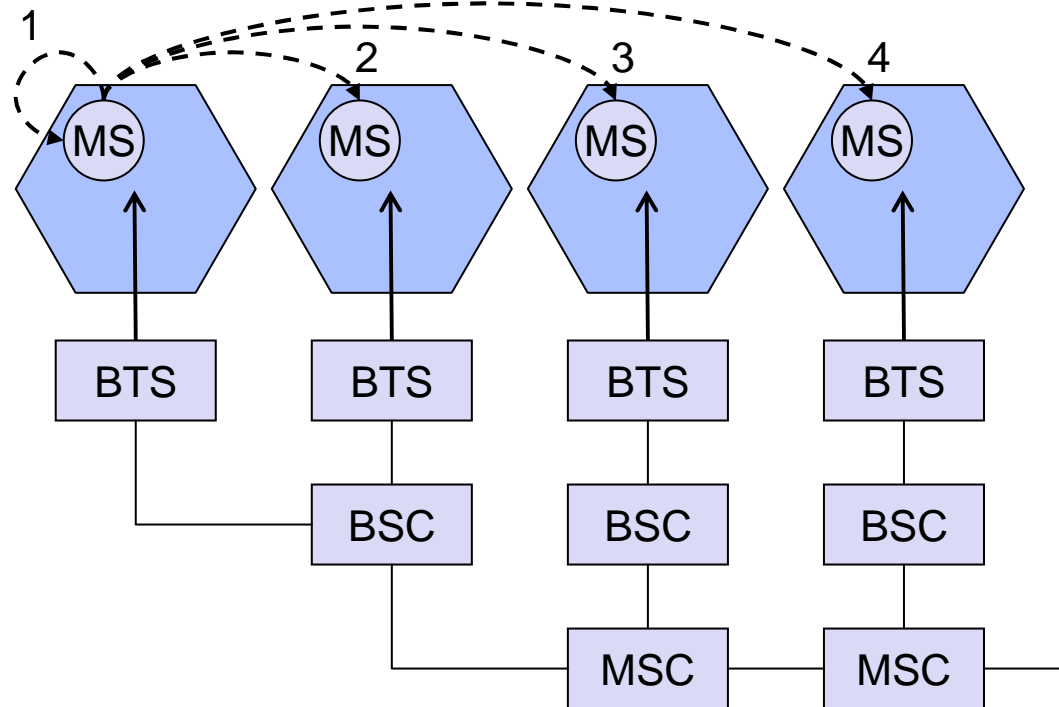
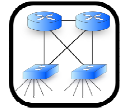


- Ziel
 - Wechsel der Frequenz oder der Zelle, ohne die Verbindung unterbrechen zu müssen
- Mögliche Gründe für einen Wechsel
 - Interferenzstörungen durch andere Mobilstationen
 - Optimierung
 - ▶ Mobilstation kann von mehreren Zellen annähernd gleich gut bedient werden
 - ▶ Verlagerung in eine andere Zelle, wenn Verkehrsaufkommen in der momentanen Zelle zu hoch wird
 - Mobilität
 - ▶ Teilnehmer verlässt den Versorgungsbereich einer Basisstation
- Mobile Assisted Handover
 - Handoverentscheidung wird auch aufgrund von Messwerten, die die Mobilstation liefert, initiiert
- Algorithmus für Handover nicht standardisiert



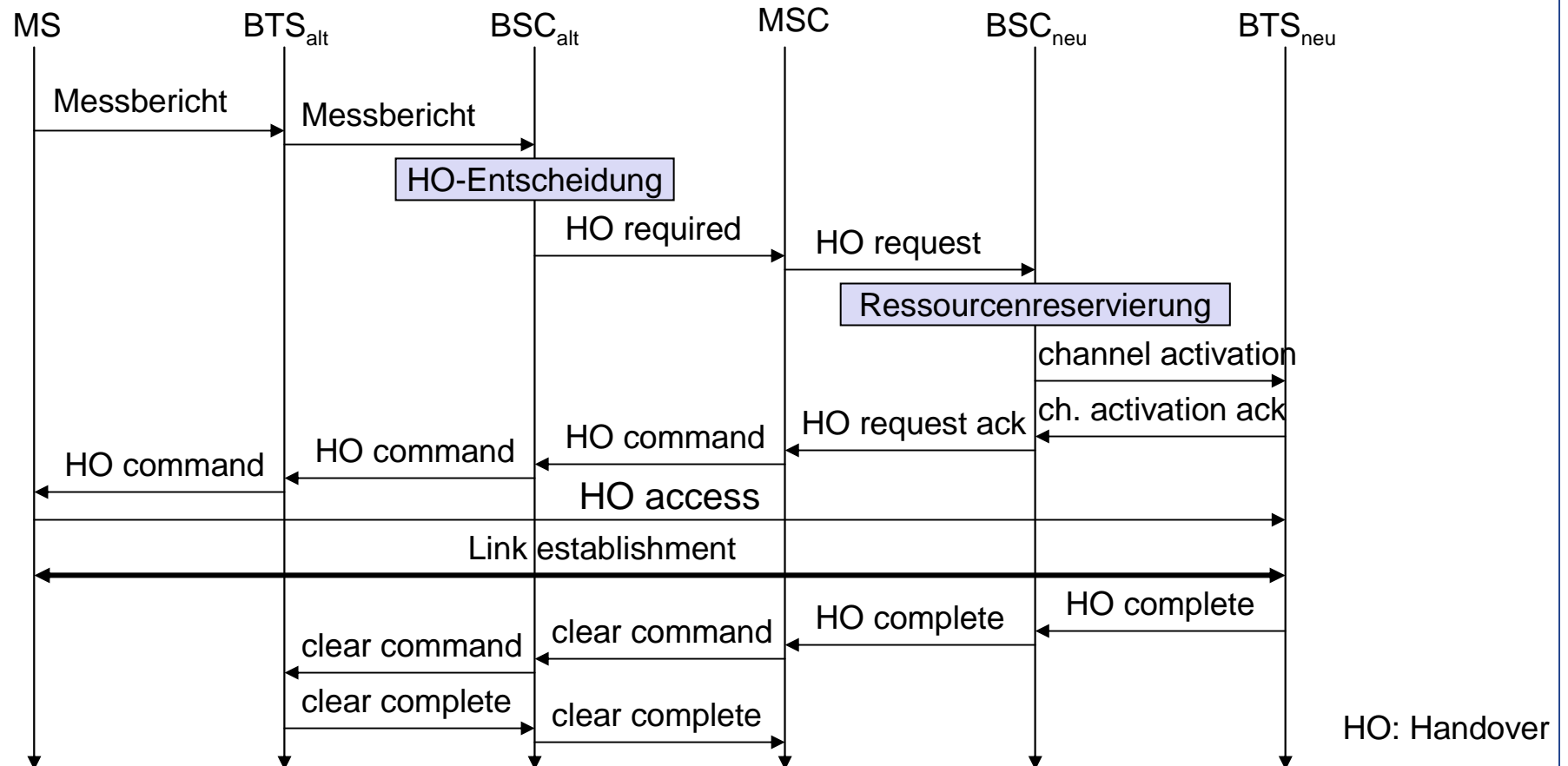
- Ständige Messung der Kanalqualität erforderlich
 - I.d.R. alle 480 ms Messprotokoll an das Netz übertragen (SACCH)





