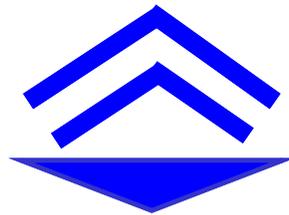


Scriptum zur Lehrveranstaltung

# Mobilkommunikation

Systeme und Anwendungen der Mobilkommunikation



Studiengang Praktische Informatik (Bachelor)  
Berufsakademie Gera  
Umfang: 2 SWS  
15 Wochen

Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Irmischer  
Universität Leipzig  
Institut für Informatik  
Lehrstuhl Rechnernetze und Verteilte Systeme (em.)

Dresden, den 16. Oktober 2016

**Inhaltsverzeichnis**

1	Kommunikationstechnologien (Dienste, Entwicklung).....	4
1.1	Telematik und Teledienste .....	4
1.2	Kommunikationstechnik (Entwicklungen) .....	5
1.3	Informationsgesellschaft .....	7
2	Mobile Computing (Ubiquitous Computing) .....	8
2.1	Informationsversorgung, Mobilität und Innovationen .....	8
2.2	Ubiquitous Computing .....	14
2.2.1	Technologien im Ubiquitous Computing .....	14
2.2.2	Visionen des Ubiquitous Computing.....	16
2.2.3	Anwendungen und aktuelle Entwicklungen.....	18
2.3	Portable Endgeräte .....	21
2.3.1	Anforderungen und Charakteristika .....	21
2.3.2	Tragbare Computer .....	21
2.3.3	Moderne Bedienoberflächen .....	26
2.3.4	Neue Handheld-Generationen .....	28
2.3.5	Technische Realisierungen (Auswahl) .....	35
2.4	Neue mobile Dienste (Auswahl) .....	37
2.5	Drahtlose Kommunikationssysteme.....	40
2.5.1	Merkmale der drahtlosen Kommunikation.....	40
2.5.2	Technische Aspekte der drahtlosen Kommunikation.....	43
2.5.3	Wireless LAN (WLAN) .....	45
2.5.4	Drahtlose Nahverbindungen (Auswahl).....	47
2.5.5	Gegenwärtige und zukünftige Mobilfunknetze .....	48
3	Mobile Verteilte Systeme (Nomadic Computing).....	52
3.1	Mobilität und Ressourcen.....	52
3.1.1	Integration von Mobilität und Ressourcen .....	52
3.1.2	Ressourcenverwaltung.....	53
3.2	Mobilität im Internet .....	55
3.2.1	Internet-Protokolle für den mobilen Einsatz .....	55
3.2.2	Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP).....	55
3.2.3	Mobile Internet Protocol (mobile IP) .....	56
3.2.4	Cellular IP.....	59
3.3	Dienstvermittlung in mobilen Umgebungen .....	61
3.3.1	Dienstverwaltung in drahtlosen Netzen.....	61
3.3.2	Dienstsuche in WPAN (IAS, SDP) .....	61
3.3.3	Dienstsuche in größeren drahtlosen Netzen (SLP, Jini).....	62
3.3.4	Weitere Systeme zur Dienstvermittlung.....	64
3.4	Mobile Ad-hoc-Netze (MANET).....	65
4	Mobilfunknetze 2G (GSM, GPRS, EDGE u.a.) .....	66
4.1	GSM - Global System for Mobile Communications.....	66
4.1.1	Überblick: Empfehlungen, Aufbau und Komponenten.....	66
4.1.2	Daten- und Anwendungsdienste im GSM .....	67
4.1.3	Architektur des GSM-Systems .....	70
4.1.4	Funkschnittstelle am Bezugspunkt $U_m$ .....	73
4.1.5	Standardisierte Dienste in GSM Mobilfunknetzen.....	74
4.1.6	Neuere Sprachdienste (ASCI) und Datendienste (HSCSD).....	75
4.1.7	General Packet Radio Service (GPRS).....	77
4.2	Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE) .....	80
5	Mobilfunknetze 3G (UMTS, IMT-2000) .....	82
5.1	Ursprung UMTS und Einordnung in IMT-2000 .....	82

5.1.1	Standards IMT-2000 und UMTS.....	82
5.1.2	UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).....	82
5.2	Grundlagen UMTS (3GPP).....	84
5.2.1	Basiskonzepte UMTS.....	84
5.2.2	Architektur und Schichtenstruktur UMTS.....	85
5.2.3	UMTS-Kernnetz.....	87
5.2.4	UMTS-Zugangsnetz (UTRAN).....	87
5.2.5	UMTS-Endgeräte.....	88
5.3	Implementation UMTS.....	89
5.3.1	UMTS in Deutschland.....	89
5.3.2	Implementationen (Lizenz, Einsatz).....	91
6	Mobilfunknetze 4G (LTE – Long Term Evolution).....	92
6.1	LTE (Release 8, MFN 3.9G).....	92
6.1.1	Entwicklung des neuen Standards.....	92
6.1.2	Erweiterung, Funkfrequenzen, Endgeräte.....	93
6.2	LTE Advanced (Release 10, MFN 4G).....	94
6.2.1	Erweiterung LTE zu 4G-NW.....	94
6.2.2	Merkmale und Techniken von LTE Advanced.....	96
7	Wireless Personal Area Networks (WPAN).....	98
7.1	Nahbereichskommunikation.....	98
7.2	Infrarot-Netze (IrDA).....	98
7.3	Bluetooth.....	101
7.3.1	Nahbereichs-Funktechnologie für portable Geräte.....	101
7.3.2	Architektur von Bluetooth.....	103
7.4	Weitere Entwicklungen der drahtlosen Geräteanbindung.....	105
7.4.1	Drahtlose Identifikationstechniken (RFID, NFC).....	105
7.4.2	Weitere Entwicklungen.....	106
7.4.3	UWB (Ultra Wideband) und W-USB (Wireless USB).....	108
7.4.4	WLAN und FritzBox-WLAN.....	109
8	Plattformen für Wireless Applications.....	110
8.1	Drahtloser Datenaustausch in mobilen Umgebungen (OBEX, SyncML, Versit)..	110
9	Satellitennetze.....	115
9.1	Satellitenkommunikation.....	115
9.2	Kanalzuordnung.....	116
9.3	Anwendungen von Satellitensystemen (Auswahl).....	116
10	Positionierung und Navigation.....	120
10.1	Verfahren zur Positionsbestimmung.....	120
10.1.1	Grundlagen zur Positionierung.....	120
10.1.2	Verfahren und Systeme.....	121
10.2	Satellitennavigation.....	122
10.2.1	Grundlagen der Satellitennavigation.....	122
10.2.2	Global Positioning System (GPS).....	124
10.2.3	Differential GPS (DGPS).....	127
10.2.4	Wide Area Augmentation System (WAAS).....	128
10.2.5	Weitere Systeme zur Satellitennavigation.....	129
11	Abbildungsverzeichnis.....	131
12	Literaturverzeichnis.....	132

# 1 Kommunikationstechnologien (Dienste, Entwicklung)

## 1.1 Telematik und Teledienste

**Telematik = Telekommunikation + Informatik:** Verbindung von Informatik und (insbes. digitalen) Telekommunikation, ausgewiesen durch neue Kommunikationstechnologien und Teledienste, vor allem aus den Bereichen Hochgeschwindigkeitskommunikation, Mobilkommunikation und Telediensten zu kooperativen Arbeiten, Multimedia und Mobile Computing.

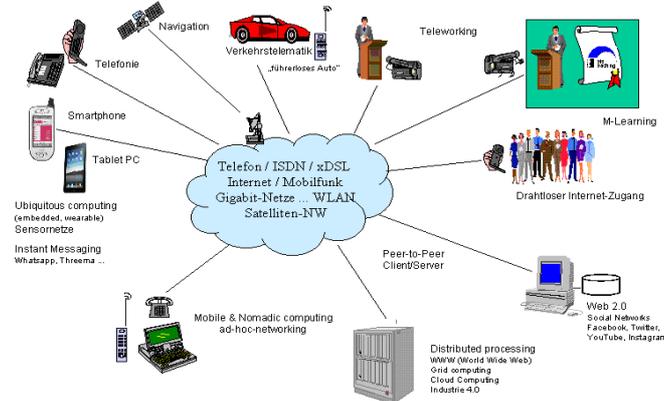


Abbildung 1.1: Einsatzbereiche Telematik (Auswahl)

### Kommunikationsinfrastruktur (Auswahl)

Basis für Trägerdienste (Bearer Services) und Anwendungsdienste (Tele Services)

- Drahtgebunden (wired):
  - Telefonnetze (Kupferkabel, Orts-/Fernvermittlung, analog -> digital)
  - Datennetze (long haul)
    - Highspeed (Glasfaser, DWDM, 10G->100G->ROADM, 1Tbit/s), Internet, NREN(WiN)
    - Zugangsnetze (ISDN, xDSL, PON -> IP/Breitband)
  - lokale Netze (Fast Ethernet 100 Mbit/s -> Gigabit Ethernet, "100GE" -> 400 Gbit/s 2017),
  - Überseekabel (~> TeleGeography Maps)
- Drahtlos (wireless):
  - Satellitennetz (Kommunikation, Navigation)
  - Verteilkommunikation (Rundfunk, Fernsehen)
  - Mobilfunk): Telefonie und Datenpaketfunk
    - terrestrisch (GSM, UMTS, LTE; Mobility-Mgt.), lokal (WLAN), Nahbereich (IR, Funk)
  - mobile IP, Bündelfunk, Richtfunk, ..., RFID, NFC, M2M, ...
- Unterwasserkanal

**Teledienste** (Anwendungsdienste): online, verteilt, Sprache und Daten.

- mobil: verschiedene Mobilitätsformen (Geräte, Nutzer, Dienste),
  - i.allg. drahtlose Übertragung, portable Geräte (Laptop ... PDA, Smartphone, Tablet),
  - mobile Computing: ubiquitous, nomadic, LBS (Local Based Services)
  - dominierende Dienste: Telefonie (incl. SMS), Internet-Zugang (Email, Web), Ortung.
- kooperativ (verteilte Systeme)
  - Grid-Computing, CIM, Web-Technologien (social Networks), Cloud Computing;
  - Integration mobiler Dienste (mobile distributed Computing), u.a. bei Web 2.0 Nutzung, z.B. Twitter, Instant Messaging (z.B. WhatsApp, iMessage vs. SMS).
- multimedial (audio/video):
  - VRML, Telekonferenz, Teleteaching, interaktives TV, e-Books, autonomes Auto.
  - mobile Geräte (online/offline), wie Laptop, PDA, Smartphone, Tablet PC: mit Vielzahl multimedialer Funktionen, u.a. Kamera, Radio, MP3, Handy-TV, Navi, 3D.

