

Kapitel 7 – GSM

Vorlesung Mobilkommunikation Wintersemester 2016/17
Prof. Dr. Oliver Waldhorst (HS Karlsruhe), Markus Jung

INSTITUT FÜR TELEMATIK





Mobiles TCP



Mobile Ad Hoc Netze



Mobile IP



WLAN, Bluetooth



GSM, UMTS, LTE



Mobilitätsmanagement



Medienzugriff



Drahtlose Übertragung

Einführung

- Anfang der 80er-Jahre
 - Europa-weiter Trend zu **nationalen** und **inkompatiblen Funknetzen**
- European Conference for Posts and Telecommunications (CEPT)
 - Vollversammlung im Juni 1982
 - Beschluss eines **europäischen, standardisierten Mobilfunknetzes**
 - Gründung der Arbeitsgruppe „Groupe Special Mobile (GSM)“
 - Inzwischen „**Global System for Mobile Communication**“
 - **Berücksichtigung** bzw. Anwendung von
 - ISDN
 - ISO/OSI Schichtenmodell
 - Signalisierungssystem No. 7



... auf dem Weg zum Standard

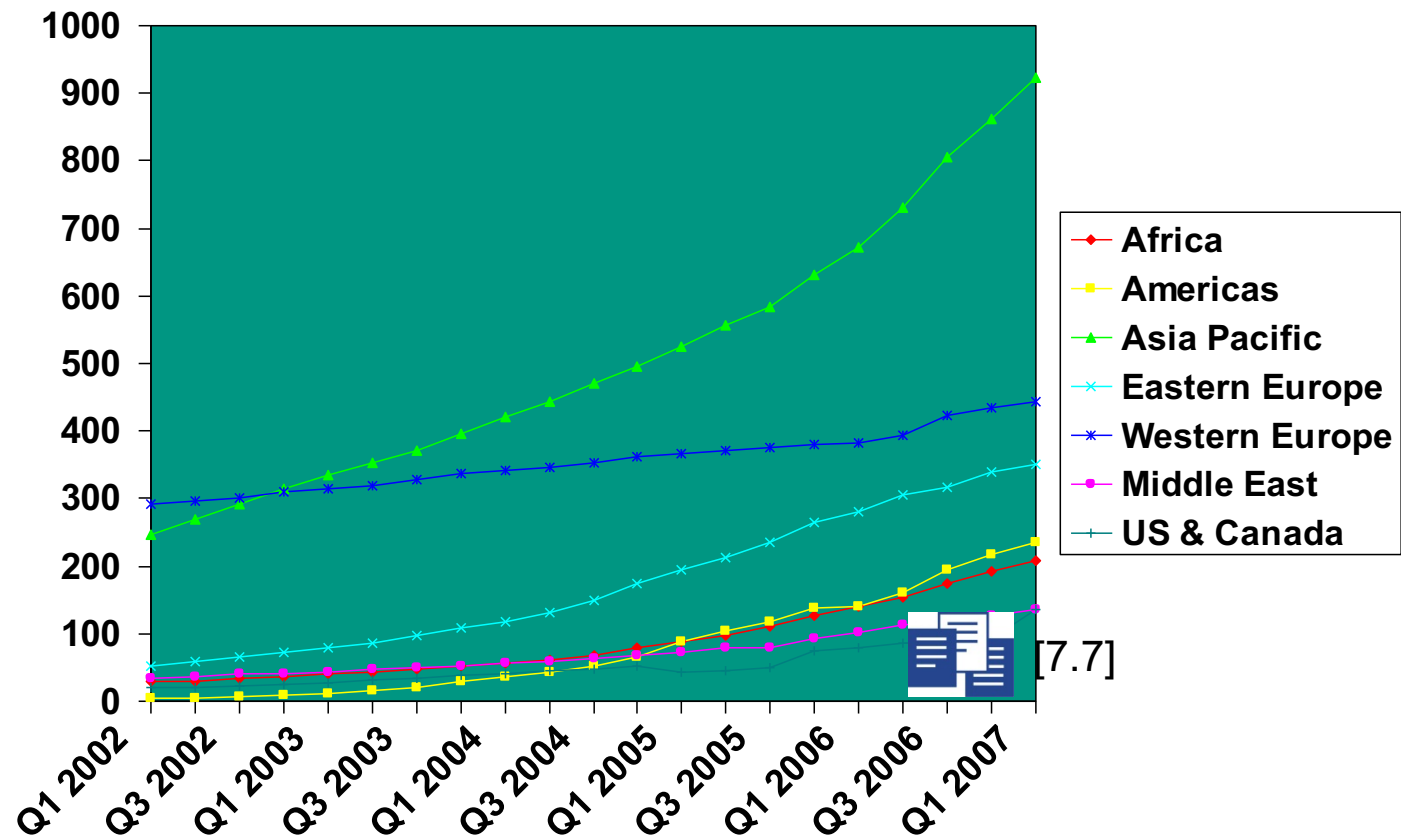
■ Memorandum of Understanding (MoU)

- 1987 von 13 europäischen Ländern unterzeichnet
 - Entwicklung soll nach den Empfehlungen der GSM erfolgen
 - Offenlegung der Schnittstellen gefordert
 - Vergabe von mindestens zwei Betreiberlizenzen pro Land
 - Wichtig für den Erfolg von GSM

■ Ziele

- Breites Sprach- und Datendienstangebot
 - Digitale Übertragung von Nutz- und Signalisierungsdaten
- Kompatibilität zu drahtgebundenen Netzen (z.B. ISDN)
- Länderunabhängiger Systemzugang
 - Automatisches europaweites Roaming und Handover
- Effiziente Ausnutzung des 900 MHz Frequenzspektrums
- Unterstützung verschiedener Typen mobiler Endgeräte
 - Unabhängigkeit von Herstellerfirmen
- Geringe Kosten für die Infrastruktur und die Endgeräte

GSM-Teilnehmer (weltweit, in Mio.)



Stand 2009: 3,8 Milliarden Teilnehmer für GSM/UMTS/HSPA [7.20]

GSM in Deutschland

- 107 Millionen Teilnehmer (>100% der Bevölkerung!) (Stand 2009)
 - Zum Vergleich: 67 Festnetzanschlüsse auf 100 Einwohner
- 4 Provider teilen sich den Markt (Stand 2009)
 - 36,5% T-Mobile (39,1 Mio)
 - 32,6% Vodafone (34,92 Mio)
 - 17% Eplus (18,235 Mio)
 - 13,9% O2 (14,933 Mio)
- Flächendeckung (Stand Juli 2013)

 [7.14]

 [7.7,20,21]


T-Mobile (GSM-900, D1)



Vodafone D2 (GSM-900, D2)

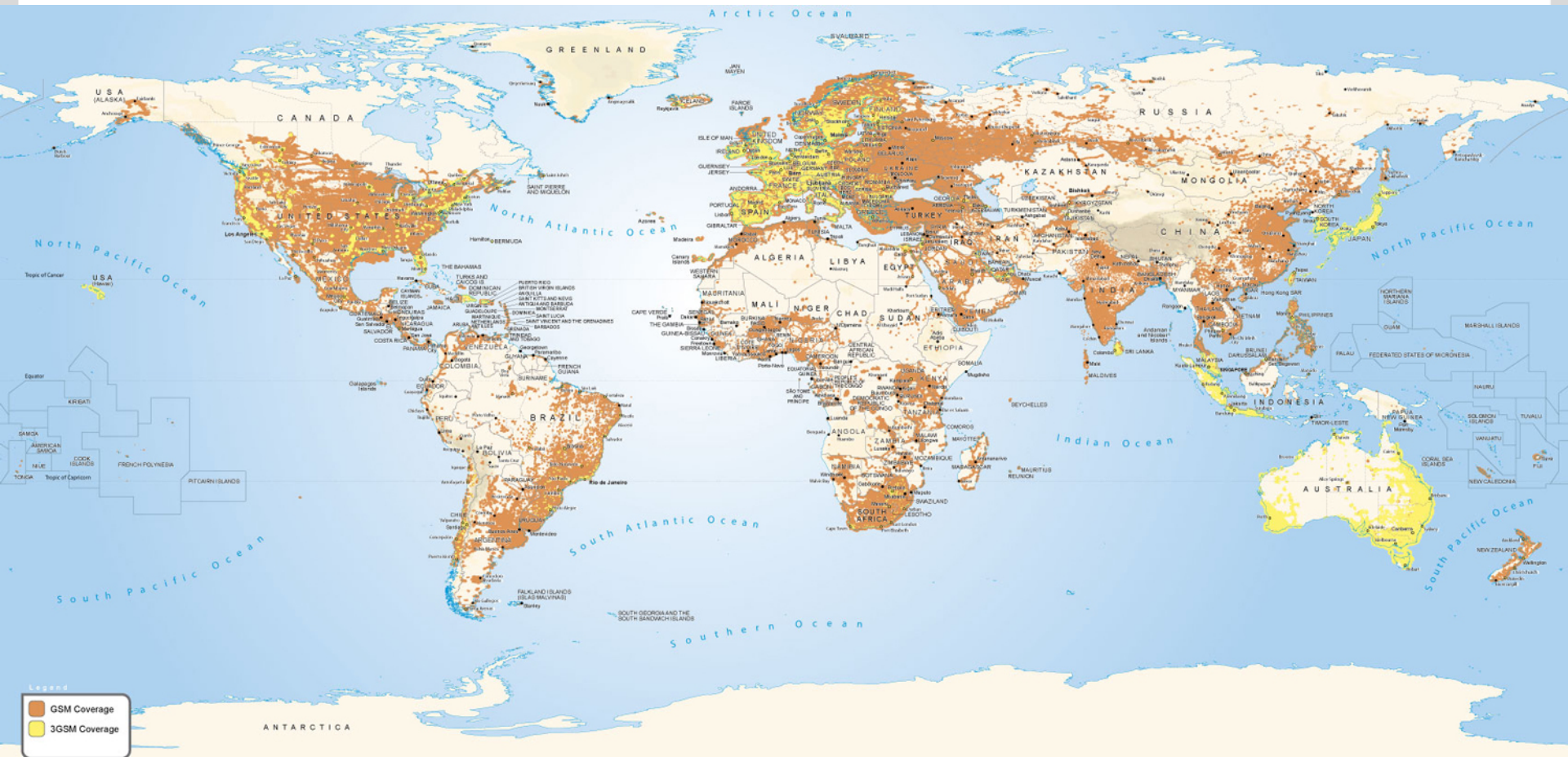


E-Plus (GSM-1800, E1)



O2 (GSM-1800, E2)

Flächendeckung von GSM (weltweit)



Stand: 2009

 [7.7]



Architektur des GSM-Systems

- Folgende Teilsysteme werden unterschieden
 - **Funkteilsystem** (RSS: Radio Subsystem)
 - Funktechnische Aspekte
 - Luftschnittstelle
 - **Vermittlungsteilsystem** (NSS: Network Subsystem)
 - Vermittlungstechnische Vorgänge
 - **Betreiberteilsystem** (OSS: Operation Subsystem)
 - Funktionen für den Betrieb und die Wartung

... im Folgenden werden diese besprochen.



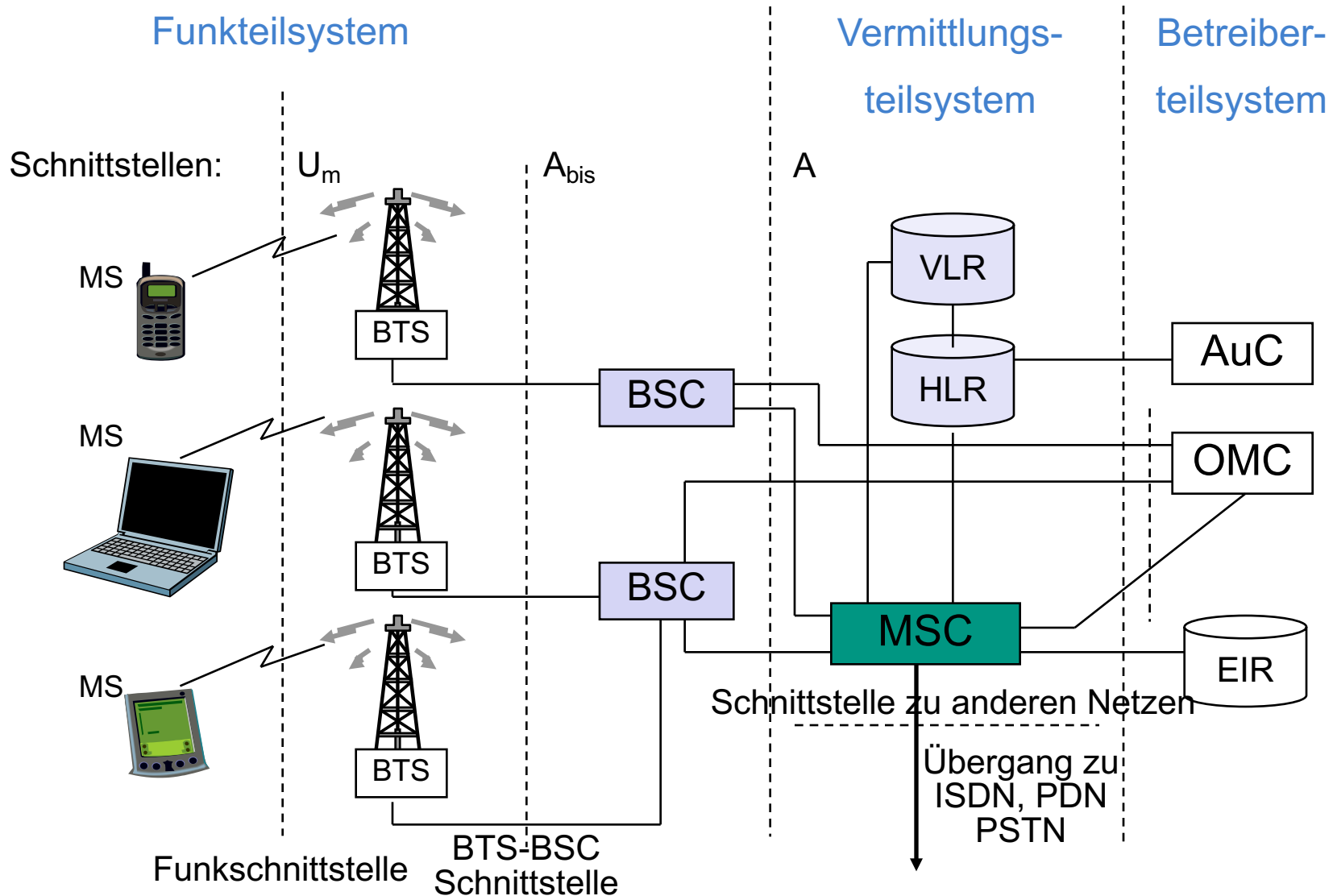
... die Abkürzungen

- MS: Mobile Station
- BTS: Base Transceiver Station
- BSC: Base Station Controller
- VLR: Visitor Location Register
- HLR: Home Location Register
- MSC: Mobile Switching Center
- AuC: Authentication Center
- OMC: Operation and Maintenance Center
- EIR: Equipment Identity Register





Funktionale Architektur von GSM





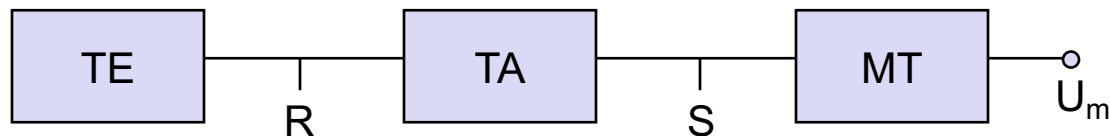
Funkteilsystem

- Das Funkteilsystem (RSS) ist das flächendeckende zellulare Netz bis zu den Vermittlungsstellen
- Komponenten des Funkteilsystems
 - Mobilstationen (MS - Mobile Station)
 - Basisstationsteilsysteme (BSS - Base Station Subsystem)
 - Basisstationen (BTS - Base Transceiver Station)
 - Sende-/Empfangsanlagen einschließlich Antennen
 - Eine Basisstation kann eine oder, falls Richtantennen installiert werden, auch mehrere Funkzellen versorgen.
 - Feststationssteuerungen (BSC - Base Station Controller)
 - Zentrale Steuereinrichtung zur Verwaltung der Luftschnittstelle



Mobilstation

- Besteht aus mehreren funktionellen Gruppen
 - Hard- und Software zur Nutzung der Luftschnittstelle
 - MT (Mobile Termination)
 - Funktionen, die von allen Diensten gemeinsam genutzt werden
 - Entspricht der Network Termination (NT) des ISDN-Anschlusses
 - Endpunkt der Funkübertragung
 - TA (Terminal Adapter)
 - Ist für die Endgeräteanpassung zuständig
 - TE (Terminal Equipment)
 - Peripheriegerät der Mobilstation, bietet Dienste an
 - Enthält keine GSM-spezifischen Funktionen
 - Teilnehmerspezifische Information
 - SIM (Subscriber Identity Module)
 - Personalisierung der Mobilstation
 - Speichert individuelle Teilnehmerdaten



Daten auf der SIM

■ Statische Daten

- IC-Kartenidentifikator:
Seriennummer der SIM
 - kennzeichnet zugleich den Kartenbesitzer
- SIM Service Table
 - Liste der zusätzlich abonnierten Dienste
- IMSI
 - International eindeutige Teilnehmer-Kennung
- PIN
 - Personal Identity Number
- PUK
 - PIN Unblocking Key
 - Entsperrung gesperrter SIM-Karte
- Authentifikationsschlüssel K_i
- ...