1. Intra-Zellenübergabe (Frequenzwechsel)
2. Inter-Zellenübergabe (häufigster Fall)
3. Inter-BSC-Übergabe bzw. Intra-MSC-Übergabe
4. Inter-MSC-Übergabe

Handover-Zeit normalerweise < 60ms



- Mobilstation verlässt den aktuellen Aufenthaltsbereich
 - HLR und VLR müssen informiert werden
 - ▶ Mobilstation teilt dem Netz den neuen Aufenthaltsbereich mit
 - ▶ Wechsel innerhalb des Zuständigkeitsbereichs eines VLR
 - ▶ VLR wird über neuen Aufenthaltsbereich informiert
 - ▶ Wechsel des Zuständigkeitsbereichs des VLR
 - ▶ TMSI und Kennung des alten Aufenthaltsbereichs liegen vor
 - ▷ Bisheriges VLR und IMSI können bestimmt werden
 - ▶ Neues VLR teilt HLR Wechsel mit
 - ▶ Neues VLR besitzt noch keine Daten über die Mobilstation
 - ▷ Daten der Mobilstation müssen aus HLR übertragen werden
 - ▷ Daten müssen im bisherigen VLR gelöscht werden
 - ▶ Neues VLR bestätigt Mobilstation den erfolgreichen Wechsel



- Problem
 - Durch Netzzugang über Luftschnittstelle erhöhte Gefahr, dass Kommunikation abgehört und Ressourcen unbefugt genutzt werden
- Einführung von Sicherheitsprozeduren
 - Zugangskontrolle / Authentifizierung
 - ▶ Nachweis der Identität des Teilnehmers
 - ▶ PIN zwischen Teilnehmer und SIM
 - ▶ Zwischen SIM und Netzwerk: Challenge-Response-Verfahren
 - Vertraulichkeit
 - ▶ Nutz- und Signalisierungsdaten werden nach erfolgreicher Authentifizierung verschlüsselt über die Luftschnittstelle übertragen.
 - ▶ Keine Ende-zu-Ende Verschlüsselung
 - Anonymität
 - ▶ Temporäre Teilnehmerkennung TMSI wird periodisch gewechselt
 - ▶ Bei jedem Location Update vom VLR neu vergeben
 - ▶ Wird verschlüsselt übertragen



- Authentication Center (AuC)
 - Entweder separat eingerichtet oder in HLR integriert
 - Aufgaben
 - ▶ Erzeugung der Schlüssel K_c und deren Zuordnung zur IMSI
 - ▶ Erzeugung von Sätzen RAND/SRES/ K_c pro IMSI zur Übergabe an das HLR
 - ▶ RAND: Zufallszahl
 - ▶ SRES: Authentifikator (Signed Response)
- Bereichsaktualisierung (Location Update)
 - VLR benötigt sicherheitsbezogene Information
 - ▶ Mobilstation identifiziert sich durch IMSI
 - ▶ VLR fordert fünf Sätze RAND/SRES/ K_c an, die dieser IMSI zugewiesen sind
 - ▶ Mobilstation identifiziert sich durch TMSI
 - ▶ Neues VLR fordert von altem VLR die IMSI sowie die noch vorhandenen Sätze RAND/SRES/ K_c



- Drei Algorithmen wurden spezifiziert
 - **A3** zur Authentisierung
 - ▶ „geheim“, Schnittstelle offen gelegt
 - ▶ Inzwischen im Internet verfügbar
 - ▶ IMSI, geheimer Authentisierungsschlüssel K_i und Algorithmus A3 auf SIM gespeichert
 - **A5** zur Verschlüsselung
 - ▶ Standardisiert
 - ▶ Alle Dateneinheiten mit teilnehmerbezogener Information werden verschlüsselt über die Luftschnittstelle übertragen
 - **A8** zur Schlüsselberechnung
 - ▶ „geheim“, Schnittstelle offen gelegt
 - ▶ Inzwischen im Internet verfügbar
- Betreiber können auch stärkere Verfahren einsetzen



- Netz

- Authentication Center (AuC)

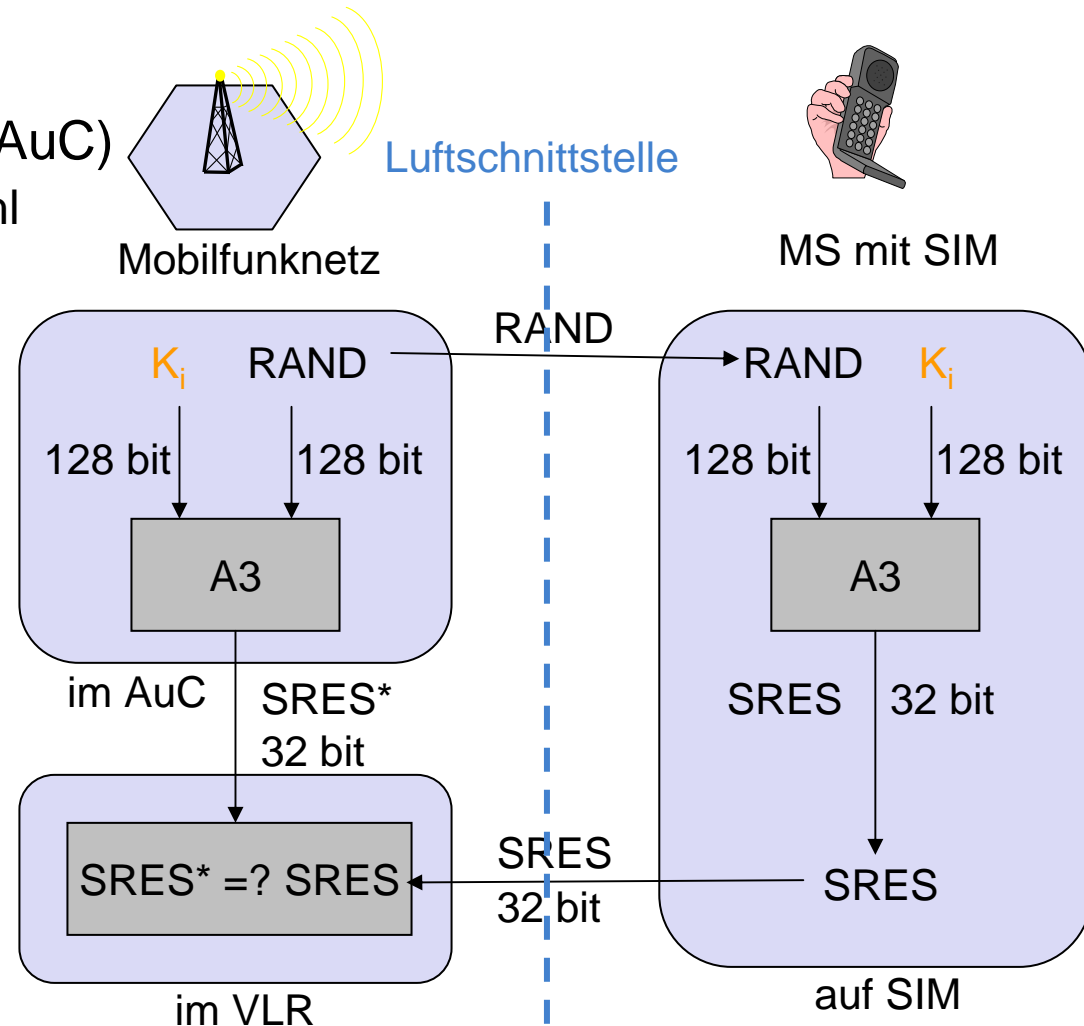
- ▶ Berechnet Zufallszahl RAND
 - ▶ Berechnet SRES* (signed response)
 - ▶ Sendet Satz an VLR

