

Mobilkommunikation



TELEMATIK MASTER 10
JOHANNES KROOP, MARTIN RIETIG

Inhalt

2

- Überblick der Mobilfunkgenerationen
- 2te Generation
- 3te Generation
- 4te Generation

Überblick der Mobilfunkgenerationen

3

- **2te Generation**

- GSM
- GSM-R
- GPRS
- EDGE
- Tetra
- CDMA-ONE (IS-95)

- **3te Generation**

- DECT/GAP
- UMTS
 - ✦ HSDPA / HSUPA
- WiMAX
- CDMA2000

- **4te Generation**

- LTE Advanced
- W-LAN 802.11n
- Broadband Wireless Access (BWA) 802.16m
- Ultra Wide Broadband (UWB)

2te Generation

4

- **2G**
 - GSM
 - GSM-R
 - HSCSD

- **2.5G**
 - GPRS
 - EDGE

- **Tetra**

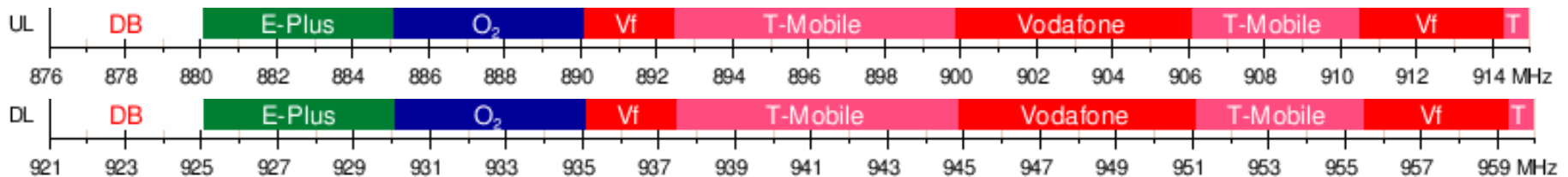
GSM

Global System for
Mobile
Communications

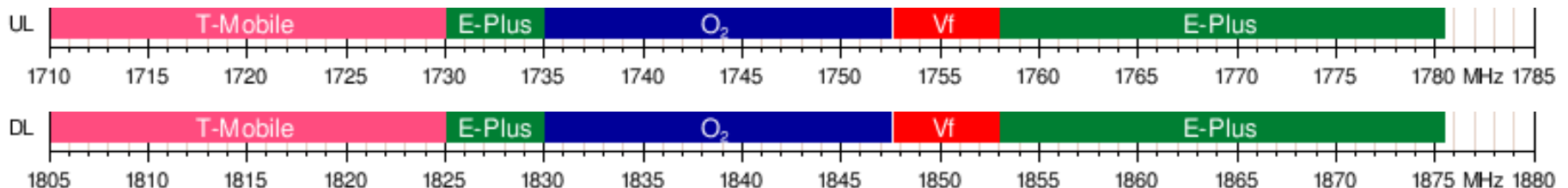
- **meist verbreiteter Standard**
 - 670 GSM-Mobilfunknetzen in rund 200 Ländern und Gebieten der Welt
- **kompatibel zu ISDN- und Analogtelefonie**
- **Später kamen Erweiterungen wie HSCSD, GPRS und EDGE zur schnelleren Datenübertragung**
- **Reichweite:**
 - Stadt - wenige hundert Meter
 - Sichtkontakt - bis zu 35 km

Frequenzen

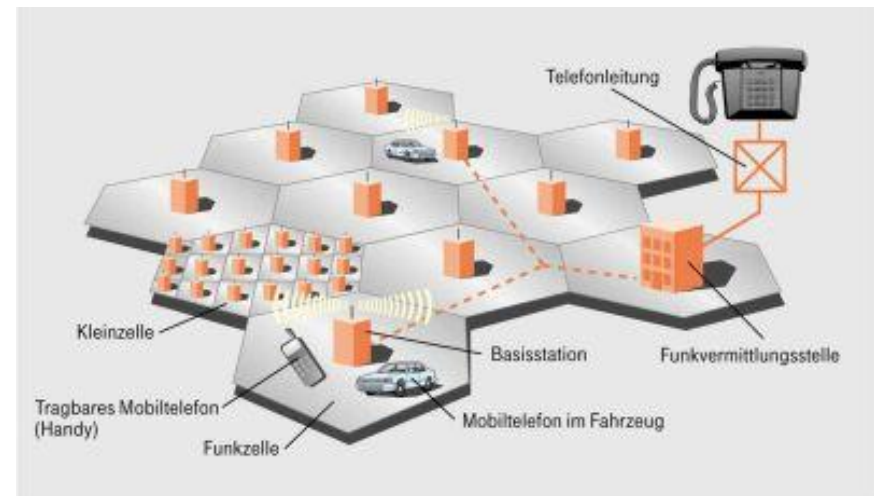
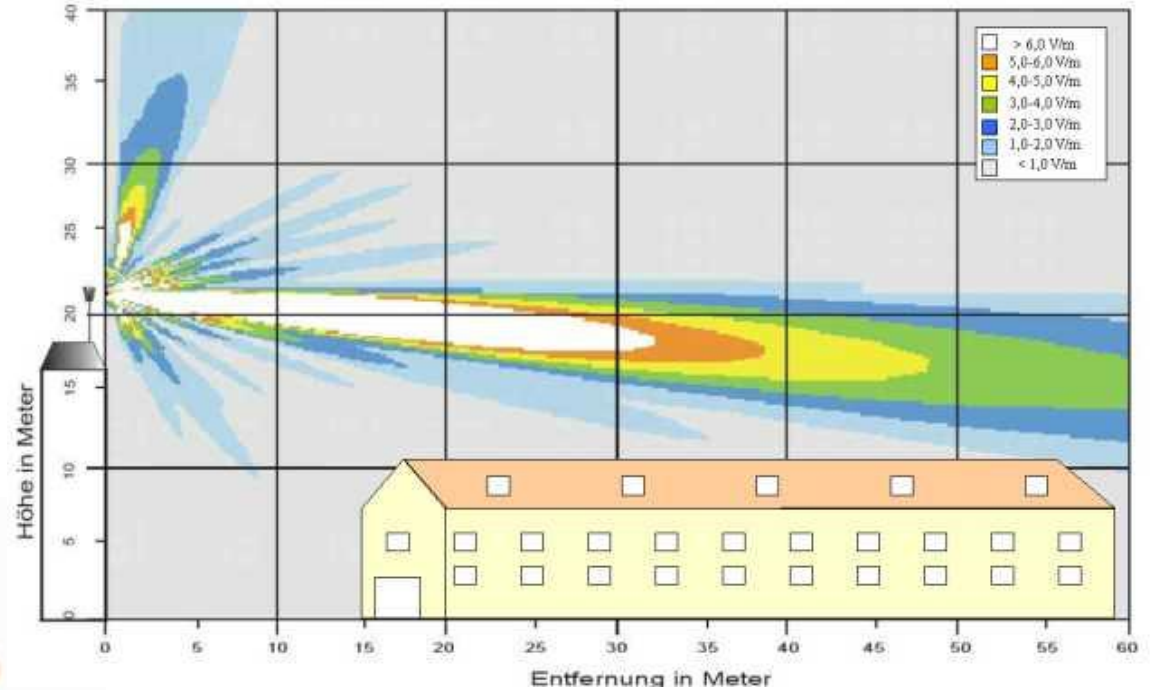
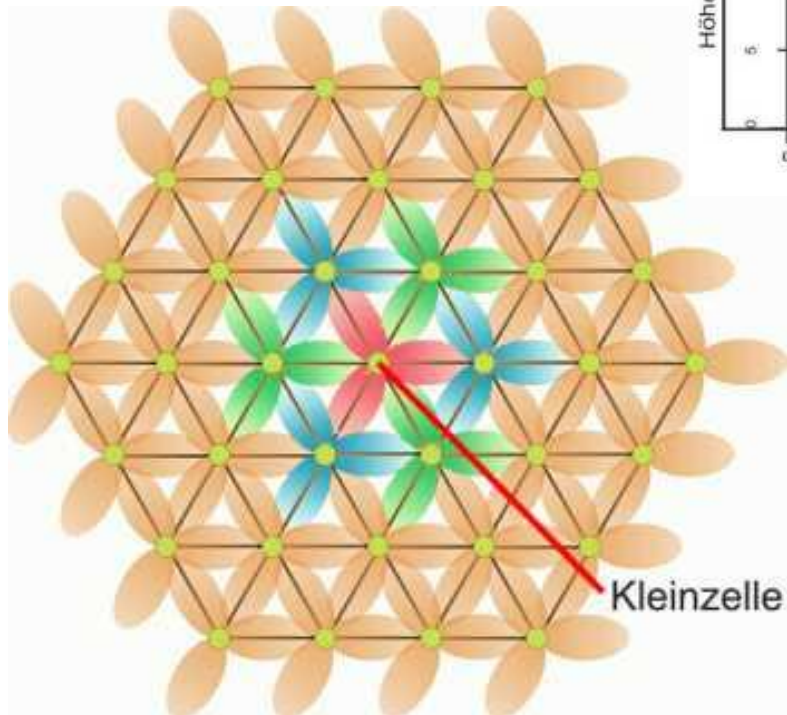
- GSM 900
 - Uplink: 880 - 915 MHz
 - Downlink: 925 - 960 MHz