## 1.2 Kommunikationstechnik (Entwicklungen)

### Technologien und Standards

#### *Analoge Kommunikationstechnik*

- Telegraf (S.Morse<sub>1840</sub>), Telefon (A.Meoci, P.Reis, A.G.Bell<sub>1876</sub>), Faksimile, Telex.
- Vermittlungstechnik (Strowger<sub>1891</sub>), Signalisierung, Modulation (Hertz, Nyquist, Shannon).
- Telefonnetze (POTS, PSTN): Ortsamtstechnik, Fernvermittlung; Selbstwähltechnik.
- Analoge Funknetze (öbl A, B, C; Betriebsfunk).

#### *Digitale Kommunikationstechnik*

Kupferkabel, 64 kbit/s; LWL > 100 Mbit/s; Funkwellen; A/D-Wandlung, Modulation

- Leitungsvermittelttes Telefonnetz (ISDN),  
Paketvermittelte Datennetze (X.25 -> TCP/IP)
- NREN (X-WiN, RÉNATER, ..., GÉANT), Internet, Usenet, mobile IP  
Zugangsnetze: ADSL (z.B. T-DSL), SDSL, VDSL (GPON), ...
- Drahtlose Netze (Funk, Infrarot): flächendeckend (Kontinente, terrestrisch), lokal, nah

#### *Aufbau von Daten- und Rechnernetzen*

- privat / öffentlich, Medien  
Kabel (wired): Kupfer, Koaxial, Glasfaser  
kabellos (wireless): Funk (terrestrisch, Satellit, nah), Infrarot
- WAN, LAN, MAN (z.B. ARPAnet, Internet, Ethernet (Novell) [FDDI, Token-Ring (IBM)])
- Hochgeschwindigkeitsnetze-Netze (Fast/Gigabit-Ethernet, [B-ISDN/ATM], optische Netze (SDH/WDM, DWDM), dark fiber)
- Mobilfunknetze  
zellulär: GSM, GPRS, UMTS, HSDPA, LTE sowie Bündelfunk  
lokal, nah: DECT, WLAN, Wimax, Bluetooth, IR, RFID, NFC, Sensornetze ...  
und Endgeräte: Stiefelphon<sub>1973</sub> ... Cell phone<sub>GSM 1992</sub> ... Smartphone<sub>2007</sub> ... Tablet PC<sub>2011</sub>

#### *Standardisierungen*

- ISO-Referenzmodelle: OSI (X.21, X.25), B-ISDN (SDH / ATM, SDH / WDM)
- Quasi-Standards: TCP / IP und Internet, IEEE 802.11, WAP-Forum, ETSI, W<sub>3</sub>C, ...

#### *„Sternstunden“ der Applikation Telekommunikation*

- Telefon (G. Bell, 1876 Patent)
- ARPA (L. Kleinrock, 1969) ~> Internet (TCP/IP, V. Cerf, 1983) -> rlogin, FTP, SMTP, (HTTP)
- Erstes Handheld (Stiefelphone, M. Cooper, 1973 -> Motorola Dynatac 8000X, 1983)
- WWW (T. Berners-Lee, 1991) ~> IP verdrängt X.25 in Europa
- GSM (terrestrisches digitales Mobilfunknetz, 1991/92; 1. SMS 1992)
- Satelliten-Navigation (GPS 1995)
- Smartphone (PDA + Handy + Internetzugang, 2007) -> Anf. 2012: 6 Mrd. Handys weltweit eher problematisch: Social Networks (Facebook, Twitter...), Datenmissbrauch, Hacker

#### **Wichtige Entwicklungslinien** (kabelgebunden und drahtlos, Auswahl)

Basis der modernen (Tele-)Kommunikation: technisch, soziologisch, medial

*Glasfasertechnik* (LWL, neue Lasertechnik – Nobelpreis Kao<sub>2009</sub>):

- Leitungsgebundene Kommunikation (Festnetze): 100 Mbit/s ... 400 Gbit/s ... n Tbit/s.  
Optische Übertragungstechnik (Modulation der Signale zur DÜ auf einer Wellenlänge):  
DWDM-Technik (Dense Wavelength Division Multiplexing), dark fibre.  
ROADM (Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer), für Kanäle im 50 GHz-Raster  
Super-Channels für Terabit-Übertragungen (Flex-Grid ROADM), für bis zu 187,5 GHz Breite.  
Weitverkehrsnetze (long haul): bisher 10 Gbit/s pro Wellenlänge (am wirtschaftlichsten).  
Bündelung bis 160 opt. DÜ-Kanäle (X-WiN, GÉANT) -> mehrere Terabit/s pro Glasfaserpaar.  
In Entwicklung/Erprobung: 100 Gbit/s auf einer einzelnen Wellenlänge.  
X-WiN (2013): auf 100 Gbit/s aufgerüstet, DFN + TK-Ausrüster ECI Telekom.  
In weiterer Entwicklung: Terabit/s (native Terabit-Technologie)

- \* 100 Gbit/s-Netze, u.a. X-WiN, GÉANT (europ. Fo-Backbone), Internet2 (Nordamerika)
- \* Grundlegende Änderung bei Terabit-Technik erforderlich: Einsatz von Super-Channels.  
Ziel: nicht nur Bündelung der Kanäle sondern auch nativ (in tiefer liegenden Schichten)  
Testbeds (2014): Verbindung Uni-RZ TU Dresden – Uni-RZ TU Chemnitz (bei lfd. Betrieb)  
Danach Erprobung der Terabit-Technologie zw. TU Dresden und Leibniz RZ München-Garching.
- Lokale Netze: Gigabit-Ethernet (1 / 10 / 40 / 100 Gbit/s (“100GET“)).  
Standardisierung: IEEE 802.3ba<sub>2010</sub>: für ein Optical Transport Network (OTN).  
40 / 100 Gbit/s, Entfernung: wenige Meter ... 10 (40) km.  
Ethernet-Generation jenseits des 100-Gigabit/s-Standards frühestens 2017 zu erwarten.  
Dazu “400 Gb/s Ethernet Study Group“ durch IEEE gegründet (März 2013)

*Zugangsnetze* (breitbandig): u.a.

ADSL (8 Mbit/s, 768 kbit/s; T-DSL: 25 Mbit/s), SDSL (2 Mbit/s), VDSL (50 Mbit/s), PON.  
Einsatz der GE-Techniken, für den Anschluss der Nutzer an die Terabit-Netze.

Telekom<sub>2014ff</sub>: Breitbandkommunikation (IP, Glasfaser) -> Ersatz Telefon- / DSL-Netze

*Mobilfunktechnik:*

Ständige Zunahme der drahtlosen Kommunikation (Netze und Nutzer).

Terrestrisch: zelluläre Mobilfunksysteme (Millionen-TN-Systeme, 6 Mrd. Handys<sub>2012</sub>).

GSM, DCS --> GPRS, EDGE --> UMTS, HSDPA --> LTE (100 Mbit/s<sub>2010</sub>...1 Gbit/s<sub>2014</sub>).

WLAN (IEEE 802.11): 54/108 Mbit/s, Access Points (Internet-Zugang, Skyhook Wireless).

GHz-Bereich: Mobile Broadband System (W-ATM, Wimax, UWB). i.E. MFN 4G, 5G.

Nahbereichskommunikation: WPAN (IR, Bluetooth), Sensornetze, RFID, NFC, W-USB.

Satellitenübertragung (Kontinente-überstreichend), u.a. Satellitentelefonie, TV, Ortung.

Weitere drahtlose Übertragungssysteme: Bündelfunk, Richtfunk, Pager-Systeme, Femto-

Cell, schnurlose Telefonie, mobile IP, Embedded Systems (z.B. führerlose Autos)...

*Satellitenkommunikation:*

Satellitensysteme u.a. für Verteilkommunikation (Rundfunk, Fernsehen), gebündelte Übertragung von Telefonverbindungen, Positionierung (GPS, Galileo), Navigation ~> LBS

*Mobile Computing* (ubiquitous/nomadic):

Portable Computer, Smartphone, Tablet-PC ~> Mega-Pixel- und Giga-Hertz-Wahn !

Drahtloser Internet-Zugang, multimedial, Breitbandfunk, Echtzeitkommunikation

Embedded / wearable Computing, Sensornetze

*Internet:* Gruppenkommunikation (Multicast, SIP), Dienstgüte, IPv6, Security, VoIP...

Dominanz von Internet und IP-basierten Anwendungen (u.a. Email, Web).

Weltweite Vernetzung (*Superhighway*), Integration Verteil- und Individualkommunikation.

*Neue Informationsdienste*

Internet, mobiler Zugang, PIM, Push-Email, Blogs, Twitter. Mit Navigation (Satellit oder Netzwerk): Local Based Services (z.B. Goggles/Google).

Smartphone, NFC-Chips; Bezahlterminals für online-Bezahlsysteme.

*Neue Internet-Technologien:*

Konventionelle Internet-Dienste (Basis TCP/IP-Netz): rlogin, FTP, Email (SMTP) und verschiedene Info-Systeme, u.a. Finger, Gopher, seit 30.04.1993: WWW (HTTP).

Heutige Sprachweise: „Internet“

Web: dynamisch, interaktiv (Client-/Serverseitig), synchron (mit AJAX auch asynchron).

Web-Technologien: PHP, Web Services, JavaScript, XML, AJAX, HTML5, CSS3

Web 2.0 (social Network, mediales Internet ~> “all Web“):

neue Gemeinschaftsform der Web-Nutzung, Semantic Web.

Blogs (r/w), RSS-Feeds (Pull-Dienste, Abo), Online-Portale, Nachrichtendienste.

Mobiler Internetzugang: Email, Facebook, Twitter (Microblogging), Smartphone-Apps

(u.a. Instant Messaging, wie WhatsApp, iMessage, Joyn vs. SMS)

Cloud Computing: Verarbeitungs- und Speicherkapazität im Netz (Serverfarmen),

Zugriff über Browser (-> Webtop).

## 1.3 Informationsgesellschaft

### Neue Kommunikations- und Informationsdienste (Auswahl)

*Kommunikationsdienste (Bearer Services):*

Vermittlung von Diensten (Trading) und Netzen (Virtual Private Networks, VPN), Dienstgüte, Infrastrukturnetze, Ad-hoc-Netze, P2P-Netze und Mobilfunknetze.

*Anwendung von Telediensten (Teleservices):*

Computer Supported Cooperative Work (CSCW), Mobile Computing: ubiquitous (Mobilfunk), nomadic (z.B. mobiler Service-Ingenieur), RFID, Sensornetze.

*Dienste in Verteilten Systemen:*

Client/Server-Systeme, WfMS, EDI, Peer-to-Peer, Web Services; SOA. Einsatz von Verteilungsplattformen, u.a. OMG CORBA, RMI/Java, DCOM, .NET und J2EE (mit Enterprise Java Beans). Immer dominierender: Web-Technologien (PHP, AJAX; Web 2.0).

