Mobilitätsmanagement in GSM, GPRS und UMTS

Ruedi Arnold

Inhalt – Ablauf

1. **Einführung – Generationen**
2. **GSM** (Global System for Mobile Communication)
   - Architektur
   - Zellen
   - Handover
   - Lokalisierung
3. **GPRS** (General Packet Radio Service)
   - Architektur
   - Session
   - Routing (IP)
   - Qualität
4. **UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System)
   - Architektur
   - Facts / Ziele
   - UTRAN
   - Zellhierarchie
5. **Schlussbemerkungen**

Ziele des Vortrages

- Eine **Übersicht** über einige wichtige **Mobiltechnologien**
  - Motivation und Einsatz
- **Verständnis** für das **Mobilitätsmanagement** und für Probleme der **Mobilkommunikation** (z.B. Lokalisierung, Handover)
- **Möglichkeiten** der **Zukunft** der mobilen Kommunikation skizzieren
- zeitlich nicht zu lange werden... ;-)
  - Warnung: 47 Folien (und einige Extra...)

Kein Ziel des Vortrages

- Das **Gebiet GSM, GPRS und UMTS** ist **riesig**!!!
  - Es gäbe sehr viele Aspekte und Details
- Mein Ziel hier ist ein grober **Überblick** über das **Mobilitätsmanagement** und die dazu nötigen (technischen) **Grundlagen** zu geben
- **vereinfachte** Skizzen und Darstellungen!

Es ist nicht mein Ziel, allzu technisch auf GSM usw. einzugehen.

Generationen

- Mobilkommunikation: verschiedene **Generationen von Mobil- Technologien**
- UMTS: **dritte Generation** mobiler Kommunikationssysteme
  - Frage: Generationen davor?
- Zum Einstieg (historischer) Überblick

1. Generation – analog

Merkmale	Zeitrahmen	Vertreter
analoges System primär für **Sprache** konzipiert **viele** verschiedene **Standards** (80er: 7 inkompatible in Europa! – nationale Beschränkung)	1958: A-Netz (D) 1983: AMPS 1981: NMT 1998: USA - immer noch über 80% AMPS	**C-Netz** (D) **AMPS** (Advanced Mobile Phone Service) **NMT** (Nordic Mobile Telephone)

2. Generation – digital

Merkmale (GSM)	Zeitrahmen	Vertreter
digitales System **verbindungs-orientiert** ISDN – und analog Telefonie kompatibel einheitlicher Standard (Europa)	1982: Groupe Spéciale Mobile 1991: erste GSM Netze 2001: (in Europa) stark verbreitet!	**GSM** (Global System for Mobile Communications) IS-95 CDMA / IS-136 TDMA (USA) **PDC** (Personal Digital Cellular, Japan) [vgl: Vortrag iMode!]

2.5 Generation – GSM+

Merkmale	Zeitrahmen	Vertreter
Verbesserung & Erweiterung **GSM** **HSCSD:** parallel mehrere GSM Verbindungen **GPRS:** packet-service auf GSM Basis **EDGE:** höhere Bandbreite durch bessere Codierung (8PSK vs GMSK)	2001: **HSCSD** verfügbar in CH 2001: **GPRS** teilweise verfügbar (diAx) **EDGE:** ?	**HSCSD** (High Speed Circuit Switched Data) **GPRS** (General Packet Radio Service) **EDGE** (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)

3. Generation – UMTS

Merkmale	Zeitrahmen	Vertreter
digitales System **verbindungs-** UND **packet-**orientiert **weltweit** einheitlich Transport **multimedialer** Daten	1992: Frequenzen festgelegt. 1998: 3GPP (Third Generation Partnership Project) 2001: Testnetze kommerziell geplant für 2002	**U**niversal **M**obile **T**elecommunications **S**ystem

Inhalt – Ablauf

1. **Einführung – Generationen**
2. **GSM** (Global System for Mobile Communication)
   - Architektur
   - Zellen
   - Handover
   - Lokalisierung
3. **GPRS** (General Packet Radio Service)
   - Architektur
   - Session
   - Routing (IP)
   - Qualität
4. **UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System)
   - Architektur
   - Facts / Ziele
   - UTRAN
   - Zellhierarchie
5. **Schlussbemerkungen**

GSM – Facts I

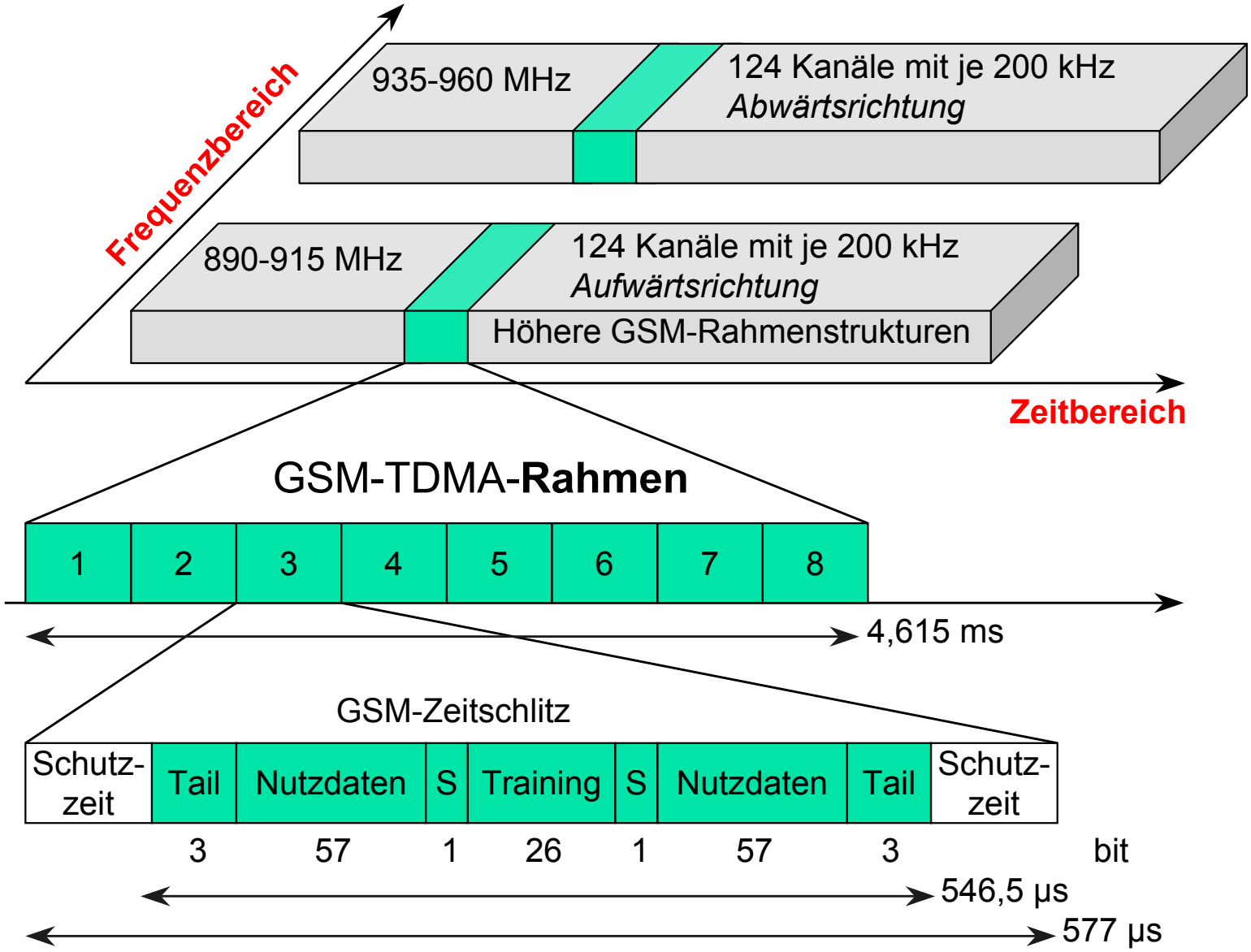
- **Kommunikation**:
  - Mobile Kommunikationsmöglichkeit über einen **verbindungsorientierten** Funkweg
  - Unterstützung für **Sprach- und Datendienste** (bis 9.6 kbit/s)
  - komplexe **Rahmenstruktur** (TDMA)
  - getrennte **Daten- und Kontrollkanäle**