- GSM 1800
 - Uplink: 1710 - 1785 MHz
 - Downlink: 1805 - 1880 MHz



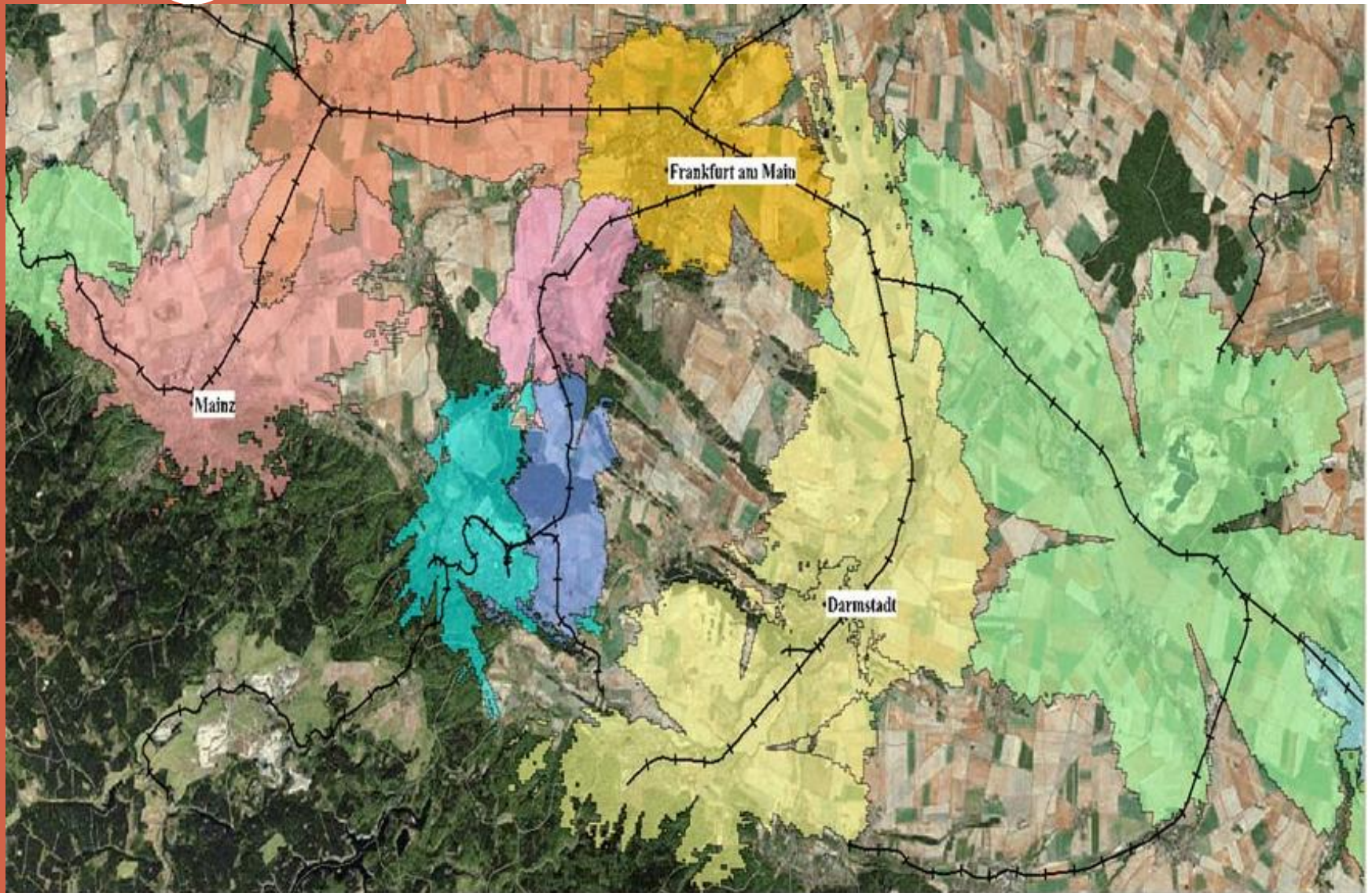
Abstrahlung und Netzstruktur



GSM-R

Global System for
Mobile
Communications for
Railways

- Verwendung bei den Eisenbahnen
- Frequenzbereiche 876-880 MHz und 921-925 MHz
- Richtung und Streckenorientierte Ausbreitung
- Teure Endgeräte, da geringe Stückzahl
- Dient für:
 - Zugsicherung
 - Informationsaustausch
 - Überwachung
 - Betriebliche Kommunikation des DB-Personals
 - Allgemeine Informationsdienste für Gäste



HSCSD

High Speed Circuit
Switched Data

- Erweiterung zu GSM (CSD)
- Bündelung mehrerer GSM-Datenkanäle
- bis ca. 115,2 Kbit/s
(= $8 \times 14,4$ Kbit/s)
- nur Vodafone und E-Plus

GPRS

General Packet Radio
Service

- Datentransfer
- Paketorientiert
- Theoretische Geschwindigkeit
 - 171 Kbit/s
- Praktisch möglich mit 4 Kanälen:
 - Downlink: 50 Kbit/s
 - Uplink: 28.8 Kbit/s
- Keine unnötige Belegung von Kanälen
- Dauerhafte virtuelle Verbindung „Always-On“

EDGE (2.5)

Enhanced Data Service
for GSM Evolution

- **Start: März 2006 von T-Mobile**
 - Wegen des EDGE Ausbaus bekommt T-Mobile Vertriebsrechte für iPhone [Wiki]
- **Upgrade für GPRS**
- **neues Modulationsverfahren**
 - Phasenmodulation 8-PSK
 - Höheren Übertragungsgeschwindigkeit 473 Kbit/s mit 8 Timeslots