■ Dynamische Daten

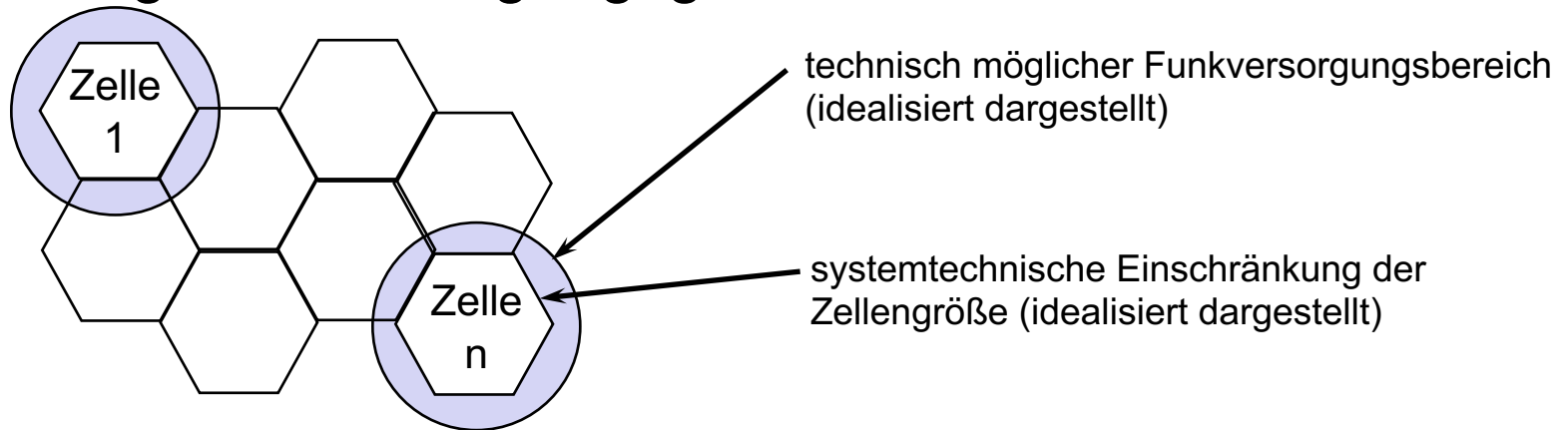
- Aufenthaltsinformation
 - TMSI etc.
- Übertragungsschlüssel K_c
- Liste der Trägerfrequenzen bei Handovern und Verbindungseinrichtungen
- Liste gesperrter Netze
- ...

■ Verwendeter Speicher

- RAM
- ROM
- EEPROM

Prinzip zellularer Netze

■ Aufteilung des Versorgungsgebiets in Zellen



- Verwendung mehrerer Funkfrequenzen
 - Keine gleichen Frequenzen in benachbarten Zellen
- Keine einheitlichen Zellengrößen
 - Größe hängt von Verkehrsaufkommen und Sendereichweite ab (Stadtzentrum vs. Schwarzwald)
- Hexagonale Zellform ist idealisiert
 - Zellen überlappen unregelmäßig
- Zellwechsel des mobilen Teilnehmers
 - Übergabe der Verbindung in Nachbarzelle, vgl. [Handover](#)



Zellenstruktur

■ Raummultiplex

- Basisstation deckt jeweils gewissen räumlichen Bereich (Zelle) ab

■ Mobilstationen kommunizieren ausschließlich über Basisstationen (BTS) mit anderen Stationen

■ Vorteile der Zellenstruktur

- weniger Sendeleistung notwendig
- robuster gegen Ausfälle
- überschaubarere Ausbreitungsbedingungen

■ Probleme

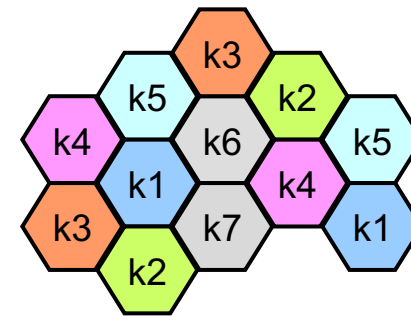
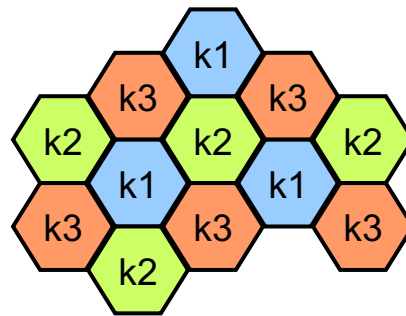
- Netz zum Verbinden der Basisstationen erforderlich
- Handover (Übergang zwischen zwei Zellen) notwendig
- Störungen in anderen Zellen (**Inter-Zell Interferenzen**) müssen durch Zellplanung vermieden werden

■ Zellengröße

- von 500 m (Stadt) bis 35 km (ländliches Gebiet)

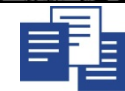
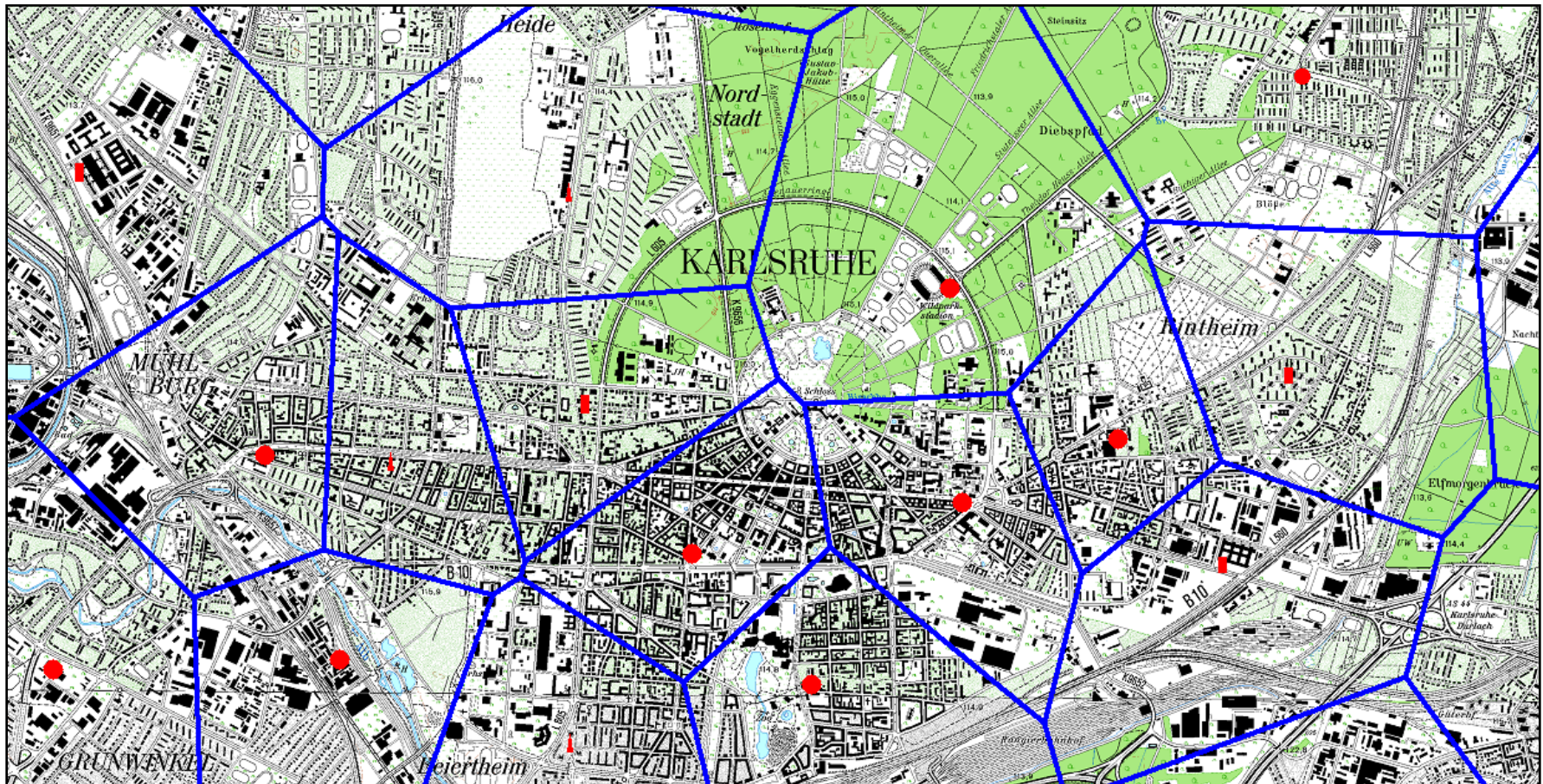
Frequenzplanung

- Wiederverwendung von Frequenzen erfordert genügend Zellenabstand
- Beispiel: 3 Frequenzbereiche 7 Frequenzbereiche



- Feste Frequenzzuordnung
 - bestimmte Menge von Frequenzen fest gewisser Zelle zugeordnet
 - Problem: Wechsel in Belastung der Zellen
- Dynamische Kanalzuordnung
 - Frequenzen einer Zelle werden nach bereits zugeordneten Frequenzen der benachbarten Zellen gewählt
 - mehr Kapazität in Gebieten mit höherer Nachfrage
 - auch Zuordnung aufgrund von Interferenzmessungen möglich

GSM-Basisstationen von O2 in Karlsruhe



[7.8, 7.9]

Nützlich, um Home-Zone-Adresse zu bestimmen 😊

Basisstationsteilsystem

■ Überblick über Aufgaben von BTS und BSC

Funktionen	BTS	BSC
Management der Funkkanäle		X
Frequenzspringen (optional)	X	X
Management der Datenkanäle im Festnetz		X
Abbildung Datenkanäle im Festnetz auf Funkkanäle		X
Kanalcodierung / -decodierung	X	
Ratenanpassung	X	
Chiffrierung / Dechiffrierung	X	X
Rundruf	X	X
Messungen Uplink Signalstärke Traffic	X	X
Mobility Management Authentifizierung Location Registration, Location Update		X X
Handover-Verwaltung / Ausführung		X



Vermittlungsteilsystem

- Hauptbestandteil des öffentlichen mobilen Funknetzes
 - Vermittlungstechnische Aufgaben inkl. Mobilitätsmanagement
 - Anbindung anderer Netze
- Komponenten des Vermittlungsteilsystems
 - Mobilvermittlungsstelle (Mobile Switching Center - MSC)
 - Normale Vermittlungsaufgaben; Digitale ISDN-Vermittlungsstelle
 - An einem MSC können mehrere BSCs angeschlossen sein
 - Bindeglied zwischen Mobilfunknetz und drahtgebundenen Netzen
 - Heimatregister (Home Location Register - HLR)
 - Datenbank mit allen für einen mobilen Teilnehmer relevanten Informationen
 - Jeder mobile Teilnehmer ist in genau einem Heimatregister registriert
 - Besucherregister (Visitor Location Register - VLR)
 - Datenbank, die einem MSC zugeordnet ist
 - Verwaltung aktueller Teilnehmer im Zuständigkeitsbereich der MSC

Mobilvermittlungsstelle (MSC)

■ Verantwortungsbereiche

- Vermittlungsfunktionen
- Zusatzfunktionen zur Unterstützung der Teilnehmermobilität
- Verwaltung der Netzressourcen
- Anbindung an andere Netze (Gateway-MSC - GMSC)
- Integration verschiedener Datenbanken

■ Zu den wichtigsten Funktionen gehören

- Alle Signalisierungsvorgänge zum Aufbau, Abbau und zum Verwalten von Verbindungen mit Signalisierungssystem Nr. 7 (SS7)
- Mobilfunkspezifische Funktionen
 - Verbindungsumschaltung bei starken Störungen
 - Handover
 - Zuteilung, Aufhebung von Funkkanälen
 - Registrierung der Lokation und Verarbeitung der Aufenthaltsinformation
 - ... zusammen mit VLR
- Zusatzdienste (aus ISDN bekannt)
 - Rufweiterleitung, Rufsperrung, Konferenzschaltung
 - Generierung und Weiterleitung der Abrechnungsdaten
- Unterstützung des Kurznachrichtendienstes (SMS)



Nummern / Kennungen einer MS

■ Mobile Subscriber International ISDN Number (**MSISDN**)

- „Telefonnummer“
- Telefonnummer des Teilnehmers, nicht auf SIM gespeichert
 - Heimatlandkennung (Country Code, **CC**)
 - Internationale Vorwahl des Landes
 - Nationale Zielkennzahl (National Destination Code, **NDC**)
 - Vorwahl des Netzbetreibers, identifiziert das HLR
 - Teilnehmernummer im HLR (Subscriber Number, **SN**)

■ International Mobile Subscriber Identity (**IMSI**)

- „Teilnehmer ID“
- International eindeutige Kennung, auf SIM gespeichert
 - Mobilfunkkennzahl des Heimatlandes (Mobile Country Code, **MCC**)
 - Z.B. Deutschland: 262, Schweiz: 228
 - Code des Mobilnetzes (Mobile Network Code, **MNC**)
 - Bestimmt Netz des Teilnehmers und damit HLR
 - Z.B. In Deutschland: 01: T-Mobile, 02: Vodafone
 - Teilnehmeridentität im nationalen Netz (Mobile Subscriber Identification Number - **MSIN**)
 - IMSI identifiziert Teilnehmer eindeutig
 - Teilnehmer kann mehrere MSISDNs haben



Nummern / Kennungen einer MS

■ Mobile Station Roaming Number (MSRN)

„Temporäre
Telefonnummer“

- Temporäre Kennung mit Bezug zum aktuellen Standort
 - Wird zum Verbindungsaufbau zur Mobilstation benötigt
- Vom MSC angefordert, vom VLR vergeben, im HLR gespeichert
 - $MSRN = VCC + VNDC + VMSC + VSN$ (ähnlich zu MSISDN)
 - „V“ = „Visitor“ zur Kennzeichnung des Besuchten Landes, Netzes, MSCs...
 - VSN = Vom zuständigen VLR vergebene laufende Nummer
- Vermeidet, dass durch Abhören des Signalisierungsverkehrs Identität und Aufenthaltsort des Teilnehmers ermittelt werden kann

■ Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI)

„Temporäre
Teilnehmer ID“

- Temporäre, strukturlose Kennung (4 Byte)
- Vom VLR vergeben und verschlüsselt zur MS übertragen
- Verbirgt IMSI auf Luftschnittstelle
 - Zur Signalisierung wird TMSI von der Mobilstation verwendet
- TMSI wird periodisch gewechselt
 - Vertraulichkeit der übertragenen Information soll gewährleistet werden



Heimatregister (HLR)

■ Information, die im HLR gespeichert wird

■ Statische Daten, z.B.

