

Mobilkommunikation

II. Drahtlose Telekommunikationssysteme



Kapitel 2
**Global System for Mobile Communications
(GSM)**



I. Einleitung

1. Einführung und Grundlagen

II. Drahtlose Telekommunikationssysteme

2. GSM

3. UMTS

III. Drahtlose lokale Netze

4. IEEE 802.11 / WiFi
5. Mobile Ad Hoc Netze

IV. Drahtlose innerstädtische Netze

6. IEEE 802.11s
7. IEEE 802.16 / WiMax

V. Drahtlose persönliche Netze

8. Bluetooth
9. IEEE 802.15.4 / ZigBee

VI. Positionsbestimmung

10. Positionsbestimmung

VII. Mobiles Internet

11. Mobile Vermittlungsschicht
12. Mobile Transportschicht

2.1 Einführung

2.2 GSM-Architektur

2.2.1 Funkteilsysteme

2.2.2 Vermittlungsteilsysteme

2.2.3 Betreibersteilsysteme

2.3 Luftschnittstelle

2.4 Signalisierung in GSM

2.4.1 Das LAPDm-Protokoll

2.4.2 Vermittlungsschicht

2.4.3 Handover

2.4.4 Location Update

2.4.5 Sicherheit in GSM

2.5 Dienste in GSM

2.5.1 Trägerdienste (Bearer Services)

2.5.2 Telematikdienste (Telematic Services)

2.5.3 Zusatzdienste (Supplementary Services)

- 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



[II.2]

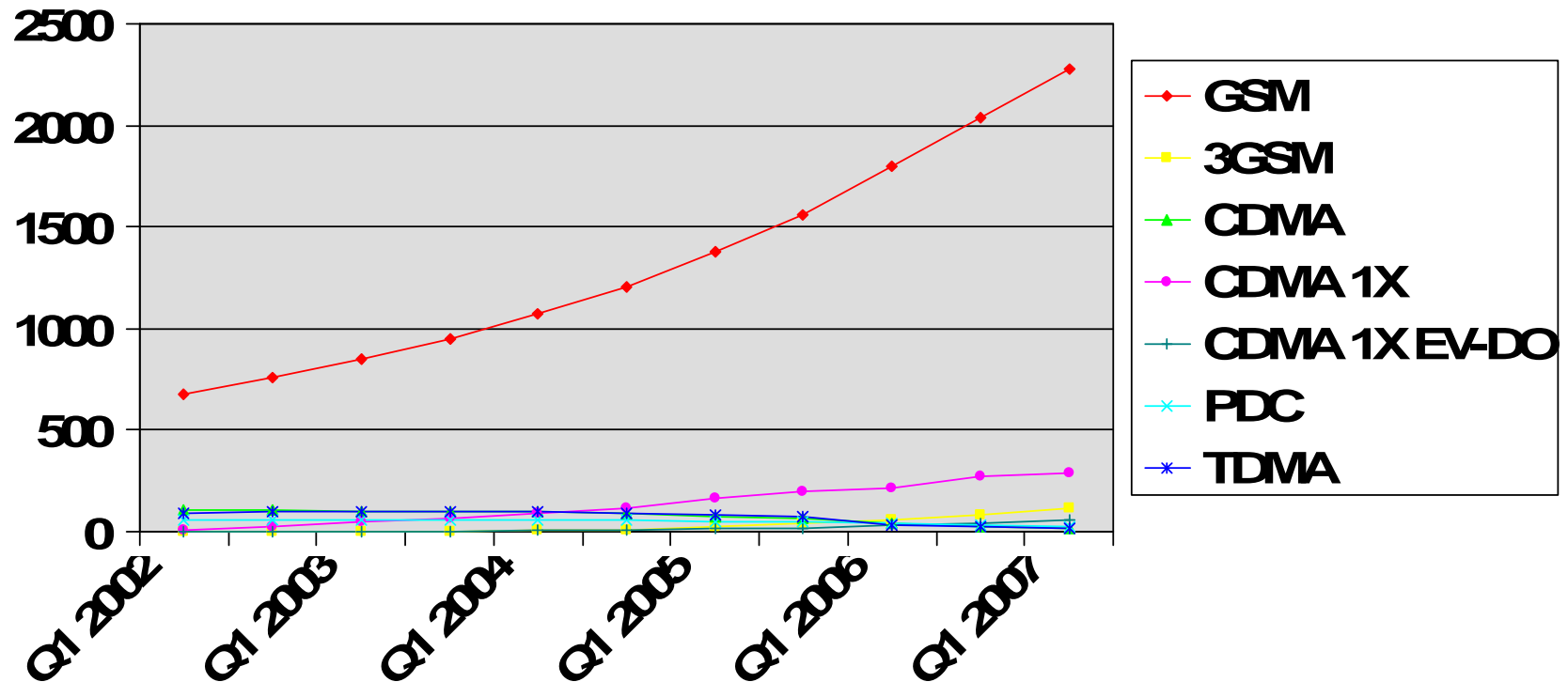
- Memorandum of Understanding (MoU)
 - 1987 von 13 europäischen Ländern unterzeichnet
 - ▶ Entwicklung soll nach den Empfehlungen der GSM erfolgen
 - ▶ Offenlegung der Schnittstellen gefordert
 - ▶ Vergabe von mindestens zwei Betreiberlizenzen pro Land
 - ▶ Wichtig für den Erfolg von GSM
- Ziele
 - Breites 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