Tetra

Terrestrial Trunked
Radio

- **Nutzung:**
 - BOS - Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
 - ÖPNV – Öffentlichen Personen Nahverkehr
 - auf Flughäfen
 - im Militärischen Bereich
- **Features:**
 - Soft Handover
 - Gruppenruf (Rufaufbauzeit < 300 ms)
 - Taktische Status Meldung
 - Direct Mode

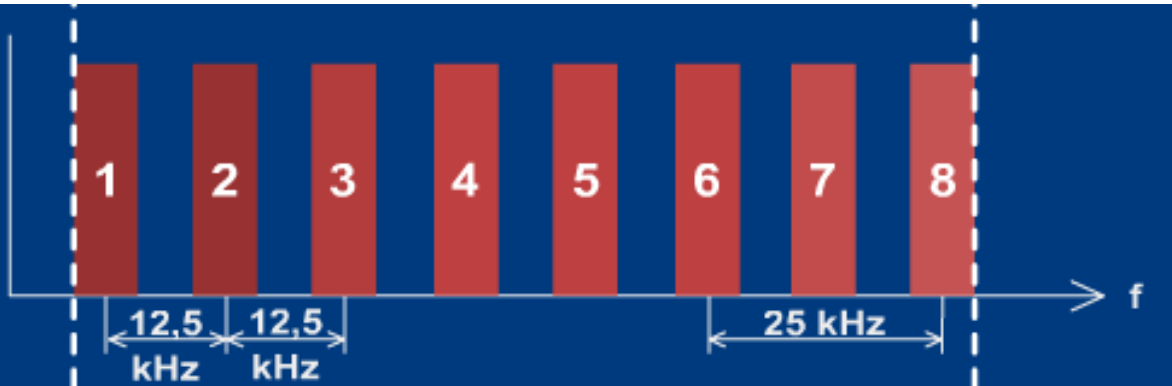
Frequenzen und Modulation

- Uplink: 380 - 390 MHz
- Downlink: 390 - 400MHz

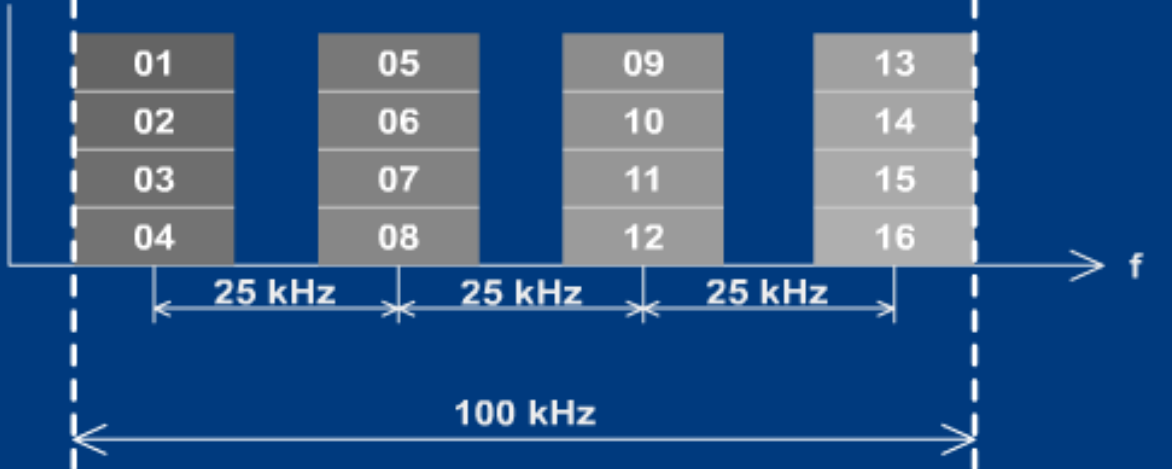
- Zeitmultiplex (TDMA, Time Division Multiple Access)

- Verwendung von FDD (Frequency Division Duplex) für Gegensprechen
 - Paarung jedes Kanals in eine Uplink- und eine Downlink-Frequenz

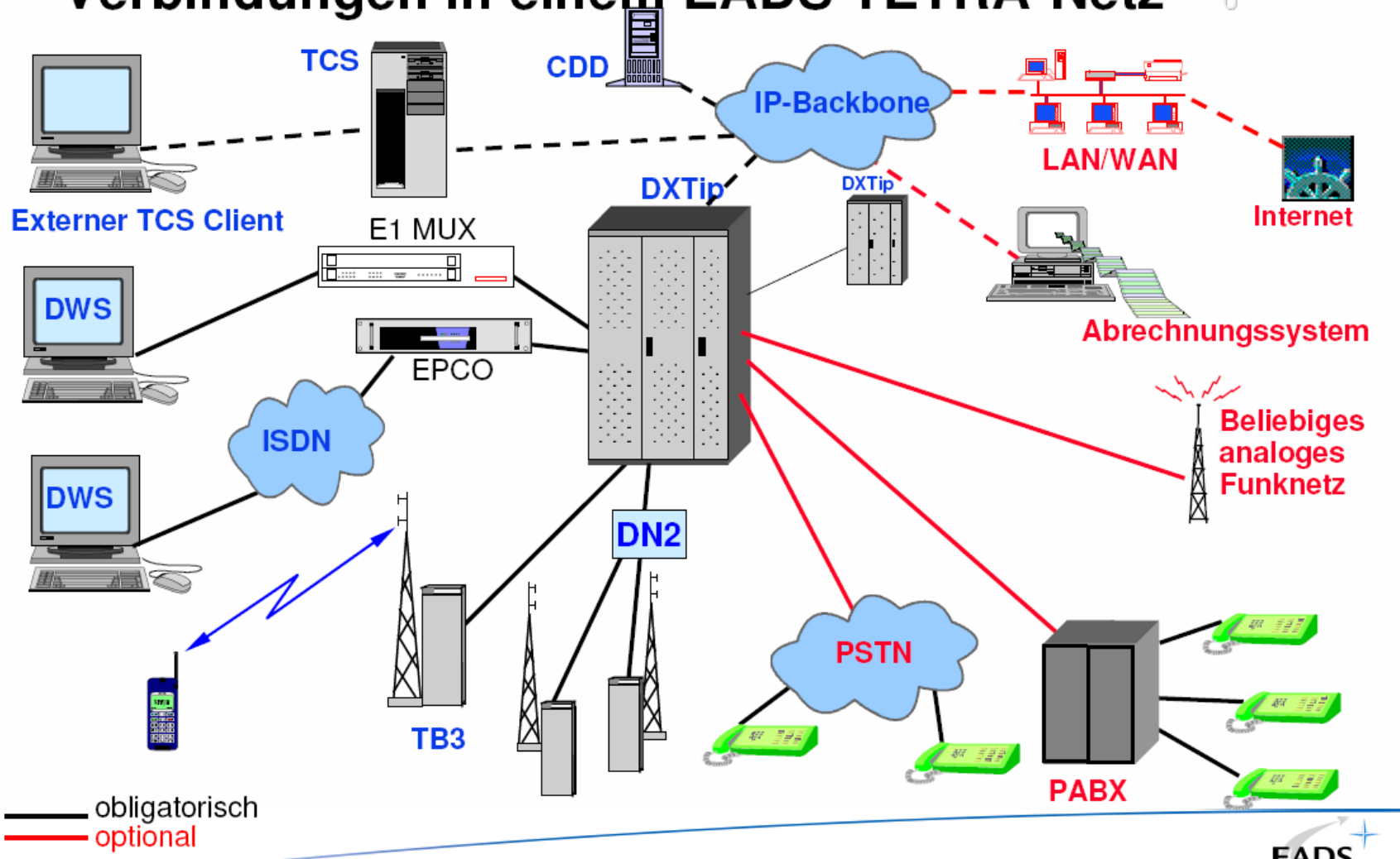
FDMA



TDMA (z.B. TETRA)