- VLR

- ▶ Vergleicht SRES* mit SRES

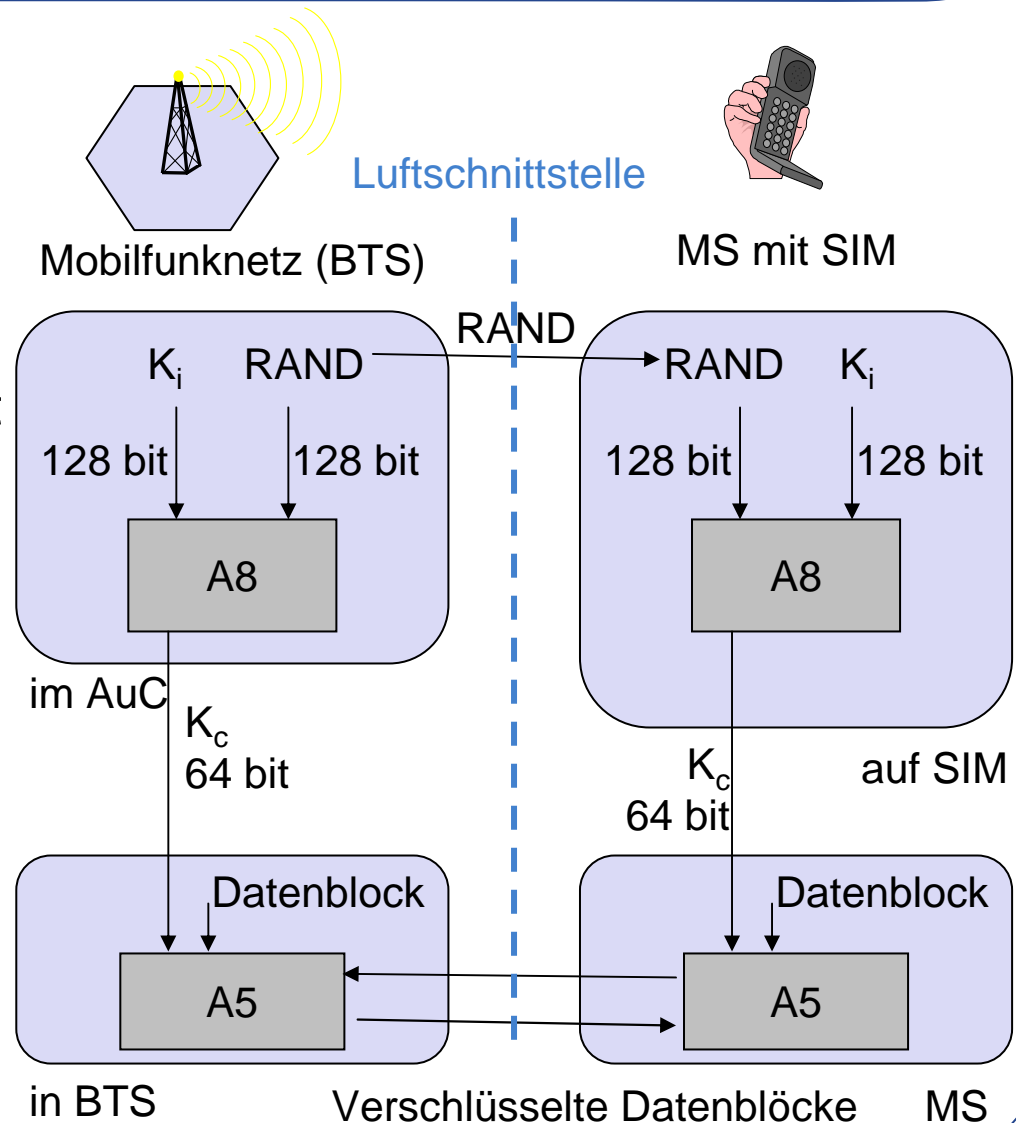
- Mobilstation

- Berechnet SRES
 - Sendet SRES an VLR

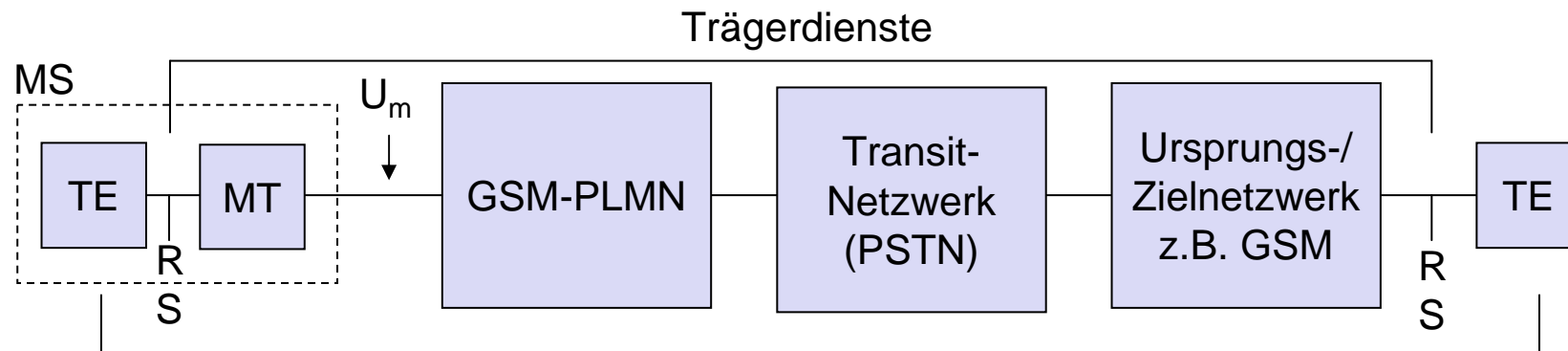




- Übertragungsschlüssel K_c
 - Aus Zufallszahl RAND und K_i berechnet mit A8
 - Nicht über Luftschnittstelle übertragen
 - In Mobilstation gespeichert und jeweils neu berechnet
- Schlüsselnummer
 - Synchronisation der Schlüssel zwischen Netz und Mobilstation
 - Bei jeder Übertragung an das Netz mit geliefert
- Verschlüsselung
 - Mit Schlüssel K_c und A5



- GSM-System bietet
 - Integration verschiedener Sprach- und Datendienste
 - Übergangsfunktionen für die Zusammenarbeit mit anderen Telekommunikationsnetzen
- Einteilung der Telekommunikationsdienste in drei Bereiche
 - Trägerdienste (Bearer Services)
 - Telematikdienste (Telematic Services)
 - Zusatzdienste (Supplementary Services)