    Detail: SMS auf Kontrollkanal

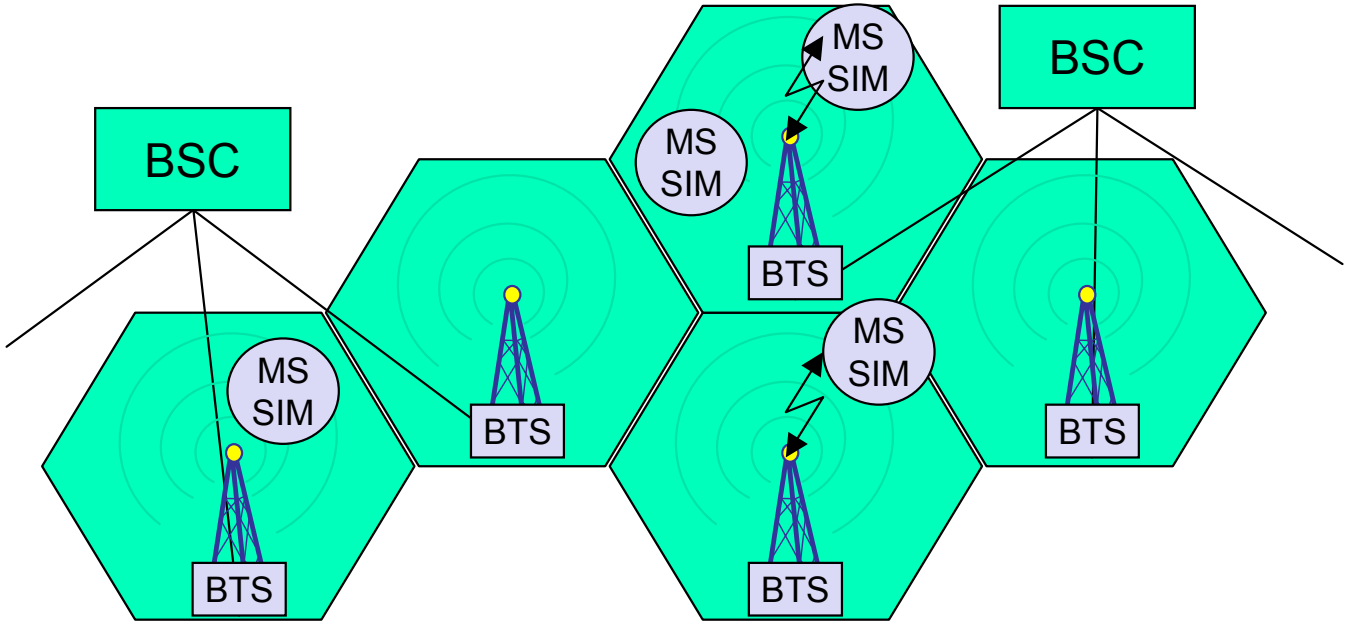
GSM – Facts II

- **Erreichbarkeit**:
  - Grenzübergreifend unter gleicher Rufnummer (**Roaming**)
  - Netz übernimmt **Lokalisierungs**-Aufgaben transparent
- **Sicherheitsmaßnahmen**:
  - Zugangskontrolle durch Einsatz von Chipkarte und PIN
  - Verschlüsselte Übertragung von Daten
- hohe **Komplexität** des Systems
  - Draft des Standards: mehr als 5000 Seiten!!!

GSM – FDMA / TDMA



GSM – Funksubsystem (RSS)

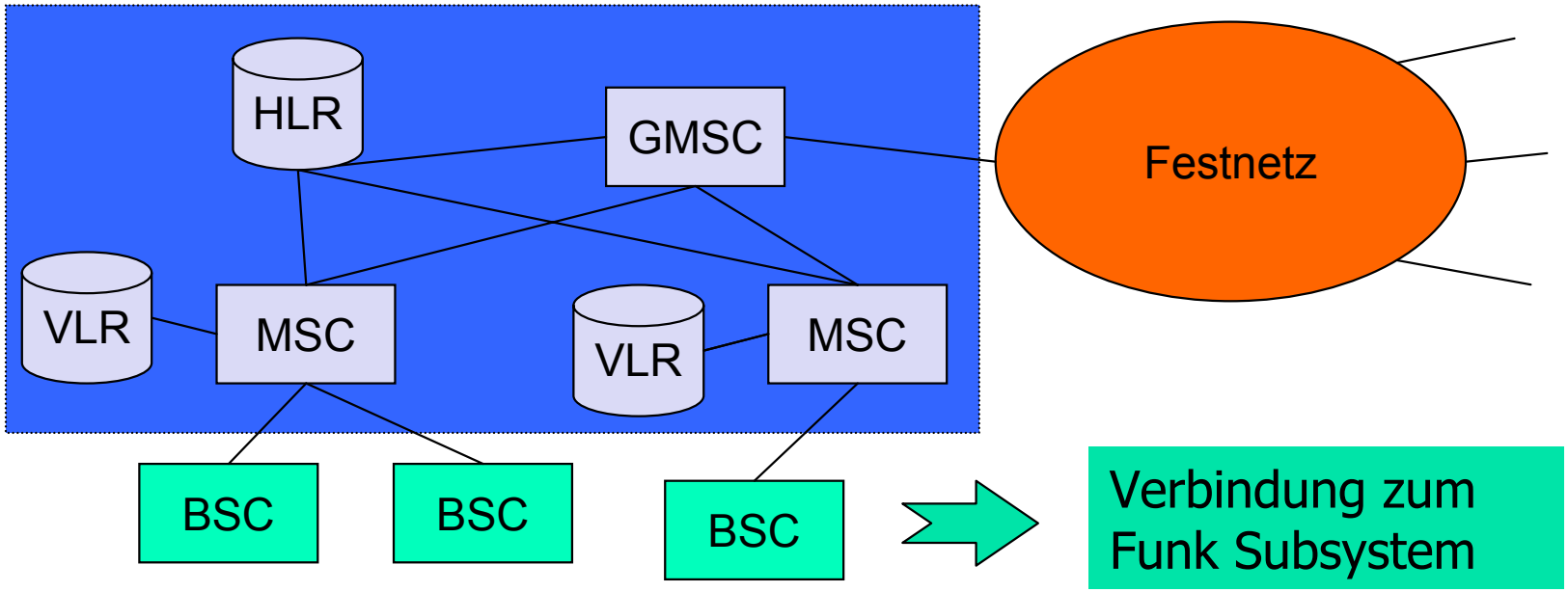


Das **Radio Subsystem (RSS)** besteht aus:

- **BSC** Base Station Controler
- **BTS** Base Transceiver Station

- **MS** Mobile Station
- **SIM** Subscriber Identity Module

GSM – Netz und Betrieb



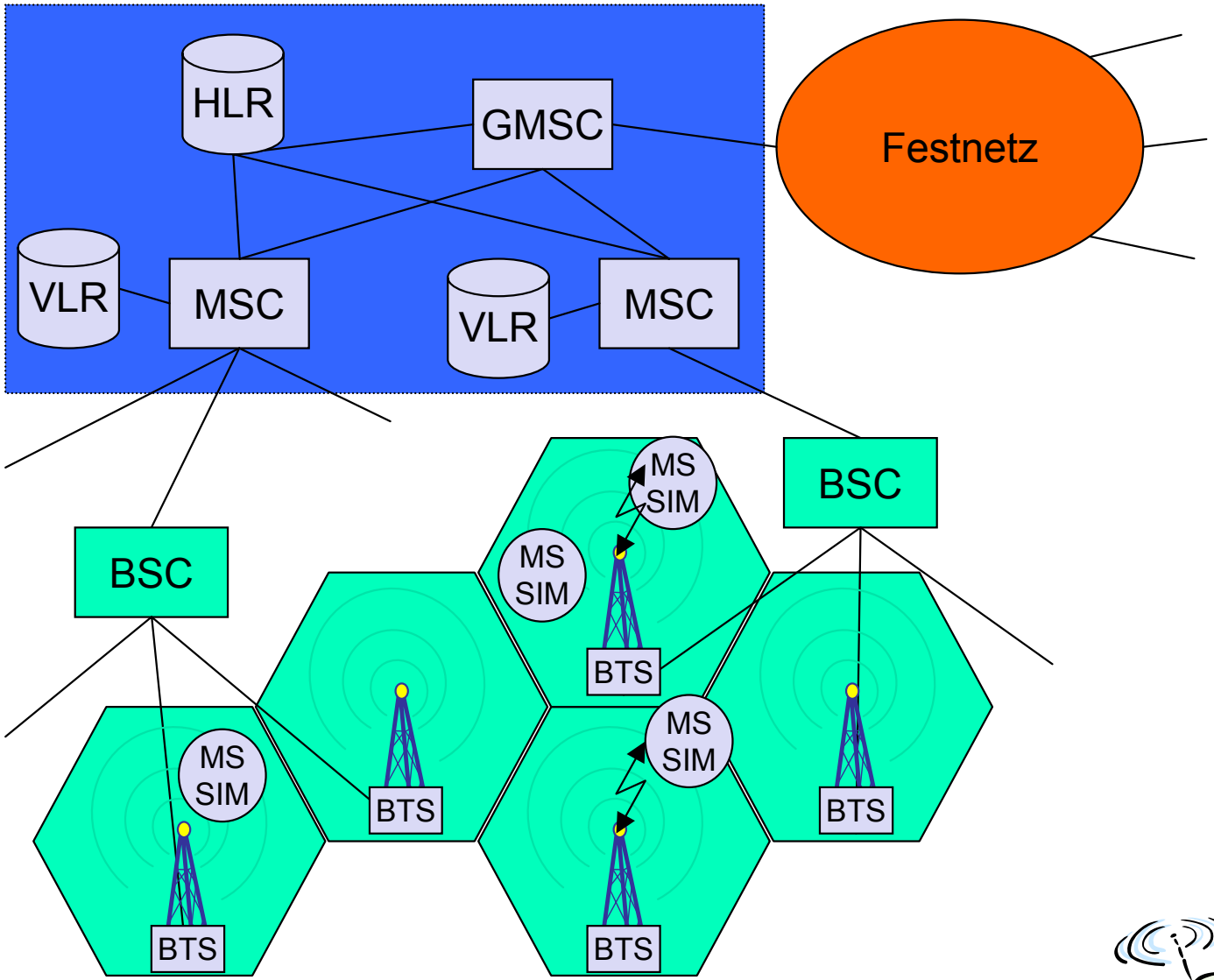
Das **Netzwerk Subsystem** und das **Betriebs- und Wartungs-Subsystem** bestehen aus:

- **MSC** Mobile Services Switching Center
- **GMSC** Gateway MSC
- **VLR** Visitor Location Register
- **HLR** Home Location Register

GSM – Architektur

Netzwerk Subsystem / Betreib- und Wartungs-Subsystem

Funksubsystem (RSS) / Mobile Station



GSM – Warum Zellen?