Verbindungen in einem EADS TETRA-Netz



— obligatorisch
 - - - optional

Adressierung der Endgeräte

- TSI (TETRA Subscriber Identity)
- 48-Bit-Code
- 3 Bereiche der TSI
 - MCC (Mobile Country Code)
 - MNC (Mobile Network Code) und
 - SSI (Short Subscriber Identity). Typen von SSI's:
 - ✦ ISSI - kennzeichnet ein Endgerät
 - ✦ GSSI - kennzeichnet eine Gruppe
 - ✦ ASSI - kennzeichnet fremde Teilnehmer
 - ✦ TETRA - Systemadressen

CDMA One IS-95

Code Division Multiple
Access One

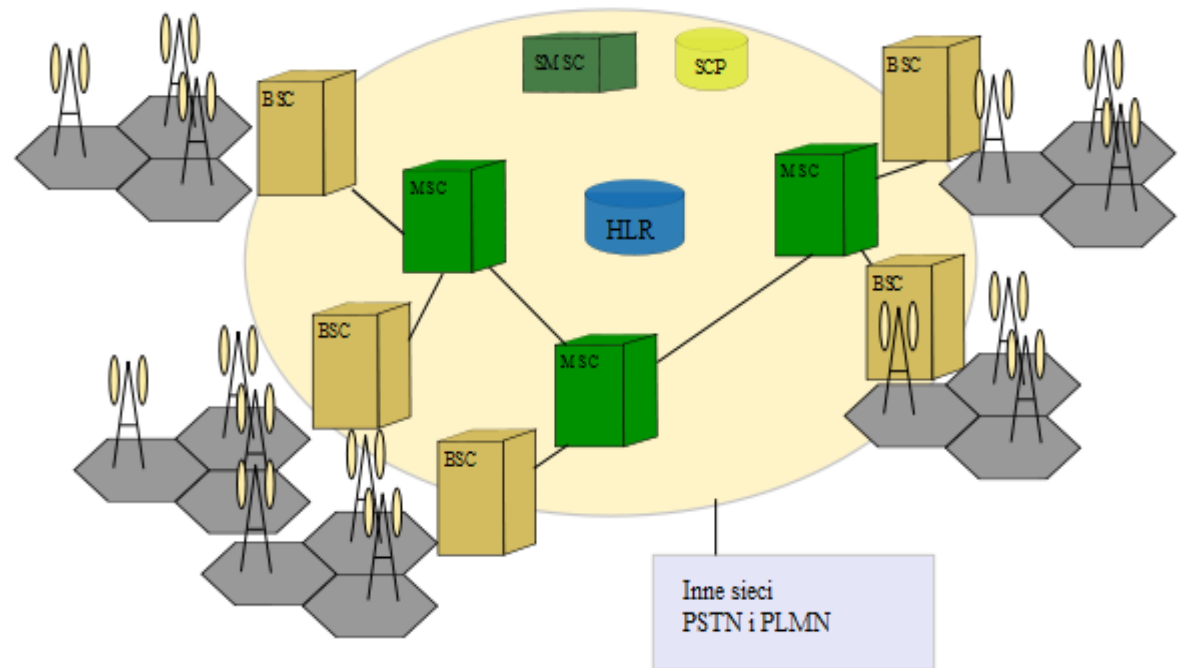
Interim Standard 95

- Amerikanischer Standard
- Entwicklung 1993 für leitungsorientierte Dienste
- CDMA basierter digital, zellulärer Standard
- Entwickelt durch Qualcomm
- 1,25 MHz breite Frequenzbänder
- Verwendung für Sprache und Daten
- Konkurrenzsystem zum europäischen GSM

CDMA One IS-95

Code Division Multiple
Access One

Interim Standard 95



3te Generation I

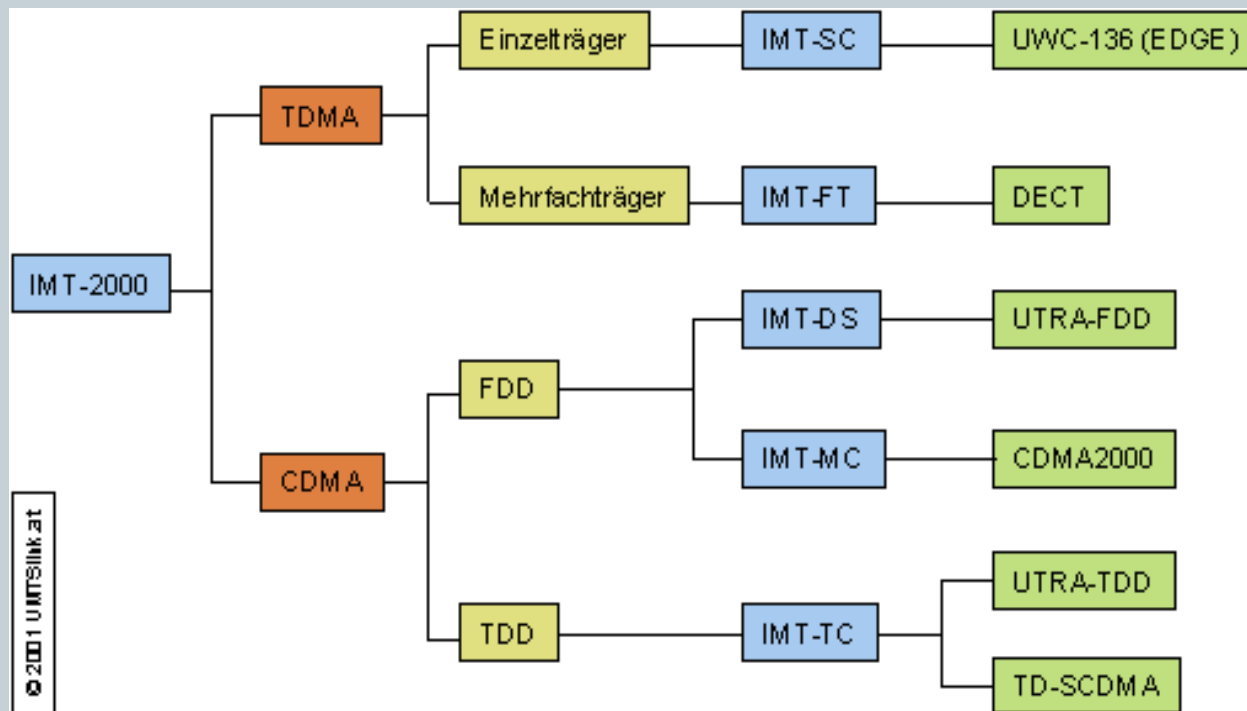
20

- **Anforderungen:**
 - höhere Datenraten,
 - optimale Implementierung paketorientierter Datendienste,
 - Realisierung eines weltweiten internationalen Standards
- **Zusammenfassung der Anforderungen im IMT-2000 Standard**
 - Weltweit einheitlicher Standard