Telematikdienste

TE: Terminal
MT: Mobile Termination

MS: Mobilstation
PLMN: Public Land Mobile Network

- Transportdienste zur **Bit-Übertragung** zwischen Teilnehmern
 - Spezifiziert durch untere 3 Schichten des ISO/OSI Referenzmodells
 - Verbindungsorientierte leitungs- und paketvermittelte Dienste
- Zwei grundlegende Typen von Trägerdiensten
 - **Transparente Trägerdienste**
 - ▶ Nur Schicht 1 beteiligt, keine höheren Schichten
 - ▶ Verwendung eines Kanalkodierungsverfahrens mit FEC
 - ▶ Mögliche Datenraten
 - ▶ Vollratenkanal (TCH/F): 9.6, 4.8 oder 2.4 kbit/s
 - ▶ Halbratenkanal (TCH/H): 4.8 oder 2.4 kbit/s
 - **Nichttransparente Trägerdienste**
 - ▶ Umfassen Protokolle bis inkl. Schicht 3
 - ▶ ARQ-Verfahren im Radio Link Protocol (RLP)
 - ▶ Unterstützte Dienste
 - ▶ Leitungsvermittelt, synchron: 2.4, 4.8 oder 9.6 kbit/s
 - ▶ Leitungsvermittelt, asynchron: zwischen 300 und 1200 bit/s
 - ▶ Paketvermittelt, synchron: 2.4, 4.8 oder 9.6 kbit/s
 - ▶ Paketvermittelt, asynchron: zwischen 300 und 9600 bit/s

- Dienste zur **anwendungsbezogenen** Kommunikation
 - Benötigen Protokolle aller 7 Schichten des Referenzmodells
- Beispiele angebotener Dienste
 - Mobilfunktelefonie
 - ▶ GSM-Konzept wurde vorrangig auf mobiles Telefonieren ausgelegt
 - ▶ Gespräche werden mit 3,1 kHz Bandbreite übertragen
 - Notruf: Europaweite Notfallnummer (112)
 - ▶ Kostenloser Service, für alle Mobilfunknetzbetreiber obligatorisch
 - ▶ Höchste Priorität (Verdrängung nieder priorer Verbindungen möglich)
 - Multinumbering
 - ▶ mehrere ISDN Telefonnummern pro Teilnehmer
 - **Kurznachrichtendienst (SMS)**

- Idee: Benutzer über eingegangene Sprachnachrichten informieren

- Aber schon bald: **Millarden**-Hit



- Datenübertragung bei SMS

- 160 Zeichen à 7 Bit (140 Bytes)

- ▶ Interpretation als Binärdaten (Logo, ...) möglich

- ▶ Herstellerspezifische Lösungen bis zur Einführung von EMS

- Speichervermittlung

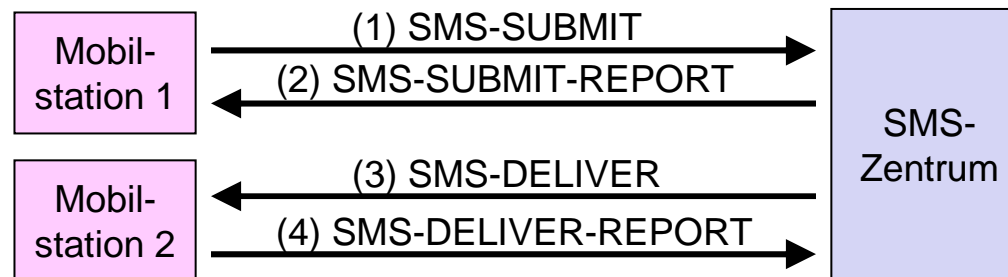
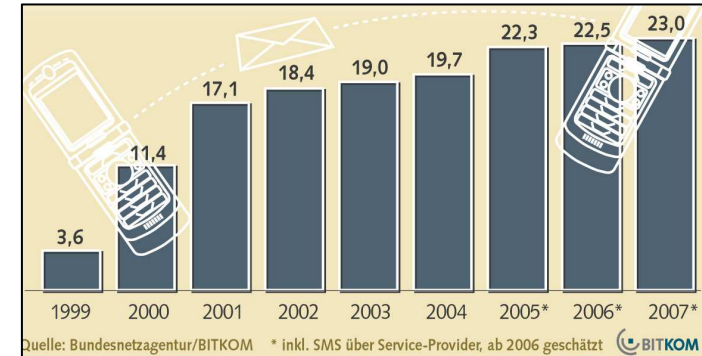
- ▶ SMS-Servicezentrum speichert Nachrichten zwischen

- ▶ keine direkte Übertragung zwischen Mobilstationen

- ▶ Zuverlässiges, paketerorientiertes **Short Message Transfer Protocol**

- ▶ Dateneinheit enthält Typ, Kodierung, Länge, usw. der Kurznachricht

- ▶ Transparente Weitergabe der Daten (z.B. Logo) an SIM möglich

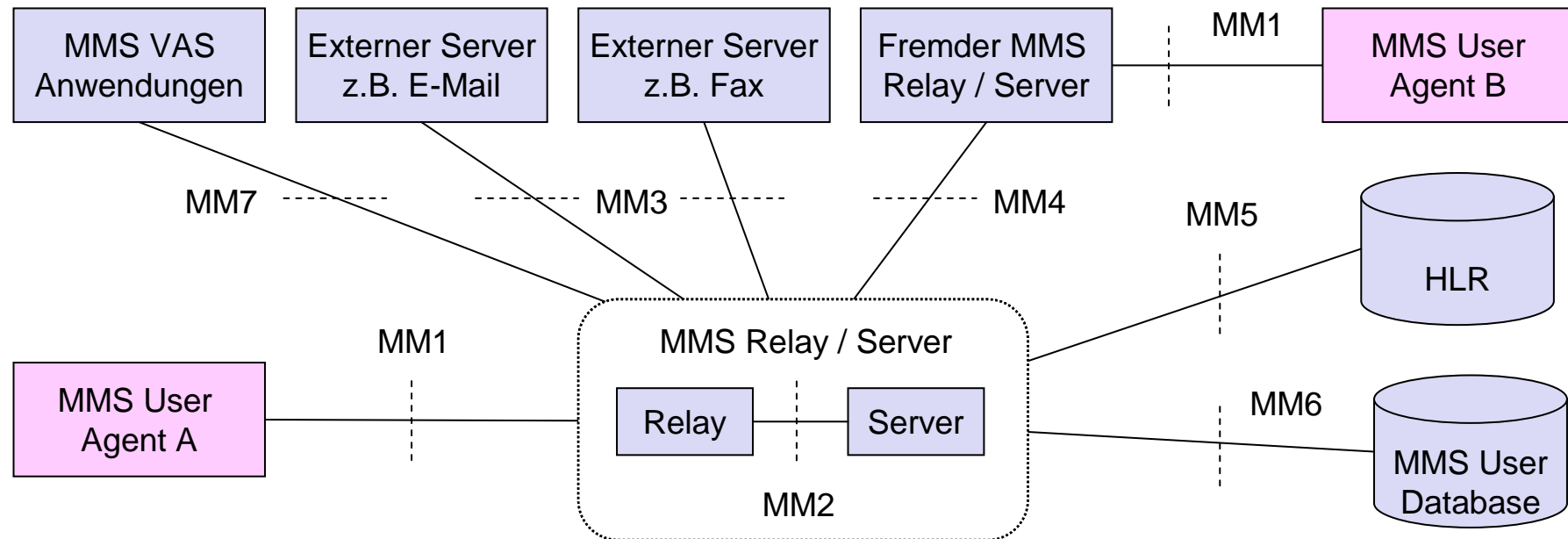


- Keine Kanalreservierung auf der Luftschnittstelle erforderlich
 - Nutzung der freien Kapazitäten in den Signalisierungskanälen
 - Wenn kein aktives Gespräch: separater SDCCH
 - Während Gespräch: Multiplex von Signalisierung und SMS in SACCH
 - ▶ Nachrichten können während eines Gespräches empfangen werden
- SMS Punkt-zu-Mehrpunkt-Dienst (Cell Broadcast)
 - Senden an alle Mobilstationen in gewisser Region
- Seit 2001: **Enhanced Messaging Service (EMS)**
 - Übertragung von
 - ▶ Formatiertem Text
 - ▶ Tönen (Melodien aus bis zu 80 Noten)
 - ▶ Bildern
 - ▶ 16x16 oder 32x32 Pixel monochrom
 - ▶ Verkettung zu „Animation möglich
 - ▶ vCalender-, vCard-Datensätze, ...
 - Realisierung durch mehrere SMS