- Wieso gibt es nicht „weltweite Funkgeräte"?

- Lokalität (Zellen) hat viele Vorteile/Gründe:
  - **mehr Benutzer** möglich (Frequenzen sind beschränkt – Wiederverwendung!)
  - weniger **Interferenz**
  - Mobilstation braucht weniger (Sende-) **Energie**

GSM – Kennungen

Kennungen für Lokalisierung und Verbindungsaufbau :

- **MSISDN** (Mobile Subscriber ISDN):
  - hierarchische Telefonnummer
  - gebunden an SIM, NICHT an MS
  - identifiziert HLR
- **IMSI** (International Mobile Subscriber Identity):
  - GSM interne eindeutige Kennzeichnung
- **TMSI** (Temporary Mobile Subscriber Identity):
  - Identität nicht preisgeben: TMSI statt IMSI verwenden
  - periodische gewechselt vom VLR
- **MSRN** (Mobile Station Roaming Number):
  - ähnlich wie MSISDN
  - im HLR abgelegt
  - identifiziert aktuelles MSC/VLR

GSM – VLR / HLR

- **Home Location Register:**
  - 1 x pro MS
  - wichtigste Datenbank in GSM
  - Identifikation durch MSISDN
  - speichert alle Teilnehmer Daten:
    - MSISDN
    - freigeschaltete Dienste
    - Authentifizierungsdaten
    - aktueller Aufenthaltsort (MSRN)

- **Visitor Location Register:**
  - 1 x pro MSC
  - Daten aller MS im Einzugsbereich der MSC
  - häufige Aktualisierung durch neu auftretende Handys
  - Hierarchisierung des HLR! – updates!!!
  - Identifikation durch MSRN

GSM – Anruf zur MS

1: Ruf eines GSM Teilnehmers (MSISDN)

2: Weiterleitung zum GMSC

3: Verbindungsaufbaunachricht zum HLR

4: Anfrage der Mobile Station Roaming Number (MSRN) vom VLR

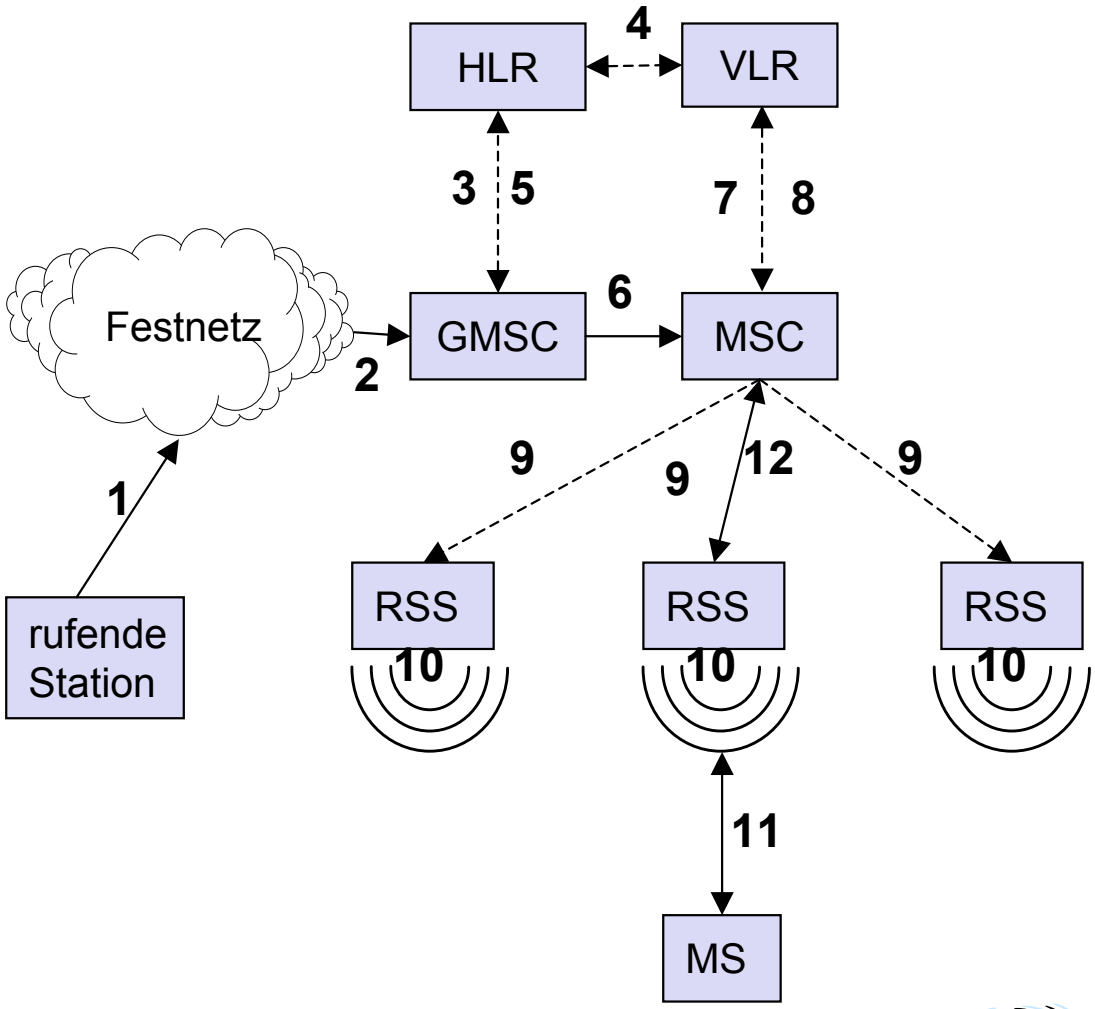
5: Ortsangabe: derzeitiges MSC zum GMSC

6: Anrufweiterleitung zum derzeitigen MSC

7, 8: Request IMSI, TMSI

9, 10: Ruf der MS (Paging)

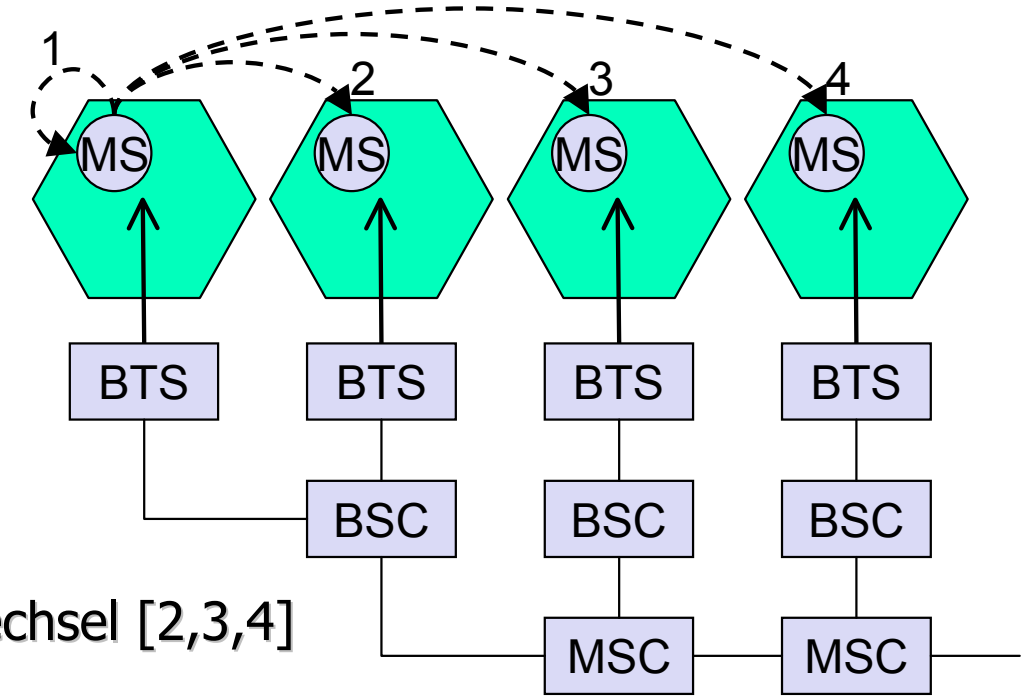
11, 12: MS antwortet



GSM – Handover

Handover = aktive Netzverbindung beim Wechsel des Netzzugangspunktes transparent weiterreichen

4 Arten des Handovers



Gründe für ein Handover:

- **Bewegung** der MS – Zellenwechsel [2,3,4]
- **Lastverumverteilung** [2,3,4]
- **Frequenzstörung** [1]