... rasantes Wachstum

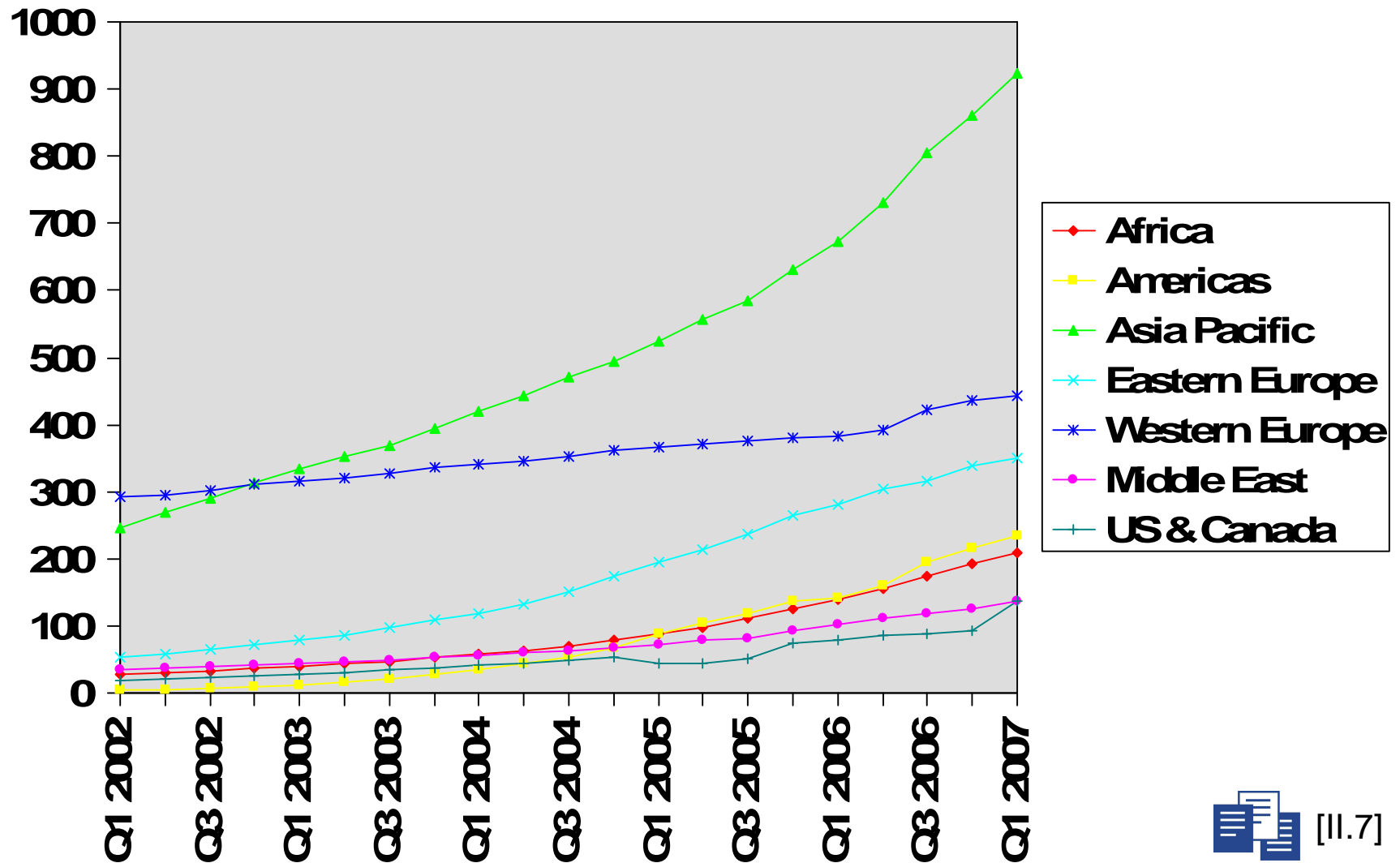
- 1991 (Juli): Testbetrieb in einigen Ländern
 - Verzögerung wegen hoher Komplexität des Systems
 - ▶ Technische Spezifikation \approx 8000 Seiten
 - ▶ Allein 1990 wurden 500 Änderungsvorschläge verabschiedet
 - 1993: Versorgung der großen Städte
 - 1995: Flächendeckender Betrieb
 - Dann: Übernahme in 210 Ländern (Asien, Afrika, Amerika, ...)
 - 2004 (Q1): 1 Milliarde Teilnehmer (!)
 - 2007 (März): 2,3 Milliarden Teilnehmer weltweit
 - Weltweit 84,5% Marktanteile (GSM und 3GSM) an Mobilfunk
- Kommunikations-technologie mit schnellstem Wachstum aller Zeiten! (Europäische Erfolgsstory!)

GSM-Teilnehmer (im Vergleich)

- Teilnehmerzahlen weltweit in Mio.



- **3GSM**
 - GSM mit W-CDMA Luftschnittstelle, bis zu 300 kbit/s
 - ▶ Bereitstellung von Multimedia Angeboten (Musik, TV und Video usw.)
- **CDMA** (Code Division Multiple Access)
 - 1993 Eingeführt von der Telecommunications Industry Association (TIA)
 - ▶ W-CDMA – Wideband CDMA. Die Basis für UMTS.
 - ▶ N-CDMA – Narrowband CDMA. Bezeichnet als IS-95 in den USA.
- **PDC** (Personal Digital Cellular System) – Japanisches Mobilfunknetz
 - Mobilstation sendet auf höherer Frequenz als Basisstation
 - Teilnehmerkapazität höher als in GSM
 - Aber: geringere Datenrate für den Teilnehmer
- **TDMA** (Time Division Multiple Access) – der erste digitale US Standard
 - DECT Digital Enhanced Cordless Telecommunications
 - ▶ Möglichkeit der Zusammenfassung von 32 kbit/s Kanälen.
 - IDEN Integrated Digital Enhanced Network