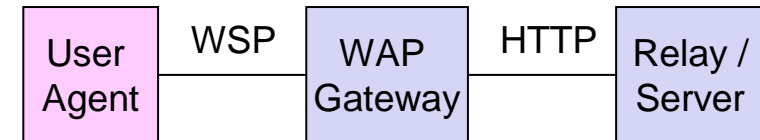
- Neuer Standard für Nachrichtendienst, u.a. für GSM/UMTS
 - Seit 2002 verfügbar
- Adressierung
 - Teilnehmer über MSISDN oder E-Mailadresse
 - Endgerät, z.B. IP-Adresse (noch nicht unterstützt)
- Derzeit definierte multimediale Inhalte
 - formatierter Text
 - Sprache
 - Grafiken
 - Audio und Musik
 - Video (auch Streaming)
- **Kontainerformat** für multimediale Inhalte
 - SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language), XML-basiert, definiert Module für Layout, Timing, Synchronisation und Animation
 - WML (Wireless Markup Language), WAP-ähnliche Darstellung
 - weitere möglich





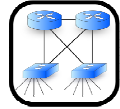
- MMS-Center oder MMS Relay/Server
 - sendet, empfängt und speichert Nachrichten von und für Teilnehmer (MM1)
 - tauscht Nachrichten mit anderen Systemen (z.B. E-Mail, Fax, SMS) aus (MM3)
 - tauscht Nachrichten mit anderen MMS-Clients in Fremdennetzen aus (MM4)
 - tauscht Informationen mit Heimatregister (HLR) aus, z.B. Ort (MM5)
 - berücksichtigt Präferenzen und Informationen des Teilnehmers (MM6)
 - bietet Value Added Services (VAS) über MMS an (MM7)

- Datenübertragung zwischen User Agent und Relay/Server (MM1)
 - Direkt z.B. über GPRS/IP/TCP/HTTP
 - Indirekt z.B. über WAP-Gateway und **Wireless Service Protocol (WSP)**
- Datenübertragung zwischen E-Mail-Server und Relay/Server (MM3)
 - Umwandlung aus MMS- nach MIME-Format
- Berücksichtigung von **Teilnehmerpräferenzen**
 - Z.B. unmittelbare Zustellung von Nachrichten vs. Benachrichtigung
 - Darstellungsmöglichkeiten der Mobilstation
 - In MMS-Teilnehmerdatenbank (MMS User Database) gespeichert
- Anpassung der Inhalte
 - MMS-Client entscheidet über Anpassung und Übertragung von Inhalten
 - Faktoren: Festlegung anhand der Teilnehmerpräferenzen, verfügbare Trägerdienste (GPRS, UMTS, ...), Datenrate, Preiskonditionen

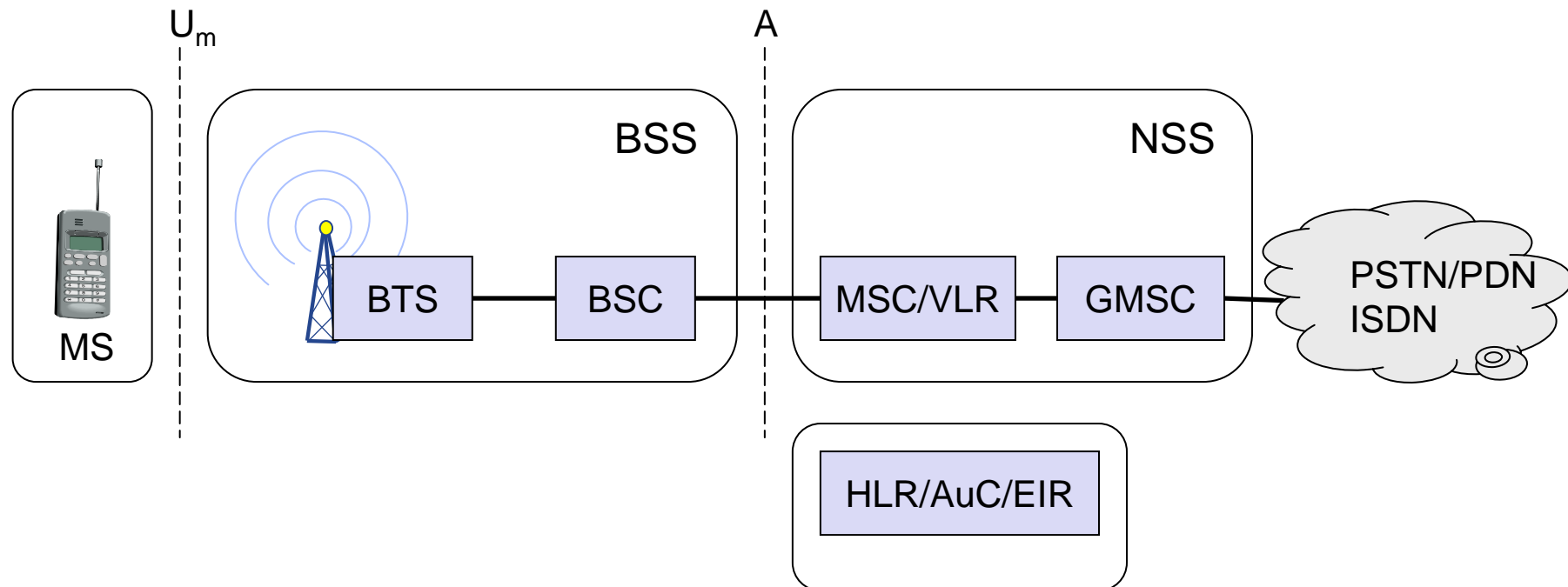


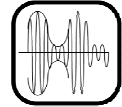
- Weitergehende Leistungsmerkmale
 - Keine eigenen Dienste, sondern Ergänzungen der Träger- und Telematikdienste
- Beispiele für Zusatzdienste
 - Teilnehmeridentifikation
 - ▶ Identifikation des anderen Teilnehmers ermöglichen bzw. einschränken
 - Rufumleitung
 - ▶ Automatische Vermittlung des Rufs an anderen Teilnehmeranschluss
 - Automatischer Rückruf
 - Anklopfen
 - Konferenzverbindung: Gesprächsrunde mit bis zu 7 Teilnehmern
 - Sperren: Sowohl abgehende wie ankommende Gespräche

- **Leitungsvermittelte Datendienste**
 - Ineffiziente Nutzung der Funkkanäle
 - ▶ Ressourcen sind auch belegt, wenn sie nicht genutzt werden
 - Hohe Gebühren
 - ▶ Orientieren sich an Dauer der Nutzung, nicht an Menge der Daten
 - Bereitgestellte Datenrate: 9,6 kbit/s
 - ▶ Fortgeschrittene Kanalcodierung erlaubt 14,4 kbit/s
 - ▶ ... zu wenig für Internet- und Multimedia-Anwendungen
- **Zwei Ansätze für Datendienste höherer Datenrate**
 - Hochbitratige **leitungsvermittelte** Datendienste
 - ▶ **High-Speed Circuit Switched Data** (HSCSD)
 - **Paketorientierte** Datendienste mit variablen Bitraten
 - ▶ **General Packet Radio Service** (GPRS)