3te Generation II

21

- Kein einheitlicher Standard durch politischen Diskussionen und Patentstreitigkeiten
- Entstehung Familie von 3G Standards



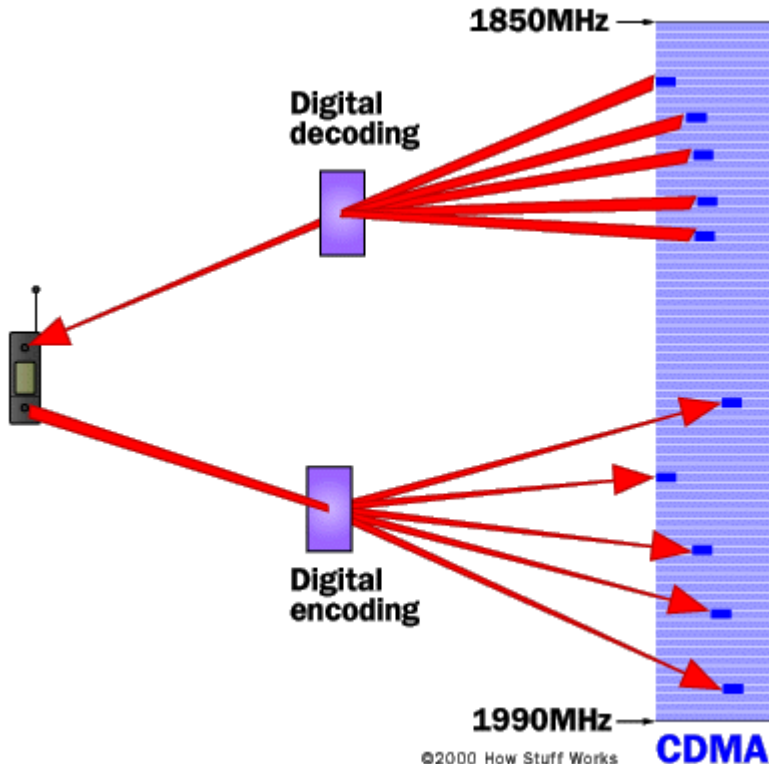
Multiplex- verfahren

Methoden zur Signal-
und
Nachrichtenübertragung

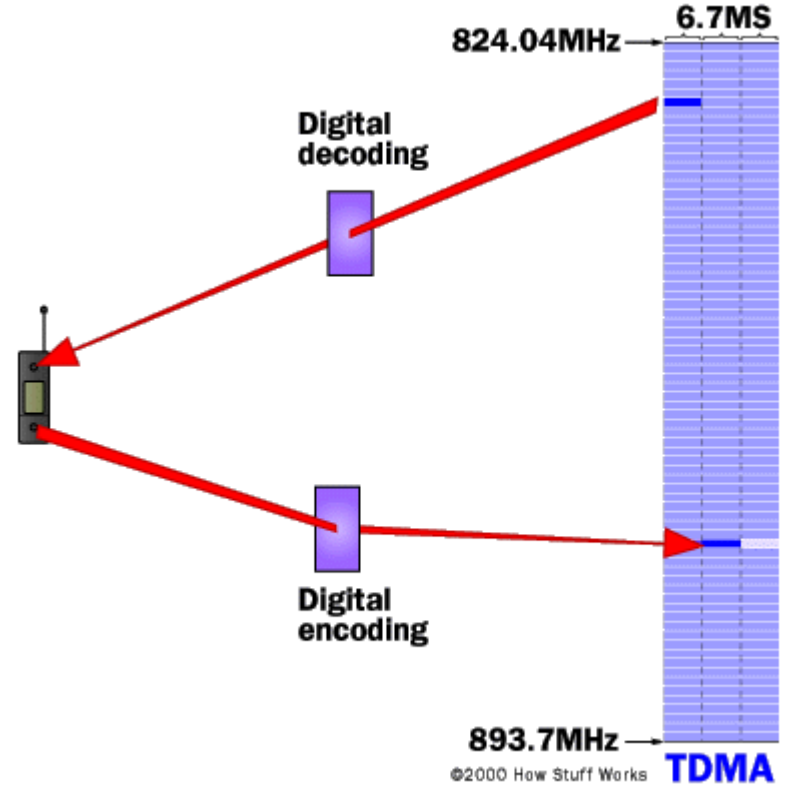
- Bündelung von mehreren Signalen
- Übertragung über Kabel-, oder Funkstrecke

- CDMA
 - gleichzeitige Übertragung verschiedener Nutzdatenströme auf einem gemeinsamen Frequenzbereich

- TDMA
 - Daten verschiedener Sender werden in bestimmten Zeitabschnitten auf einem Kanal übertragen



©2000 How Stuff Works
In CDMA, each phone's data has a unique code.



©2000 How Stuff Works
TDMA splits a frequency into time slots.

3te Generation III

24

- Funkstandards der IMT-2000

- UMTS/WCDMA
- UWC-136 (Edge)
- CDMA2000
- UTRA TDD
- TD-SCDMA
- DECT
- WiMAX

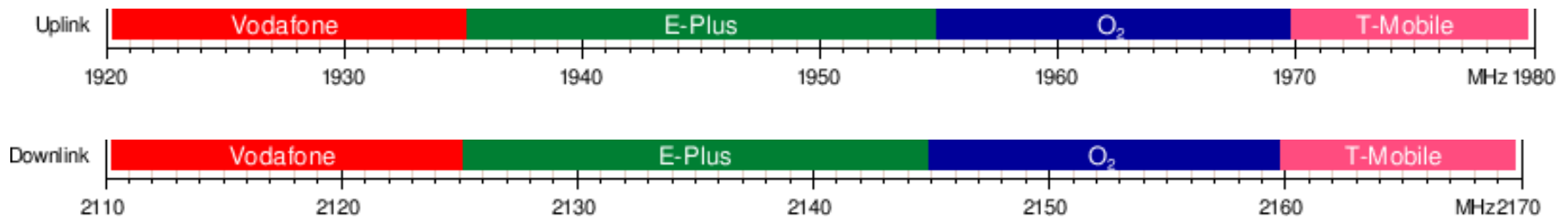


UMTS

Universal Mobile
Telecommunication
System



- 384 kbit/s
- Nutzertrennung:
 - CDMA (Code Division Multiple Access)
- Duplex:
 - FDD-Modus (Frequency Division Duplex)
- Anbietertrennung:
 - Frequenz (FDMA)



HSDPA und HSUPA

High Speed Downlink
Packet Access

&

High Speed Uplink
Packet Access

- Upgrade für UMTS
- Modulation:
 - WCDMA
 - 16QAM
- spezielle Kompression:
 - Turbo Codec
- Soft Handover

UMTS

Universal Mobile
Telecommunication
System



- Der IS-95 Standard, also CDMA-one verwendet nur 1,25 MHz breite Frequenzbänder. Bei UMTS wurde dadurch der Begriff W-CDMA für „Wideband“-CDMA geprägt, um die größere Bandbreite von 5 MHz zu verdeutlichen.