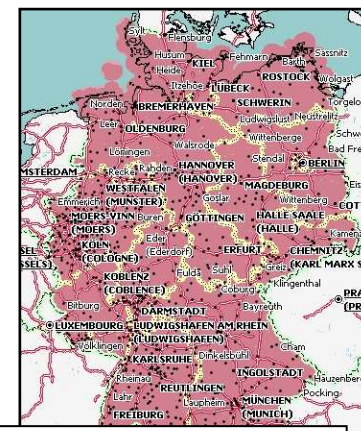
- 100 Millionen Teilnehmer (>100% der Bevölkerung!) (Stand 2008)
 - Zum Vergleich: 67 Festnetzanschlüsse auf 100 Einwohner
- 4 Provider teilen sich den Markt (Stand 2007)
 - 38% T-Mobile (34,3 Mio)
 - 35% Vodafone (31,6 Mio)
 - 15% Eplus (13,6 Mio)
 - 13% O2 (11,6 Mio)
- Flächendeckung (Stand Jan 2008)



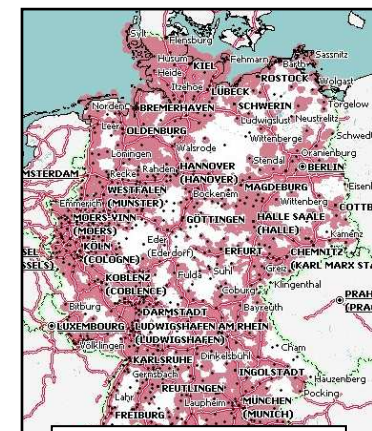
T-Mobile (GSM-900, D1)



Vodafone D2 (GSM-900, D2)



E-Plus (GSM-1800, E1)



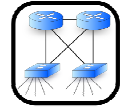
O2 (GSM-1800, E2)



Stand: Jan 2008



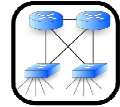
- ... GSM ist kein perfektes System!
 - keine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung
 - Netzzugriff nur über „reduzierten“ B-Kanal
 - ▶ keine Verlängerung des transparenten 64 kbit/s Trägerdienstes von ISDN
 - elektromagnetische Verträglichkeit
 - Missbrauch persönlicher Daten nicht ganz ausgeschlossen
 - Möglichkeiten der gezielten Kontrolle und Überwachung
 - hohe Komplexität des Systems
 - Kompatibilitätsprobleme innerhalb des GSM-Standards



- Folgende Teilsysteme werden unterschieden
 - **Funkteilsystem** (RSS: Radio Subsystem)
 - ▶ Funktechnische Aspekte
 - ▶ Luftschnittstelle → Kap. 2.3
 - **Vermittlungsteilsystem** (NSS: Network Subsystem)
 - ▶ Vermittlungstechnische Vorgänge
 - **Betreiberteilsystem** (OSS: Operation Subsystem)
 - ▶ Funktionen für den Betrieb und die Wartung

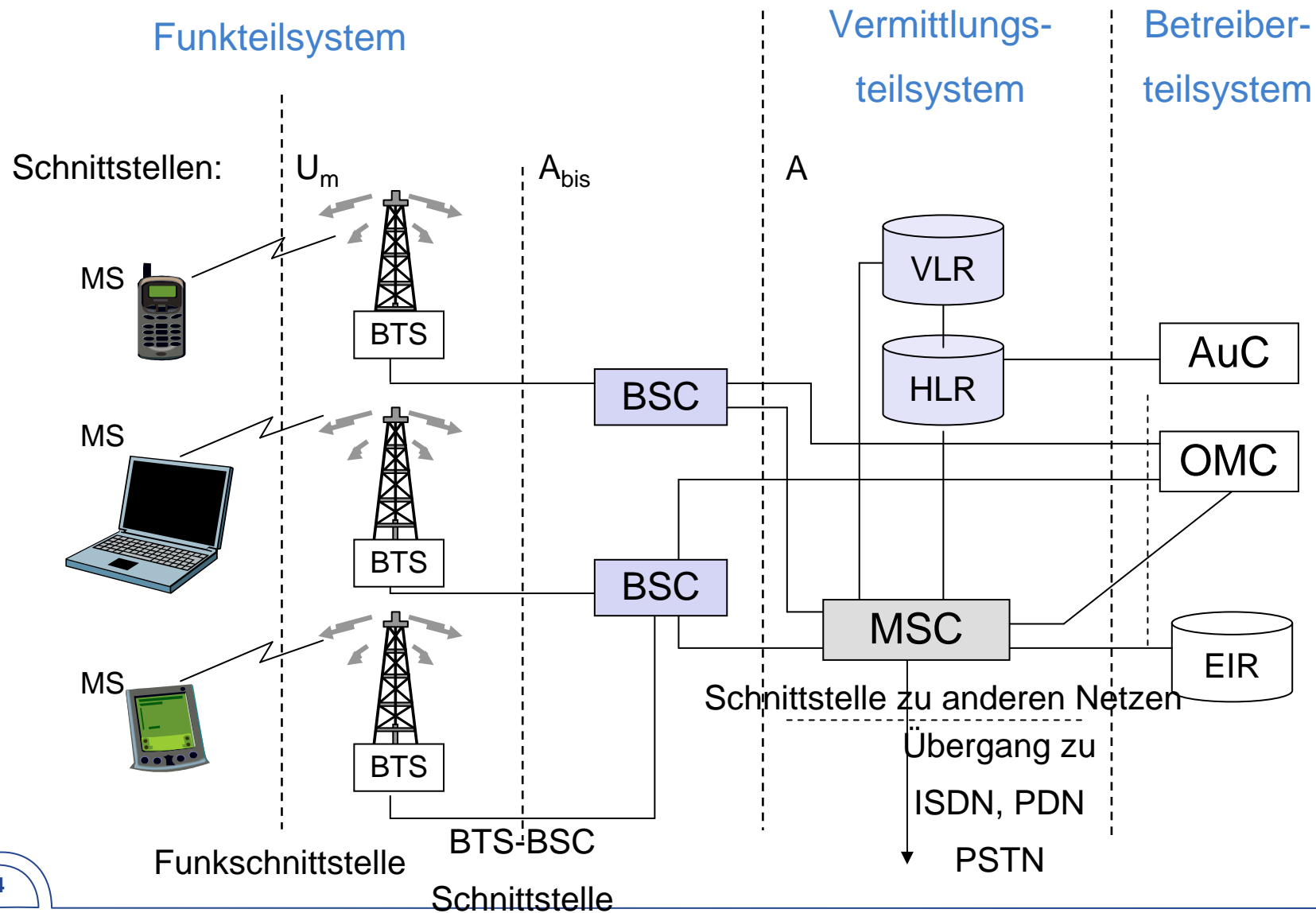
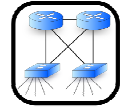
... im folgenden werden diese besprochen.