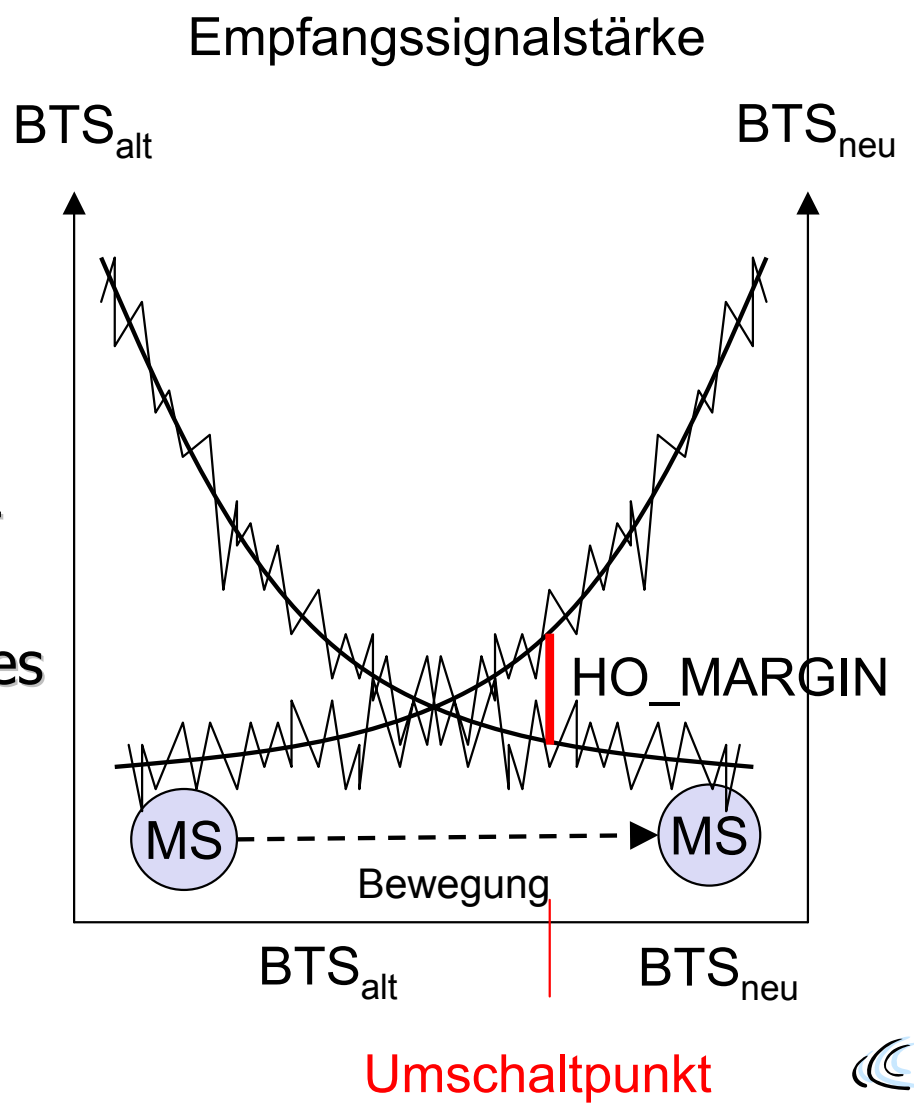
GSM – Wann Handover?

MS und BTS schicken sich **periodisch Messungen** der Qualität in Auf- und Abwärtsrichtung!

BSC beobachtet und legt unter Verwendung eines Hysterese-Schwellwertes den Zeitpunkt eines Handovers fest

Benutzer soll den Handover-Vorgang **nicht bemerken**

⇒ ***Transparenz!***



GSM – Registrierung

- Was passiert, wenn ein Handy neu eingeschaltet wird? (Wenn in der MS keine TMSI vorhanden ist.)

  1. MS ermittelt Frequenz des Trägers mit stärkster Leistung
  2. MS schickt diesem MSC/VLR „Location updating request"
  3. HLR Eintrag wird erneuert (neues VLR eintragen)
  4. HLR löscht Eintrag im alten VLR
  5. Eintrag Nutzerdaten im neuen VLR (Kopie vom HLR zum VLR)
  6. MS erhält „accept"-Nachricht und neue TMSI (verschlüsselt)

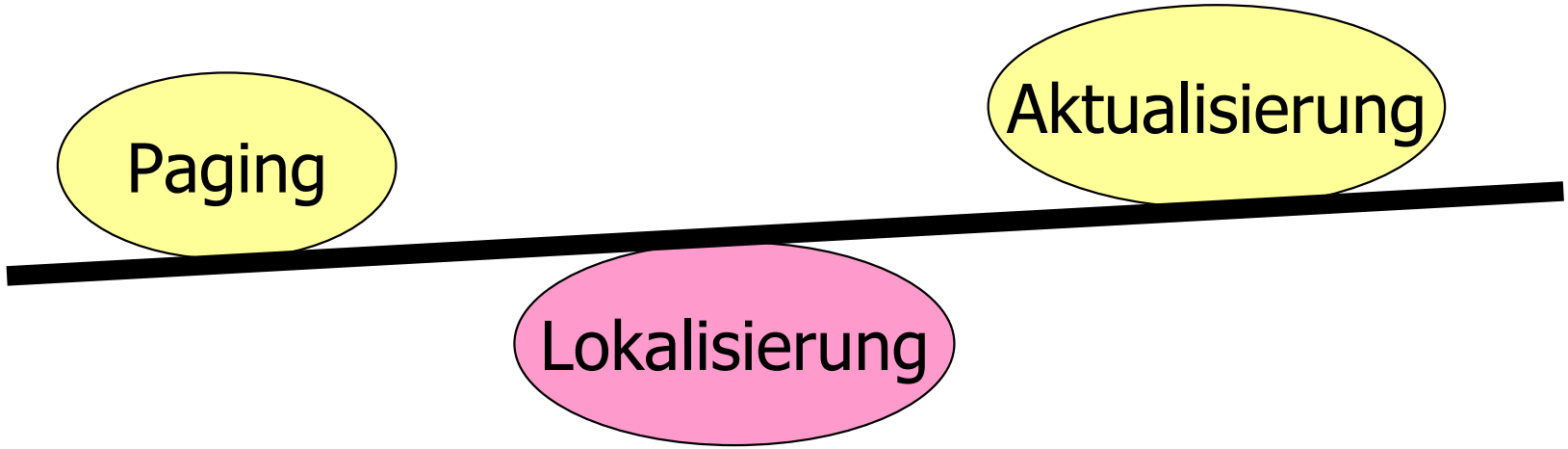
GSM – Aktualisierung

Aktualisierung = Prozess der „Verfolgung" der aktuellen Position einer MS.

- BTS sendet periodisch Identifikation seines BSC-Gebietes (LA = Location Area) aus
- Registrierung und Aktualisierung besitzen einen nahezu identischen Ablauf
- Aktualisierung wird auch zur Wiederherstellung gebraucht. (HLR-VLR Daten/ Funkverbindung)

→ Dem GSM-Netz ist Position von eingeschaltetem Handy jederzeit bekannt!

Lokalisierung: Trade off



Genaue Lokalisierung – viel Aktualisierungs-Verkehr – kleine Paging Area

vs

Grobe Lokalisierung – wenig Aktualisierungs-Verkehr – grosse Paging Area

GSM – Schlussbemerkung

- GSM ist ein sehr umfangreicher Standard
  - sehr viele funktionale Einheiten und Dienste definiert
- auf Sprachdienste optimiert
- weniger geeignet für Datendienste (http, ftp...)
  - geringe Bandbreite
  - verbindungsorientiert (Leitung bezahlen)
  - gleiche Kapazität auf- und ab-Richtung
- Beispiel für einen erfolgreichen Standard