- Mobile Subscriber International ISDN Number (**MSISDN**)
- International Mobile Subscriber Identity (**IMSI**)
- Abonnierte Basis- und Zusatzdienste
- Authentifikationsschlüssel
 - Falls AuC im HLR integriert

■ Temporäre Daten, z.B.

- Momentaner Aufenthaltsbereich
- Mobile Station Roaming Number (**MSRN**)

■ **Gebührenerfassung** und Verwaltungsaufgaben



Besucherregister (VLR)

- Information, die im VLR gespeichert wird
 - Vom Heimatregister übertragene Information, z.B.
 - Authentifikationsdaten (s.u.)
 - Werden von AuC/HLR bereitgestellt
 - International Mobile Subscriber Number (**IMSI**)
 - Rufnummer (**MSISDN**)
 - Vereinbarte Dienste (u.U. Teilmenge der Dienste im HLR)
 - Steuert Zuordnung der Roamingnummer (**MSRN**) und temporären Identität (**TMSI**)
- Abfragen und Änderungen häufiger als beim Heimatregister



Betreiberteilsystem

- Alle für Betrieb und Wartung wichtigen Funktionen
- Drei Aufgabengebiete
 - Teilnehmerverwaltung
 - Authentifizierung eines Teilnehmers
 - persönliche Daten im Heimatregister bzw. im Authentifikationszentrum
 - Bereitstellung der vereinbarten Dienste
 - Gebührenberechnung
 - HLR speichert verbindungsbezogene Daten
 - SS7 zur Übertragung von Gebührendaten
 - Netzbetrieb und Wartung
 - Getrenntes Vermittlungsnetz
 - Netzmanagement
 - Mobilstationsverwaltung
 - Information bzgl. Besitzer- und Mobilstationsidentität
 - Z.B. suche gestohlener bzw. defekter Mobilstationen



Betreiberteilsystem

■ Komponenten

- **Authentifikationszentrum** (Authentication Center - AuC)
 - Enthält alle sicherheitsrelevanten Informationen
 - Authentifikationsalgorithmus und –schlüssel (K_i)
 - Erzeugt auf Anforderung teilnehmerspezifische Berechtigungsparameter
- **Betriebs- und Wartungszentrum** (Operation and Maintenance Center - OMC)
 - Steuert und überwacht die anderen Komponenten im Netz
 - Z.B. Ermittlung statistischer Daten über Zustand und Auslastung der Netzkomponenten
- **Geräteidentifikationsregister** (Equipment Identity Register - EIR)
 - Zentrale Gerätedatenbank mit Teilnehmer- und Kennungsnummer für Mobilstation
 - Führt Listen über gestohlene bzw. gesperrte Mobilstationen bzw. über solche mit Funktionsstörungen

Luftschnittstelle

■ Schnittstelle U_m

- Zwischen Mobilstation und „restlichem“ GSM-Netz
 - Physikalische Kommunikation
 - Zwischen Mobilstation und BTS
 - Logische Kommunikation
 - Zwischen Mobilstation und BSC
 - Zwischen Mobilstation und MSC
- Datenrate
 - 270,833 kbit/s

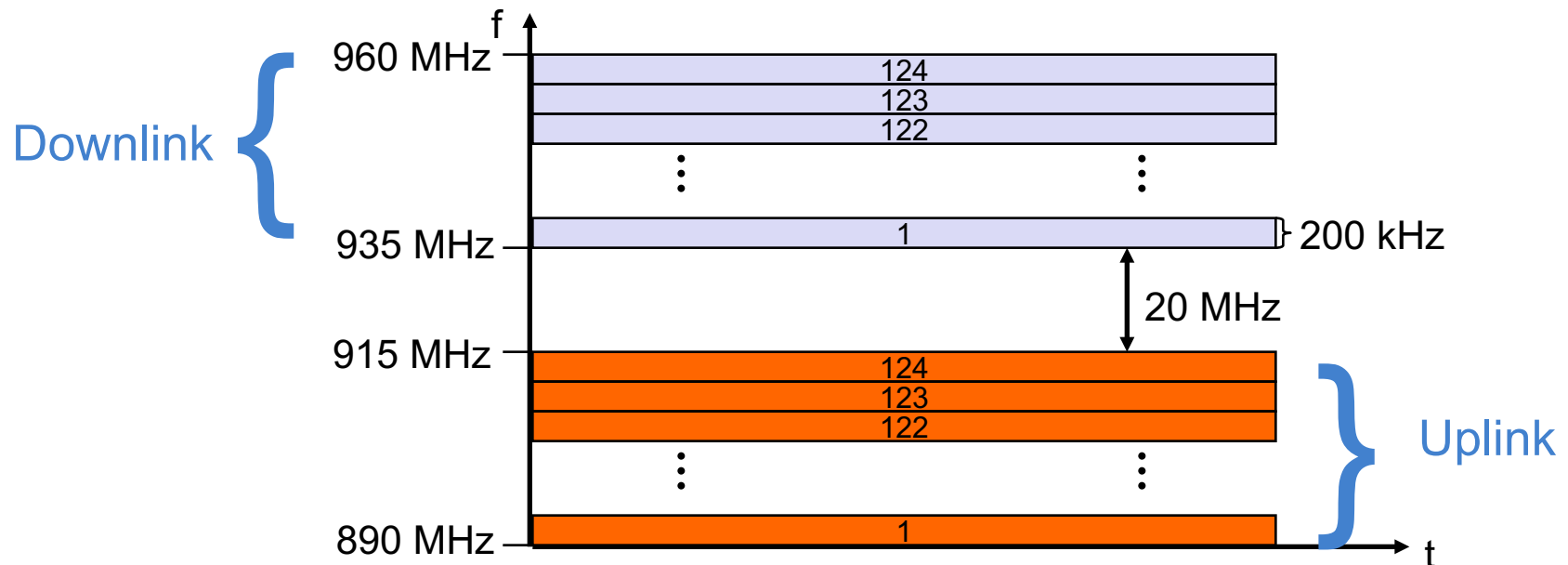
■ Verwendete Multiplextechniken

- **Raummultiplex** (SDMA)
 - Zellenstruktur, s.o.
- **Frequenzmultiplex** (FDMA)
 - Zuordnung von Frequenzen zu Kanälen
- **Zeitmultiplex** (TDMA)
 - Nutzung von Zeitschlitzern auf Kanälen

Struktur Frequenzmultiplexen

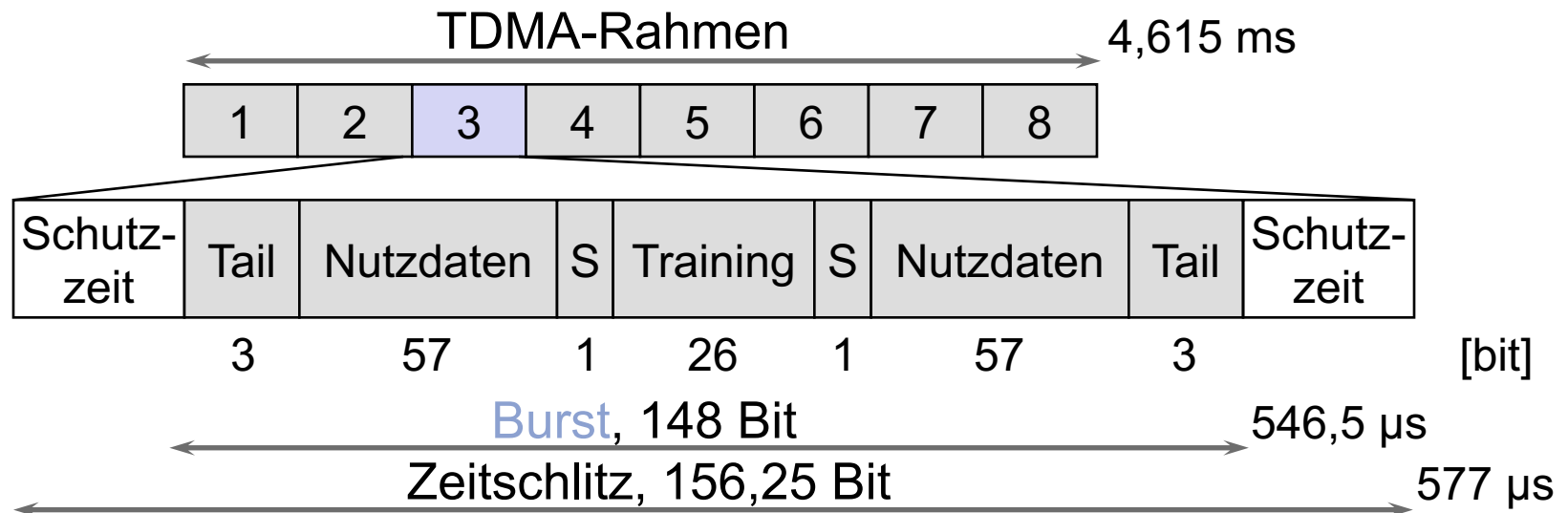
Frequenz-Duplex

- Senden und Empfangen auf unterschiedlichen Frequenzbändern
 - Je 25 MHz breit
- Mobilstation zur Basisstation (Uplink)
 - 890 MHz – 915 MHz
- Basisstation zur Mobilstation (Downlink)
 - 935 MHz – 960 MHz



Struktur Zeitmultiplexen

- Auf einer Trägerfrequenz 8 **physikalische Kanäle** im Zeitmultiplex realisiert
 - Dauer eines Zeitschlitzes: 0,577 ms
 - Tail: auf Null gesetzt
 - S: Daten / Kontrolle
 - Training: feste Sequenz
 - 8 Zeitschlitz bilden TDMA-Rahmen (4,615 ms)
- Auf dem Uplink und dem Downlink
 - Stationen senden und empfangen nicht gleichzeitig
 - Versatz der Kanäle um 3 Zeitschlitz zwischen Uplink und Downlink



Übertragungsbursts

■ Burst

- „Einheit“ zur Übertragung der Daten
- Normaler Burst
 - Übertragung von Daten in **Verkehrs- und Steuerkanälen**
- Zugangsburst
 - Dient zum Verbindungsaufbau
- Synchronisationsburst
 - Präzise zeitliche Synchronisation von Mobilstation und Basisstation
 - Längere Trainingssequenz
- Burst zur Frequenzkorrektur
 - Von den Feststationen versendet
 - Frequenzkorrektur bei der Mobilstation
 - Vermeidung möglicher Störungen benachbarter Frequenzen
- Dummy Burst
 - Falls keine Daten zu senden sind wird Dummy Burst in einem Zeitschlitz platziert

Logische Kanäle

- Semantische Zuordnung von Zeitschlitzten physikalischer Kanäle
 - Auswahl der Zeitschlitzte durch Zusammenfassung von TDMA-Rahmen zu **Mehrfachrahmen**
 - „Platzierung“ der logischen Kanäle an exakt spezifizierten Stellen innerhalb der Mehrfachrahmen
 - Belegung eines ganzen physikalischen Kanals oder eines Teils davon
- Unterscheidung zweier Hauptgruppen logischer Kanäle
 - **Verkehrskanäle** (Traffic Channel, TCH)
 - Nutzdatenübertragung
 - **Steuerkanäle** (Control Channel, CCH)
 - Signalisierung zur Vermittlung
 - Mobilitätsmanagement
 - Zugriffssteuerung auf Luftschnittstelle

Überblick Logische Kanäle

Verkehrskanäle

■ TCH/F	Full Rate Traffic Channel	}	<i>Sprachübertragung</i>
■ TCH/H	Half Rate Traffic Channel		
■ TCH/F4.8, TCH/F9.6, TCH/F14.4		}	<i>Datenübertragung</i>

Steuerkanäle

■ BCCH	Broadcast Control Channel	}	<i>Informationen von Basisstation zu allen Mobilstationen</i>
■ FCCH	Frequency Correction Control Channel		
■ SCH	Synchronization Channel		
■ CCCH	Common Control Channel	}	<i>Verbindungsaufbau Netz ↔ Mobilstation</i>
■ PCH	Paging Channel		
■ RACH	Random Access Channel		
■ AGCH	Access Grant Channel	}	<i>Signalisierungs- informationen zur Verbindungssteuerung</i>
■ DCCH	Dedicated Control Channel		
■ SDCCH	Stand-alone DCCH		
■ SACCH	Slow Associated DCCH		
■ FACCH	Fast Associated DCCH		

Verkehrskanäle

■ Bm-Kanal („mobiler“ B-Kanal)

- Anderer Name: Vollratenkanal (Full Rate TCH – TCH/F)
 - Bruttodatenrate: 22,8 kbit/s
- Sprachübertragung
 - Lediglich 13 kbit/s erforderlich
 - Rest für Fehlerkorrektur genutzt

■ Lm-Kanal

- Half Rate TCH (TCH/H)
 - Bruttodatenraten von 11,4 kbit/s
- Verdopplung der Kanalzahl bei unverändertem Frequenzbereich möglich
 - Sprachübertragung mit 6 bzw. 3,6 kbit/s

■ Datenübertragung

- TCH/F4.8 (4,8 kbit/s)
- TCH/F9.6 (9.6 kbit/s)
- TCH/F14.4 (14,4 kbit/s)

Steuerkanäle

■ D_m -Kanäle („mobiler“ D-Kanal)

■ Paketorientierter Signalisierungsdienst

- Steuerung und Management des Mobilfunknetzes wesentlich aufwändiger als bei einem Festnetz

■ Drei Gruppen von Steuerkanälen

- Broadcast Control Channel (BCCH) – Broadcast-Kontrollkanal
- Common Control Channel (CCCH) – gemeinsamer Kontrollkanal
- Dedicated Control Channel (DCCH) – dedizierter Kontrollkanal

Broadcast-Kontrollkanal

■ Aufgabe

- Übertragen von Information auf einem Punkt-zu-Mehrpunkt-Kanal von der Basisstation zur Mobilstation (BTS → MS)
 - Kennzeichnung des Netzes
 - Verwendete Frequenzen
 - ...

■ Unterkanäle, z.B.

- Frequency Correction Channel (FCCH)
 - Übertragung des Bursts zur Frequenzkorrektur
- Synchronisation Channel (SCH)
 - Übertragung des Synchronisationsbursts

Gemeinsamer Kontrollkanal

■ Aufgabe

- Steuerkanäle für den Verbindungsaufbau Netz ↔ Mobilstation

■ Unterkanäle, z.B.

■ Paging Channel (PCH)

- Selektive Adressierung einer gerufenen Mobilstation bei einem Verbindungsaufbauwunsch
- Nur im Downlink (BTS → MS)

■ Random Access Channel (RACH)

- Anforderung von Kanalkapazität für einen Verbindungsaufbauwunsch der Mobilstation
 - Geteilter Kanal, der von allen Stationen gleichermaßen genutzt wird
 - Zugriff über Slotted ALOHA
- Nur im Uplink (MS → BTS)

■ Access Grant Channel (AGCH)

- Antwort auf eine über den RACH eingetroffene Anforderung
 - Zuweisung eines Verkehrskanals (TCH) oder eines dedizierten Kontrollkanals (SDCCH)
- Nur im Downlink (BTS → MS)

Dedizierter Kontrollkanal

■ Aufgabe

- Übertragen von Signalisierinformation zur Verbindungssteuerung
 - Bidirektionaler Kanal (BTS $\leftrightarrow$ MS)

■ Unterkanäle

■ Stand-alone Dedicated Control Channel (SDCCH)

- Verwendet, solange nur Steuerinformation übertragen wird
 - Registrierung, Authentifizierung, Aufenthaltsinformation, Daten zum Verbindungsaufbau ...
- Vom Access Grant Channel zugewiesen
- Datenrate: 782 bit/s (geringer als Verkehrskanal)

■ Slow Associated Dedicated Control Channel (SACCH)

- Übertragung von Systeminformation vom Netz zur Mobilstation und Messdaten (Kanalqualität, Empfangsstärke etc.) von Mobilstation zum Netz
- Wird immer parallel zum Verkehrskanal oder SDCCH zugeordnet
- Datenrate: 950 bit/s

■ Fast Associated Dedicated Control Channel (FACCH)

- Wird nur kurzzeitig bei existierendem Verkehrskanal etabliert
 - Nutzt die Zeitschlitze des Verkehrskanals
- Bei hohem Signalisierungsaufkommen (z.B. bei anstehendem Handover)
- Datenrate: 4600 bit/s bzw. 9200 bit/s

... wann wird welcher Kanal gesendet?