EDGE

Enhanced Data Rates
for GSM Evolution

- Weiterentwicklung vom amerikanischen TDMA Systems D-AMPS
- Einsatz in:
 - Österreich,
 - Polen,
 - Schweiz,
 - USA, etc.
- 8-Phase Shift Keying-Verfahren (8-PSK)
- Datenübertragungsrate von bis zu 473 kbit/s
- Im Vergleich hat GPRS 171,2 kbit/s und UMTS ohne Erweiterungen 384 kbit/s

DECT

Digital Enhanced
Cordless
Telecommunications

- Funksystem zwischen Basisstation und Mobilteil
- Beschränkung auf lokale Netze
 - Durch Einspeisung weltweite Vernetzung
- Erweiterung GAP-Standard (Generic Access Profile)
 - Verbindung unterschiedlicher Hersteller
- Teilnehmer/Mobilteilnehmer muss im Netz angemeldet werden
- Jedes Mobilteil besitzt eindeutige ID
- Frequenzbereich zwischen 1880 MHz und 1900 MHz
- Verwendet TDMA
- Nahtloser Handover

DECT

- **Übertragungsgeschwindigkeit:**
 - GFSK Modulation : bis zu 840 kbit/s
 - High Level Modulation : 5 Mbit/s
- **Anwendungsgebiete:**
 - Schnurlose Telefone
 - Kleine TK-Anlagen
- **Anschluss über analoge Fernsprechnetze oder ISDN**

UTRA TDD

UMTS Terrestrial Radio
Access Time Division
Duplex

- Spezifizierte Funkzugangstechnologie von 3GPP (Third Generation Partnership Project)
- Bietet für UMTS zwei Zugriffsverfahren:
 - Frequency Division Duplex (FDD)
 - Time Division Duplex (TDD)
- Sicherstellen eines nahtlosen, globalen Roaming
- Nur ein Frequenzband mit 5 MHz
- Frequenzbereich: 1900 – 1920 MHz und 2010 – 2025 MHz

TD-SCDMA

Time Division
Synchronous Code
Division Multiple
Access

- Ursprung vom chinesischen Anbieter „DaTang“ und Siemens
- Ähneln sich mit UMTS-TDD-Variante
- Für China eigene Technologie um Patentzahlungen zu umgehen
- Bessere Versorgung von stark besiedelten Regionen
- Geringere Abdeckung, weniger flexibel
- Anwendungen:
 - Video-Telefonie,
 - Internet Browsing,
 - Mobile TV,
 - Video-on-demand-Services

WiMAX

Worldwide
Interoperability for
Microwave Access

- Drahtlose Breitbandtechnik für Stadt- und Regionalnetze
- Alternative zum Festnetzinternet
 - Schwer erreichbare Gebiete
 - Fehlende Infrastruktur
- Datentransferrate von bis zu 108 Mbit/s
- Reichweite:
 - 2 – 3 Km
- Sicherheitsmethoden:
 - Nutzer- und Endgeräteauthentifizierung,
 - Service Autorisierung,
 - Service Accounting
 - Datenübertragungsverschlüsselung
- Standards:
 - IEEE 802.16d-2004
 - IEEE 802.16e

WiMAX

34

Bezeichnung	IEEE 802.16	IEEE 802.16a IEEE 802.16REVd IEEE 802.16d-2004 (WiMAX)	IEEE 802.16e (WiMAX)
Standardisierung	Dezember 2001	Januar 2003 bis Juli 2004	Dezember 2005
Frequenzband	10 bis 66 GHz	2 bis 11 GHz	0,7 bis 6 GHz
Bandbreiten	20, 25 und 28 MHz	skalierbar von 1,5 bis 20 MHz	
max. Datenrate	bis zu 134 MBit/s (28-MHz-Kanal)	bis 75 MBit/s (20-MHz-Kanal)	bis zu 15 MBit/s (5-MHz-Kanal)
max. Reichweite	bis zu 75 km	bis zu 5 km mit Innenantenne bis zu 15 km mit Außenantenne maximal 50 km	bis zu 5 km typisch bis zu 1,5 km
Modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM	OFDM256, OFDMA, 64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK	OFDM256, OFDMA, 64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK
Empfänger	fest	fest mit Außenantenne für Innenanwendungen, eingeschränkte Mobilität	nomadische Nutzung (nicht mit Mobilfunk vergleichbar)

WiMAX

Worldwide
Interoperability for
Microwave Access

- **Anfangs Single-Carrier-Mode**
 - Frequenzbereich 10-66 GHz
 - Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger
- **Im Jahr 2003 Multi-Carrier-Mode**
 - Frequenzbereich 2 – 11 GHz
 - Keine Sichtverbindung nötig

WiMAX

IEEE 802.16d-2004

- Auch WiMAX fixed genannt
- Wechsel der Funkzelle im laufenden Betrieb ist nicht möglich
- Modulationsart:
 - OFDM

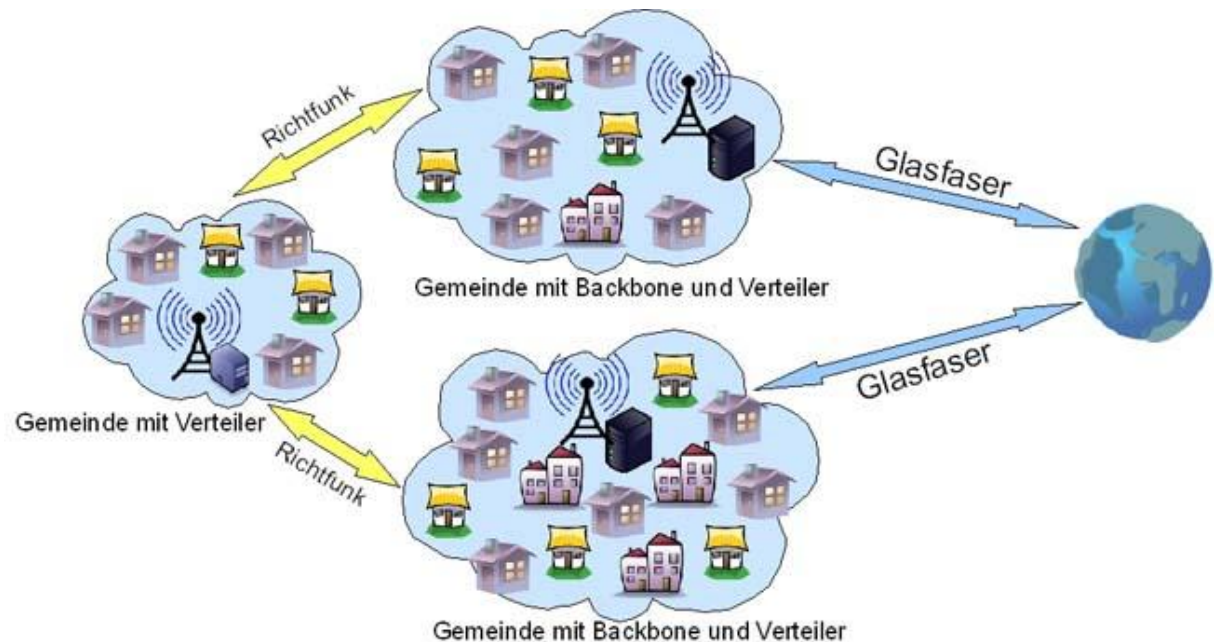
WiMAX

IEEE 802.16e

- Auch WiMAX mobile genannt
- Wechsel der Funkzelle im laufenden Betrieb ist möglich
- Für Breitbandinternet konzipiert
- Modulationsart:
 - OFDM mit MIMO
- Gut in Umgebungen mit vielen Reflexionen und keine Sichtverbindung der Antennen

WiMAX

- Geschäftsmodelle in Deutschland von:
 - MAXXonair
 - AllgaeuDSL
 - Megaaccess
 - DSL in Fell e.V.