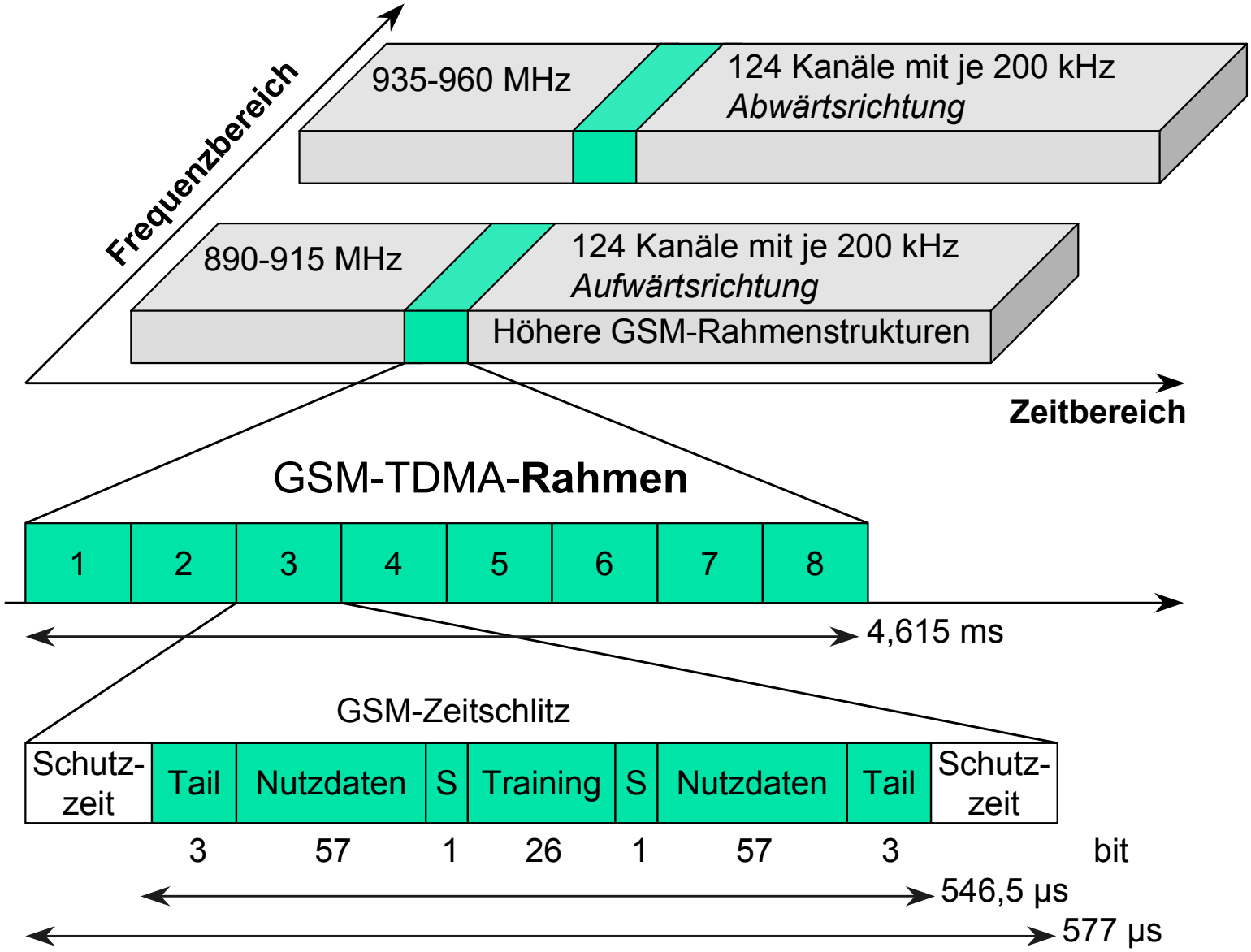
Inhalt – Ablauf

1. **Einführung – Generationen**
2. **GSM** (Global System for Mobile Communication)
   - Architektur
   - Zellen
   - Handover
   - Lokalisierung
3. **GPRS** (General Packet Radio Service)
   - Architektur
   - Session
   - Routing (IP)
   - Qualität
4. **UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System)
   - Architektur
   - Facts / Ziele
   - UTRAN
   - Zellhierarchie
5. **Schlussbemerkungen**

GPRS – Facts

- Erweiterung des **GSM** Netzes
- **paketorientierter** Datendienst
  - Belegung der Zeitschlitze nur wenn Daten vorhanden (z.B. max. 115 kbit/s bei kurzfristiger Belegung von 8 slots)
- Vorteil: Schritt in Richtung UMTS, flexibler
  - asynchroner Daten-Verkehr: verschiedene Anzahl slots in auf- und ab-Richtung
    Web Applikationen
  - Datenabhängige Bezahlung vs feste Verbindung (GSM)
  - Verschiedene Stufen der Dienst-Qualität
- Nachteil: mehr Investitionen (neue HW!)

GPRS – slots


Frequenzbereich
935-960 MHz
124 Kanäle mit je 200 kHz
Abwärtsrichtung
890-915 MHz
124 Kanäle mit je 200 kHz
Aufwärtsrichtung
Höhere GSM-Rahmenstrukturen
Zeitbereich
GSM-TDMA-Rahmen
1
2
3
4
5
6
7
8
4,615 ms
GSM-Zeitschlitz
Schutz-zeit
Tail
Nutzdaten
S
Training
S
Nutzdaten
Tail
Schutz-zeit
3
57
1
26
1
57
3
bit
546,5 µs
577 µs

GPRS – Architektur

Internet
GGSN
HLR/ GR
GMSC
Festnetz
VLR
SGSN
MSC
VLR
MSC
SGSN
BSC
BSC
MS SIM
MS SIM
BTS
MS SIM
BTS
BTS
BTS
BTS

GR
GPRS Register

SGSN
Serving GPRS Support Node

GGSN
Gateway GPRS Support Node

GPRS – SGSN

- **SGSN** (Serving GPRS Support Node)
  - Unterstützung der MS (Location, Abrechnung, Sicherheit)
  - Attach / Detach Prozedur
  - Kennt Location/ VLR sowie die IMSI der MS
  - Entspricht in der Hierarchie in etwa MSC in GSM

GPRS – GR & GGSN

- **GR** (GPRS Register) = Erweiterung beim HLR
  - speichert alle GPRS-relevanten Daten
    - aktueller SGSN
    - GPRS-Benutzeradressen
- **GGSN** (Gateway GPRS Support Node)
  - Bidirektionale Konvertierung zwischen GPRS und Paket Daten Netzwerk (Internet)
  - Kennt aktuellen SGSN eines Users

GPRS – attach / detach

attach = Registrierung der MS bei einem SGSN

- ähnlicher Vorgang wie Registrierung in GSM
  - aber grundsätzlich unabhängig von GSM Verbindungsaufbau / Registrierung
- attach muss **vor Benutzung** von GPRS Diensten geschehen
- Falls Benutzer autorisiert werden Daten **vom HLR zum SGSN** kopiert und MS bekommt eine **PTMSI** (Packet Temporary Mobile Subscriber Identity)
- **detach**: Loslösung vom GPRS Netz
  - Ausgelöst von MS oder Netz (SGSN oder HLR)

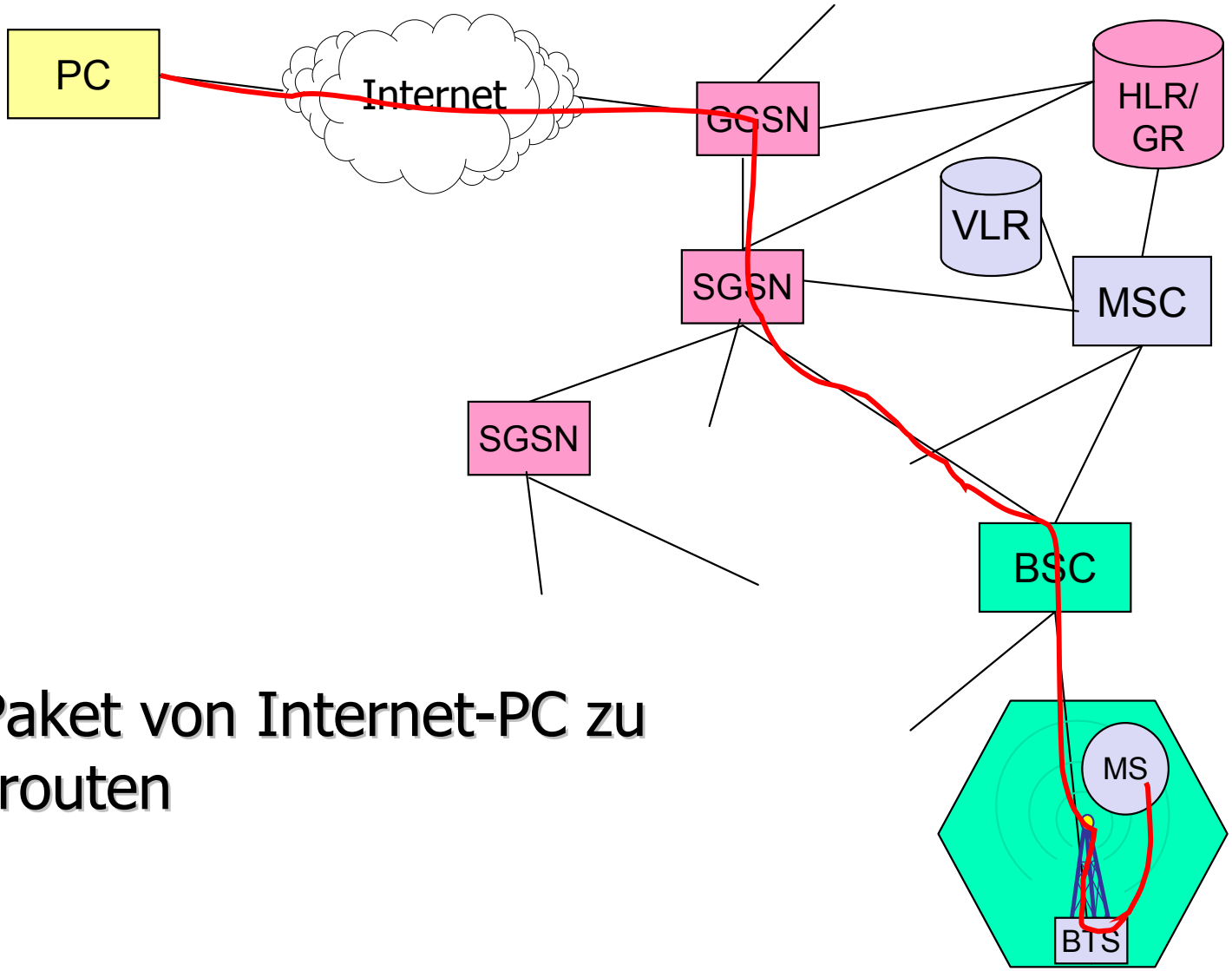
GPRS – Sessions

- Nach erfolgreichem attach: MS kann bei **SGSN** PDP (Packet Data Control, typischerweise IP) Adresse(n) beantragen

- Zustandsdaten einer Session: **PDP context**
  - Sichtbarkeit im Paketnetz (z.B. Internet)

- **PDP context:**
  - Adress-Typ (z.B. IPv4)
  - die PDP Adresse von MS und GGSN
  - verlangte QoS
  - gespeichert in MS, GGSN und SGSN

GPRS – Routing



- IP Paket von Internet-PC zu MS routen

GPRS – Lokalisierung

Mobilitätsmanagement (MM) geschieht auf 2 Stufen:

- **Mikro MM**
  - verfolgt aktuelle Routing Area oder Zelle der MS
    MS sendet „routing Area request"
    ähnlich zu Aktualisierung in GSM
  - SGSN ist zuständig
  - keine Änderung in HLR oder GGSN

- **Makro MM**
  - verfolgt aktuelle SGSN
  - gespeichert in HLR, VLR und GGSN

GPRS – Qualität

Reliability class	Lost packet	Duplicated packet	Out of sequence packet	Corrupted packet
1	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}
2	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-6}
3	10^{-2}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-2}

Delay class	128 byte packet		1024 byte packet	
	mean	95 percentile	mean	95 percentile
1	< 0.5 s	< 1.5 s	< 2 s	< 7 s
2	< 5 s	< 25 s	< 15 s	< 75 s
3	< 50 s	< 250 s	< 75 s	< 375 s
4	unspecified			

GPRS – Zusammenfassung

- GPRS erweitert GSM
  - paket-orientierter Datendienst
- auf Datendienste optimiert
  - asynchron auf- und ab-Richtung
  - Internet Anwendungen
  - Qualitätsstufen
- Mikro- und Makro-Mobilitätsmanagement
- Schritt in der Evolution hin zu UMTS!
- neue Chance für WAP in Europa?