■ Bisher betrachtet

- Frequenz- und Zeitmultiplexen an der U_m -Schnittstelle
 - 124 Frequenzbänder mit TDMA-Rahmen von 8 Zeitschlitzten sowohl im Uplink als auch im Downlink
- Logische Kanäle
 - Verkehrs- und Steuerkanäle mit unterschiedlichen Aufgaben

■ Jetzt

- Zusammenfassung von TDMA-Rahmen in sogenannte **Mehrfachrahmen**
- Damit „Platzierung“ der logischen Kanäle an exakt spezifizierten Stellen innerhalb der Mehrfachrahmen

Typen von Mehrfachrahmen

■ Verkehrsmehrfachrahmen

- Periodisches Muster von 26 TDMA-Rahmen
- Übertragung der Bursts der Verkehrskanäle und der ihnen zugeordneten dedizierten SACCHs und FACCHs
 - Jedem Verkehrskanal wird ein Zeitschlitz zugeordnet
 - Bei Halbratenübertragung: 1 Zeitschlitz in jedem 2. TDMA-Rahmen
 - Zu jedem Verkehrskanal gehört ein SACCH
 - Übertragung der SACCHs im 13. TDMA-Rahmen
 - Nutzung des letzten (26.) TDMA-Rahmen nur, falls weitere SACCHs wegen Halbratenübertragung erforderlich
 - Für FACCHs werden Zeitslitze der Verkehrskanäle „gestohlen“

■ Steuerungsmehrfachrahmen

- Für Signalisierungsinformationen
- Periodisches Muster von 51 TDMA-Rahmen

Super- und Hyperrahmen

■ Superrahmen

- 1326 aufeinander folgende TDMA-Rahmen
- Verkehrssuperrahmen
 - 51 Verkehrsmehrfachrahmen mit je 26 TDMA-Rahmen
- Steuerungssuperrahmen
 - 26 Steuerungsmehrfachrahmen mit je 51 TDMA-Rahmen

■ Hyperrahmen

- 2048 Superrahmen
 - 2.715.648 TDMA-Rahmen; fast 3,5 Stunden lang
- Zur Synchronisierung der Nutzdatenverschlüsselung verwendet

Hierarchie der Rahmenstrukturen

**Hyper-
rahmen**



3h 28min 53,76s

**Super-
rahmen**

Verkehr
Steuerung



6,12s

**Mehrfach-
rahmen**

Verkehr
Steuerung



120ms



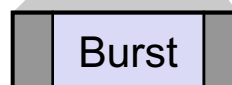
235,4ms

**TDMA-
Rahmen**



4,615ms

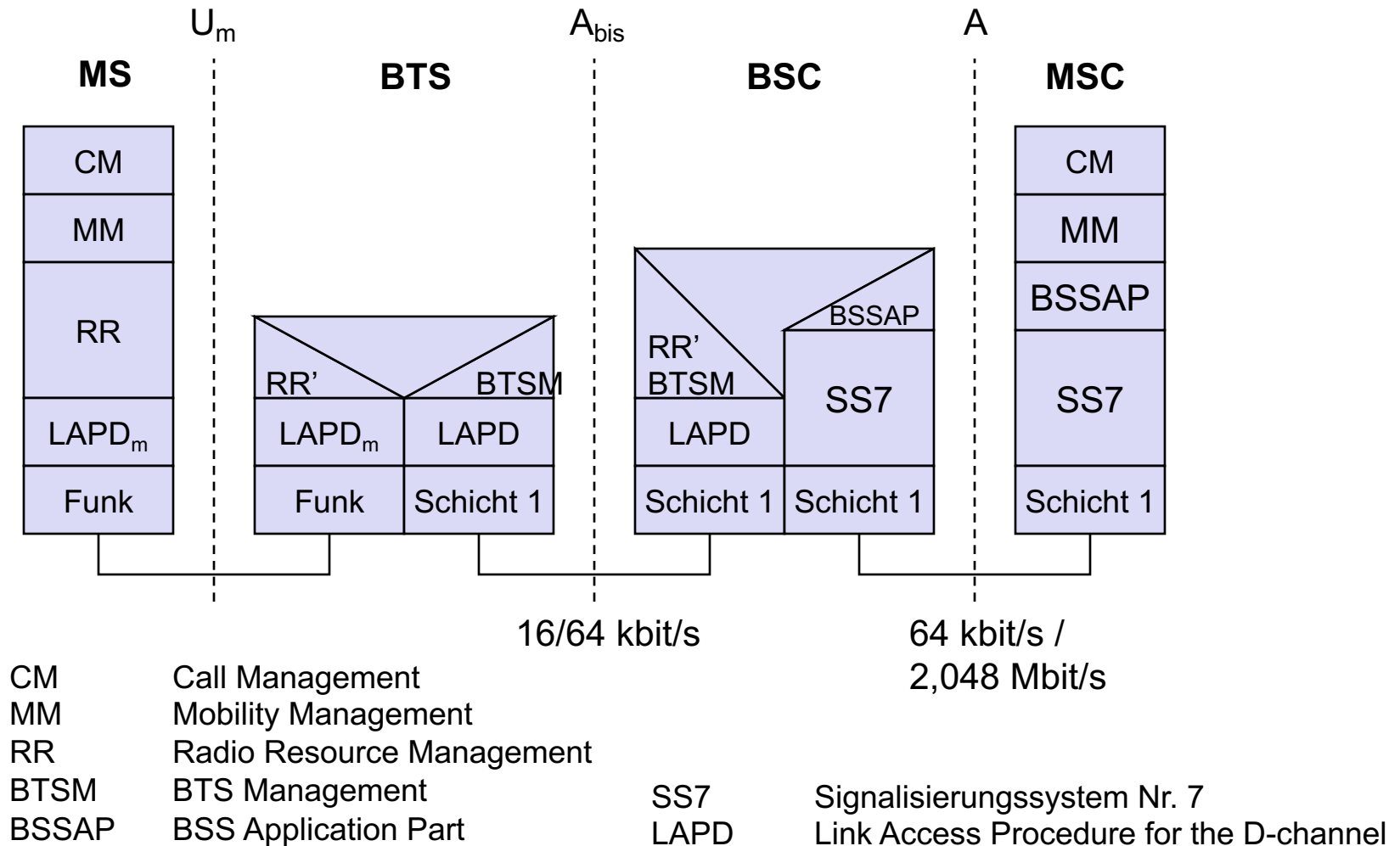
Zeitschlitz



577μs

Signalisierung in GSM

■ Protokollarchitektur



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
 - Bestätigter Betrieb
 - Stop-and-Wait-ARQ mit Flusskontrolle
 - Unbestätigter 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)

Dateneinheiten von LAPD_m

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

Aufbau einer dedizierten Verbindung

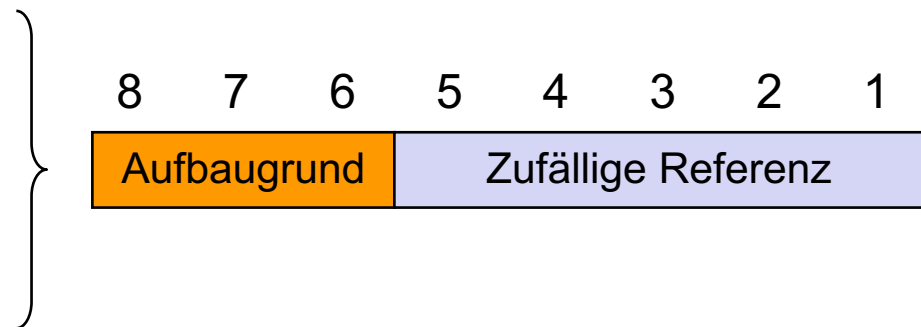
■ Mobilstation fordert Kanalkapazität für eine dedizierte Verbindung an

■ 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!*

Prozedur „Contention Resolution“

- 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**
 - Welches Medienzugriffsverfahren wird hier realisiert?

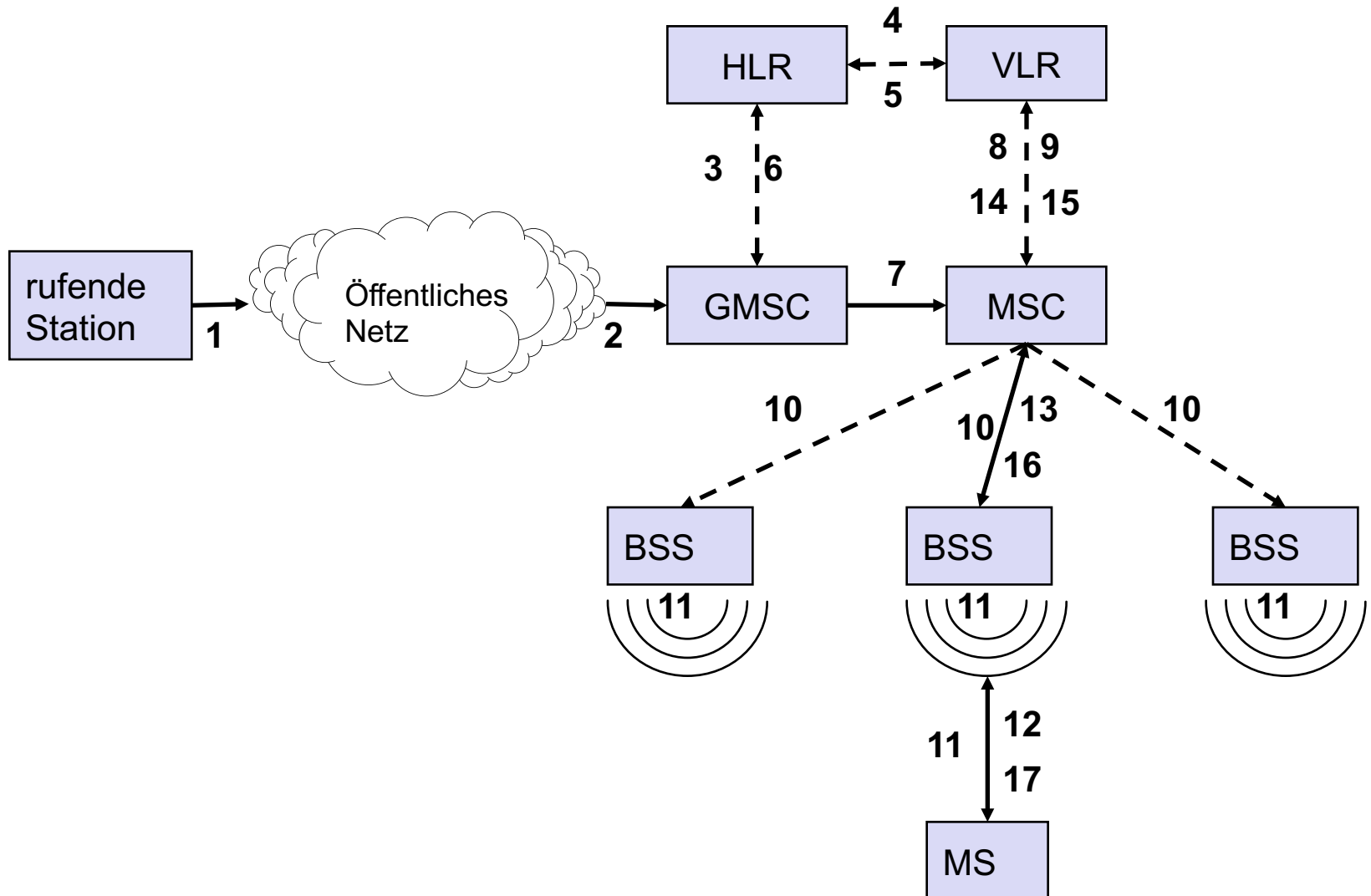


Vermittlungsschicht

- 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)



Kommender Ruf (Mobile Terminated Call)

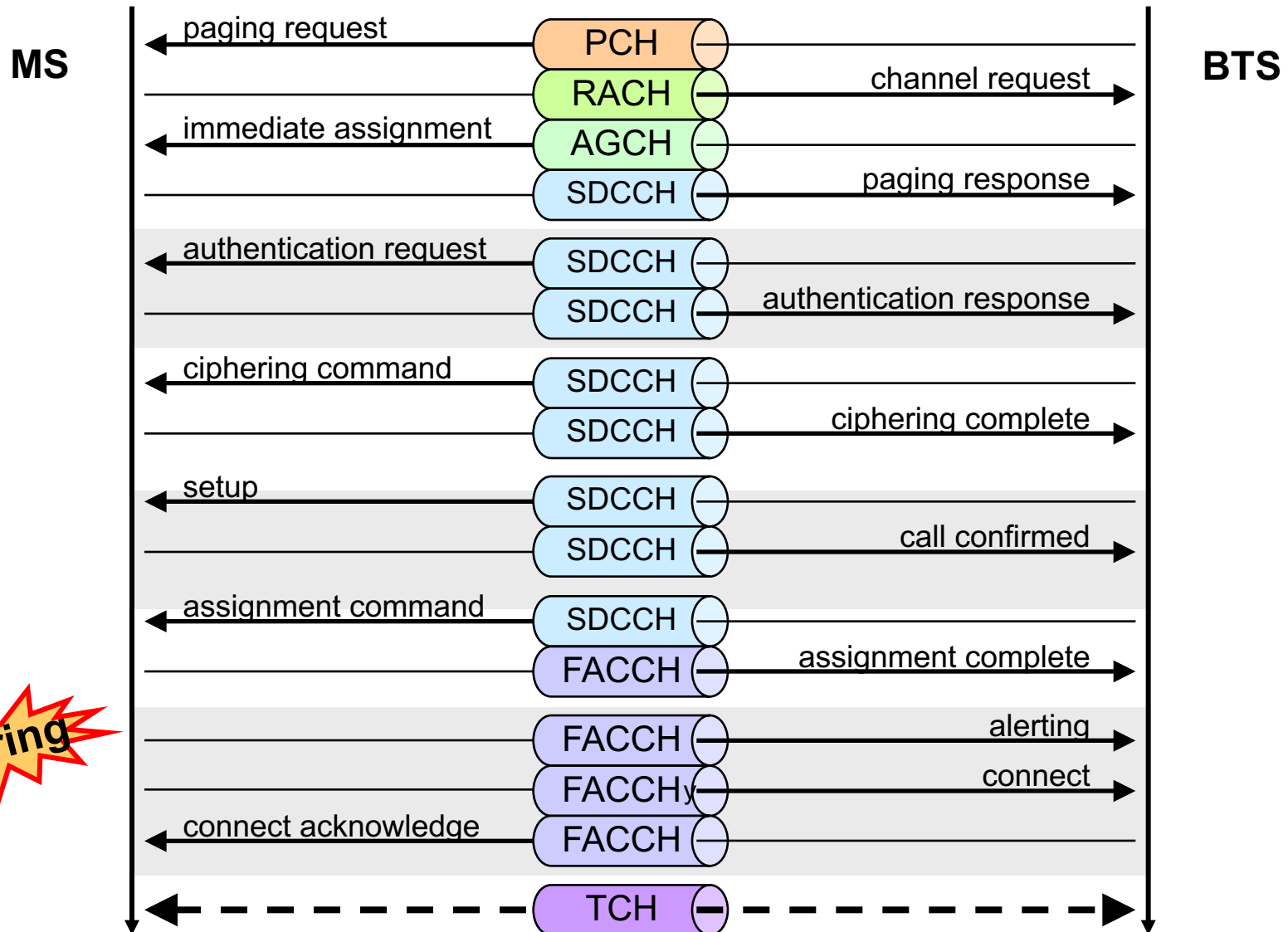




Kommender Ruf (Mobile Terminated Call)