Haushalte, Bibliotheken; Verkehrstelematik; Bildungsportal, Grid Computing, Industrie 4.0

### Interaktive, multimediale, persönliche Computer

Verbesserung der Nutzungsqualitäten und Bedienungsfreundlichkeit.

Traditionelle Handys (Cell phones)

- Mobiltelefon (inkl. SMS), ergänzt durch Kamera, Navigator, Email (Push), Internet-Zugang  
PDA (Personal Digital Assistant), z.B. Smartphones

- Organizer, Mobiltelefon, Internet, Email, Navigator, PIM, Twitter; Multimedia-Funktionen:  
Smartphone: Telefon + PDA (Minicomputer), seit CeBit 2007 hohe Marktverbreitung.

Portable PC's: Laptop, Notebook, Sub-Notebook, Netbooks, Tablet PC; Webtop

### Gesellschaftliche Auswirkungen

Zusammenwachsen der Technologien und Märkte für Computertechnik, Telekommunikation, Mobilkommunikation, Unterhaltungselektronik, TV. Beispiele:

- Hochauflösendes digitales Fernsehen (HDTV), digitaler Hörfunk / TV (DVB),
- Multimedia (Integration von Daten, Graphik, Text, Stand- und Bewegtbild, 3D),
- Multifunktions-Handys: Telefon, PDA (Smartphone), Kamera, Navi, MP3-Player, TV

Dominanz des Internets (WWW) und Mobiltelefonie, "mobiles" Internet (WAP, i-Mode).

Vorteile in kommerzieller Gesellschaft durch TK (Verfügbarkeit über Informationen).

Probleme: ältere und behinderte Menschen, Gestaltung und bedenkliche Inhalte, Informationsflut (Beherrschbarkeit, Aktualität), Sicherheit (Manipulation, Missbrauch).

Speicherung/Verarbeitung ~> Verlagerung ins Internet (Google, Amazon), Cloud Computing.

Gefahr durch Terrorismus, z.B. 11.09.2001-Syndrom. Kommerzielle Web-Nutzung ~> Veränderung von Lebensstil, Politik, Bildung, Unterhaltung usw. (Information, Handel, e-Pay).

Web 2.0 (Facebook 850 Mio TN<sub>2012</sub>, Flashmobs, Twitter) und Cloud-Computing.

### Aktuell dominante Entwicklungen (2013ff)

- Mobile Computing:
  - Portable Geräte (Smartphone, Tablet PC) und schnelle Netze (MFN 4G, LTE),
  - Web-basierte Anwendungen (Web 2.0, z.B. Instant Messaging, Smartphone-Apps).
- Smart TV (*Multimedia*)
  - Flachbildschirm (LED) mit integriertem Computer: Prozessor, Speicher, E/A und Kommunikationstechnik (WLAN, Modem für DSL und Mobilfunk, IP).
  - Nutzung (parallel) für konventionelles TV, interaktives TV, PC-Arbeit und Internet-Zugang (insbes. Web-Dienste); s. Messe IFA 2012 / 2013.
- Selbststeuerndes Auto (*Verkehrstelematik*): Einsatz ab 2019 geplant; s. CES 2013, IFA 2013.
  - Embedded Computing (Prozessoren, verkoppelt) und Internet-Zugang.
  - Sensoren und Steuerungstechnik; Video- u. Funktechniken, Multimedia; Rundumblick.
  - Klärung der rechtlichen Grundlagen in Deutschland für den Einsatz.

## 2 Mobile Computing (Ubiquitous Computing)

### 2.1 Informationsversorgung, Mobilität und Innovationen

#### Mobile Computing

Oberbegriff für Anwendungen auf der Basis von Mobilkommunikation. Im engeren Sinn: Anwendungen auf portablen Computern, die sowohl offline betrieben als auch online verbunden sein können (i.d.R. drahtlos, wireless). Realisierung verschiedener Formen von Mobilität. Verschiedene Begriffe im Zusammenhang mit Mobile Computing, u.a.

- Ubiquitous Computing, pervasive Computing, Handheld Computing,
- Nomadic Computing, embedded Computing, Sensornetze,
- Wireless Applications (wie OBEX, SyncML, PIM, Email, Twitter, Smartphone Apps, ...)

#### Charakteristik

- Portable Computer + Mobilkommunikation (drahtlose Telekommunikationssysteme),
- Terminal-, Nutzer-, Service- Mobilität.

#### Komponenten des Mobile Computing

- **Mobile Computer** (portable Endgeräte): *Verarbeitungs-, Speicher- und E/A-Funktion*  
(bei Cloud-Computing: i.w. *Zugriffsfunktion* zum Internet/Web)

Bewegliche, leichte, tragbare, energiearme Stationen und Handheld Computer, z.B.

Laptop, Notebook, Tablet PC, Handy (mobile Phone), PDA (Personal Digital Assistant, Organizer), Smartphone, Wearables, Docking Station, Headset, TV-Handy, Navi ...

Neuartige Bedienoberflächen: Stift, Touchscreen, LCD-Monitor, Sprachein/ausgabe.

Ergonomische Bedienbarkeit. Offline/online-Nutzung. Internet-Zugang. Spielkonsole.

- **Mobilkommunikation** (wireless communication): Übertragungsfunktion.

Modem-Übertragung mit Anschluss an Festnetz ("Festnetzerweiterung"): einfache DÜ.

Mobilfunk (wireless, elektromagnetische Welle: IR + Funk): Mobiltelefonie, Paketfunk.

im terrestrischen Bereich (lokal, entfernt): WLAN, DECT, Wimax, MFN (2G... 4G)

im Bereich des Internet (entfernt): mobile IP (IPv4, IPv6)

erdferner Bereich (Kontinente): Satellitennetze (Übertragung und Ortung)

Raum- und körpernahe Netze: WPAN (IR, Bluetooth), RFID, NFC, Zigbee, UWB, Sensoren

#### Begriffe aus Computingsicht

Allgegenwärtiger Computer:

Ubiquitous Computing (1991, Mark Weiser): allgegenwärtige Erreichbarkeit: anywhere, anytime, anyplace (z.B. Mobiltelefonie). Bei PC-Nutzung: Ubicomp.

Pervasive Computing: "durchdringend", "überall vorhanden".

Embedded Computing („smarte“ Gegenstände), Sensornetze (Sensoren + Funk), Auto.

Nomadic Computing: Anwendung (nomadisierend), mobile distributed Computing.

Personal Computing: Persönliche Nutzung: Laptop, Organizer, ... Smartphone, Tablet PC.

Portable Computer (tragbare Endgeräte):

Handheld Computing: Geräte passend in Handfläche, Stiftbedienung, Tastatur (Qwertz).

Geräte: Organizer, PDA (Personal Digital Assistant), Smartphone (Tel. + PDA).

Wearable Computing: Tragbar am Körper bzw. integriert in Kleidung ~> "Wearables".

Augmented Reality: Ergänzung der physischen Realität (z.B. Datenhelm, Google Glasses).

#### Begriffe aus Nutzersicht

Drahtlose Telefonie

- Sprachübertragung (Circuit Switching): GSM: 9,6 kbit/s; EDGE, UMTS: 32 kbit/s; LTE Teilnehmer: DE: 82,8 Mio. 2006; weltweit 1,8 Mrd. 2006. Handys: 6 Mrd. 2011 (lt. Ericsson).

- SMS (Short Message Service): entwickelt für GSM, 160 Z.; speicherverwaltet, Nutzung des Zentralzeichenkanals. Täglich 2,8 Mrd. SMS, 1 Billion p.a. (lt. GSM Association).

DE: 3,6 Mrd. 1999 ... 29,1 Mrd. 2008 ... 41,3 Mrd. 2010 p.a. (lt. Bundesnetzagentur).

1.SMS: 03.12.1992 („merry christmas“). Erweiterungen: EMS, MMS, Internet-SMS, Joyn.

SMS <sub>2012</sub> rückgängig wegen kostenlosen Online-Messaging (Web, Push-Dienst), wie iMessage, WhatsApp, Joyn ...

Drahtlose Datenübertragung

- Paketfunk (Packet Switching): GPRS: 40... 60 (115) kbit/s; EDGE, UMTS: 384 kbit/s.  
HSDPA (High Speed Downlink Packet Access): 1,8 Mbit/s (= 28 \* ISDN) ... 7,2 Mbit/s.  
LTE (Long Term Evolution), LTE Advanced: 100 Mbit/s <sub>2010</sub> ... 1 Gbit/s <sub>2014</sub>.
- Dienste: mobile Web-Browser (WAP -> HTML), mobiler Internetzugang (Email, Web), Handy-TV, mobile Navigation, LBS.

Mobiler Zugang zum Internet (Paketfunk)

- Email über Handy: automatisches Zustellen der Emails
  - \* Push-Dienste, wie Blackberry (RIM: Research In Motion), Danger (Sidekick), Funambol.
  - \* Email-fähiges Mobiltelefon, Push-Emails auf Handy (ständige Verbindung zum Email-Server über GPRS, UMTS, HSDPA oder LTE).
- Smartphone: Browser in mobilen BSS, z.B. Safari (iOS/Apple), Chrome (Android/Google).  
Zugang zu Web-Diensten: Web 2.0 (wie Twitter, Facebook, Instant Messaging), Apps

### ***Begriffe aus Netzsicht***

Infrastrukturnetze: Mobilrechner ist in Netzwerkstruktur (meist Fetznetz) integriert, u.a. Zugriff auf Server. Mobile Vernetzung (engl.: Mobile Networking). I.d.R. drahtlose Verlängerung des Festnetzes, z.B. GSM, UMTS für ISDN.

Ad-hoc-Netze: Spontane Vernetzung, kurzfristig, ohne aufwendige Konfiguration. Keine feste Kommunikationsinfrastruktur. Typische Anwendung: Peer-to-Peer (P2P).

Andere Begriffe: MANET (Mobile Ad hoc Networks), Mobile-mesh Networking, ...

Embedded Networking: Embedded Systems: Für Steuerungs- und Kontrollaufgaben in Haushalts-, Unterhaltungs- und Konsum-Elektronik bzw. technische Geräte, z.B. Automobile. In Haushaltgeräten: Everyday Computing ("Kühlschrank").

Mobilkommunikation (drahtlos, wireless): elektromagnetische Wellen. I.d.R. Funknetze.

### **Innovationen der Kommunikations-Infrastruktur**

Telefon (Sprach-) / Datenverkehr, Mobiler Internet-Anschluss (Mobile IP; WAP -> HTML)

Es existieren verschiedene Mobilfunknetze, Standards und Dienste, u.a.