WiMAX

- Hat sich nicht im erwarteten Umfang durchgesetzt
- März 2010: weltweit größte Netzwerkausrüster Cisco stellt WiMAX-Entwicklung ein
- Der LTE-Entwicklung wird größere Chancen zugesprochen
- Alcatel-Lucent nicht mehr in WiMAX investieren
- WiMAX als Nischenlösung
- Ausnahme Indien:
 - Intel investiert im großen Umfang
 - Reliance Industries investiert 837 Millionen Euro

Es bleibt abzuwarten, wie es global mit der Technik weiter gehen wird.

CDMA2000

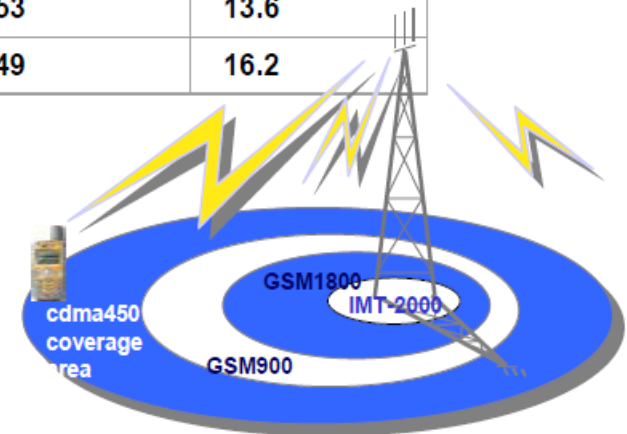
Code Division Multiple
Access 2000

- 3g-Evolution aus dem amerikanischen, etablierten IS-95 Standard
- Entwicklung durch das Standardisierungsgremium 3GPP2
- Einsatzbereich des Funkstandards:
 - 450 MHz,
 - 850 MHz,
 - 950 MHz,
 - 1800 MHz,
 - 1900 MHz,
 - 2100 MHz

CDMA2000

Comparing CDMA2000 Coverage At 450MHz

Frequency (MHz)	Cell radius (km)	Cell area (km ²)	Relative Cell Count
450	48.9	7521	1
850	29.4	2712	2.8
950	26.9	2269	3.3
1800	14.0	618	12.2
1900	13.3	553	13.6
2100	12.0	449	16.2



*QUALCOMM ITU contribution, June 11, 2001

CDMA2000

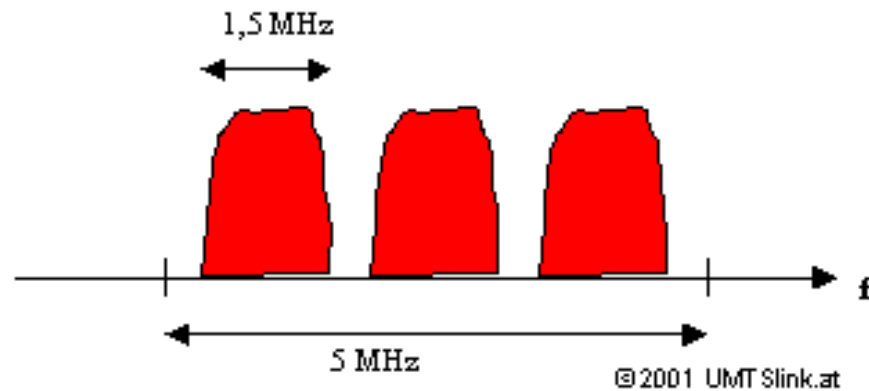
- **Standards:**
 - CDMA2000 1xEV-DO
 - CDMA2000 1xEV-DV
- EV-DO für Datenübertragung
- EV-DV für Daten- und Sprachkommunikation
- **Kanalbandbreite:**
 - CDMA 1x (IS-95) : 1,25 MHz
 - CDMA2000 1xEV-DO : 5 MHz
- **Modulationsverfahren:**
 - TDMA oder
 - FDMA

CDMA2000

- Mobiler Einsatz von mehreren Geräten möglich
- Soft Handover
- Nutzer teilen sich einen Sub-Carrier
 - Jeder Nutzer hat zur gleichen Zeit die gesamte Bandbreite
- im 450MHz Frequenzband ist der Abdeckungsradius bis zu 25 km
- Sicherheitsmethoden:
 - Nutzer- und Endgeräte Authentifizierung
 - Datenübertragungsverschlüsselung

CDMA2000

- CDMA-Chiprate : 1,2288 Mchip/s
- CDMA2000 kombiniert mehrere Frequenzbänder in Multicarriertechnik
 - Chiprate 3,6864 Mchip/s



CDMA2000 ist flexibel auf Frequenzbändern einsetzbar.

4te Generation

45

- Bandbreite bis zu 1 Gbit/s im Nahbereich und bis zu 100 Mbit/s im Fernbereich
- Alle Netze sind IP-Netze mit niedriger Latenz
- Next Generation Mobile Network (NGMN)
 - Gründungsmitglieder: T-Mobile, Vodafone, Orange, China Mobile, KPN und NTT DoCoMo

LTE Advanced

Long Term Evolution

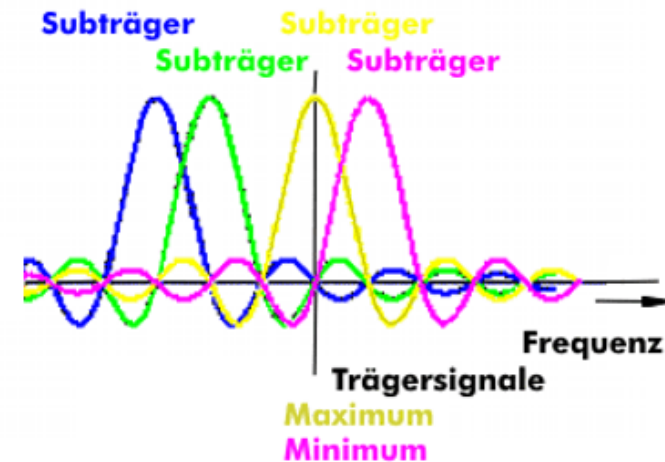
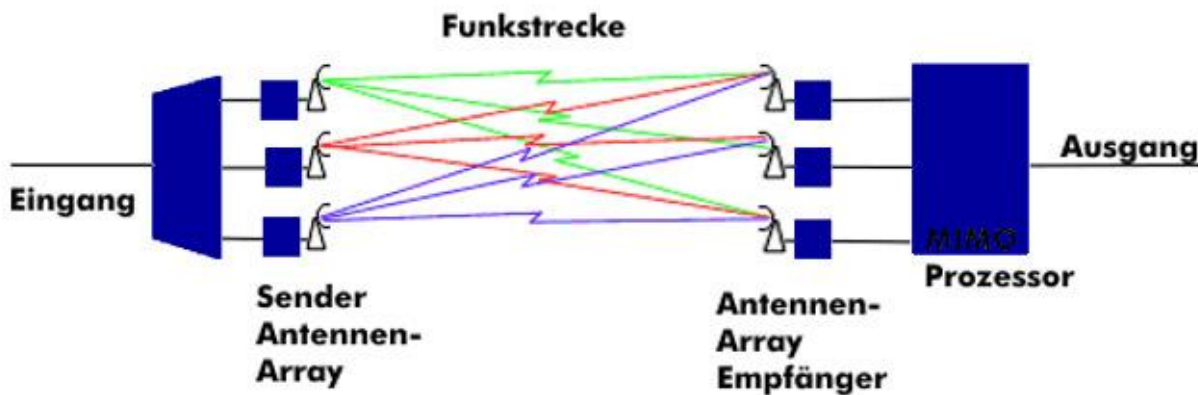
- **Features:**
 - Ausschließlich paketorientierte Datenübertragung
 - niedrige Datenübertragungskosten über die Funkschnittstelle
 - geringer Stromverbrauch der Mobilgeräte
 - geringen Latenzzeiten (5ms)
 - gute Mobilitätseigenschaften bei allen Geschwindigkeiten bis 500 km/h