Inhalt – Ablauf

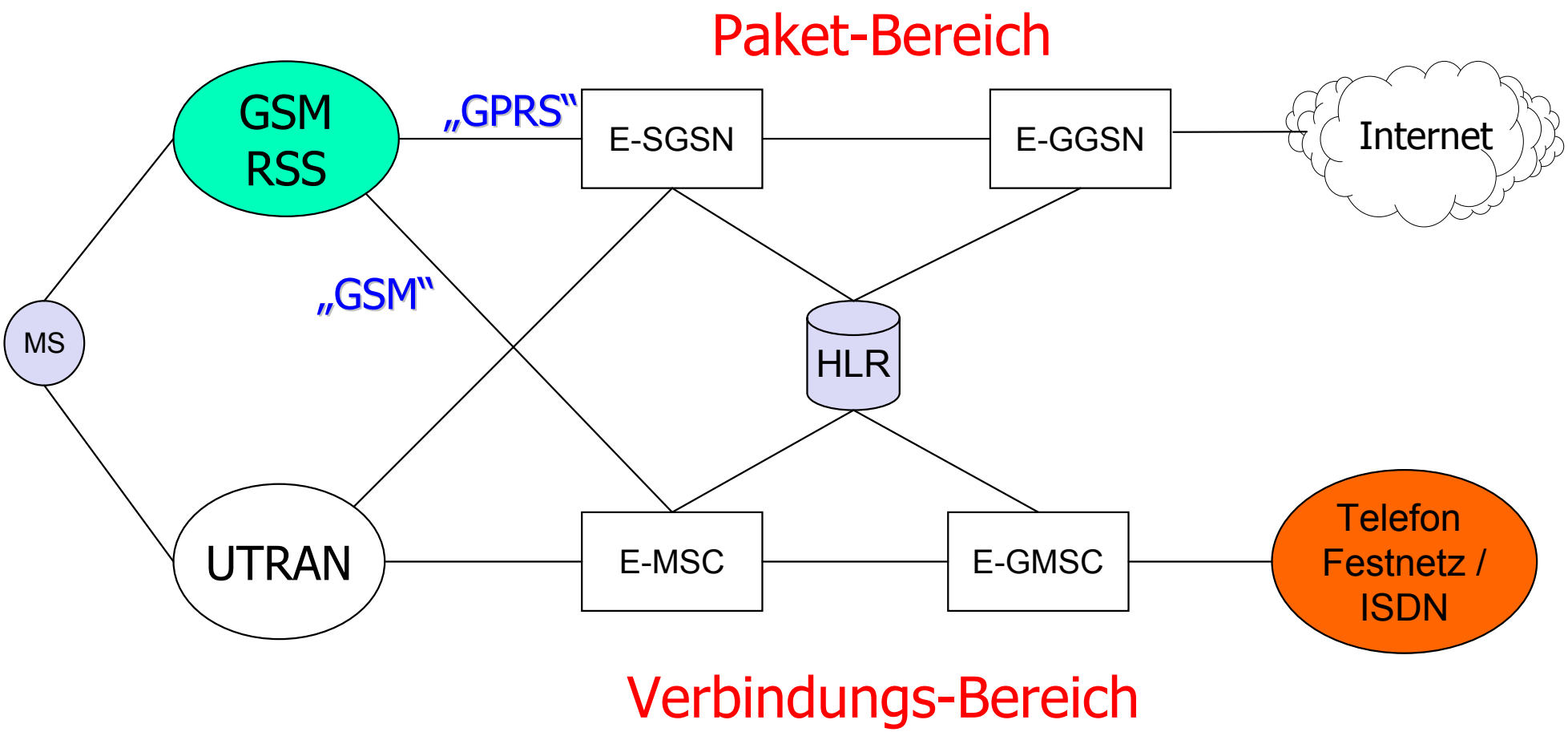
1. **Einführung – Generationen**
2. **GSM** (Global System for Mobile Communication)
   - Architektur
   - Zellen
   - Handover
   - Lokalisierung
3. **GPRS** (General Packet Radio Service)
   - Architektur
   - Session
   - Routing (IP)
   - Qualität
4. **UMTS** (Universal Mobile Telecommunications System)
   - Architektur
   - Facts / Ziele
   - UTRAN
   - Zellhierarchie
5. **Schlussbemerkungen**

UMTS – Ziele / Facts

- **weltweiter Standard** (SOLL)
- diverse Sprach- und Datendienste (bis 2Mbit/s)
- Voll Internet kompatibel

- paket- und verbindungsorientiert
- **Mobilitätsmanagement** wie in **GSM/GPRS**
- Frequenzbereich 1900-2170 MHz
  - Lizenzen wurden versteigert
- komplexe Rahmenstrukturen

UMTS – Architektur



UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network)

UMTS – UTRAN / CDMA

- **UMTS Terrestrial Radio Access**
  - Mobilitätsverwaltung
  - enthält mehrere Funksubsysteme
- **Code Division Multiple Access**
  - soft Handover = asynchroner Handover
  - Menge von aktiven Stationen „active set" pro MS
    verschiedene Spreading-Codes

UMTS – Zellhierarchie

- viele verschiedene Zellentypen
  - Pikozellen
  - Minizellen
  - Megazellen
  - Nanozellen
  - Makrozellen
  - Satellitenzellen
- verschiedene Anforderungen
  - Datenraten
  - max. Bewegungsgeschwindigkeit
- auch überlappend
  - neue Probleme! (z.B. Handover)

UMTS – Datenraten

- bis 2Mbit/s in Gebäuden
- min. 144 kbit/s für weiträumige Bereiche
  - bei hohen relativen Geschwindigkeiten
- Satelliten nötig für flächendeckende Erreichbarkeit!
  - Welche Technologien?
  - Wann kommerziell?
  - Erfahrungen S-GSM (Iridium, Globalstar)

UMTS – Schlusswort

- diverseste Standards / Technologien / Dienste

  - GSM
  - verbindungsorientiert
  - Zelltypen
  - CDMA vs TDMA
  - UTRAN
  - Paketdienst
  - Satelliten
  - soft Handover

- UMTS – Evolution

- Was wird sich durchsetzen & etablieren?

Mobiltechnologie – Zellen

- Konzept **„Zellen"** hat viele **Konsequenzen**!

- **Zellwechel**
  - Handover (aktive Verbindung)
  - Lokalisierung
    Genauigkeit: Trade off (paging vs update)
  - Roaming (anderer Anbieter)

- **Hierarchien**
  - Wo ist welche Information gespeichert?
  - Wer muss wann was wissen?
  - generierter Netzverkehr

Ziele des Vortrages

- Eine **Übersicht** über einige wichtige **Mobiltechnologien**
  - Motivation und Einsatz
- **Verständnis** für das **Mobilitätsmanagement** und für Probleme der **Mobilkommunikation** (z.B. Lokalisierung, Handover)
- **Möglichkeiten** der **Zukunft** der mobilen Kommunikation skizzieren
- zeitlich nicht zu lange werden???
  - Warnung: 47 Folien (und einige Extra...)

Haupt-Referenzen

- Jochen Schiller: „Mobilkommunikation – Techniken für das allgegenwärtige Internet", vor allem Kapitel 4. Addison-Wesley 2000.
  online: http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-tech/mobile_communications.htm
  (Als Vorlage für die Illustrationen!)

- Thomas Ziegert: „Nutzung von Verhaltensmustern zur Lokalisierung mobiler Objekte", Kapitel 2. In „Fortschritt-Berichte VDI", Reihe 10 Nr. 651. VDI Verlag.

- Chrisian Bettstetter et al: „GSM Phase 2+ General Packet Radio Services GPRS: Architecture, Protocols, and Air Interface", IEEE Communications Surveys, Third Quarter 1999, vol. 2 no. 3.

- Josef F. Huber et al: „UMTS, the Mobile Multimedia Vision for IMT-2000: A Focus on Standardization", IEEE Communications Magazine, September 2000.