**Zellularfunk** (Cellular Radio): Unterteilung des Versorgungsbereiches (Cluster, Zellen)

- Mobiltelefonie (circuit switching):
  - öbl A-, B-, C- Netze (analog, 1G)
  - D1- / D2- Netz; GSM-900-Standard (ETSI, digital, 2G)
  - E1- / E2- Netz, PCN (UK): Basis: DCS-1800-Standard (ETSI, weltweit, digital, 2G)
    - GSM: Global System for Mobile Communications (Europe), 900 MHz
    - DCS: Digital Cellular System (Europe, World), 1800 MHz
  - Spezielle Dienste: SMS (Short Message Service), Faxabruf, einfache Datendienste
- Daten-Paketfunk (packet switching):
  - Modacom, Mobitex, Ardis (1G); GPRS (2.5G), HSDPA (3G)
- Neuere Netze: Telefonie und Datenübertragung, Handy-TV, Navigation
  - 2.5G: GPRS, 3G: EDGE, UMTS, CDMA2000, HSDPA, 4G: LTE, LTE Advanced.
    - GPRS: General Packet Radio Service
    - EDGE: Enhanced Data Rates for GSM Evolution
    - UMTS: Universal Mobile Telecommunications System (Europe), 2000 MHz
    - HSDPA: High Speed Downlink Packet Access
    - LTE: Long Term Evolution
- Bündelfunk (Trunked Radio): zellulär, wie MFN; Standard TETRA.

### ***Globaler Bereich***

- Satellitenkommunikation (Rundfunk, TV, Telefonie, Internet (Web, VoIP), Navigation)

### ***Lokaler Bereich***

- Schnurlose Telefone (DECT, PHS, PCN1900): Tel., LAN (begrenzt), Hotspots, FemToCell
- Funk-LAN (IEEE 802.11, ETSI HIPERLAN), HomeRF, W-ATM, Wimax

- Nahbereich (WPAN): Infrarot (IrDA), Bluetooth, Zigbee, NanoNet, UWB (Ultra Wideband). W-USB; Identifikationstechniken: RFID, NFC; Automatisierte Kommunikation zwischen Maschinen: M2M (Machine-to-Machine); Sensornetze.

### Formen der Mobilität

Allseitige Erreichbarkeit (anywhere, ...) -> portable Endgeräte, drahtlose Kommunikation.

*Terminal-Mobilität (Endgeräte-Mobilität):* Endgerät bleibt vernetzt, während es sich bewegt, (z.B. Mobiltelefonie). I.d.R. wird dies durch drahtlose Netze und portable Geräte realisiert.

*User-Mobilität (Nutzer-Mobilität):* Nutzer kann ein beliebiges Endgerät verwenden, um seine Dienste zu nutzen. Die eindeutige Identifikation des Nutzers kann z.B. über eine Chipkarte gewährleistet werden. Beispiel: PCN (Personal Communication Networks, UK).

*Service-Mobilität (Dienste-Mobilität):* Benutzer kann unabhängig vom Ort auf dieselben Dienste zugreifen. Beispiele: weltweiter Zugriff auf eigene Emails, DB-Replikat.

### Nutzungsformen im Mobile Computing

*Offline:* Portable Endgeräte als eigenständige Computer oder Organizer, nicht permanent mit Internet oder anderen Geräten verbunden (*disconnected mode*). Verbindung erfolgt zu festgelegten Zeitpunkten. Synchronisation mit PC, z.B. abgekoppeltes Büro, PIM.

*Online:*

- Ubiquitous computing: Mobilrechner und (drahtlose) Kommunikation sichert allseitige und ständige Verfügbarkeit der Informationen (*connected mode*).

Neue Anwendungen (neben Telefonie): Internetanschluss über mobile Browser (WAP-Handy<sub>WML</sub> -> Smartphone/Tablet<sub>HTML</sub>), Embedded Computing, Wearable Computing, Sensornetze. Email, Navig., Twitter (Micro-Blogging), Local Based Services (mit Navi), u.a. elektronische Hörbücher, Latitude bzw. Goggles (Google), Facebook mit Geodienst Places.

- Nomadic Computing (nomadisierende Teilnehmer): Integration der Mobilrechner in ein verteiltes Anwendungssystem (mobile distributed system).

Beispiele: mobiler Service-Ingenieur, PIM (Personal Information Manager), Börsen- bzw. Wahldienst, Push Emails, Goggles.

### Anwendungen von Mobile Computing

Ubiquitous Computing

Handy, Organizer, Smartphone: Mobil-Telefonie / -Fax, E-Mail, PIM, SMS, TV, ...

Mobilrechner (z.B. PDA, Tablet PC), Nutzung E-Mail (Push), DB-Zugriffe

Nomadic Computing / Mobile Distributed Computing

Informationsverbund mit Zentrale, Nutzung zentraler Verarbeitungsprozesse, Daten und allgemeiner Informationsdienste (z.B. Online-Dienste), mobiler Internet-Zugang (Handy)

*Anwendungsbereiche (Auswahl)*

Mobiles Büro, PIM, Börsendienst, Geschäftsreisen, Vertrieb (Außendienst), Spiele

Inbetriebnahme, Wartung (Service-Ingenieur); Spielkonsole

Mobile Transportsysteme, Warenumsschlag, Logistik, Umweltüberwachung (Sensornetze)

Telematik im Auto und Verkehr (embedded computing), Tickets/Plan über Handy

Mobile Informationsdienste (Fahrplan, Reservierung, Hotel, Flug, ...)

LBS (Local Based Services, mit Lokalisierung), u.a. elektronischer Reiseführer, Goggles

Medizinischer Notdienst, Telemedizin, Mobile Datenerfassung / -ausgabe (z.B. Geologie)

**Einsatzszenarien für portable Computer** (Notebook, Handy, PDA, Smartphone ...)

- Eigenständiger Computer (mobiles Endgerät): *offline* (disconnected) oder *online* (Netzverbindung)

- Ubiquitous Computing: Telefonie (Sprache, Kurznachrichten SMS), Wearable bzw. Embedded Computing, Sensornetze.

- Handheld-Computing (Satellitennetz, Mobilfunknetz, WLAN; Zusatz: IR, Bluetooth):

- Minicomputer (PDA, Smartphone), Leitungs- und Paketvermittlung, Sprache, Stift, Touchscreen.
- Nutzung: Telefon, SMS, Kamera, ... Organizer. PIM mit PC-Synchronisation (z.B. SyncML).
- Emails (Push-Dienste), Handy-TV, Navigation, mobiler Internet-Zugang (WAP, i-mode).
- Mobilanschluss Internet (WLAN, MFN): Laptop, Netbook, Ultrabook, Tablet-PC.
- Drahtloser Anschluss portabler Computer an Internet (DHCP, mobile IP), SLP, Jini, UPnP.

### Kommunikations-Infrastruktur (generisches Beispiel)

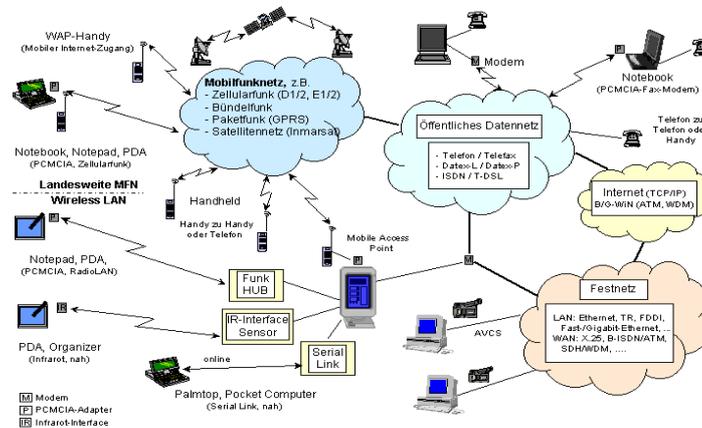


Abbildung 2.1: Generische Kommunikationsinfrastruktur

### Entwicklungsrichtungen (ab CeBIT 2006 ff)

#### Mobile Nutzungsformen (Auswahl)

- Ursprünglich und nach wie vor dominierend: Mobiltelefonie (Cell Phones):  
~> telefon, Kurznachrichten (SMS, MMS), einfache Datenübertragung.  
4 Mrd. Handys 2009 -> 6 Mrd. 2011 (lt. Bitkom bzw. Ericsson), bei 7 Mrd. Menschen 10/2011
- Zunehmend Multimedia, Organizing, PIM und Web: PDA und Smartphones (Tel. + PDA):  
~> Organizer, telefon und mobiler Internet-Zugang (MFN, Browser, z.B. Safari).  
Beispiele: Communicator (Nokia), iPod / iPhone / iPad (Apple), SGH-i900 Omnia (Samsung), Xperia X1 (Sony Ericsson), G1 und Nexus One (Google), Palm Pre (Palm Inc.), HTC One (HTC), Kin (MS), Galaxy S4 (Samsung), neue Google Gadgets (Nexus)...

#### Handy und PDA

- Mobiltelefon, Kurznachrichten (SMS, MMS), einfache Datenübertragung
- Email (Push-Dienst), mobiler Internetzugang, Handy-TV (über UMTS-Internet oder Digitales TV: DVB-H), PIM (PDA's), Navigation (GPS), Twitter

#### Smartphone (Kombination Handy & PDA)

- Email, mobiler Browser (HTML), Navigation (GPS), Radio, Digitalkamera, mobiles TV, Spielkonsole.
- Social Network (u.a. FB). Smartphone als Bezahlbörse (z.B. Google 2011, Nutzung NFC).
- Apps (Web-basierte Dienste, über Stores, kostenfrei bzw. gebührenpflichtig). Online Messaging mit Smartphone-Apps 2011, z.B. WhatsApp, iMessages (vs. SMS und RCS-e/Joyn)
- Download Musik (MP3) oder Filme, Videostreaming (WLAN), Surfen mit DSL-Speed.

#### Tablet PC's und eBooks

- Anzeige von Web-Seiten ~> Ersatz für Listen und Bücher (Papier) und PC-Ersatz.
- Social Network (u.a. Facebook, Twitter). Betriebssysteme analog Smartphone.