- 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: ggf. 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 (Location Area) der MS durchgeführt
- 12, 13: Mobiler Teilnehmer antwortet
- 14, 15: Sicherheitsüberprüfung
- 16, 17: MSC wird vom VLR zum Verbindungsaufbau aufgefordert

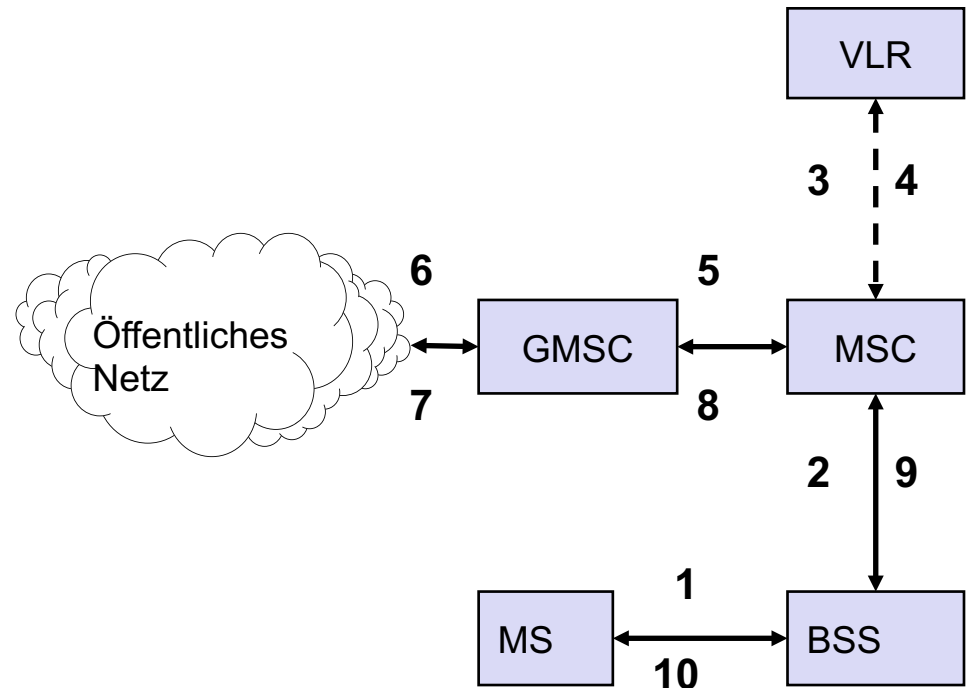
Kommender Ruf (Mobile Terminated Call)





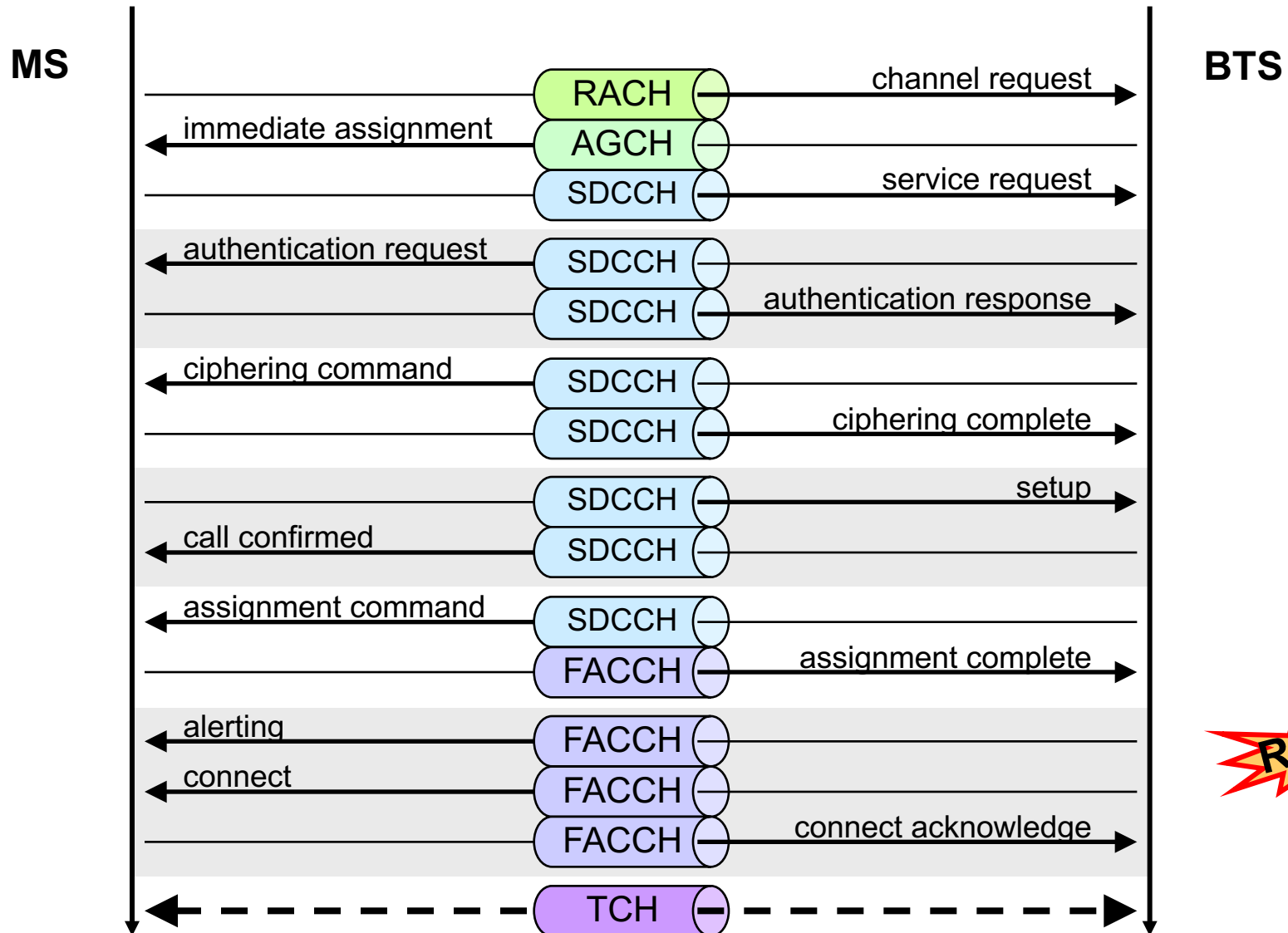
Gehender Ruf (Mobile Originated Call)

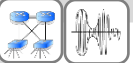
- 1, 2: Signalisierung des Verbindungsaufbauwunschs
- 3, 4: Sicherheitsüberprüfung
 - Z.B. Berechtigung
- 5-8: Ressourcenüberprüfung
- 9-10: Verbindungsaufbau





Gehender Ruf (Mobile Originated Call)





Handover

■ 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

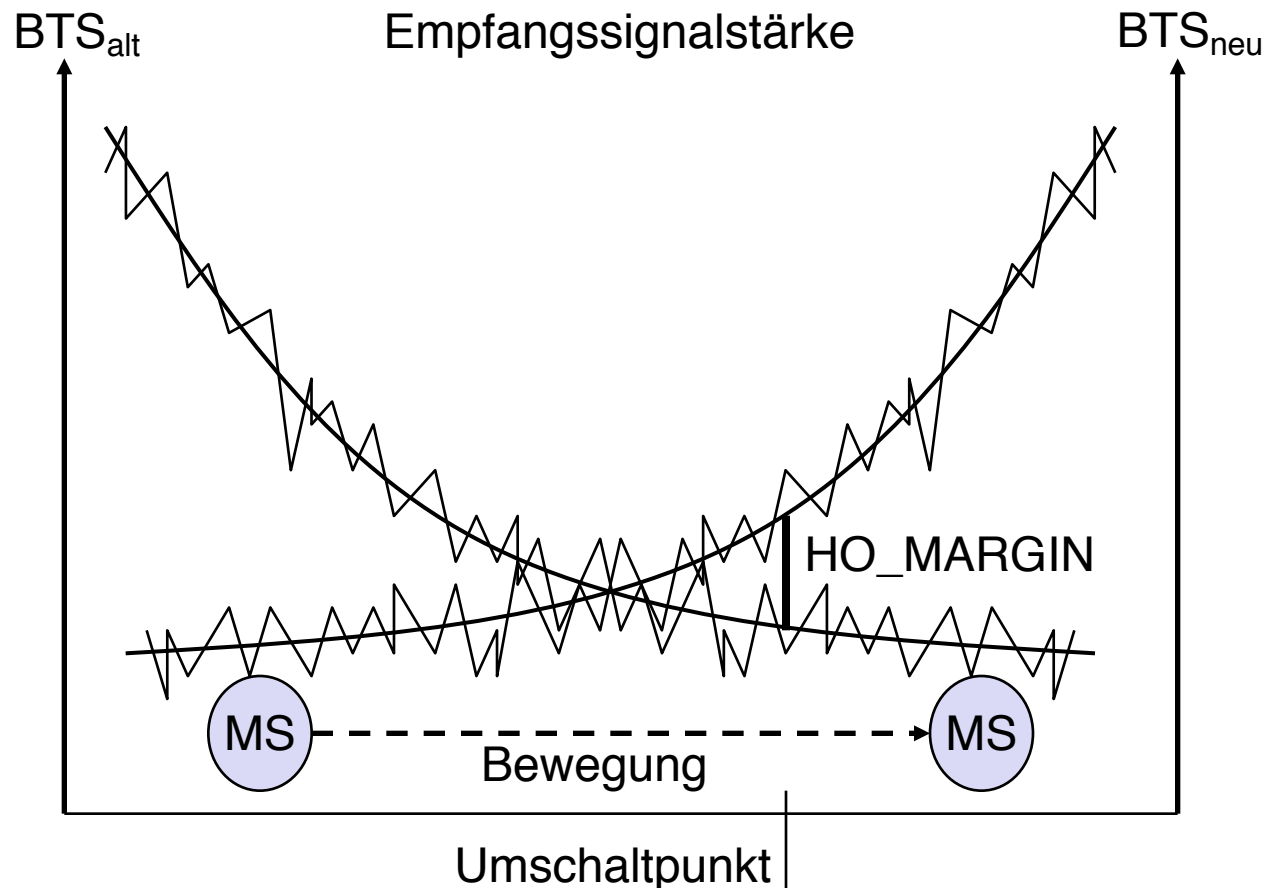
■ Mobile Assisted Handover

- Handoverentscheidung wird auch aufgrund von Messwerten, die die Mobilstation liefert, initiiert

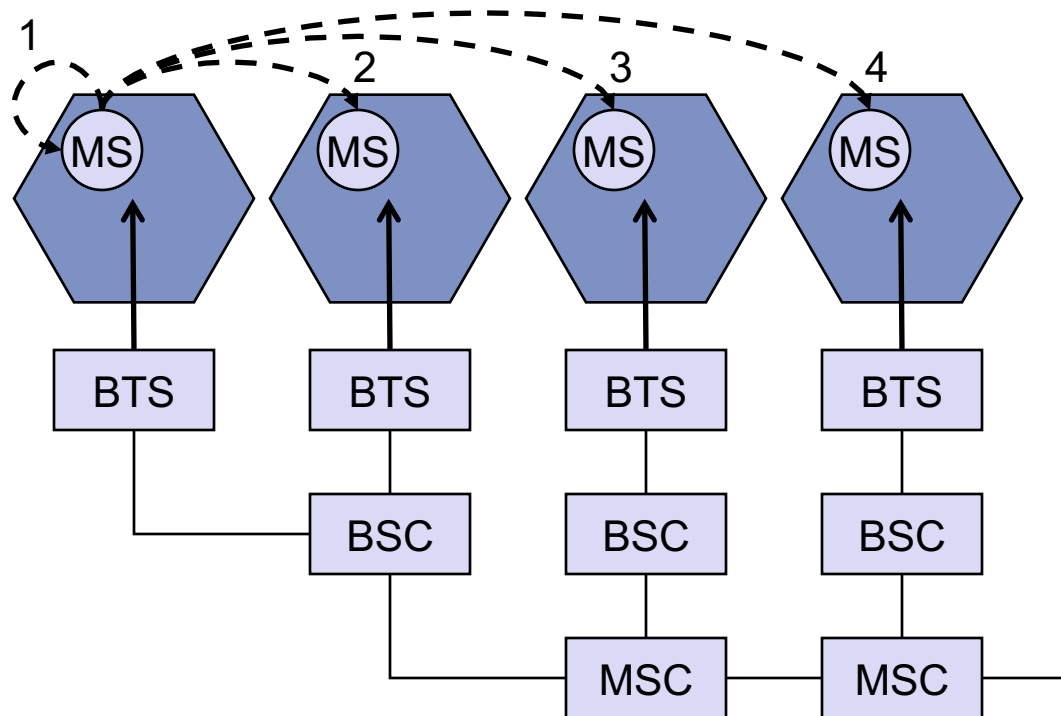
■ Algorithmus für Handover nicht standardisiert