- Ziel
 - Prägnante Darstellung der Erweiterungen der GSM-Architektur
- Vereinfachte Basisarchitektur

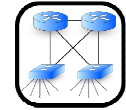




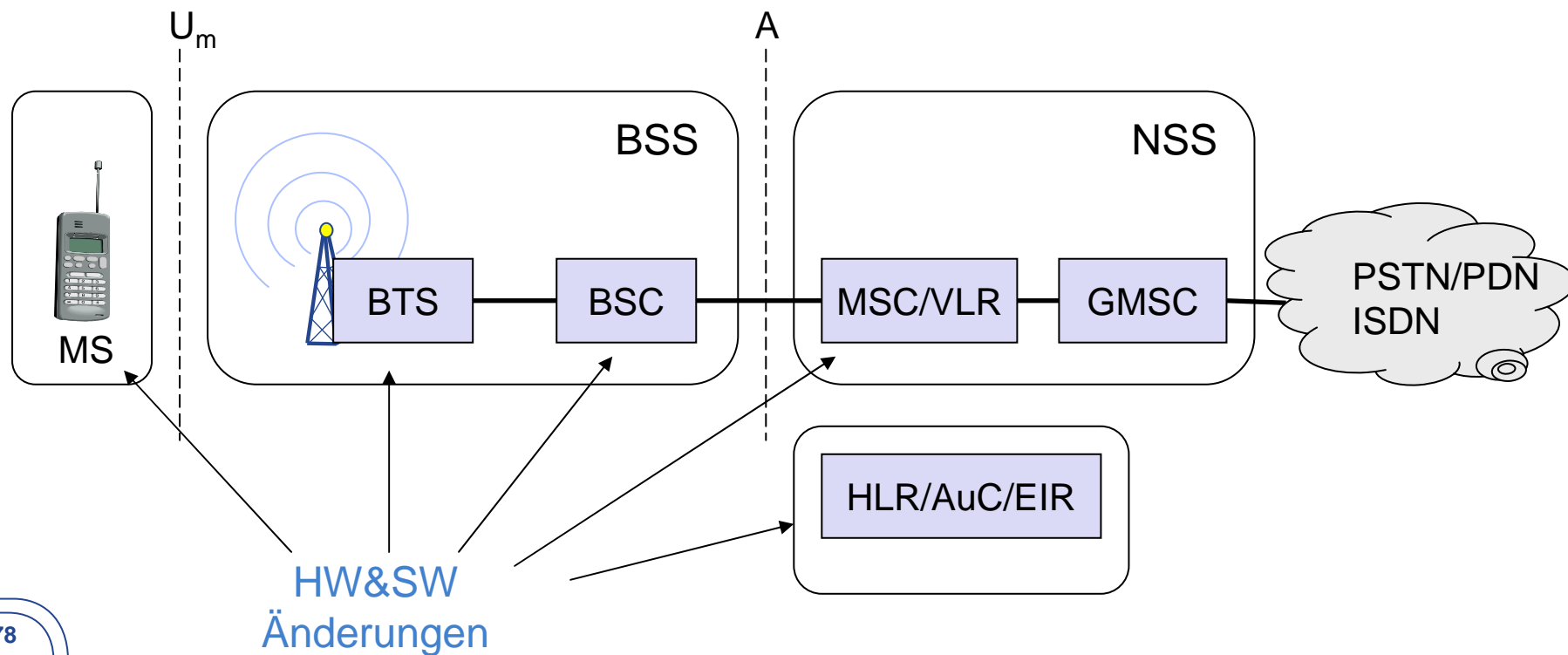
- Grundlegendes Prinzip
 - Zusammenfassung mehrerer Verkehrskanäle für höhere Datenraten auf der Luftschnittstelle
 - ▶ Gleichzeitige Nutzung mehrere Vollratennutzkanäle
 - ▶ z.B. 57,6 kbit/s bei 4 Kanälen zu 14,4 kbit/s
- Vorteil
 - schnell verfügbar, kontinuierliche Qualität, einfach
- Nachteil
 - Ressourcenverbrauch
 - ▶ diese nur selten ausgenutzten Kanäle sind dann für Sprache blockiert

- Beispiele

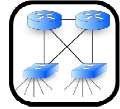
Datenrate [kbit/s]	TCH/F4.8	TCH/F9.6	TCH/F14.4
4.8	1		
9.6	2	1	
14.4	3		1
19.2	4	2	
28.8		3	2
38.4		4	
43.2			3
57.6			4



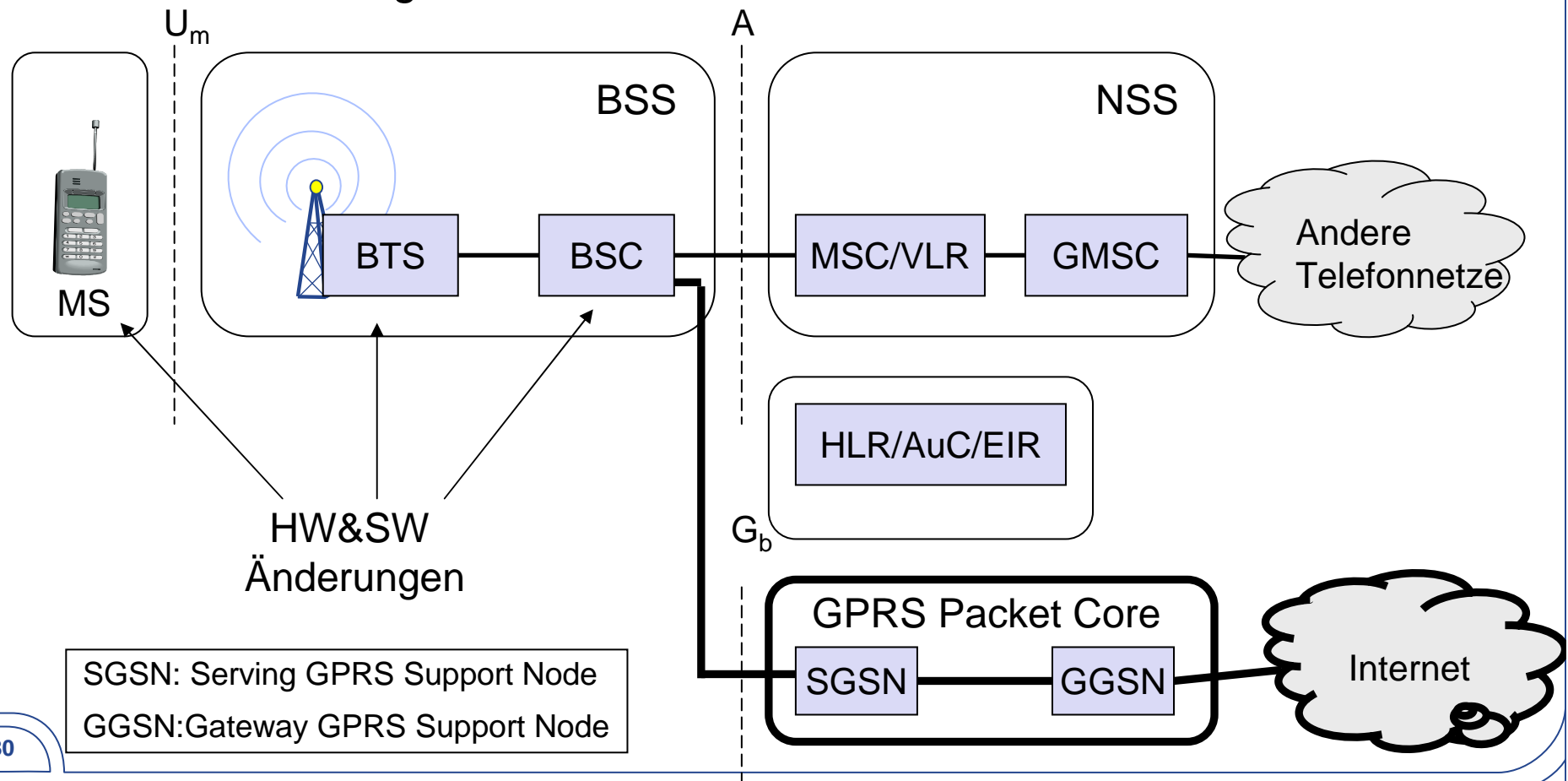
- Gleichzeitige Nutzung der Verkehrskanäle
 - Zusammenfügen/Splitten der Verkehrskanäle im MSC und in der Mobilstation erforderlich
 - Kanäle werden separat verschlüsselt – erfordert ebenfalls Änderungen