#### Betriebssysteme für Handys/Smartphones/Tablets (Auswahl):

- konventionell (i.w. Handys und PDA):  
Epoc/Symbian (Nokia), Palm OS (Palm Inc., 3Com), webOS (Palm),
- Microsoft (PDA -> Smartphone -> Tablet):  
Windows CE / Mobile / Phone 7 21.Okt.2010, Windows Phone 8 Ende 2012 (für Smartphone).  
Anm: Windows 8 Launch (für Smartphone, Tablet und PC)

- Google (für Geräte verschiedener Hersteller, u.a. Google, HTC, Huawei, Samsung ...):  
Android 2.2 „Froyo“ -> Android 2.3 „Gingerbread“ -> Android 3.0<sub>2011</sub> „Honeycomb“ ->  
Android 4.0<sub>2012</sub> „Ice Cream Sandwich“ -> Android 5.0<sub>Ende2012</sub> „Jelly Bean“ vs. WPhone 8  
Android Lollipop<sub>2014</sub> für Smartphone, Tablet und TV.
- Apple (für Apple-Geräte, wie iPhone, iPod touch, iPad, Apple TV 2G):  
iPhone OS -> iOS<sub>2010</sub>, u.a. iOS 4.3 -> iOS 5<sub>2011</sub> -> iOS 6<sub>Herbst 2012</sub> (spez. Kartenmaterial,  
Navi mit Sprachanweisungen, 3D-Ansichten, Siri auch für Apps, Facebook und Twitter,  
iCloud-Nutzung) -> iOS 7<sub>09/2013</sub> -> iOS 8<sub>2014</sub> für iPhone und iPad (App Health, Pro-  
grammiersprache Swift)  
Anm.: Mac OS X für PC, NB, Basis Apple-Unix („Darwin“) -> Mac OS X 10.7 „Lion“<sub>2011</sub> (angenähert an  
iOS) -> Mac OS X 10.8 „Mountain Lion“<sub>2012</sub> (Diktierfunktion, Integration von iCloud)  
BS Yosemite für MAC
- Weitere BS (Basis Linux): FirefoxOS, Ubuntu mobile.  
Samsung Smartphone Z (ohne Android, Linux-basiert)

#### *Ausbau terrestrischer Mobilfunknetze*

- Konventionelle MFN (2G, 2.5G): GSM, GPRS, EDGE (345,6 kbit/s).
- MFN 3G: UMTS (Standard: 384 kbit/s).  
Paketvermittlung: Einsatz HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) für schnelle Da-  
tenübertragung („Turbo-UMTS“): 1,8 Mbit/s<sub>2006</sub> (= 28 \* ISDN) ... 7,2 Mbit/s.  
HSDPA+ (28 Mbit/s<sub>2009</sub>, O<sub>2</sub>).
- Breitbandkommunikation (Echtzeit, Videostreaming): Wimax; MBS, LTE.
- MFN 4G: LTE (Long Term Evolution): 100 Mbit/s<sub>2010</sub> ... 1 Gbit/s<sub>2014</sub> (real<sub>2011</sub>: 3/10 Mbit/s),  
Standard: LTE (Release 8, 3.9G): 300 Mbit/s, LTE Advanced (Release 10, 4G): 1 Gbit/s  
Flächendeckender Ausbau in DE zögerlich<sub>2012</sub>, eher USA. Entwicklung Standard 5G.

#### *Schneller Netzzugang*

- DSL Download bis 16 Mbit/s (= 250 \* ISDN): Arcor, AOL, Hansenet (Alice), T-Mobile...
- VDSL-Technik (Glasfaser, 50 Mbit/s).
- Breitband-Komm. (IP statt DSL; >= 50 Mbit/s): Telefonie (VoIP), ISDN (S<sub>0</sub>) over IP, ...

#### *Elektronische Hörbücher ... Reiseführer (2008)*

- Hörbuch: Nutzung über Handy, MP3-Player oder Mini-Computer (Smartphone, PDA).
- Reiseführer: Navi, lokationsbedingte Informationen (z.B. Museum), optional Hörbeiträge.

#### *Local Based Services*

- ortsbedingte Informationen (GPS), z.B. Goggles (Google Earth)

#### *Wireless USB (W-USB)*

- Funktechnologie im Nahbereich zum drahtlosen Anschluss peripherer Geräte.  
2 Spezifikationen für die funkbasierte Erweiterung des USB-Standards:  
CWUSB (Certified Wireless USB) durch USB Implementers Forum.  
WUSB von Cypress Semiconductors, nicht von USB-Organisation unterstützt.
- W-USB basiert auf UWB- (OFDM-) Technologie (siehe ECMA-368, WiMedia Alliance).  
Übertragungsraten: 480 Mbit/s (bis 3 m, spezielle Chips für bis 9 m), 110 Mbit/s (bis 10 m).
- Übertragung im Frequenzband zwischen 3,1 und 10,6 GHz, aufgeteilt in 5 Bandgruppen.  
Ein Band belegt Bandbreite von 528 MHz. Frequenzen weltweit noch nicht freigegeben.  
Frequenzfreigabe des Bereiches 6 bis 8,5 GHz durch EU ab 2010.

#### *Neuer Browser*

- Chrome (Google): 2008. Einfache Gestaltung, schnelle Suchmaschine.

#### *Vernetzte Welten („Connected Worlds“, CeBIT 2010)*

- Haushalt- und Gebäudetechnik (u.a. Smart Meter, Home One, Zigbee).
- Unterhaltungselektronik (Netzwerkspeicher), Kommunikationstechnik (AVM), Netbooks,  
3D-Technik, Cloud Computing.

#### *Effiziente Mobilrechner (CeBIT 2010)*

- Mobilrechner als 3D-Kinos, Surfstationen, robuste Minibüros (lebendige Bilder, 3D, grafikfähige Spiele-Notebooks, schneller Grafikchip).
- Zuverlässigere Speicher: SSD (Solid State Drive).
- Berührungsempfindliche Displays (insbes. für Tablet PC).
- Schneller Datentransport: USB-3.0-Schnittstelle
- Netbooks: z.T. mit UMTS oder Bluetooth, vergrößertes Display (Standard 10").

#### *Cloud Computing (CeBIT 2011)*

- Bereitstellung von Speicher- und Verarbeitungskapazität im Internet („Cloud“: in der Wolke). Slogan auf CeBIT: „work and life with the cloud“.
- Daten nicht mehr lokal auf Festplatte, Zugriff über Web-Browser.
- Dienste u.a. bei Amazon, Google, iCloud (Apple).
- Unterstützende Betriebssysteme: Windows Azure, Windows 8 (Microsoft), iOS (Apple).

#### *3D-Darstellung (CeBIT 2011)*

- Fernsehen, PC und Smartphones; mit / ohne Shutterbrille, 40" Display, kleinere Displays.
- Zusätzlich Hologramm-Technik (sog. „Holodeck“, s. Apple-Patent).

#### *Tablet PC („Schiefertafel“, CeBIT 2011) -> s. Messen MWC und CES*

- ursprünglich Notepads -> Touchscreen: iPad<sub>2010</sub> (Apple) -> Boom der Tablets (CES<sub>2011</sub>).

#### *Neuheiten (CeBIT 2012): Motto: Managing Trust: Vertrauen/Sicherheit in der digitalen Welt*

- Cloud Computing: Vorteile / Nachteile, Einsatzgebiete, Datensicherheit.
- Datenexplosion („Big Data“)
- Intelligente Lösungen zur Speicherung, Analyse und Steuerung großer Datenmengen
- Anwendungen in der Meteorologie und Pharmazie.
- Mobile Computing
- Weitere Tablets, z.B. neuer iPad3G (Apple), Galaxy Tab 2 (mit Android 4.0) und Galaxy Note (Samsung), PadFone (Asus), Xoom 2 (Motorola).
- Microsoft Windows 8: BS für PC, Tablets und Smartphone. Benutzer-Oberfläche Metro (Touchscreen, Kacheln). Annäherung an Windows Phone 7 bzw. 8.
- LTE: Netze und Endgeräte; 3D am Notebook.

### **Entwicklung Betriebssysteme für Mobile Computing (Auswahl)**

PC, Notebook [, Netbook, All-in-One, UMPC]: insbes. Apple, Microsoft

Mac OS, Windows (XP > Vista > Windows 7 > Windows 8) [, Linux, Ubuntu, ...]

Handheld-Geräte (PDA, Smartphone, Tablet): insbes. Apple, Google, Microsoft

iOS (iPhone OS -> iOS 4.3 -> 5 -> 6 -> 7 -> 8), Android (3.3 > 3.0 > 4.0 > 5.0),  
Windows (CE -> Mobile -> Phone 7 -> Phone.8).

In Entwicklung (aber noch unklar): FirefoxOS, Ubuntu mobile.

#### *Mac OS (Macintosh Operating System)*

Apple (USA), proprietäre Unix-Distribution („Darwin“) für Apple-Macintosh-Computer.

Markteinführung 1978, aktuelle Versionen: Mac OS X 10.7 Lion<sub>2011</sub> (angenähert an iOS)

Mac OS X 10.8 Mountain Lion<sub>2012</sub>: iMessage (Gratis-„SMS“), Diktierfunktion, geräteübergreifende Integration von iCloud (Datenzugriff „von unterwegs“).

BS Yosemite (für MAC)<sub>2014</sub>, Cloud Drive (Online-FP), Programmiersprache Swift

Exklusiver Nutzerkreis, Marktanteil 7 %.

Entwicklungslinie: Unix -> BSD -> NeXTStep -> Darwin -> Mac OS X

Geräte: nur Apple-Rechner (PC: iMac, NB: MacBooks (u.a. Macintosh, MacBook Air).

V: stabil, schnell (SW/HW angepasst), elegantes Design, einfache Bedienung, wenig Viren.

N: wenige Programme (z.B. Spiele), teuer, Zubehör an Apple gebunden.

#### *Windows*

Microsoft (USA), Markteinführung 1985, aktuelle V.: Windows 7<sub>2009</sub> [->Windows 8<sub>2012</sub>,  
Oberfläche Metro, „Kacheln“, Launch für PC/NB, Smartphone und Tablet PC].

Weltweite Nutzung (sog. „Standard“), Marktanteil 86 %.

Vorgänger: Windows 3.1 -> Windows 95 / 98 -> Windows 2000 -> Windows XP -> Vista

Geräte: fast alle HW-Hersteller (u.a. HP, Acer, Dell, Asus, Toshiba): PC, NB, Netbook.

V: große Auswahl an Geräten und SW, u.a. Büro (Office), Spiele, Zubehör (Drucker, Scanner ...)

N: BS und HW nicht gut angepasst -> Abstürze, langsam. Komplizierte Bedienung, häufig Viren.

Versionen für PDA, Smartphone, Tablet PC:

Windows CE, Windows Mobile, Windows Phone 7<sub>2010</sub>, Windows Phone 8<sub>2012</sub>

### *iOS*

Apple (USA), Markteinführung 2007, Aktuelle Versionen: iOS 4.3 -> iOS 5<sub>2011</sub> (Integration Twitter, iCloud, iMessage) -> iOS 6<sub>2012</sub> (Facebook, 3D, neue Karten, nun aber wieder Google Maps, Siri-Erweiterung, FaceTime-Videotelefonie) -> iOS 7<sub>2013</sub> (umgestaltete Oberfläche, Control Center, Keychain für Passwörter u.a.) -> iOS 8<sub>2014</sub> (s. Apple WWDC).