GSM Architektur

MSC
Mobile Services Switching Center

GMSC
Gateway MSC

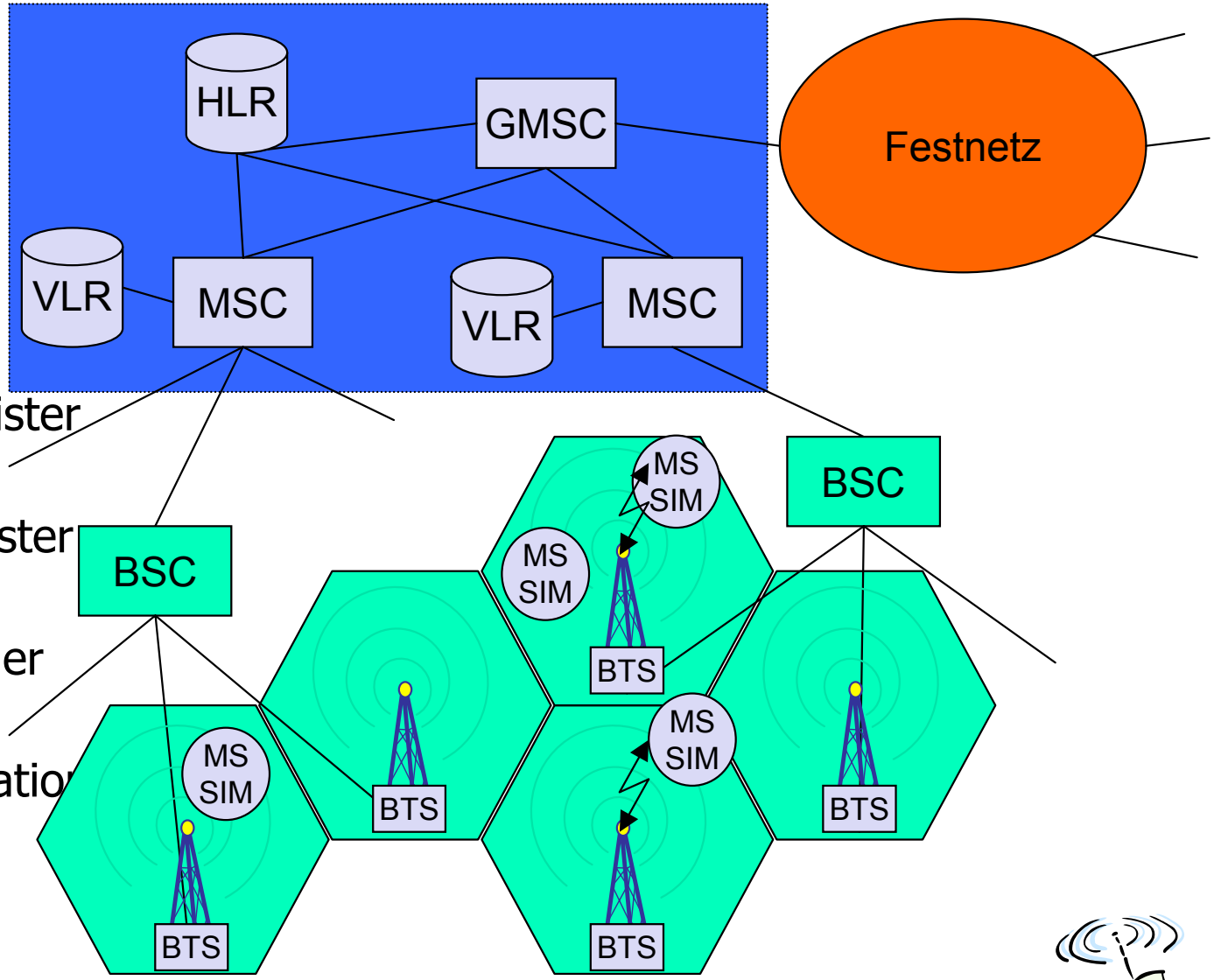
VLR
Visitor Location Register

HLR
Home Location Register

BSC
Base Station Controler

BTS
Base Transceiver Station

SIM
Subscriber Identity



GPRS – Architektur

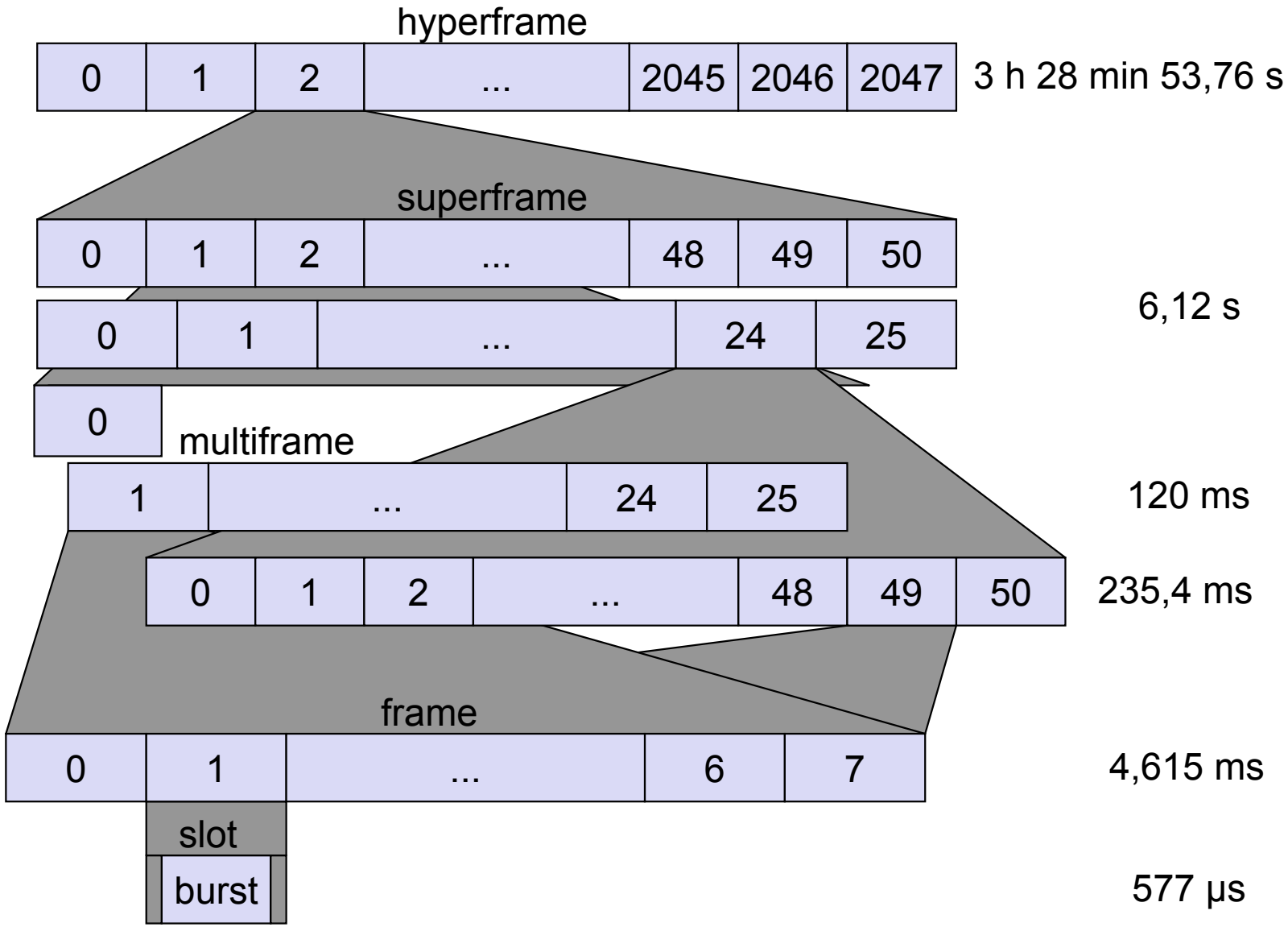
Internet
GGSN
SGSN
SGSN
HLR/ GR
GMSC
VLR
MSC
VLR
MSC
Festnetz
BSC
BSC
MS SIM
MS SIM
MS SIM
MS SIM
BTS
BTS
BTS
BTS
BTS