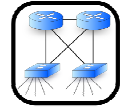




- MS: Mobile Station
- BTS: Base Transceiver Station
- BSC: Base Station Controller
- VLR: Visitor Location Register
- HLR: Home Location Register
- MSC: Mobile Switching Center
- AuC: Authentication Center
- OMC: Operation and Maintenance Center
- EIR: Equipment Identity Register

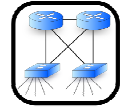




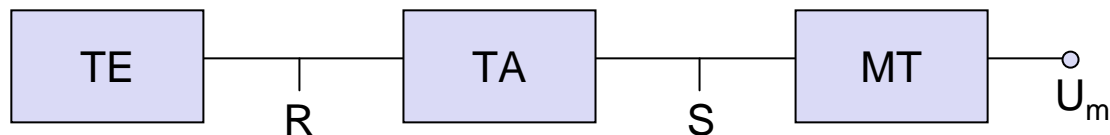


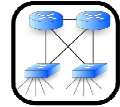
- Das Funkteilsystem (RSS) ist das flächendeckende zellulare Netz bis zu den Vermittlungsstellen
- Komponenten des Funkteilsystems
 - Mobilstationen (MS - Mobile Station)
 - Basisstationsteilsysteme (BSS - Base Station Subsystem)
 - ▶ **Basisstationen** (BTS - Base Transceiver Station)
 - ▶ Sende-/Empfangsanlagen 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





- 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





- Statische Daten

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

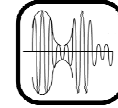
- Dynamische Daten

- Aufenthaltswahlinformation
 - ▶ TMSI etc.
- Übertragungsschlüssel K_c
- Liste der Trägerfrequenzen bei Handover und Verbindungseinrichtungen
- Liste gesperrter Netze
- ...

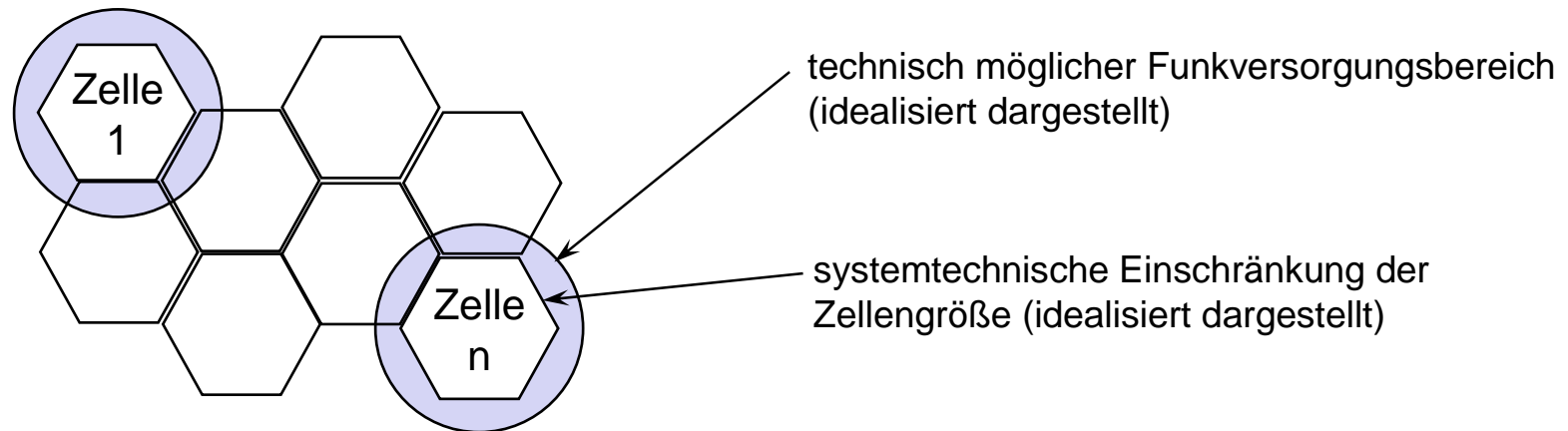
- Verwendeter Speicher

- RAM
- ROM
- EEPROM

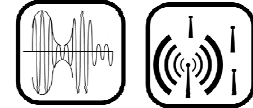




- Aufteilung des Versorgungsgebiets in Zellen

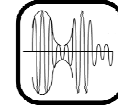


- Verwendung mehrerer Funkfrequenzen
 - ▶ Keine gleichen Frequenzen in benachbarten Zellen
- Keine einheitlichen Zellengrößen
 - ▶ Größe hängt von Verkehrsaufkommen und Sendereichweite ab (Stadtzentrum vs. Schwarzwald)
- Hexagonale Zellform ist idealisiert
 - ▶ Zellen überlappen unregelmäßig
- Zellwechsel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