Nutzerkreis: Apple-Fans und Nutzer mit einfachem Zugriff auf Internet und Daten (Mails, Fotos), ohne besondere Kenntnisse zum Gerät.

Entwicklung (Benennung): Mac OS X -> iPhone OS<sub>2007</sub> -> iOS<sub>2010</sub>

Funktionen (Auswahl):

Browser Safari, Apple Mail, Kalender, Telefonie, SMS, Audio/Video, ... Integration

Twitter und Facebook, Anbindungen zum iTunes Store und App Store

Geräte: ausschließlich Apple-Geräte, wie Smartphone und Tablet (iPod touch, iPhone, iPad, Apple TV 2G)

V: übersichtlich, elegantes Design, einfache Bedienung, viele Zusatzprogramme („Apps“).

N: wenig Geräteauswahl, keine „Widgets“ (Inhalt einer App ohne Klick sichtbar), Apps müssen bei Apple (App-Store) gekauft werden, teuer.

### *Android*

Google (USA), Markteinführung 2008, aktuelle Versionen: Android 2.3 „Gingerbread“ ->

Android 3.0 „Honeycomb“<sub>Herbst 2011</sub> -> Android 4.0 „Ice Cream Sandwich“<sub>2012</sub> ->

Android 5.0 „Jelly Bean“<sub>Ende 2012</sub> (vs. Windows 8 Launch).

Android Lollipop 2014, für Smartphone, Tablet und TV

Nutzerkreis: für individuelle Einstellungen und Google-Fans (Gmail, Docs, ...).

Entwicklung: Andy Rubin für Mobiltelefone -> Kauf durch Google<sub>2005</sub> -> Open Handset Alliance (Hauptmitglied Google)<sub>2007</sub>. Basis Linux-Kernel, quelloffene freie Software.

Funktionen (Linux-Kernel 2.6): Integration GPS, Bewegungssensoren, ..., Anwendungen in Java (SDK, Dalvik Virtual Machine)

Geräte: über 300 Smartphones und Tablets verschiedener Hersteller (u.a. Samsung, HTC, Motorola, LG).

V: große Geräteauswahl, Apps bei diversen Firmen, „Widgets“ (direkt auf Startbildschirm)

N: komplizierte Bedienung, anfällig gegen Attacken (vor allem über Apps).

## **2.2 Ubiquitous Computing**

### **2.2.1 Technologien im Ubiquitous Computing**

#### **Allgegenwärtiger Computer**

Ubiquitous Computing kennzeichnet den allgegenwärtigen Computer, der als unsichtbarer Hintergrundassistent agiert und ständige Erreichbarkeit sichert. Voraussetzungen:

- Miniaturisierter Computer: leistungsstark, Massenmarkt, Mikroelektronik.

Gesetz von Gordon Moore: die auf einem Chip integrierten elektronischen Komponenten verdoppeln sich alle 18 Monate (Prozessoren in Leistung und abnehmender Größe).

- Kommunikationstechnik:

*drahtgebunden*: Internet (TCP/IP), Zugangsnetze (xDSL), optische Netze (SDH/WDM).

*drahtlos*: Mobilfunknetze (Tel, SMS), Internet via MFN/WLAN, Satellit, IR, Bluetooth, NFC. Neue Technologien wie LTE, FemToCell, UWB, Wimax, Zigbee, RFID.

Das „drahtlose Jahrhundert“ bereits vor 100 Jahren vorhergesagt. A. Brehmer „Die Welt in 100 Jahren“ (1910): „Die Bürger jener Zeit werden überall mit ihrem drahtlosen Empfänger herumgehen, der irgendwo, im Hut oder anderswo angebracht sein wird“.

### Technologieentwicklungen (Auswahl)

- Ausbau und Effektivierung der Kommunikationsinfrastruktur (kabelgebunden / kabellos)
  - \* Internet (-> IPv6) und Einbezug der Internet-Dienste ~> „all IP“.
  - \* Neue Web-Technologien (XML, PHP, AJAX, HTML5), Web Services  
Web 2.0, neue Form der Nutzung (Blogging, Facebook, Twitter, ...) ~> „all Web“  
Semantisches Web (DB, Ortung, Wissensverarbeitung).  
Cloud-Computing (Speicherung / Verarbeitung im Internet, Zugriff über Web).
  - \* Mobilfunknetze (Satellit, terrestrisch, lokal, Raumnetze).  
Mobiler Internet-Zugang (Smartphone, Tablet), Echtzeitkommunikation, Green IT.  
Instant Messaging (z.B. WhatsApp), Selfie. Neue MFN (4G): LTE Advance; 5G i.E.
- Boom der mobilen Endgeräte: Smartphone<sub>2007</sub>, Tablet<sub>2011</sub>, Phablet<sub>2013</sub>.  
Dualcore/Quadcore-Prozessoren, HSDPA ... ~> WAP<sub>WML</sub> / i-mode<sub>cHTML</sub> -> Web<sub>HTML</sub>
- Intelligente Netze: drahtloser Zugriff, Datenbankorientierte Dienste aus Festnetz, Integration von Lokalisierungsdiensten (z.B. LBS: Local Based Services).
- Einsatz eingebetteter Prozessoren und miniaturisierter Sensoren in Verbindung mit Datenkommunikation in Alltagsgegenständen.
- RFID (Radio Frequency Identification): Chip mit Antenne, Funkverbindung, ohne Akku (Nutzung magnetische Induktion). Einsatz in Produkten zur Identifikation / Lokalisierung. Analog: NFC (Near Field Communications), M2M (Machine-to-Machine).
- Neue Technologie-Trends (Multimedia, mobile Computing):  
TV: smart TV, 4K (vierfaches Full HD),  
Verkehrstelematik: selbstfahrendes (führerloses) Auto.
- Neue Materialien (Entwicklungen aus der Materialwissenschaft), u.a.
  - \* lichtemittierende Polymere („leuchtendes Plastik“), die Displays aus hochflexiblen, dünnen und biegsamen Plastikfolien ermöglichen;
  - \* elektronische Tinte und smart paper (z.B. in kleinsten Kapseln schwimmen elektrisch unterschiedlich geladene schwarze und weiße Pigmente -> aufgetragen auf Folie -> Anlegen einer Spannung -> bringen Pigmente nach oben und erzeugen Punkt (Farbe).
- 3D-Darstellungen: 3D-Kino, TV, Smartphones, mobile Spielkonsole mit 3D-Display.  
Klassischerweise mit Spezialbrille (Shutterbrille).
  - \* 3D-Kinofilme (z.B. Coraline, Avatar, Oben): Bilder für linke/rechte Auge unterschiedlich polarisiert auf Leinwand, einfache Polarisationsbrillen lassen dem Auge nur die entsprechenden Teilbilder sichtbar werden; erst im Gehirn entsteht ein räumliches Bild.
  - \* Flachbild-TV (> 40“) mit anderem Prinzip: Brillen decken synchron zum TV-Film abwechselnd das linke/ rechte Auge ab. Dazu Spezialbrillen erforderlich (schwer, teuer).  
Neu: 3D ohne Brille (incl. Holodeck-Technologie)
    - \* Einfacher für kleine Formate, z.B. Mobiltelefone (Entwicklungen bei Intel, Nokia).
    - \* Spielkonsolen (Playstations) mit 3D-Technik (Nintendo 3DS, Konami, Enix, Sony PS3 / PS4, Microsoft Xbox 360, Smartphones mit Hologrammen ~> s. CES 2011).
    - \* Hologramm-Handys (Patent Apple 2010): Damit nicht nur räumlich wirkende Fotos und 3D-Filme (wie Avatar) ohne 3D-Brille darstellbar, das Display beobachtet dabei auch, wie sich der Benutzer im Raum bewegt. Zusätzlich kann das 3D-Display auch Hologramme darstellen (Räumliche wirkende Repräsentationen von Objekten, um die man als Zuschauer quasi herumgehen kann. Indem das System die Bewegungen des Betrachters verfolgt, würde es ihm aus jedem Blickwinkel das passende 3D-Bild projizieren, so dass ein Hologramm-Effekt entsteht).

## Lokalisierung mobiler Objekte

*Verschiedene Systeme und Technologien*

### 1. Satellitenbasierte Positionierung (Navigation):

*Positioning-Prinzip:* Satelliten teilen per Funk dem Beobachter (Navigationsgerät) ihre genaue Position und die Uhrzeit (Atomuhr) mit. Empfänger bestimmt daraus die Position (ggf. mit Darstellung auf Karte).

Bekannte Systeme bzw. Entwicklungsvorhaben:

- GPS (USA, Global Positioning System), GLONASS (Russland).
- Galileo (EU, ca. 2013), COMPASS (China, 2010/11), IRNSS (Indien) ~> GNSS (global).

Einsatz von Korrektursystemen, wie DGPS, WAAS, EGNOS, GAGAN, ...

Systeme bisher nur im Freien einsetzbar. Genauigkeit: einige Meter (Problem der Uhren).

Entwicklungsziele: Verbesserung der Genauigkeit, Verkleinerung der Module, Reduzierung des Energiebedarfs, Anwendung in geschlossenen Räumen. Ab 2007 GPS-Chips mit schwächeren Signalen und weniger Energieverbrauch. Einsatz in Mobiltelefonen zur Ortsbestimmung auch dann, wenn keine direkte Sichtverbindung zum Satelliten besteht.

### 2. Netzwerk-basierte Positionierung:

Nutzung von Adressierungsinformationen in existierenden Netzwerken, wie MFN (GSM, UMTS, LTE), WLAN. I.allg. *Tracking-Prinzip:* Lokalisierungsinformation liegt beim Provider, muss ggf. an Endgerät verteilt werden (Sicherheitsproblem). Verschiedene Ansätze:

1. Bestimmung der Funkzelle von Sendern, deren Positionen bekannt sind ~> *ungenau*, auch wenn man die mit der Entfernung abnehmende Signalstärke berücksichtigt.
2. Laufzeitbestimmung der Signale und daraus abgeleitete Entfernungsmessung sowie Ortsbestimmung mittels Triangulation ~> aufwendiger, aber *präziser*.

*Positionierung mit Mobilfunksystemen:*

MFN können Handys orten, z.B. kennt GSM die Zelle, in der sich Handy aufhält. Genauigkeit durch Zellgröße bestimmt (in Ballungsgebieten wenige 100 m, in ländlichen Gebieten bis 35 km). Allerdings kennt Basisstation die Entfernung der Handys zur Sendeantenne der Funkzelle mit einer Granularität von ca. 550 m (bedingt durch technische Gründe, u.a. Synchronisation). Entfernungsbestimmung aus Laufzeitmessung des Funksignals. Falls Handy im Überlappungsbereich mehrerer Funkzellen, kann aus Messung der Laufzeitunterschiede die Position auf etwa 300 m genau ermittelt werden. Provider nutzen dazu Datenbankaufzeichnungen und Analogievergleiche. Bei UMTS ist eine 10-fach höhere Genauigkeit möglich.