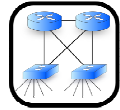


- Grundlegendes Prinzip
 - Paketvermittlung
 - Belegung der Zeitschlitz anforderungsgesteuert
 - ▶ z.B. 115 kbit/s bei kurzfristiger Belegung von 8 Zeitschlitz
- Vorteil
 - Schritt in Richtung UMTS
 - Flexibler als HSCSD
- Nachteil
 - Höhere Investitionen durch neue Infrastrukturkomponenten erforderlich
 - ▶ Paketvermittlung wird parallel zum bestehenden GSM-Netz aufgebaut
 - ▶ Anpassungen an der Luftschnittstelle erforderlich
- Standardisierung war 1997 weitestgehend abgeschlossen



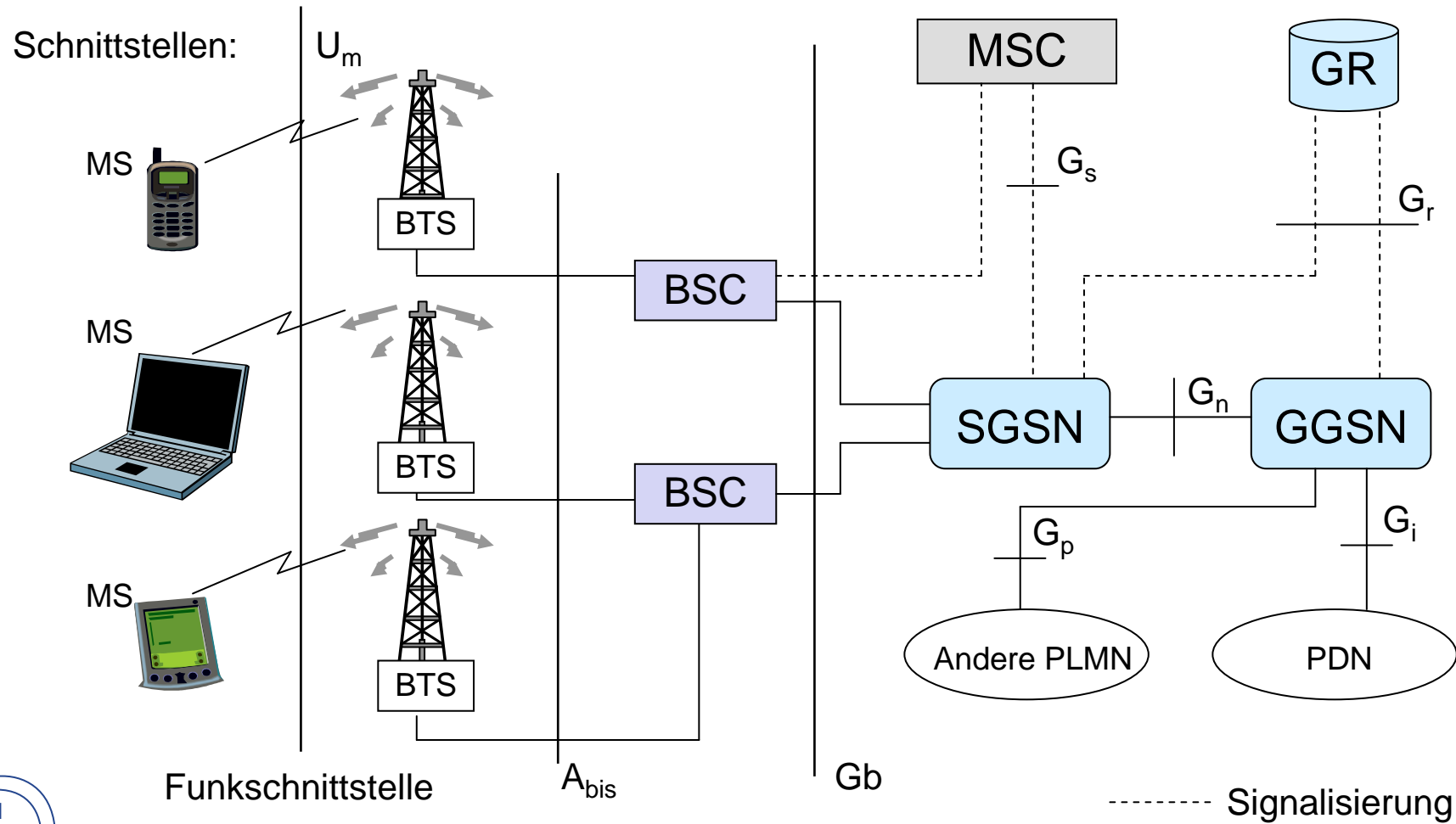
- GPRS Packet Core
 - Paketvermittlung, Anschluss an das Internet
- Neuer Medienzugriff auf der Luftschnittstelle