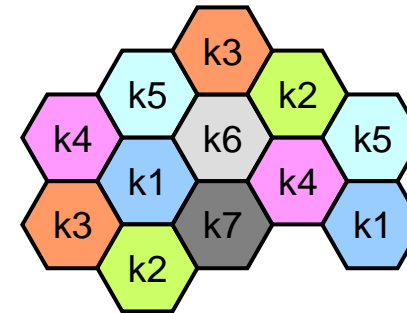
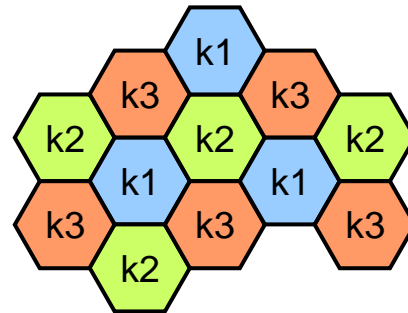


- **Raummultiplex**
 - Basisstation deckt jeweils gewissen räumlichen Bereich (Zelle) ab
- Mobilstationen kommunizieren ausschließlich über Basisstationen (BTS) mit anderen Stationen
- **Vorteile der Zellenstruktur**
 - mehr Kapazität und Teilnehmer erreichbar
 - weniger Sendeleistung notwendig
 - robuster gegen Ausfälle
 - überschaubarere Ausbreitungsbedingungen
- **Probleme**
 - Netzwerk zum Verbinden der Basisstationen erforderlich
 - Handover (Übergang zwischen zwei Zellen) notwendig
 - Störungen in anderen Zellen
 - Konzentration in bestimmten Bereichen
- **Zellengröße**
 - von 500 m (Stadt) bis 35 km (ländliches Gebiet)

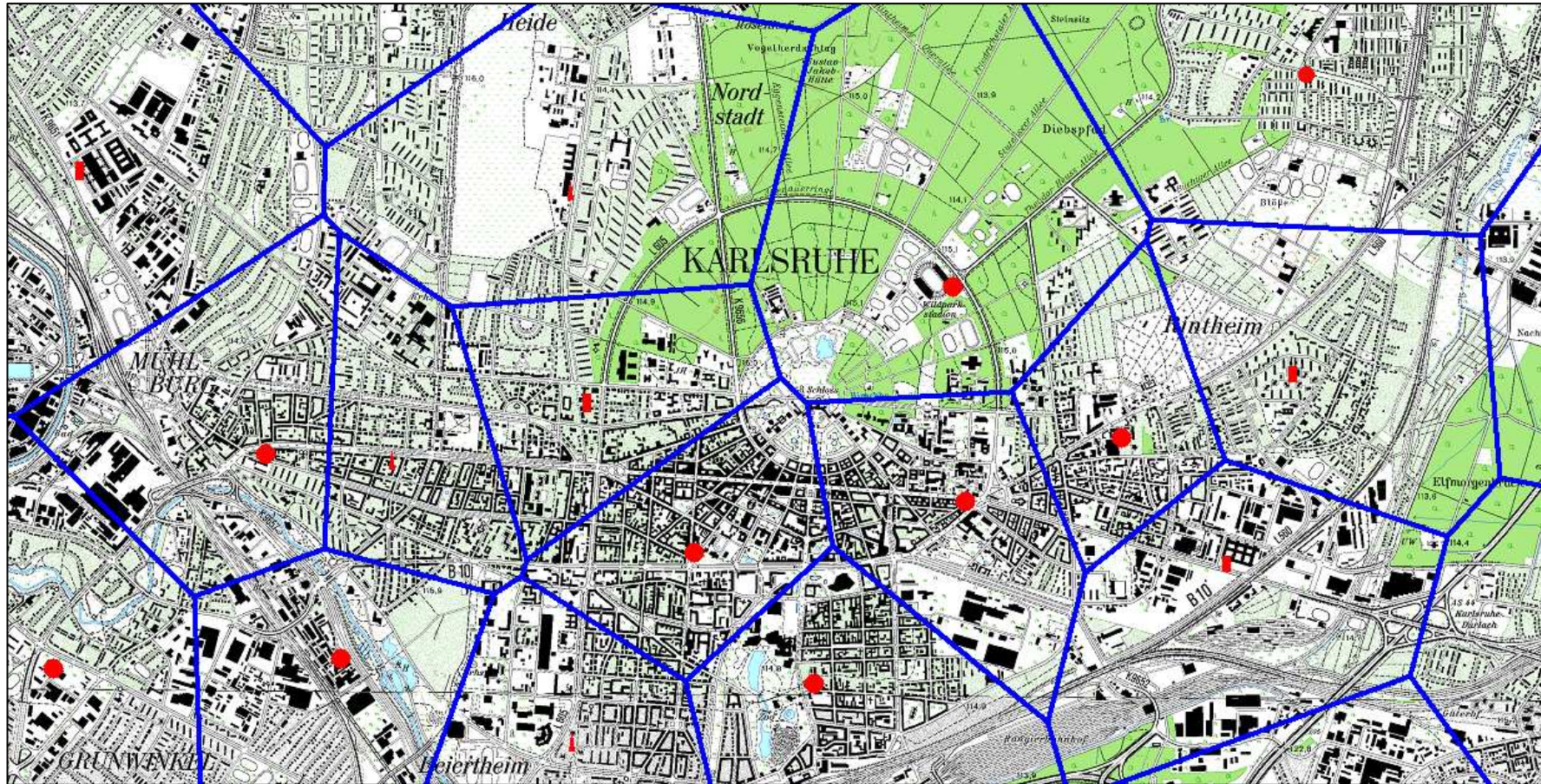




- Wiederverwendung von Frequenzen erfordert genügend Zellenabstand
- Beispiel: 3 Frequenzbereiche 7 Frequenzbereiche



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

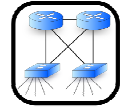


Nützlich, um Home-Zone-Adresse zu bestimmen ☺
(Warum?)