Handover-Entscheidung

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

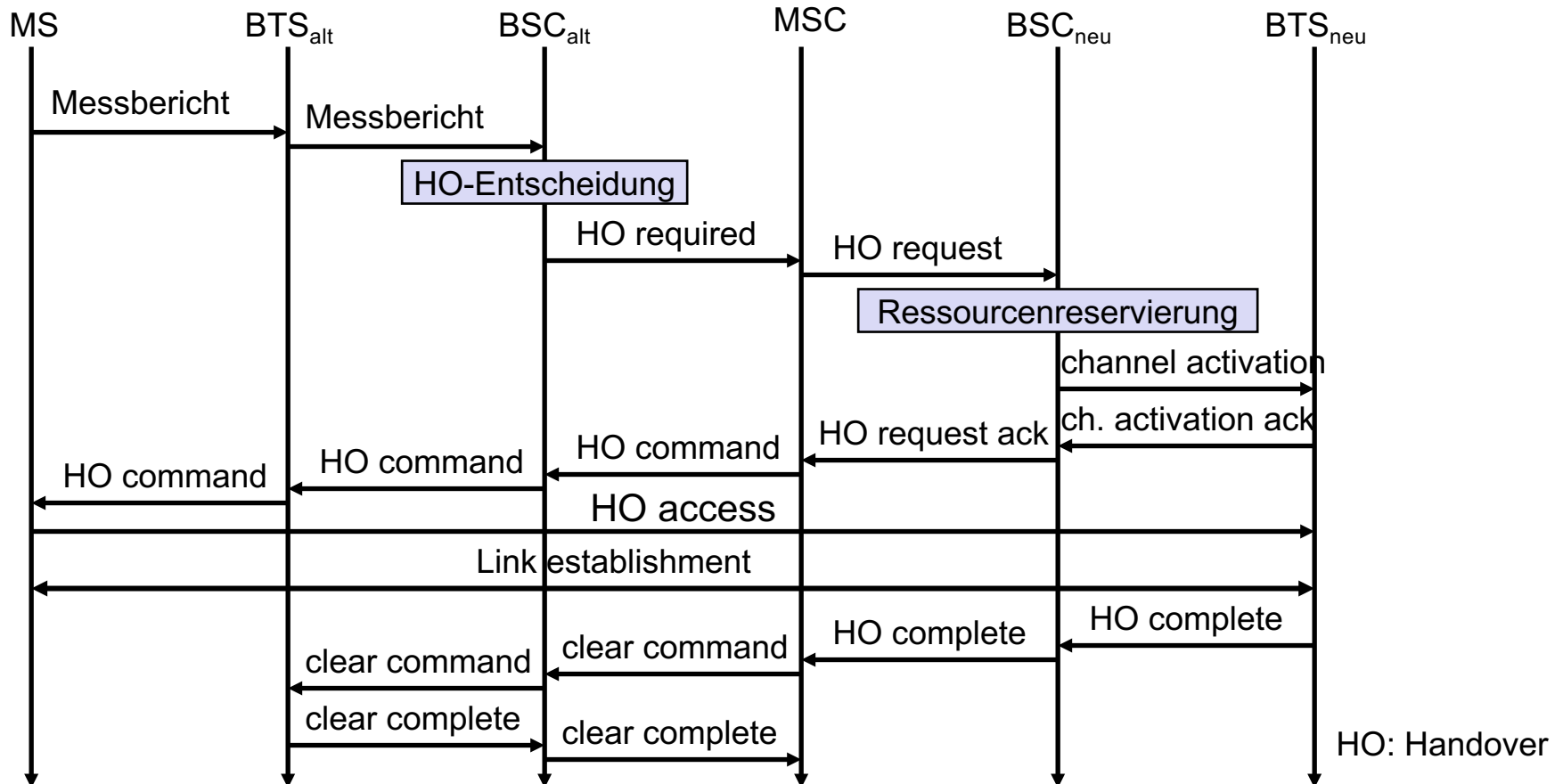


Arten des Handover



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

Handover-Prozedur



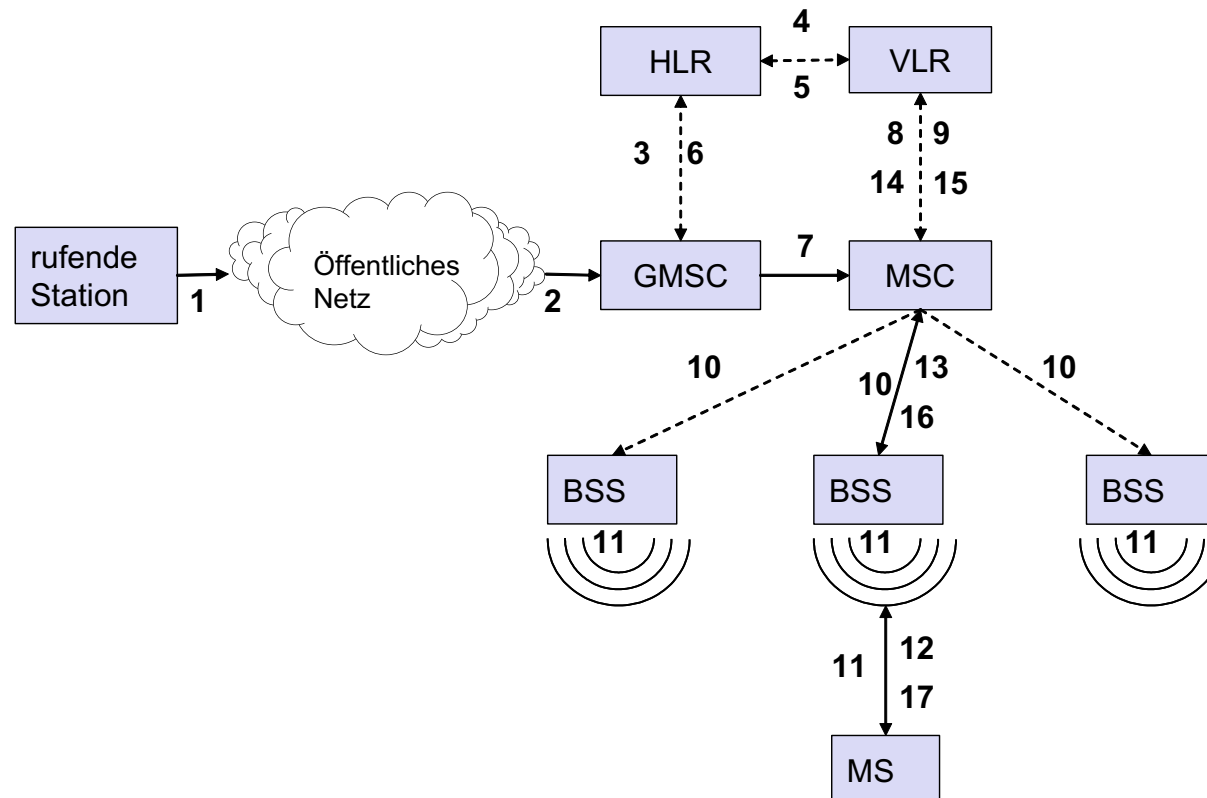
Location Update

- 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 (Location Area) 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

Übung: Handover

■ Realisierung Inter-MSC Handover

- Welche Komponenten sind betroffen?
- Welche Daten müssen aktualisiert werden?





Sicherheit in GSM

■ 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 Netz: 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



Authentisierungszentrum

■ 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



Sicherheitsalgorithmen in GSM

- 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

Ablauf Authentisierung

■ Netz

■ Authentication Center (AuC)

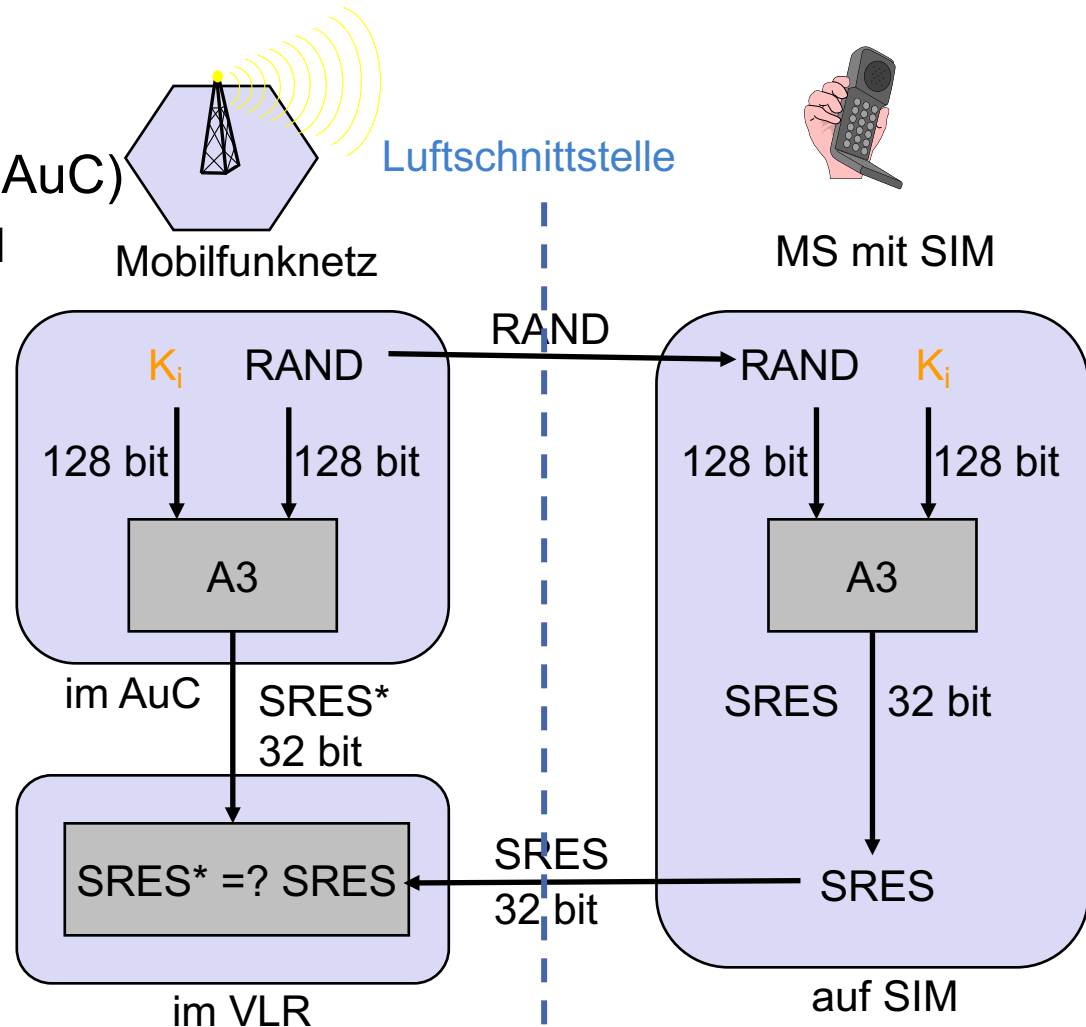
- Berechnet Zufallszahl RAND
- Berechnet SRES* (signed response)
- Sendet Satz an VLR

■ VLR

- Vergleicht SRES* mit SRES

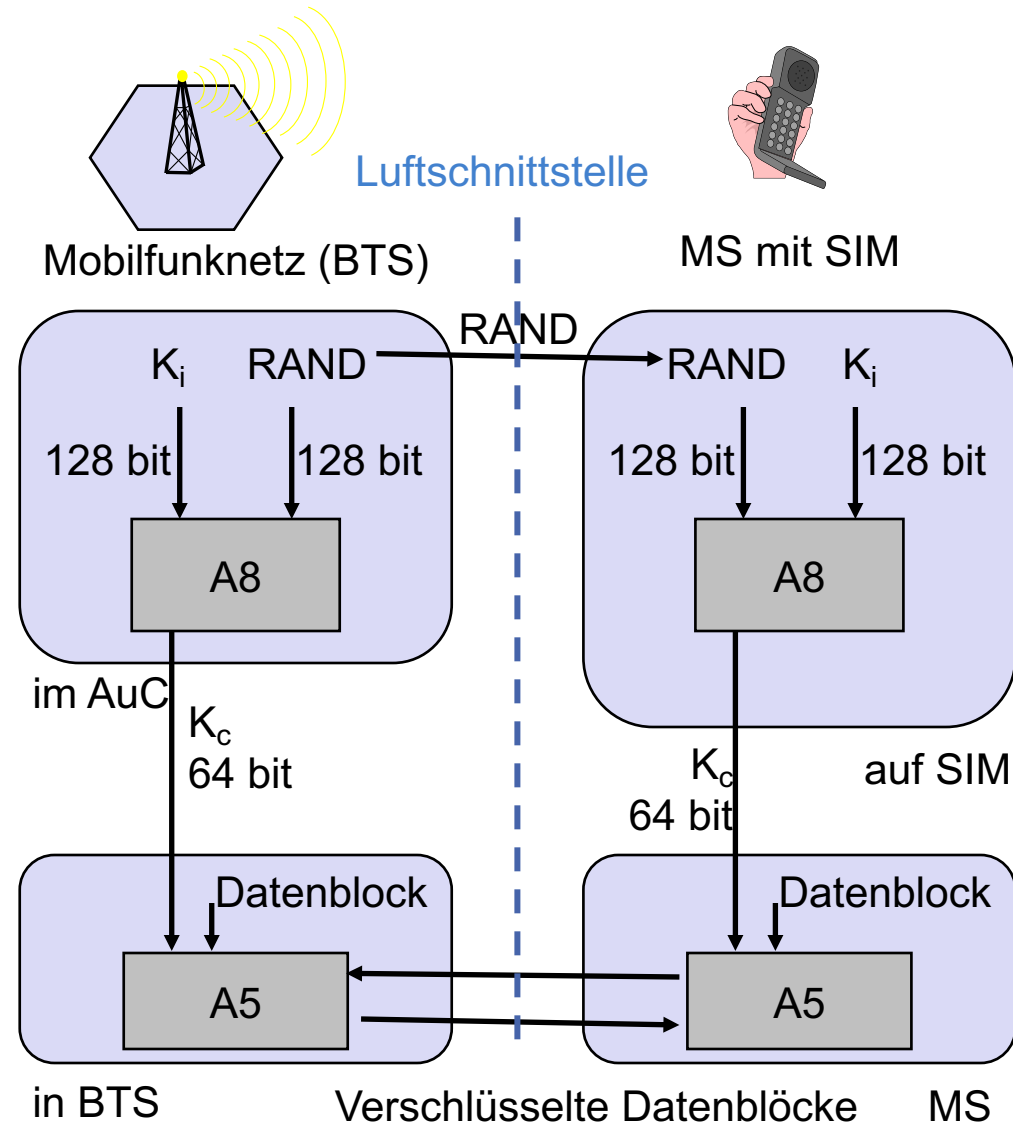
■ Mobilstation

- Berechnet SRES
- Sendet SRES an VLR



Ablauf Verschlüsselung

- 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



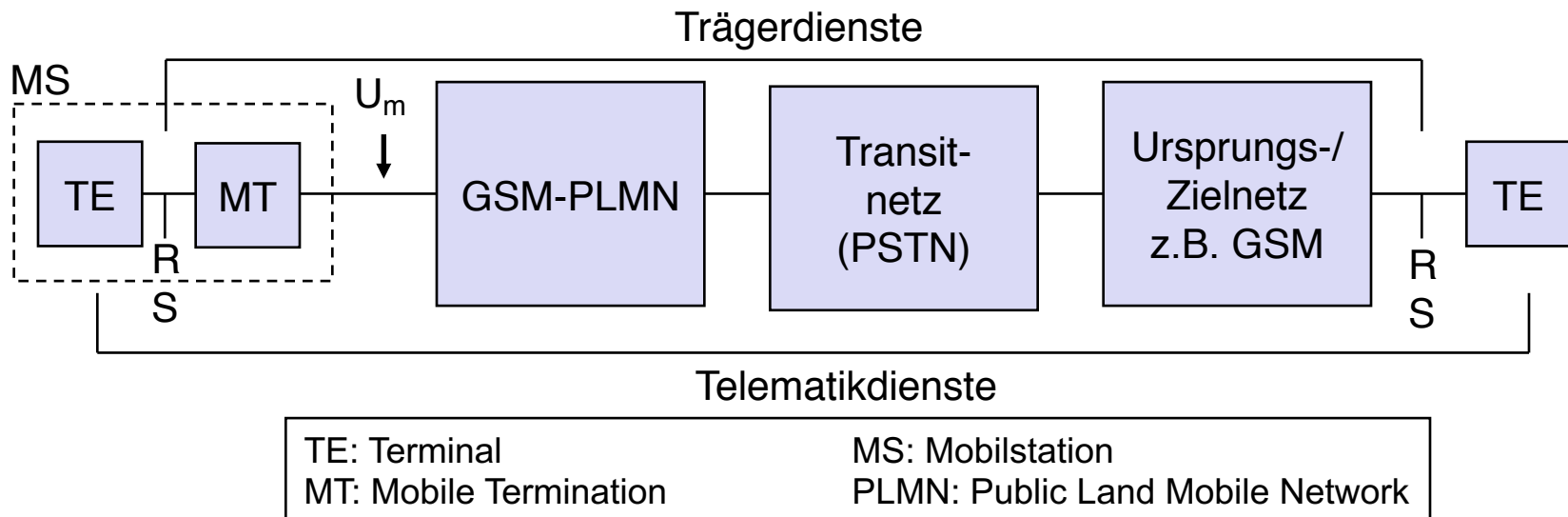
Dienste in GSM

■ 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)



Trägerdienste (Bearer Services)

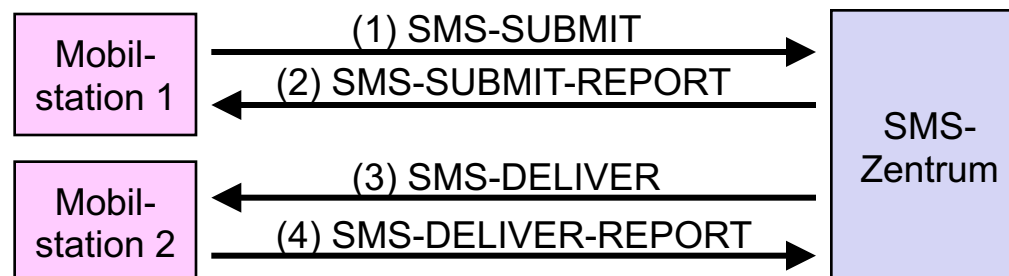
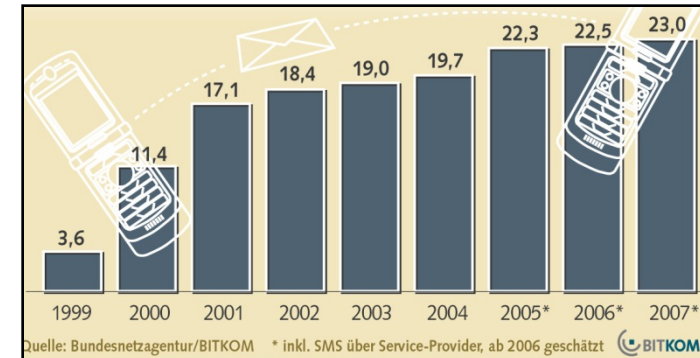
- Transportdienste zur **Bit-Übertragung** zwischen Teilnehmern
 - Spezifiziert durch untere 3 Schichten des ISO/OSI Referenzmodells
 - Verbindungsorientierte leitungs- und paketvermittelte Dienste
- Zwei grundlegende Typen von Trägerdiensten
 - **Transparente Trägerdienste**
 - Nur Schicht 1 beteiligt, 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