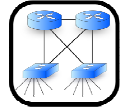




Funkteilsystem

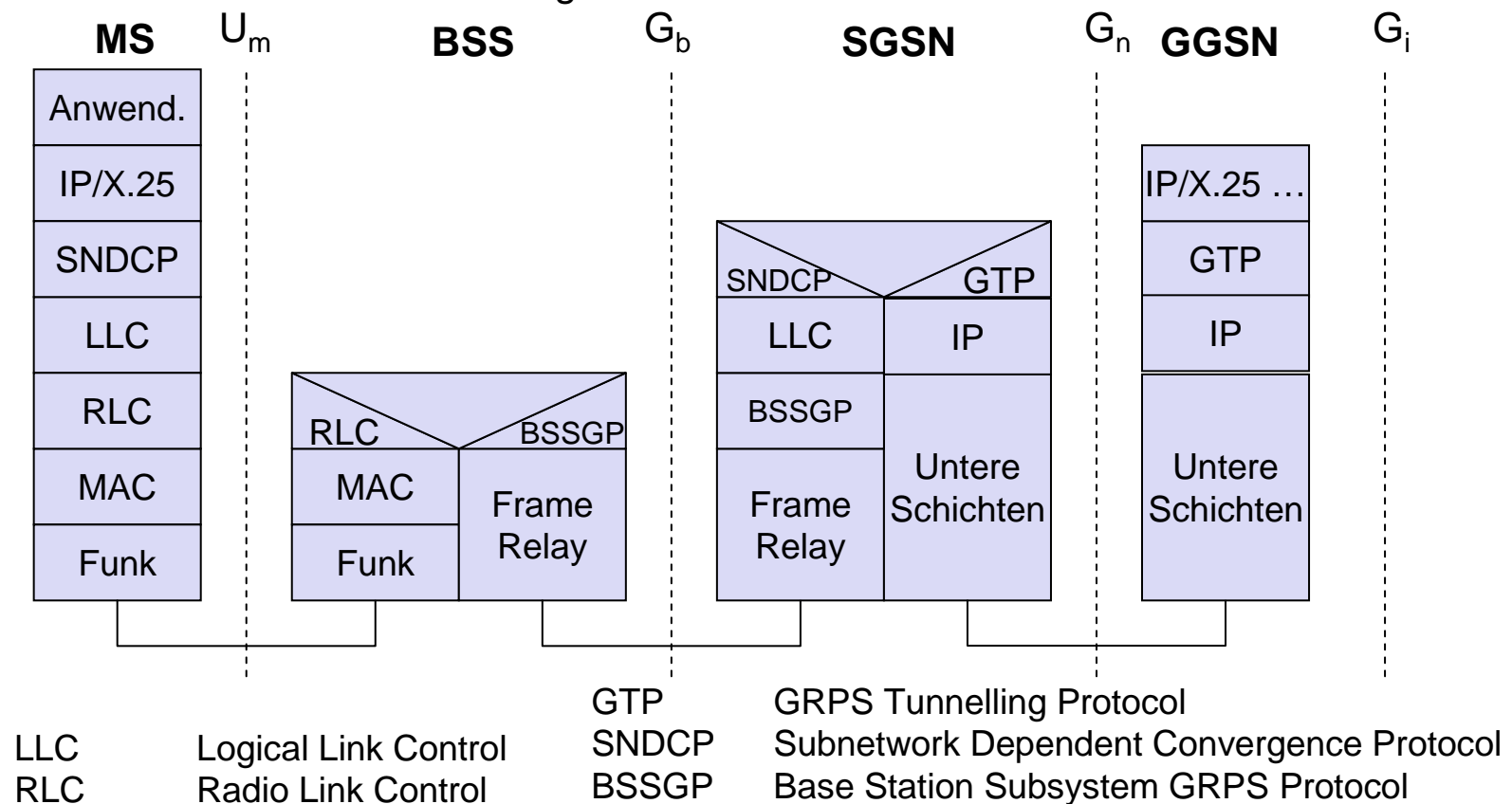
Vermittlungsteilsystem





- GPRS Support Nodes
 - Gateway GPRS Support Node (GGSN)
 - ▶ Schnittstelle zu externen Netzen
 - ▶ Auswertung der Adressen in den Dateneinheiten und Zuordnung zu IMSI
 - Serving GPRS Support Node (SGSN)
 - ▶ Funktionale Unterstützung der Mobilstationen
 - ▶ Lokation, Abrechnung, Sicherheit
 - ▶ Jeder SGSN ist einer MSC zugeordnet
- GPRS Register (GR)
 - Speichert alle GPRS-bezogenen Daten
 - Als Teil des GSM-HLRs anzusehen
- Signalisierung
 - Erfolgt über MSC
 - Nutzung der etablierten Infrastruktur von GSM
- Datenverkehr
 - Über SGSN, komplett Paketvermittelt

- Interworking mit IP, X.25 ...
- Kapselung
 - Zwischen SGSN und GGSN durch GTP
 - ▶ IPv6 als Backbone vorgesehen



- Daten **von** Mobilstation
 - SGSN wertet Adressinformation aus und kapselt die Daten
 - Routen der Daten zum passenden GGSN über das GPRS-Backbone (GPRS Packet Core)
 - GGSN entkapselt Daten und übergibt sie an das externe IP-Netz
 - ▶ Weitervermittlung mit Standard IP-Routing
- Daten **zur** Mobilstation
 - Daten werden an IP-Adresse der Mobilstation gesendet
 - ▶ Per Standard IP-Routing Weiterleitung an den GGSN, aus dessen Netz der Mobilstation die IP-Adresse zugewiesen wurde
 - GGSN erfragt Netz, in dem sich die Mobilstation aktuell aufhält vom HLR/GR
 - GGSN kapselt Daten und tunnelt sie zum entsprechenden SGSN
 - SGSN entkapselt Daten und liefert sie an die Mobilstation

- Zwischen Mobilstation und SGSN
 - Subnetwork Dependent Convergence Prot. (SNDCP) zw. LLC u. IP
 - ▶ Multiplexen mehrerer Verbindungen der Vermittlungsschicht auf eine Verbindung der Sicherungsschicht
 - ▶ Bietet Verschlüsselungs- und Datenkompressionsalgorithmen
 - Logical Link Control (LLC)
 - ▶ Lehnt sich stark an LAPD_m an
- Zwischen BSS und SGSN
 - Base Station Subsystem GPRS Protocol (BSSGP)
 - ▶ Entspricht BSSAP von GSM
- Zwischen Mobilstation und BSS
 - Radio Link Control (RLC)
 - ▶ Zuverlässige logische Verbindung zwischen MS und BSS
 - MAC
 - ▶ Steuert Zugriff auf das Medium
 - ▶ Physikalische GSM-Kanäle werden reserviert und in logische Kanäle unterteilt

Bereitgestellte Diensttypen

- Punkt-zu-Punkt
 - Übertragung einzelner Dateneinheiten zwischen zwei Teilnehmern
 - Anwendungen
 - ▶ Dialogverkehr
 - ▶ Logische Beziehung über einen gewissen Zeitraum
 - ▶ Nicht Dialogverkehr
 - ▶ Keine Abhängigkeit der einzelnen Dateneinheiten
 - Zwei Modi
 - ▶ Verbindungsorientierter Modus
 - ▶ Hält virtuelle Verbindung auch bei Zellenwechsel aufrecht
 - ▶ Verbindungsloser Modus
- Punkt-zu-Mehrpunkt
 - Übertragung der Daten an spezifizierte Gruppe innerhalb einer geographischen Region
 - Zwei Modi
 - ▶ Multicast
 - ▶ Im gesamten definierten Gebiet gesendet
 - ▶ Entweder an alle oder an eine Gruppe
 - ▶ Gruppenruf
 - ▶ Nur in Gebieten mit Gruppenmitgliedern versandt
 - ▶ Ausschließlich an spezielle Gruppe

- Ziel
 - Erweiterung von GSM zur Bereitstellung höherer Datenraten
 - ▶ Schneller verfügbar als Systeme der 3. Generation (UMTS)
 - ▶ Investitionsschutz
 - ▶ Benutzung der etablierten Infrastruktur
- EDGE
 - Weiterentwicklung von HSCSD und GPRS
 - ▶ Sowohl für leitungsvermittelte als auch für paketvermittelte Dienste geeignet
 - ▶ **Modifikation des Modulationsverfahrens**
 - ▶ Ca. 69,2 kbit/s pro physikalischem Kanal
 - ▶ Maximal erreichbare Nettodatenrate
 - ▶ Bei 8 physikalischen Kanälen: 384 kbit/s