GR
GPRS Register

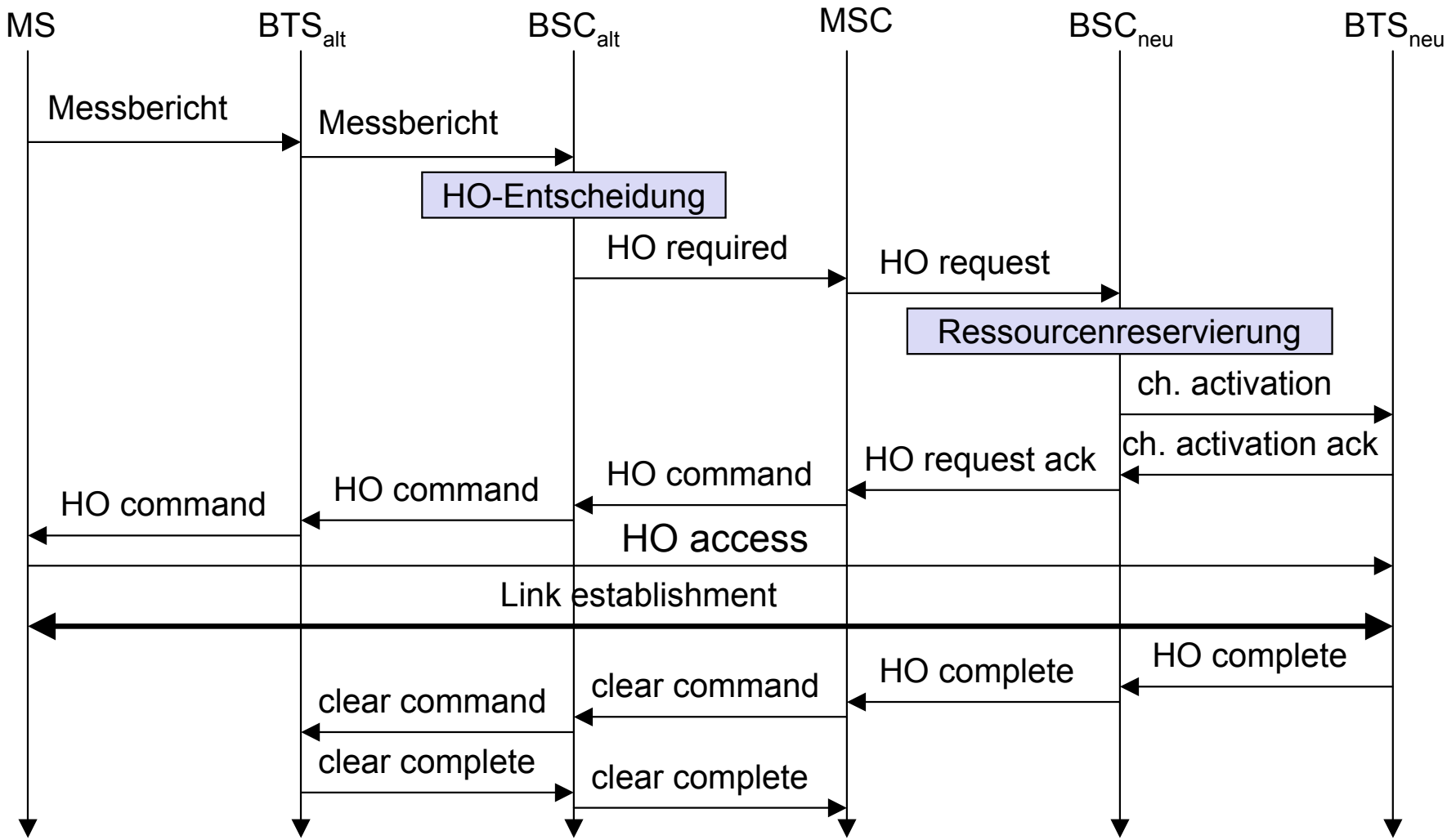
SGSN
Serving GPRS Support Node

GGSN
Gateway GPRS Support Node

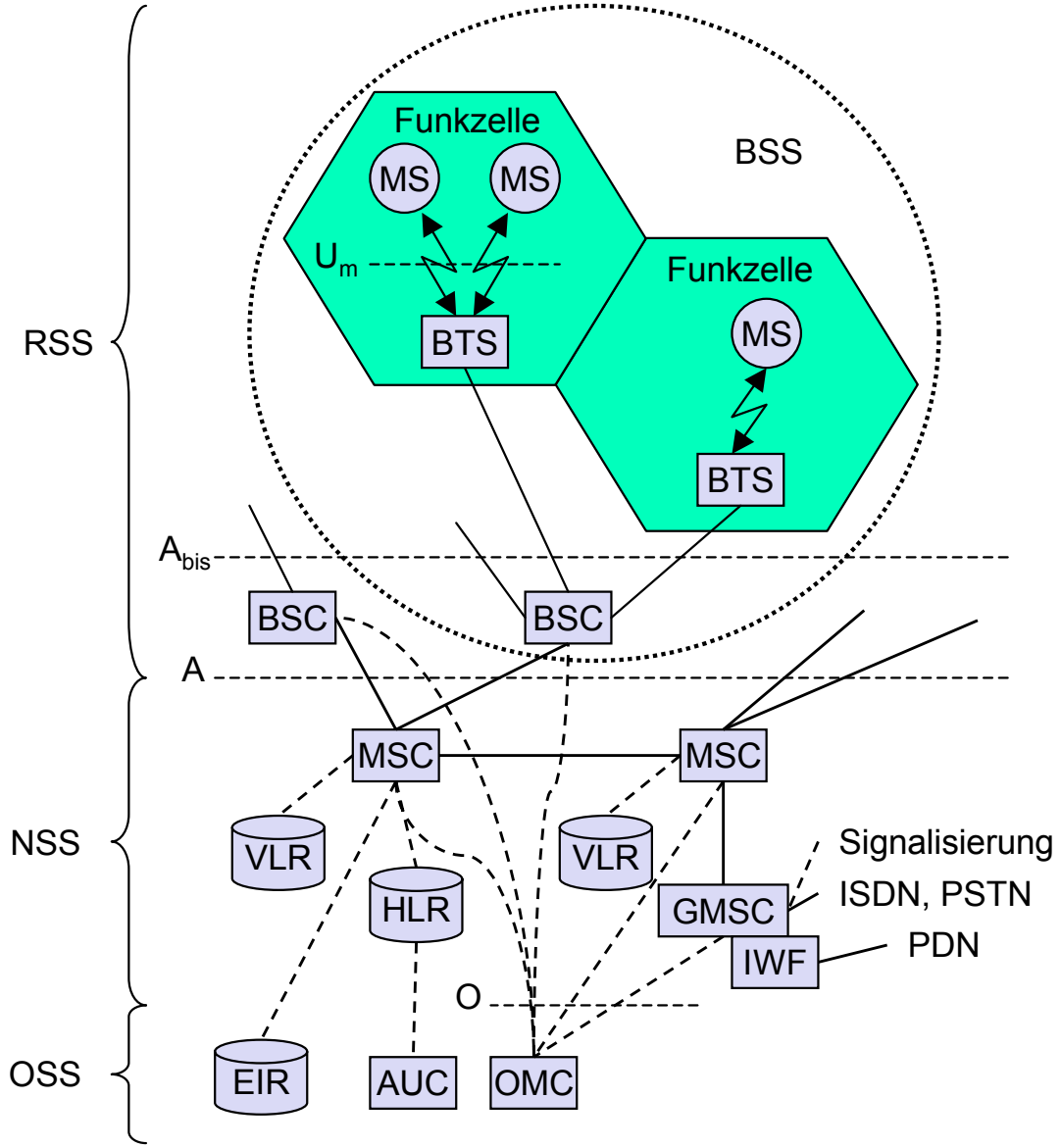
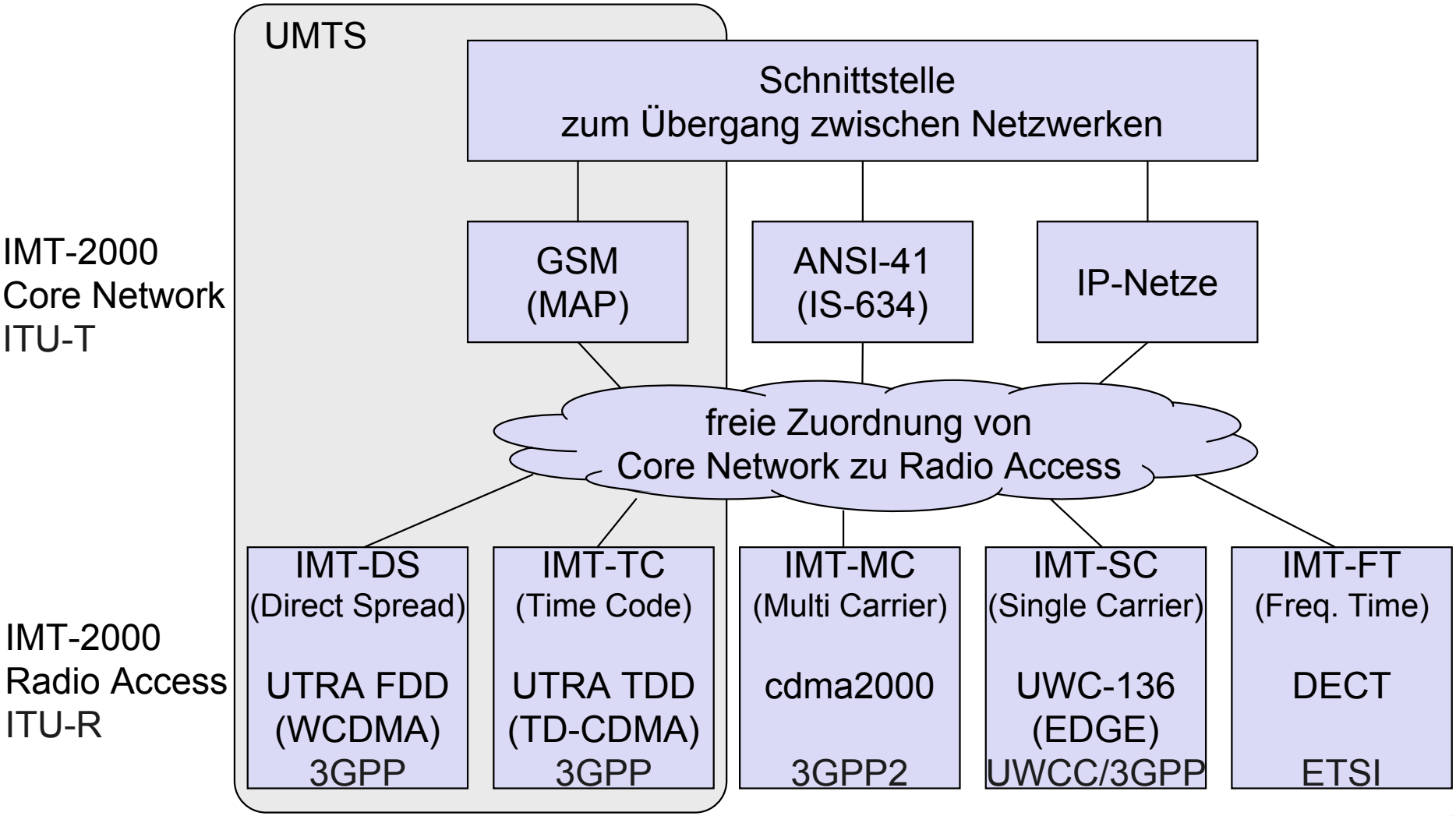
GSM – Rahmenhierarchie



GSM – Handover-Prozedur



GSM – Netzelemente



IMT-2000 Familie