Telematikdienste (Telematic Services)

- 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)**

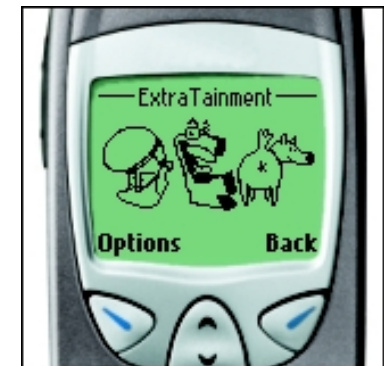
Short Messaging Service (SMS)

- Idee: Übertragung von Texten über (ungenutzte) Kontrollkanäle
 - ...schon bald: **Milliarden**-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



SMS und EMS

- 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  [7.10]
- 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

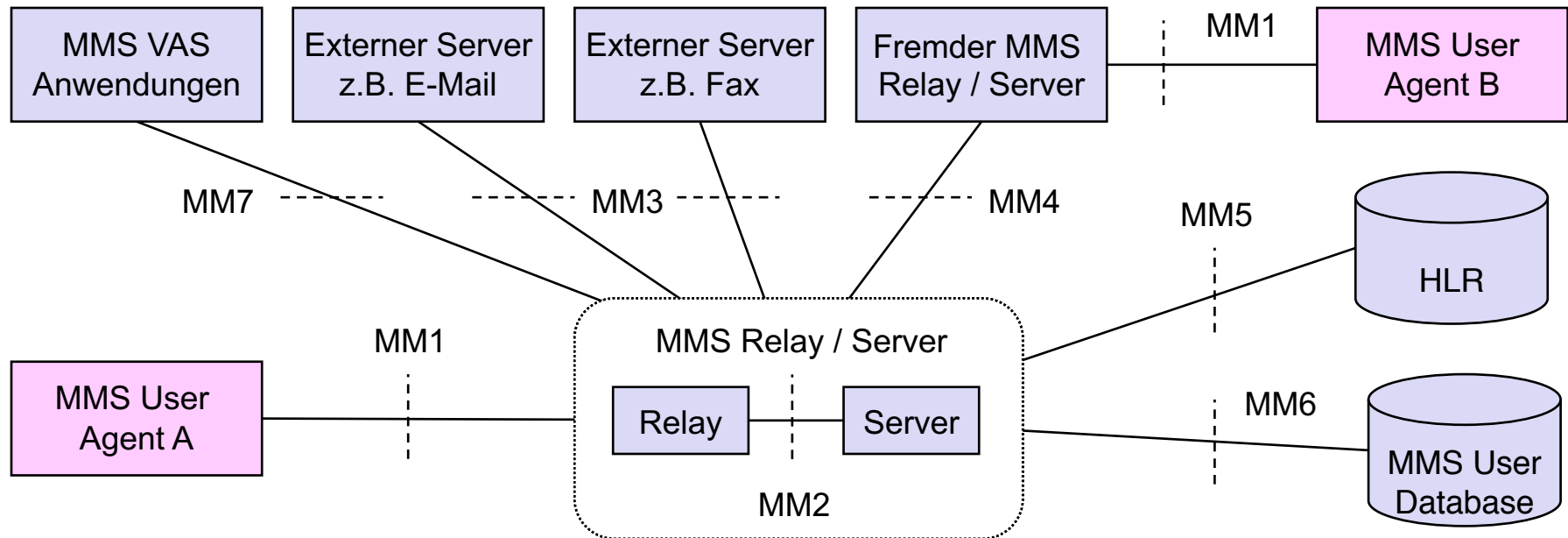


Multimedia Messaging Service (MMS)

- Neuer Standard für Nachrichtendienst, u.a. für GSM/UMTS
 - Seit 2002 verfügbar
- Adressierung
 - Teilnehmer über MSISDN oder E-Mailadresse
- 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



Architektur



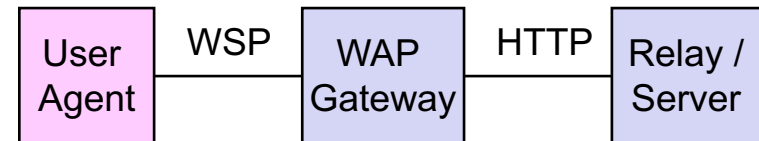
■ MMS-Center oder MMS Relay/Server

- 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)

Transport

■ 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

Zusatzdienste (Supplementary Services)

- 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

Von GSM zu UMTS: Datendienste

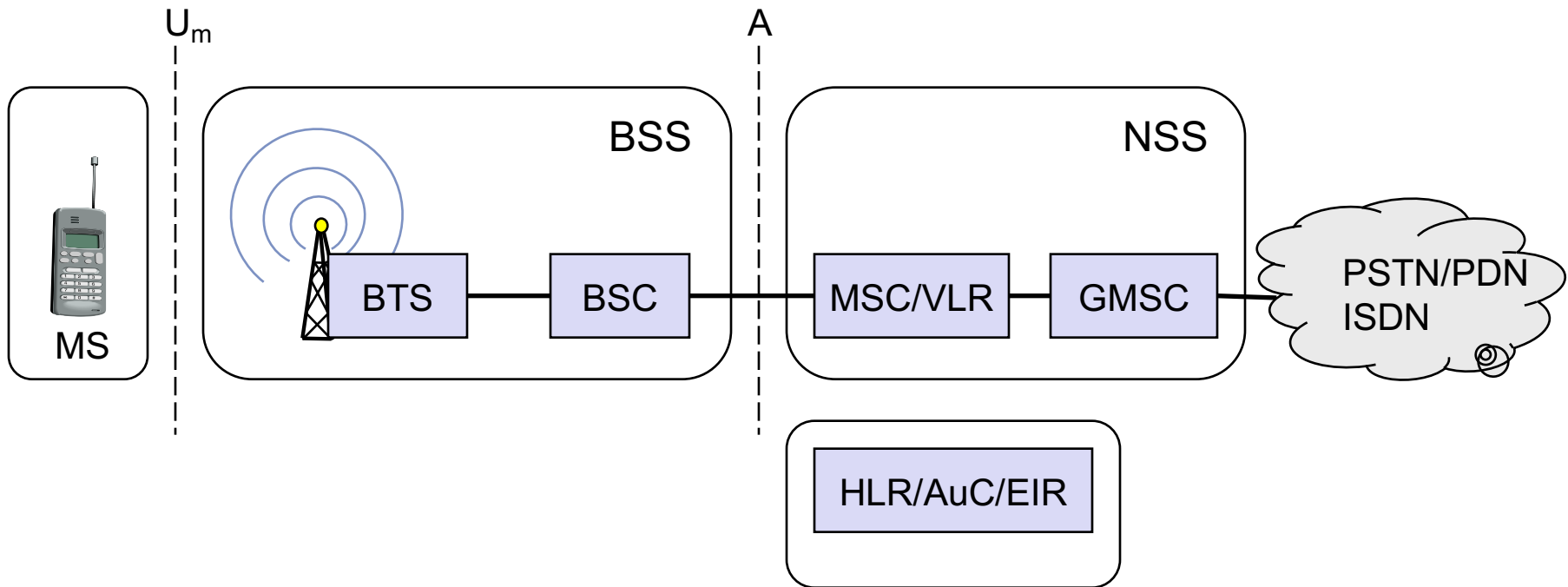
- **Leitungsvermittelte Datendienste**
 - Ineffiziente Nutzung der Funkkanäle
 - Ressourcen sind auch belegt, wenn sie nicht genutzt werden
 - Hohe Gebühren
 - Orientieren sich an Dauer der Nutzung, nicht an Menge der Daten
 - Bereitgestellte Datenrate: 9,6 kbit/s
 - Fortgeschrittene Kanalcodierung erlaubt 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)

Vereinfachte Darstellung von GSM

■ Ziel

- Prägnante Darstellung der Erweiterungen der GSM-Architektur

■ Vereinfachte Basisarchitektur





High-Speed Circuit Switched Data

■ 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

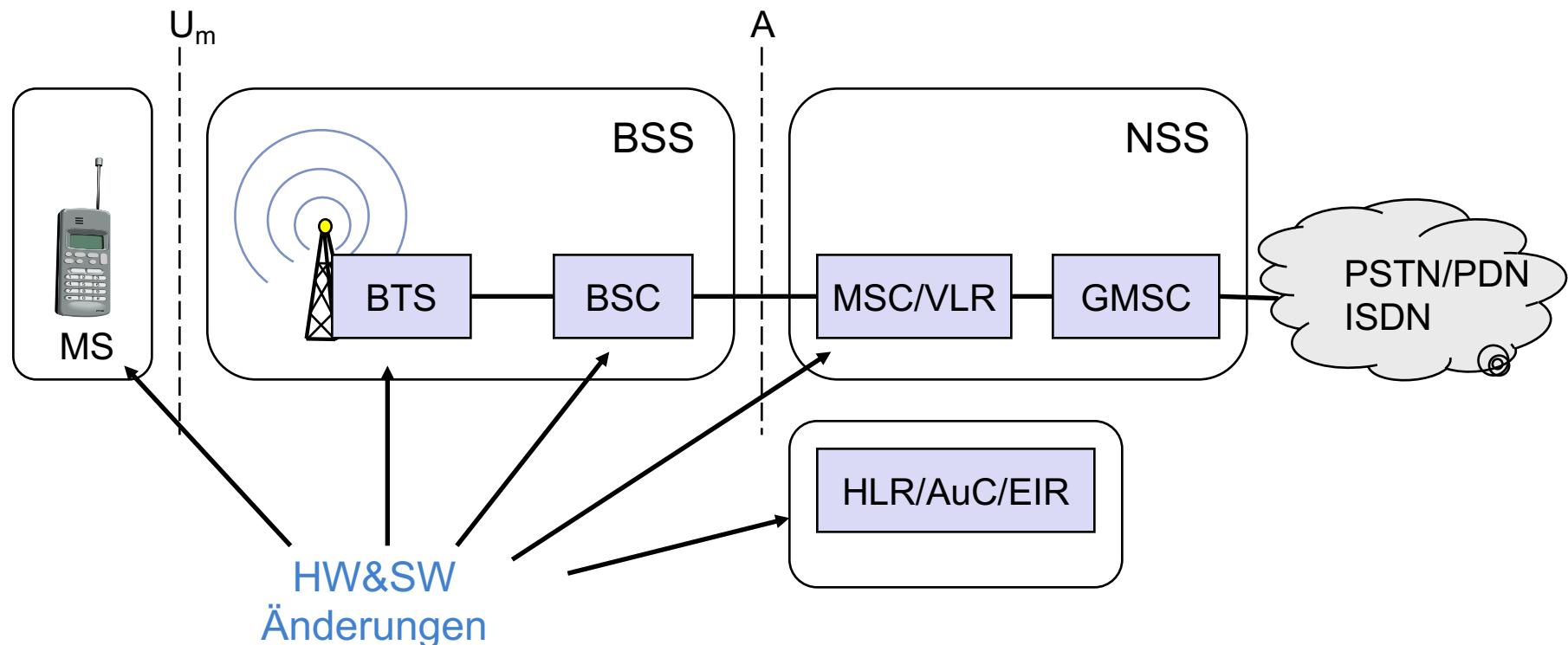
■ Beispiele

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

Integration von HSCSD in GSM

■ Gleichzeitige Nutzung der Verkehrskanäle

- Zusammenfügen/Splitten der Verkehrskanäle im MSC und in der Mobilstation erforderlich
- Kanäle werden separat verschlüsselt



■ Grundlegendes Prinzip

- Paketvermittlung
- Belegung der Zeitschlitzte anforderungsgesteuert
 - z.B. 115 kbit/s bei kurzfristiger Belegung von 8 Zeitschlitzten

■ Vorteil

- Schritt in Richtung UMTS
- Flexibler als HSCSD

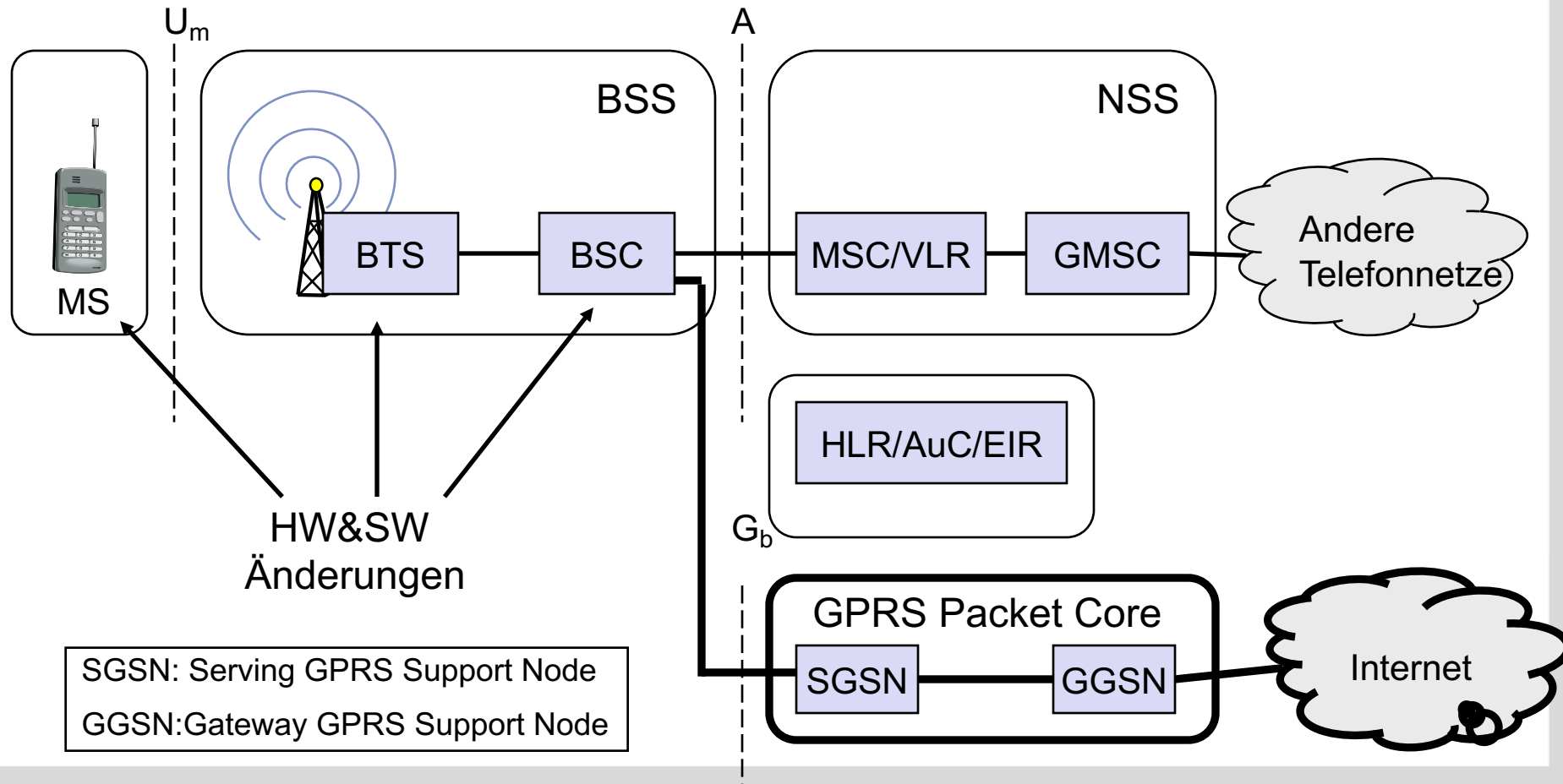
■ Nachteil

- Höhere Investitionen durch neue Infrastrukturkomponenten erforderlich
 - Paketvermittlung wird parallel zum bestehenden GSM-Netz aufgebaut
 - Anpassungen an der Luftschnittstelle erforderlich