 [II.8, II.9]

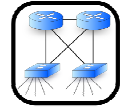
- Überblick über Aufgaben von BTS und BSC



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
Paging	X	X
Messungen Uplink Traffic	X	X
Mobility Management Authentifizierung Location Registration, Location Update		X X X
Handover-Verwaltung / Ausführung		X

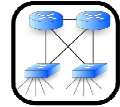


- Hauptbestandteil des öffentlichen mobilen Funknetzes
 - Vermittlungstechnische Aufgaben inkl. Mobilitätsmanagement
 - Anbindung anderer Netze
- Komponenten des Vermittlungsteilsystems
 - Mobilvermittlungsstelle (Mobile Switching Center - MSC)
 - ▶ Normale Vermittlungsaufgaben; Digitale ISDN-Vermittlungsstelle
 - ▶ 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



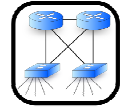


- Verantwortungsbereiche
 - Vermittlungsfunktionen
 - Zusatzfunktionen zur Unterstützung der Teilnehmermobilität
 - Verwaltung der Netzressourcen
 - Anbindung an andere Netzwerke (Gateway-MSC - GMSC)
 - Integration verschiedener Datenbanken
- Zu den wichtigsten Funktionen gehören
 - Alle Signalisierungsvorgänge 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
 - Zusatzdienste (aus ISDN bekannt) 
 - ▶ Rufweiterleitung, Rufsperrung, Konferenzschaltung
 - ▶ Generierung und Weiterleitung der Abrechnungsdaten
 - Unterstützung des Kurznachrichtendienstes (SMS)

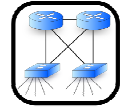


- Mobile Subscriber International ISDN Number (**MSISDN**)
 - Telefonnummer des Teilnehmers, nicht auf SIM gespeichert
 - ▶ Heimatlandkennung (Country Code, CC)
 - ▶ Internationale Vorwahl des Landes
 - ▶ Nationale Zielkennzahl (National Destination Code, NDC)
 - ▶ Vorwahl des Netzbetreibers, identifiziert das HLR
 - ▶ Teilnehmernummer im HLR (Subscriber Number, SN)
- International Mobile Subscriber Identity (**IMSI**)
 - 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 Netzwerk des Teilnehmers und damit HLR
 - ▶ Z.B. In Deutschland: 01: T-Mobile, 02: Vodafone
 - ▶ Teilnehmeridentität im nationalen Netzwerk (Mobile Subscriber Identification Number - MSIN)
 - IMSI identifiziert Teilnehmer eindeutig
 - ▶ Teilnehmer kann mehrere MSISDNs haben



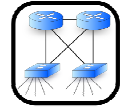


- Mobile Station Roaming Number (**MSRN**)
 - Temporäre Kennung mit Bezug zum aktuellen Standort
 - ▶ Wird zum Verbindungsaufbau zur Mobilstation benötigt
 - Vom MSC angefordert, vom VLR vergeben, im HLR gespeichert
 - ▶ $MSRN = VCC + VNDC + VMSC + VSN$ (ähnlich zu MSISDN)
 - ▶ „V“ = „Visitor“ zur Kennzeichnung 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, 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



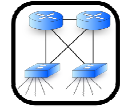
- Information, die im HLR gespeichert wird
 - Statische Daten, z.B.
 - ▶ Mobile Subscriber International ISDN Number (**MSISDN**)
 - ▶ International Mobile Subscriber Identity (**IMSI**)
 - ▶ Abonnierte Basis- und Zusatzdienste
 - ▶ Zusatzprioritäten
 - ▶ Authentifikationsschlüssel
 - ▶ Falls AuC im HLR integriert
 - Temporäre Daten, z.B.
 - ▶ Momentaner Aufenthaltsbereich
 - ▶ Mobile Station Roaming Number (**MSRN**)
 - **Gebührenerfassung** und Verwaltungsaufgaben





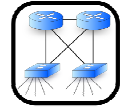
- Information, die im VLR gespeichert wird
 - Vom Heimatregister übertragene Information, z.B.
 - ▶ Authentifikationsdaten
 - ▶ Werden von AuC/HLR bereitgestellt
 - ▶ International Mobile Subscriber Number (**IMSI**)
 - ▶ Rufnummer (**MSISDN**)
 - ▶ Vereinbarte Dienste
 - Steuert Zuordnung der Roamingnummer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





- 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
 - ▶ Netzwerkmanagement
 - **Mobilstationsverwaltung**
 - ▶ Information bzgl. Besitzer- und Mobilstationsidentität
 - ▶ Z.B. suche gestohlener bzw. defekter Mobilstationen