*Positionierung mit WLAN:*

Nutzung der WLAN-Zugangspunkte in städtischen Gebieten. Viele Städte bereits mit hoher Dichte von WLAN-Basisstationen, deren Zellenstruktur bekannt ist (typische Zellengrößen von einigen zig Metern); z.B. Seattle (Herbst 2004): 1200 Stationen / km<sup>2</sup>.

Kennt man die Ortskoordinaten der festen Stationen, kann eine Lokalisierungsgenauigkeit von 20 – 40 m erreicht werden. Öffentlich zugängliche Datenbanken enthalten bereits über eine Million Netze mit deren eindeutiger Kennung und Ortskoordinaten bei fast 100%-iger Abdeckung in städtischen Gebieten, sog. Hot-spots, auch innerhalb von Gebäuden.

US-Fa. Skyhook Wireless: DB mit >100 Mio. Koordinationspunkten ~> metergenaue Ortung (u.a. Google Street View). Nutzung durch Fa. Sense Networks (NY): Aufzeichnung des Bewegungsprofils von Handys (zusammen mit Google).

## 2.2.2 Visionen des Ubiquitous Computing

**Marc Weiser**

M. Weiser: The Computer for the 21st Century. Scientific American 265 (3), pp. 66-75, 1991

Entwicklungsinnovationen (Ausgangspunkte):

- miniaturisierte Sensoren, präzise Lokalisation,

- kleine, energiearme, preiswerte Prozessoren mit integrierter drahtloser Kommunikation,
- Fernidentifikation durch passive und unsichtbare Elektronik,
- neue Materialien (flexible Displays, elektronische Tinte und Papier, ...).

Integration der kleinen, preiswertigen und energiearmen Sensoren mit Kommunikationsfähigkeit in Alltagsgegenstände ~> totale Informatisierung.

Marc Weiser (1991, Xerox-Forschungszentrum PARC, Silicon Valley) propagierte den allgegenwärtigen Computer, der unsichtbar den Menschen unterstützt („*in the 21st century the technology revolution will move into the everyday, the small and the invisible*“).

Daraus neue Anwendungsformen für Ubiquitous Computing kreiert:

- Embedded Computing: Kleine und preiswerte Prozessoren, Sensoren, Speicher und Kommunikationsmodule in Alltagsgegenstände integriert.
- Wearable Computing: Integration der Bauelement in Kleidung bzw. Tragen am Körper.
- Sensornetze: Ausstattung der Umwelt, um diese zu beobachten bzw. zu steuern.

Erweiterung durch Identifikationstechniken: Hochfrequente Funkkommunikation mit Austausch von Informationen über kurze Entfernungen (wenige cm ... 1m), u.a.

RFID (Radio Frequency Identification),

NFC (Near Field Communication),

M2M (Machine-to-Machine)

### **Embedded Computing**

Ziel: Alltagsdinge „smart“ machen, um Informationen zu verarbeiten. Dazu erforderlich:

- Mikroprozessoren klein, preiswert und verknüpft mit drahtloser Kommunikation.
- Sensoren, die Informationen aus der Umgebung aufnehmen.

Realisierung durch einen einzigen, kleinen Chip, der Umgebungsparameter wahrnimmt, diese verarbeitet und ggf. weiterleitet. Somit können Alltagsgegenstände kommunizieren und kooperieren ~> „smarte“ Gegenstände. Diese können sich Vorkommnisse merken, und bei Einsatz von Lokationssendern auch kontextbezogen verhalten. Beispiele:

- Rasensprinkler in Verbindung mit der Wettervorhersage im Internet.
- Kreditkarte und Armbanduhr - beide mit winzigen Beschleunigungssensoren (gemeinsam geschüttelt, verbreiten per Funk ihr jeweiliges Schüttelmuster in der Umgebung. Kreditkarte dann nur noch wirksam, wenn Armbanduhr mit gemeinsamen Schüttelkontext in unmittelbarer Nähe).

### **Wearable Computing**

Elektronische Elemente in miniaturisierter Form in Kleidung, Armbanduhren, Schmuckstücke integriert. Beispiel: Retinaldisplays. Es sind Brillen, die im Gestell einen kleinen Laser eingebaut haben. Der Laser erzeugt ein Bild, das auf ein kleines Prisma im Brillenglas gelenkt und auf die Retina (Netzhaut) projiziert wird. Das Bild entsteht also nicht auf dem „Schirm“, sondern wird Punkt für Punkt ins Auge geschrieben. Somit könnten Computer auf Bildschirme verzichten. Man kann auch Informationen einblenden, die situationsabhängig nützlich sind.

Beispiele: Nutzung Kamera (Fotohandy) und Softwaresystem zur visuellen Objekterkennung (M. Satyanarayanan), Überwachung des Gesundheitszustandes. Beispiele: Med-Shirt (München), MEMOS (Uni Leipzig), Smartphone-App Health (iOS/Apple)..

### **Sensornetze**

Sensoren sind „Fühler“, die Eigenschaften der Umgebung (Temperatur, Feuchtigkeit, Stärke eines Magnetfeldes, Strahlungsintensität usw.) wahrnehmen und in elektrischer Form weiterleiten. Verknüpfung der Sensoren mit Funktechnologie, so dass sich diese drahtlos vernetzen können ~> Sensornetze. Anwendungsszenarien von Sensornetzen gehen davon aus, dass eine große Zahl hochgradig miniaturisierter Sensoren in die Umwelt eingebracht werden (z.B. aus Flieger abgeworfen). Die Sensoren sollen die unmittelbare Umgebung beobachten, können sich bei Bedarf mit benachbarten Sensoren vernetzen, ihre Arbeit untereinander abstimmen

und Ergebnisse austauschen. Beispiel: Messung Temperatur und Ausbreitungsrichtung ~> Schlussfolgerung auf Waldbrand.

Gegenwärtiges Problem: Technik der massenweisen Herstellung kleiner und energiearmer Sensoren, die sich automatisch vernetzen. Durch die geringe Größe und dass keine physische Infrastruktur (Verkabelung, Stromanschluss usw.) benötigt wird, kann die Instrumentierung in flexibler Weise erfolgen. Anwendungsbeispiele: Monitoring von Umwelt, militärischer Bereich, Infrastruktursysteme, Verkehrssysteme, Produktionsprozesse (z.B. smart floor) usw.

Technologietrend geht in Richtung einer umfassenden Informatisierung der Welt: Sensoren beobachten die Umwelt und Alltagsgegenstände werden „smart“ ~> sie wissen, wo sie sich gerade befinden, welche anderen Dinge / Personen in der Nähe sind, was in der Vergangenheit mit ihnen geschah, und teilen ihre Erkenntnisse anderen Gegenständen mit. Probleme: Datenschutz, Verletzung der Privatsphäre, Anhäufung einer Unmengen von Daten.

### 2.2.3 Anwendungen und aktuelle Entwicklungen

#### Anwendungsmöglichkeiten „smarter“ Alltagsdinge

Smarte und kommunikationsfähige Dinge, u.a.

- Autos können vor Stau auf Gegenfahrbahn warnen,
- Mobiltelefon kann sich erinnern, wann und wo zuletzt in Nähe des Schlüsselbundes,
- Mülltonne registriert die Recyclingfähigkeit des Inhaltes,
- Arznschrank verwaltet die Haltbarkeit der Medikamente,
- Wohnungsheizung und Auto korrespondieren über Zeitpunkt der Rückkehr.

Lokalisierungstechnologien mit hohem Anwendungspotential, u.a.

- Wiederauffinden verlustiger Gegenstände,
- „Fahrtenschreiber“: Aufzeichnen wo sich Gegenstand befindet, gekoppelt mit Zeitstempel, z.B. bei Mietautos. Aufzeichnen der Bewegungsspur -> Auffinden von Taschen usw.
- Verlorenen Kleidungsstücke der Kinder, Alarmmeldung, Angabe der Position,
- Überwachung von auf Bewährung freigelassener Sträflinge sowie ungetreuer Ehepartner.

Ökonomischer Mehrwert kooperierender smarter Alltagsdinge, u.a.

- Lokalisierung von Produkten in der Produktions- und Lieferkette,
- Kundenakzeptanz von Produkten ~> bessere individuelle Werbung,
- Automatische Preisregulierung von Waren in Kaufhalle (nach Angebot, Alter usw.),
- Dynamische Autoversicherungen (abhängig, ob schnelle oder langsame Fahrt, ob gefährliche Überholmanöver, wo Wagen abgestellt, welche Straßen gefahren).

Einsatz in industriellen Produkten, u.a.

- Haushaltgeräte, Werkzeuge, Spielzeug, Kleidungsstücke usw. erhalten fernabfragbare elektronische Identität bzw. Sensoren zur Wahrnehmung des Kontextes (wo genutzt),
- hybride Produkte, die sich aus physikalischen Leistungen (z.B. Medikament) und Informationsleistungen (z.B. Verlauf einer Grippeepidemie).

#### Aktuelle Entwicklungen

##### Elektronisches Papier

Dünnes, biegsames Plastik-Display, eine Mischung aus Computerbildschirm und Papier.

- Elektrisch leitender Kunststoff mit kleinen Kugeln, in denen Farbstoffpartikel auf elektrische Spannung reagieren. Dadurch lässt sich die Darstellung ändern.
- E-Papier seit den 70er Jahren, aber ohne Marktreife.

Britische Firma Plastic Logic Limited, Airportpark Dresden ([www.plasticlogic.com](http://www.plasticlogic.com)):

Mögliche Anwendungen: Elektronische Zeitungen, Wörterbücher, professionelle Anwenderbücher, Emails, entfernte Nutzung über integrierte kabellose Anschlüsse; CES, Las Vegas (Jan. 2010), danach Produktion eingestellt (2010). Konkurrenzprodukte: Lesegerät Kindle (Amazon), Skiff (NY, mit LG Display/Korea), iPad (Apple, Tablet PC), WeTab (Neofonie).

### *RFID und smart floor*

Funk-Identifikationsstandard RFID (Radio Frequency Identification): Nahbereich, Funk.

- Hauchdünner Transponder-Chip (Etikett) und Sende/Empfangeinheit. Datenübertragung über elektromagnetische Wellen ohne Berührung und Sichtkontakt. Energieversorgung: elektromagnetische Induktion. Einsatz: Logistik, Verwaltung, Transport u.a.
- An Waren oder beweglichen Gütern angebrachte Transponder geben Auskunft über Standort oder Zustand von Gegenständen.