■ Standardisierung war 1997 weitestgehend abgeschlossen

Integration von GPRS in GSM

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

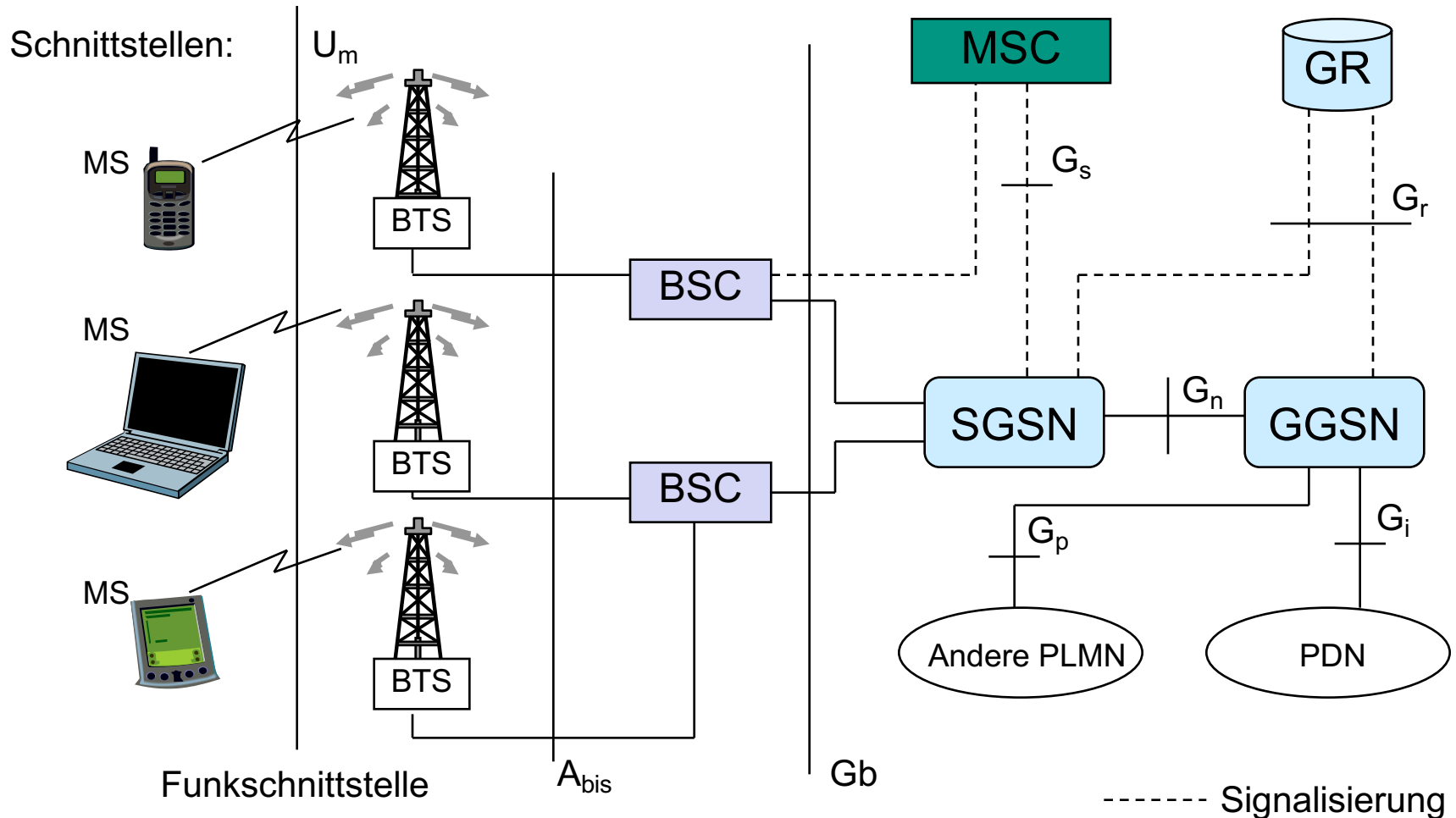




Architektur

Funkteilsystem

Vermittlungsteilsystem





Komponenten

■ 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

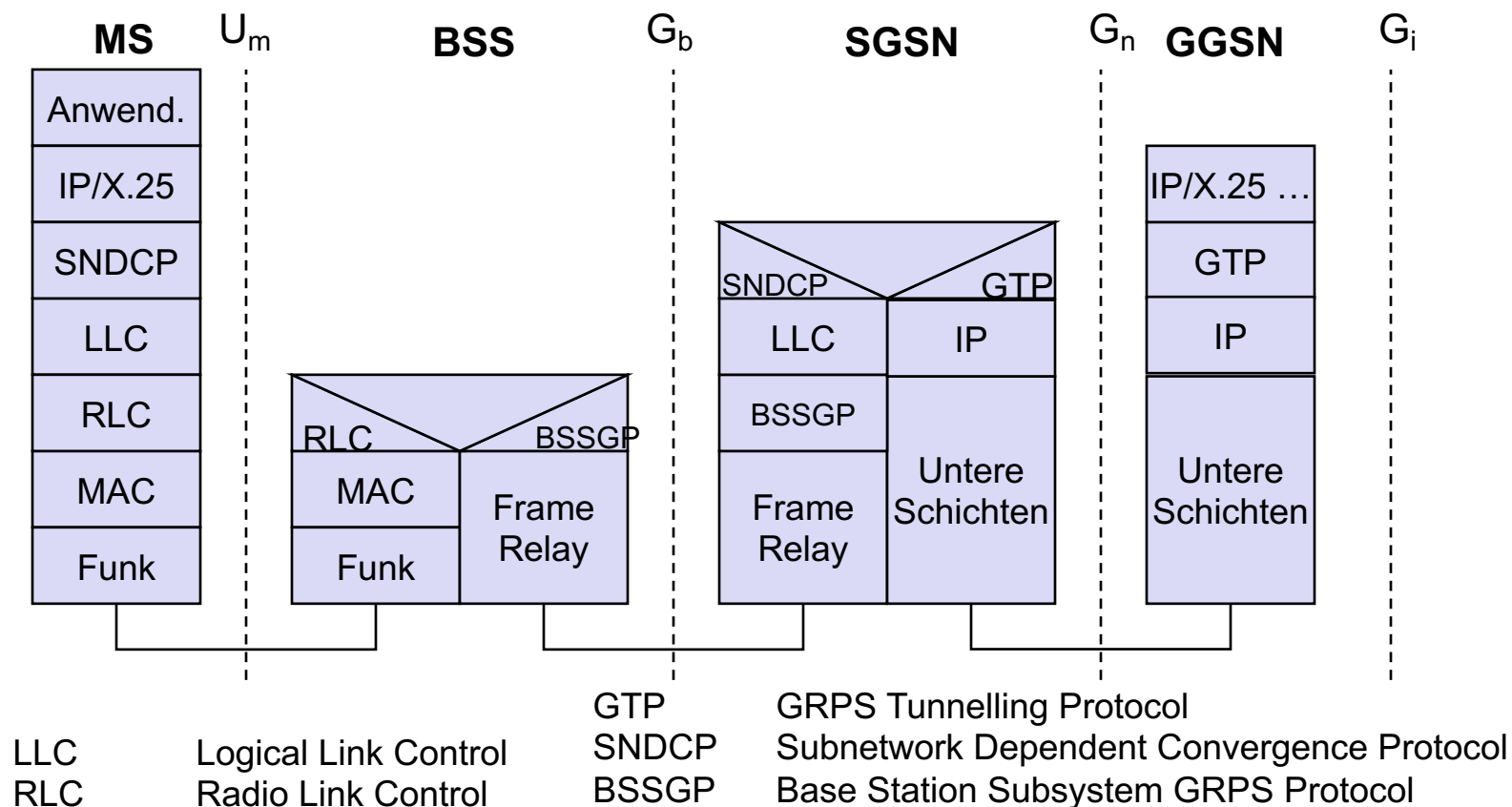
- Erfolgt über MSC
- Nutzung der etablierten Infrastruktur von GSM

■ Datenverkehr

- Über SGSN, komplett Paketvermittelt

Protokollarchitektur

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



Protokollarchitektur

■ Zwischen Mobilstation und SGSN

- Subnetwork Dependent Convergence Prot. (SNDTCP) 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

■ Daten von Mobilstation

- SGSN wertet Adressinformation aus und kapselt die Daten
 - Tunneling!
- 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

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

Enhanced Data Rates (EDGE)

■ Ziel

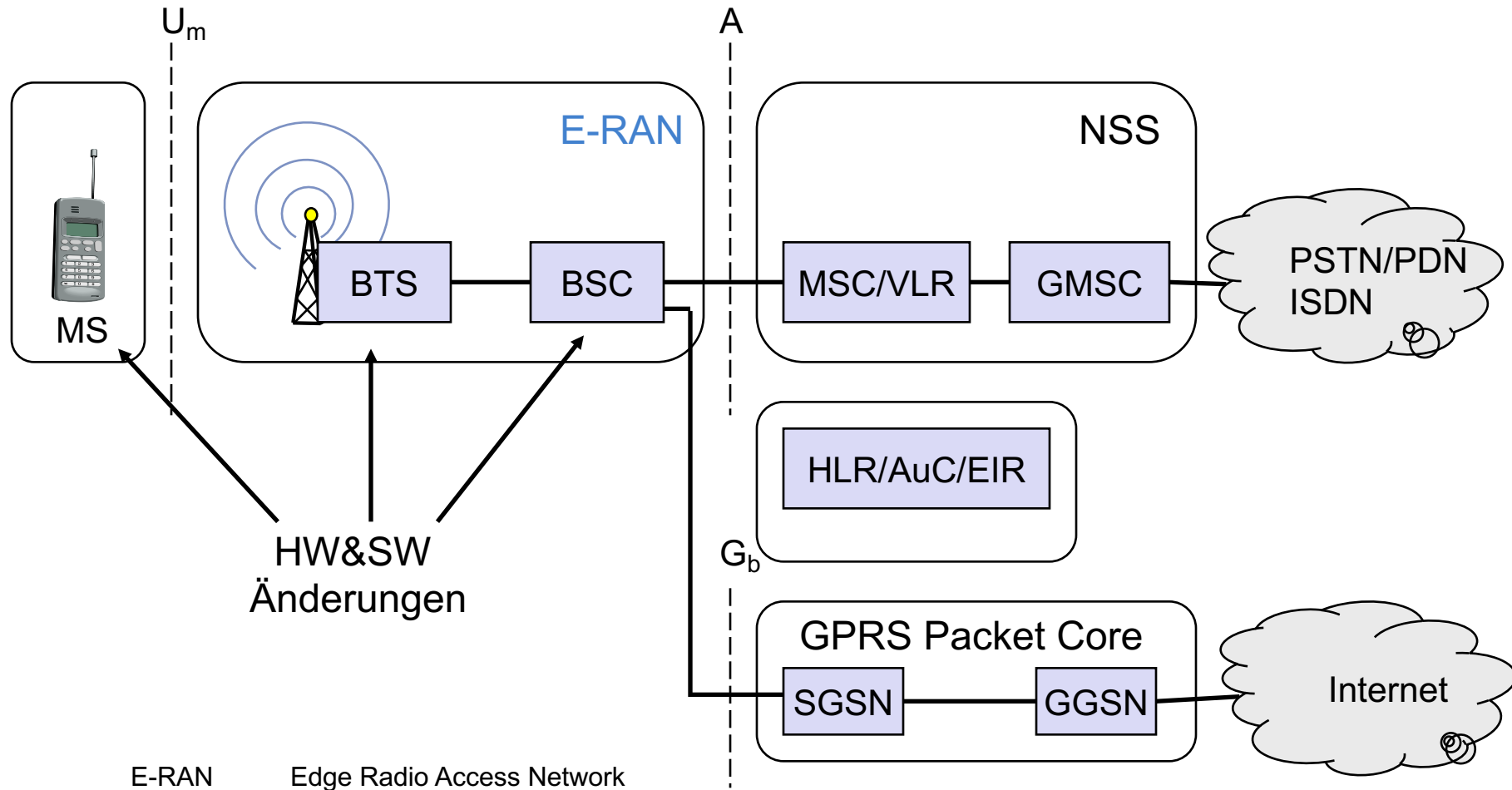
- Erweiterung von GSM zur Bereitstellung höherer Datenraten
 - Schneller verfügbar als Systeme der 3. Generation (UMTS)
 - Investitionsschutz
 - Benutzung der etablierten Infrastruktur

■ 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



Integration von EDGE in GSM



■ GSM

- Weltweit erfolgreiche zelluläre Zugangstechnik
- Besteht aus 3 Teilsystemen (RSS, NSS, OSS)
- Verwendet SDMA, FDMA und TDMA
- Umfasst mehrere Sprach- und Datendienste
- Bietet Handover- und Sicherheitsmechanismen
- Ausgangspunkt der Entwicklung zu UMTS
 - Zunächst Integration von HSCSD, GPRS und EDGE

- 7.1 Geben Sie einen Überblick über die GSM-Systemarchitektur!
- 7.2 Welche Funktionen hat das Mobile Switching Center (MSC)?
- 7.3 In welchem zahlenmäßigen Verhältnis stehen BTS, BSC, MSC?
- 7.4 Welche Multiplexverfahren finden bei GSM Einsatz?
- 7.5 Welche Typen von Kanälen werden in GSM unterschieden?
- 7.6 Wie wird ein dedizierter Kanal in GSM aufgebaut?
- 7.7 Welche Kennungen werden in GSM für eine Mobilstation verwendet?
- 7.8 Wie geschieht der Rufaufbau zu einem Teilnehmer in GSM?
- 7.9 Welche Arten von Handover unterscheidet man in GSM?
- 7.10 Beschreiben sie die Evolution von GSM zu UMTS (über HSCSD und GPRS)!

Referenzen und weiterführende Literatur

- [7.1] H. Kaaranen, A. Ahtiainen, et. al., UMTS Networks – Architecture, Mobility and Services, Wiley Verlag, 2001
- [7.2] B. Walke, Mobilfunknetze und ihre Protokolle, 3. Auflage, Teubner Verlag, 2001
 - Viele Details; teilweise als Grundlage zur Folienherstellung herangezogen
- [7.3] J. Eberspächer, et. al., GSM Global System for Mobile Communication, 3. Auflage, Teubner Verlag, 2001
 - Gute und verständliche Darstellung von GSM
- [7.4] Pierre Lescuyer, UMTS – Grundlagen, Architektur und Standard, dpunkt.verlag, 2002
 - Recht detaillierte Darstellung von UMTS
- [7.5] M. Sauer; Mobile Kommunikationssysteme; Vieweg 2004
 - Gut lesbarer Überblick über GSM, GPRS und UMTS
- [7.6] J. Schiller; Mobilkommunikation; Addison-Wesley, 2003
 - Recht kompakte Darstellung von GSM – gut für den Überblick – gut lesbar
- [7.7] www.gsmworld.com
- [7.8] www.nobbi.com

Referenzen und weiterführende Literatur (2)

- [7.9] www.rschlichte.de
- [7.10] <http://www.extratainment.com>
- [7.11] <http://www.logicacmg.com/pdf/telecom/Mmsguide.pdf>
- [7.12] <http://www.3gpp.org>
- [7.13] <http://umtslink.at/cgi/bin/reframer.cgi?../UMTS/zellatmung.htm>
- [7.14] <http://de.wikipedia.org>
- [7.15] <http://www.bitcom.org>
- [7.16] <http://www.elektronik-kompodium.de>
- [7.17] H. Holma, A. Toskala (Eds.), HSDPA/HSUPA For UMTS – High Speed Radio Access for Mobile Communications, Wiley Verlag, 2006
- [7.18] H. Holma, A. Toskala (Eds.), WCDMA For UMTS – HSPA Evolution and LTE, Wiley Verlag, 4. Auflage 2007
- [7.19] D. Astély et al., LTE the Evolution of Mobile Broadband, IEEE Communications Magazine, April 2009
- [7.20] <http://www.dailywireless.org/2009/08/21/4-billion-gsm-users-sept-2009/>
- [7.21] <http://www.t-mobile.de>
- [7.22] <http://www.vodafone.de>