- 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





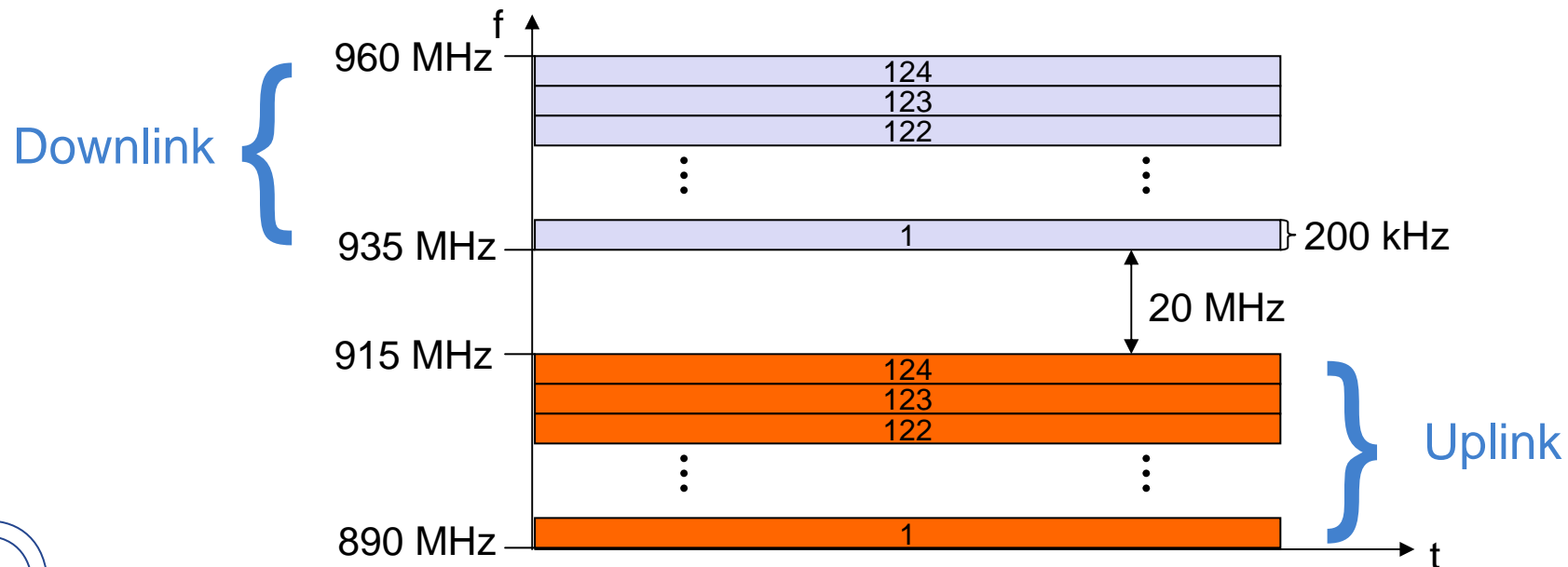
- Schnittstelle U_m
 - Zwischen Mobilstation und „restlichem“ GSM-Netz
 - ▶ Physikalische Kommunikation
 - ▶ Zwischen Mobilstation und BTS
 - ▶ Logische Kommunikation
 - ▶ Zwischen Mobilstation und BSC
 - ▶ Zwischen Mobilstation und MSC
 - Datenrate
 - ▶ 270,833 kbit/s
- Verwendete Multiplextechniken
 - **Raummultiplex** (SDMA)
 - ▶ Zellenstruktur
 - **Frequenzmultiplex** (FDMA)
 - ▶ Zuordnung von Frequenzen zu Kanälen
 - **Zeitmultiplex** (TDMA)
 - ▶ Nutzung von Zeitschlitzten auf Kanälen





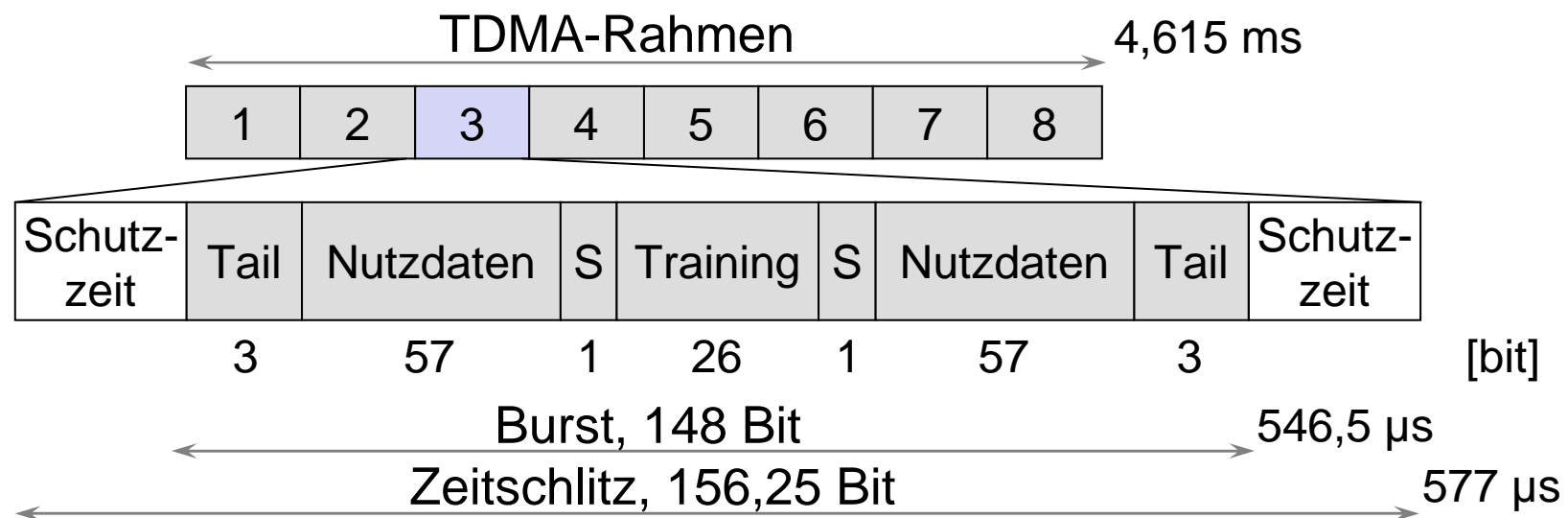
Frequenz-Duplex

- 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





- 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





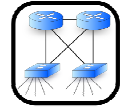
- Burst
 - „Einheit“ zur Übertragung der Daten
 - Normaler Burst
 - ▶ Übertragung von Daten in Verkehrs- und Steuerkanälen
 - Zugangsburst
 - ▶ Dient zum Verbindungsaufbau
 - Synchronisationsburst
 - ▶ Präzise Synchronisation von Mobilstation und Basisstation
 - ▶ Längere Trainingssequenz
 - Burst zur 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





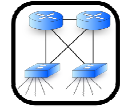
- Logischer Kanal
 - Zuordnung von Zeitschlitzten physikalischer Kanäle
 - Belegung eines ganzen physikalischen Kanals oder eines Teils davon
- Unterscheidung zweier Hauptgruppen logischer Kanäle
 - **Verkehrskanäle** (Traffic Channel, TCH)
 - ▶ Nutzdatenübertragung
 - **Steuerkanäle** (Control Channel, CCH)
 - ▶ Signalisierung zur Vermittlung
 - ▶ Mobilitätsmanagement
 - ▶ Zugriffssteuerung auf Luftschnittstelle