Neue Technik

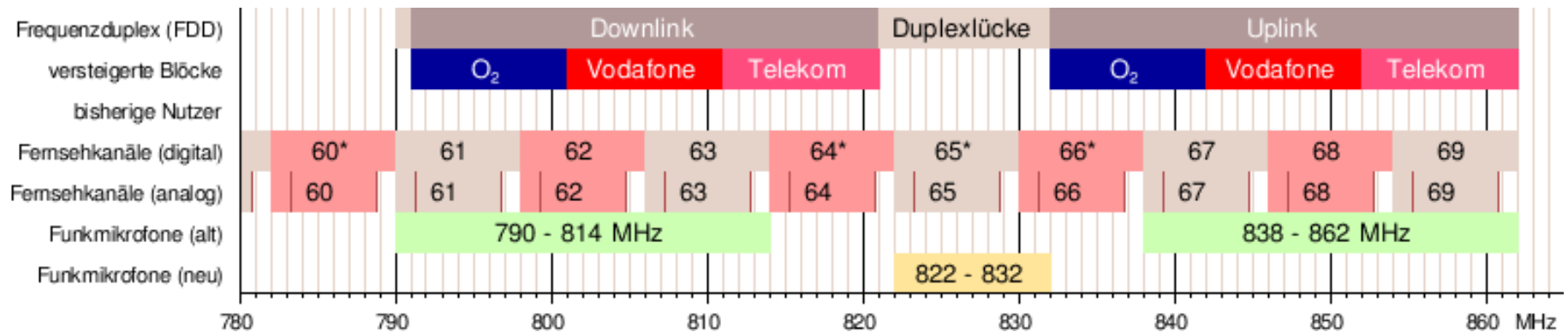
Long Term Evolution

- Multiple-Input-Multiple-Output-Antennentechnologie (MIMO)
- Orthogonal-Frequency-Division-Multiplexing-Techniken (OFDM)



Frequenzen

- 800-MHz-Bereich



W-LAN 802.11n

Wireless Local Area
Network

Standard	Über- tragungsrate	Frequenz- bereich	Jahr
IEEE 802.11	1 bis 2 Mbit/s	2,4 bis 2,485 GHz (lizenzfrei)	1997
IEEE 802.11a/h	Max. 54 Mbit/s	5,15 bis 5,725 GHz (lizenzfrei)	1999
IEEE 802.11b	Max. 11 Mbit/s	2,4 bis 2,485 GHz (lizenzfrei)	1999
IEEE 802.11g	Max. 54 Mbit/s	2,4 bis 2,485 GHz (lizenzfrei)	2003
IEEE 802.11n	Max. 600 Mbit/s	2,4 bis 2,485 GHz (lizenzfrei)	2009
IEEE 802.11p	Max. 27 Mbit/s	Geplant 5,850 – 5,925 GHz	In der Entwicklung

W-LAN 802.11n

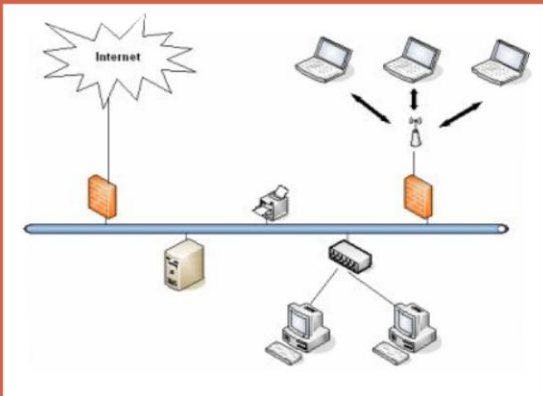
Wireless - Local Area
Network

- Erweiterung des 802.11
 - IEEE Standard für drahtloses Ethernet
 - Erhöhung der Geschwindigkeit
- Übertragungsgeschwindigkeiten bis 300 MBit/s
- Übertragungstechnik:
 - CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

W-LAN

- **Verschlüsselung der Kommunikation**
 - WEP (RC4)
 - WPA (TKIP)
 - WPA2 (AES)
 - Auf IP-Ebene (IPSec oder VPN)
- **Authentifizierung**
 - EAP (Extensible Authentication Protocol)
 - MAC-Adresse

Privatpersonen können auf Unterlassung, nicht auf Schadensersatz belangt werden wenn ihr nicht ausreichend gesicherter WLAN-Anschluss von unberechtigten Dritten für Urheberrechtsverletzungen im Internet genutzt wird. (12. Mai 2010 Bundesgerichtshof)



BWA 802.16m

Broadband Wireless
Access

- Neuer WiMAX Standard
 - Übergang in die 4te Generation
- Abwärtskompatibel zu den Standards 802.16e und 802.15-2005
- Übertragungsgeschwindigkeit von:
 - bis zu 1 GBit/s fixed und
 - bis zu 100 Mbit/s mobil
- In der Entwicklung

UWB

Ultra Wide Band

- Nahbereichsfunkkommunikation für den kommerziellen Massenmarkt
- großer Frequenzbereiche mit einer Bandbreite von mindestens 500 MHz
- Datenrate:
 - 480 – 1320 Mbit/s
- Reichweite:
 - 10 m bis 50 m
- Frequenzbereich:
 - 3,1 – 10,6 GHz
- Lizenzfrei

UWB



- **Anwendungsmöglichkeiten:**
 - Dienste mit hohen Raten über kurze Entfernungen
 - Austausch von Videodaten zwischen Monitor und DVD-Player
 - preisgünstige und energieeffiziente Geräte mit der Möglichkeit einer Positionsbestimmung
 - Sensornetzwerke (Bewegungsmelder durch Mauern)
 - Medizin (UWB-Radar-Stethoskop)
 - Antiterror und Zivilverteidigung

UWB

Through-wall people locator



Quellen

56

- <http://www.etsi.org/WebSite/Technologies/DECT.aspx>
- <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/>
- Bachelorarbeit Martin Rietig To7
- http://openjur.de/u/32452-i_zr_121-08.html
- <http://www.bundesnetzagentur.de/cae/servlet/contentblob/32372/publicationFile/1288/PM20080116UltraWidebandTechnologieId12430pdf.pdf>
- www.howstuffworks.com/cell-phone7.htm
- <http://www.umwelt.nuernberg.de/mobilfunkdiskussion.htm>
- <http://www.tm.tfh-wildau.de/~sbruntha/wiki/>
- EADS Praktikumsbericht Johannes Kroop
- <http://www.tzschupke.de/unterseiten/mf/dma.htm>
- <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/orthogonal-frequency-division-multiplex-OFDM.html>
- <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/multiple-input-multiple-output-MIMO-MIMO-Verfahren.html>
- <http://www.ltemobile.de/lte-technik/>



Danke für Ihre Aufmerksamkeit