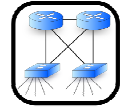
- **B_m-Kanal** („mobiler“ B-Kanal)
 - Anderer Name: Vollratenkanal (Full Rate TCH – TCH/F)
 - ▶ Bruttodatenrate: 22,8 kbit/s
 - Sprachübertragung
 - ▶ Lediglich 13 kbit/s erforderlich
 - ▶ Rest für Fehlerkorrektur genutzt
- **L_m-Kanal**
 - Half Rate TCH (TCH/H)
 - ▶ Bruttodatenraten von 11,4 kbit/s
 - Verdopplung der Kanalzahl bei unverändertem Frequenzbereich möglich
 - ▶ Sprachübertragung mit 6 bzw. 3,6 kbit/s





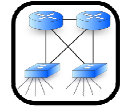
- **D_m-Kanäle** („mobiler“ D-Kanal)
 - Paketorientierter Signalisierungsdienst
 - ▶ Steuerung und Management des Mobilfunknetzes wesentlich aufwändiger als bei einem Festnetz
 - Drei Gruppen von Steuerkanälen
 - ▶ **Broadcast Control Channel** (BCCH) – Broadcast-Kontrollkanal
 - ▶ **Common Control Channel** (CCCH) – gemeinsamer Kontrollkanal
 - ▶ **Dedicated Control Channel** (DCCH) – dedizierter Kontrollkanal





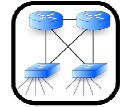
- Aufgabe
 - Übertragen von Information auf einem Punkt-zu-Mehrpunkt-Kanal von der Basisstation zur Mobilstation (BTS → MS)
 - ▶ Kennzeichnung des Netzes
 - ▶ Verwendete Frequenzen
 - ▶ ...
- Unterkanäle, z.B.
 - Frequency Correction Channel (FCCH)
 - ▶ Übertragung des Bursts zur Frequenzkorrektur
 - Synchronisation Channel (SCH)
 - ▶ Übertragung des Synchronisationsbursts





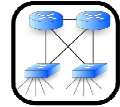
- Aufgabe
 - Steuerkanäle für den Verbindungsaufbau Netz \leftrightarrow Mobilstation
- Unterkanäle, z.B.
 - **Paging Channel (PCH)**
 - ▶ Selektive Adressierung einer gerufenen Mobilstation bei einem Verbindungsaufbauwunsch
 - ▶ Nur im Downlink (BTS \rightarrow MS)
 - **Random Access Channel (RACH)**
 - ▶ 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 \rightarrow 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 \rightarrow MS)





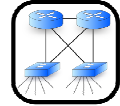
- Aufgabe
 - Übertragen von Signalisierinformation zur Verbindungssteuerung
 - ▶ Bidirektionaler Kanal (BTS \leftrightarrow MS)
- Unterkanäle
 - Stand-alone Dedicated Control Channel (SDCCH)
 - ▶ Verwendet, solange nur Steuerinformation übertragen wird
 - ▶ Registrierung, Authentifizierung, Aufenthaltsinformation, 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





- Bisher betrachtet
 - Frequenz- und Zeitmultiplexen an der U_m -Schnittstelle
 - ▶ 124 Frequenzbänder mit TDMA-Rahmen von 8 Zeitschlitzes sowohl im Uplink als auch im Downlink
 - Aufteilung der physikalischen Kanäle in logische Kanäle
 - ▶ Aufgaben der logischen Kanäle
- Jetzt
 - Zusammenfassung von TDMA-Rahmen in sogenannte **Mehrfachrahmen**
 - Damit „Platzierung“ der logischen Kanäle an exakt spezifizierten Stellen



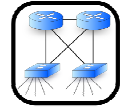


- **Verkehrsmehrfachrahmen**

- 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“
- Periodisches Muster von 26 TDMA-Rahmen

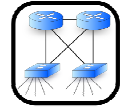
- **Steuerungsmehrfachrahmen**

- Für Signalisierungsinformationen
- Periodisches Muster von 51 TDMA-Rahmen



- 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





Hyper-rahmen



3h 28min 53,76s

Super-rahmen

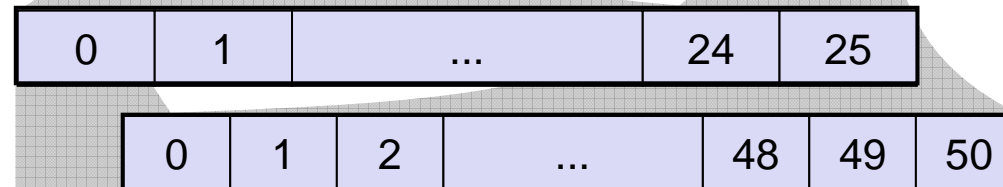
Verkehr
Steuerung



6,12s

Mehrfach-rahmen

Verkehr
Steuerung

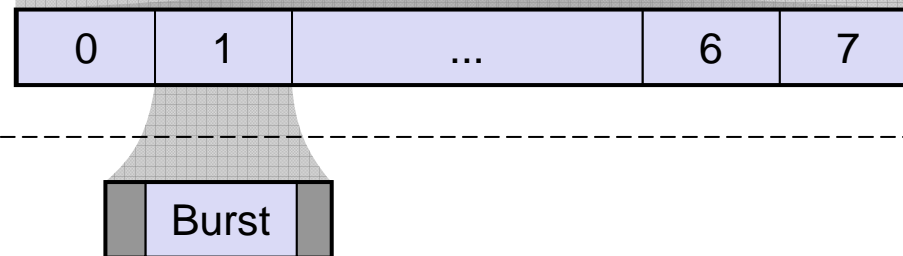


120ms

235,4ms

TDMA-Rahmen

Zeitschlitz



4,615ms

577µs