Ausgewählte Einsätze

- Warenkorb: Waren in Kaufhalle automatisch gescannt und abgebucht.
- Service Roboter auf Basis „smart floor“ (Fa. Vorwerk): Polyestergewebe, in das ein Netz aus RFID-Chips integriert ist und unter Bodenbelägen installiert werden kann. Anhand der in den Chips gespeicherten Informationen kann Roboter auf der Bodenfläche „navigieren“.
- Identifikation von Medikamenten, Lebensmittel (Datum, Herkunft), Waschmaschine (automatische Programmauswahl, Kleidungschips), Erkennung von Computerviren.

### **Google-Dienste für Mobile Computing**

Erkennungs-SW Goggles (ab 7. Dez. 2009): erkennt automatisch, was die Kamera des Mobiltelefons im Visier hat: Buch, Brücke, Bilder (Nutzung Google Bilder-DB zur Objekterkennung). Gesichtserkennung noch schwierig, Klärung Privatsphäre.

Nutzung Google Sky Map: z.B. Smartphone Nexus One blendet mit Sky Map eine Sternenkarte ein. Handy weiss dank Lagesensoren und GPS-Ortung, auf welchen Ausschnitt des Firmaments es gerade gerichtet ist.

Nutzung Mobiltechnik: Google erfährt so, wo Nutzer gerade sind (Werbung aufs Handy).

- Dazu eigenes Mobiltelefon Nexus One (ab 2010, BS Android) entwickelt; NF Nexus 4<sub>2012</sub>.
- Handy-Ortung Google Latitude und Kartenmaterial Google Maps.
- Erstellung eigenes Kartenmaterial für Maps: Google Street View.

Früher: Gang ins „Internet“ -> virtueller Raum, Cyberspace. Nun: „Outernet“. Mobiltelefon mit Ortungsfunktion, überall ortsbezogene Informationen zugänglich. ~> Local Based Services.

Internet-Handy muss genaue Position kennen. GPS-Sensor allein zu ungenau. Einbezug WLAN-basierte Navigation, Ortsraster über die Erde gelegt (z.B. Fa. Skyhook Wireless: DB mit über 100 Mio. Koordinationspunkte -> metergenaue Ortung).

z.B. Nutzung durch Fa. Sense Networks (NY): Aufzeichnung des Bewegungsprofils der Handys in Echtzeit, sogar getrennt nach Sozialgruppen („Stämme“) ~> Werbung gezielt zuspielbar.

Obgleich Bewegungsdaten von Telefongesellschaften anonym zu führen sind (nur Zah-lencodes), kann Nutzer genau verfolgt werden. Nutzung für neuen Dienst möglich: ortsabhängige Infos/Dienste gegen Gebühren oder Angebot eines „gehobenen“ Dienstes.

### **Online-Bezahlsysteme („digitales Portemonnaie“)**

Online-Bezahldienst Paypal (zu Ebay gehörig) – Ziel: Handy statt Kreditkarte.

Marktanalyse Gartner: bis 2014 zahlen ca. 340 Mio. Menschen per Handy.

Mastercard (USA 2011) in 124 000 Geschäften sog. PayPass-Geräte aufgestellt:

Kreditkarte nicht mehr durch Schlitz gezogen, sondern in Nähe eines Lesers geschwenkt. Übertragung per Funk. Analoge Entwicklung bei Visa.

2011: Google Bezahlservice Google Wallet: Nutzung Smartphone (BS Android) als digitales Portemonnaie (zusammen mit Mastercard, Visa, American Express und Citibank):

Nutzung deren Bezahlstationen an den Kassen), in Konkurrenz zu Paypal.

Einführung Sommer 2011 in USA, später Rest der Welt (Deutschland skeptisch; SPK: girogo<sub>2012</sub>).

Analoge Entwicklung bei Apple (iPhone 5 / iOS 5), Microsoft (BS Windows Phone 7 / 8), System Isis (AT&T, Verizon, T-Mobile USA) und Paypal selbst.

Nutzung Nahbereichskommunikation NFC (Near Field Communication):

- Funkübertragung über kurze Entfernung (wenige cm), ohne explizite Stromversorgung. Übermittlung von Identifikationsinformationen.

- Smartphone mit NFC-Chip ausgestattet, Kreditkartendaten in einem speziellen App (Zusatzprogramm) hinterlegt -> Bezahlung und Bonuspunkte des jeweiligen Händlers.

### Datenbrille Google Glass

- Google Glass: Datenbrille (Brille mit Minicomputer und Kamera): eingeblendete Informationen sowie Audio/Video/Foto-Aufnahmen. Vorab Test, u.a. Journalist Joshua Topolsky, US-Magazin „The Verge“ 2013: Ermittlung der sozialen Grenzen -> daraus Konsumentenversion.
- Glass-Sichtfeld schiebt sich zwischen Nutzer und Wirklichkeit (Spiegel Online, 25.02.2013):
  - Informationen erscheinen und verschwinden wieder,
  - Interface bleibt im Hintergrund und blendet sich nur auf Befehl als Hinweis in die obere Hälfte des Gesichtsfeldes kurz ein: „Mache ein Foto“, „Nimm Video auf“, „Zeig Weg zur U-Bahn-Station“.
- Technische Probleme:
  - schnelle mobile Internet-Verbindung (auch in Räumen, in Metro usw.),
  - Erreichbarkeit der angeschlossenen Cloud-Dienste.
- Nutzungsprobleme:
  - Verletzung Privatsphäre der Umstehenden (unbemerkt Fotos und Videos, Identifizierung von Personen udgl.) und deren Schutz, sowie Designprobleme.

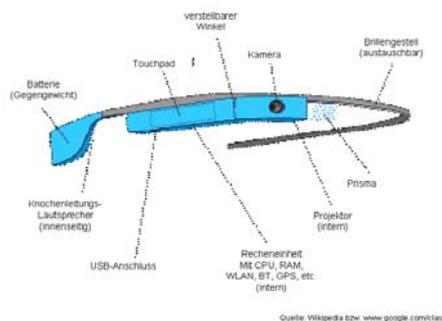


Abbildung 2.2: Datenbrille Google Glass

- Datenbrille mit Plastik-Prisma vor rechtem Auge, Suchanfragen ins Sichtfeld projizierbar.
- Hochauflösendes Display vor rechten Auge, entspricht einem HD-Bildschirm von 25 Zoll.
- 16 Gigabyte Festkörperspeicher.
- Internetanschluss über WLAN, Smartphone-Anschluss über Bluetooth.
- Töne mittels „Bone Conduction Transducer“ direkt über Schädelknochen zum Ohr weitergeleitet.
- Kamera 5 Megapixel; Akku: Standby ca. 1 Tag, aufladbar über Micro-USB-Anschluss.
- Bedienung: Tippen auf rechten Brillenbügel | Augenzwinkern (App Winky: Fotos per Augenzwinkern, Entwickler Mike DiGiovanni) | Sprachbefehle.
- Verkauf: ca. 2014, Preis < 1500 €, vorerst keine Werbeeinblendungen (?).

Weitere Datenbrille: Sony Cyberbrille (Patentantrag): 2 Displays, die Bilder ins Sichtfeld beider Augen spiegeln.

### Verkehrstelematik (selbststeuernde Autos)

Schwerpunkt auf CES 2013 (Consumer Electronics Show), Las Vegas, 08.-11.01.2013:

- Selbststeuernde Autos, Fahrassistenzsysteme,
- Einsatz Audio/Videotechnik, Sensortechnik, embedded Computing, Mobilkommunikation
- Erprobung von Prototypen, Marktreife für 2018 erwartet.

Somit eine weitere Vision von Mobilität: das selbststeuernde Auto (ADAC-Beilage **move** 2/2013: „In Roboterautos fahren“, Martin Randelhoff).

„In Amerika dürfen Androiden von Audi und VW ohne Menschen am Steuer durch die Straßen düsen, in Deutschland ... aus rechtlichen Gründen noch nicht erlaubt“.

Notwendige Daten für das autonome (führerlose) Fahren stammen aus einer Vielzahl von

Sensoren und Messinstrumenten, u.a.

- Laser-Scanner auf Dach erzeugt exaktes dreidimensionales Bild der Straße,
- Radarsensoren an Stoßstangen messen Entfernung zu Fahrzeugen und Hindernissen,
- Kamera hinter Windschutzscheibe erkennt Schilder und Ampeln.

Bordcomputer steuert das intelligente Zusammenspiel und trifft Entscheidungen (schneller als Mensch). Weiterhin Einsatz bereits existierender Entwicklungen, wie Abstandshalter, Distance-Kontrolle, Einparkhilfen sowie GPS-Ortung.

Erprobungsbeispiele (siehe auch [www.generationplus.de/zukunft](http://www.generationplus.de/zukunft)):

- VW Touareg („Stanley“, 2005): 212 km in Wüste Nevada unfallfrei, führerlos, DARPA-Challenge,
- Audi (Roboterauto „Shelley“): 200 km/h unfallfrei, US-Rennstrecke
- VW Passat Variant 3c („Made in Germany“, FU Berlin) mit Laserscanner, Radar, GPS-Modul und KI-SW: Fahrt durch Berlin (ehem. Fo-Ministerin Annette Schavan auf Rücksitz),
- VW („Leonie“, Braunschweig): bei 60 km/h Spurhalten auf Stadtring.

In DE nur mit Sicherheitsfahrer im Auto erlaubt (Zulassungsrecht, Versicherungsfragen), in USA im öffentlichen Straßenverkehr in einigen Bundesstaaten (z.B. Nevada) zulässig.

## 2.3 Portable Endgeräte

### 2.3.1 Anforderungen und Charakteristika

#### Anforderungen an mobile Stationen

- leicht, tragbar, handlich, Energielaufzeit, einfache und ergonomische Bedienbarkeit,
- neue Formen: Headsets (Brille, Kamera usw.), Wearables, Handhelds (Handy, PDA -> Smartphones), Tablet PC, Sensoren (RFID, Sensornetze).

Erweiterungen:

- Stift- und Sprachbedienung, Touchscreen, Tastatur, ... Spielkonsole
- umfangreiche Multimediafähigkeiten und -erweiterungen (audio, video, TV, Navigation),
- drahtloser Internet-Anschluss (Broadband), u.a. Web, Email (Push), FTP (downloads),
- Web-Zugang (WAP, Portale, i-mode, RSS-Feeds (Pull), Facebook, Twitter, ... Apps).

#### Charakteristika mobiler Stationen

*Beweglichkeit* der portablen Computer (Terminal-Mobilität) und Nutzer (personelle Mobilität) -> ständige Änderung Topologie und Zustand, dynamische Systemkonfiguration.

Mobilstationen mit *geringeren Ressourcen* (Energie, Perfektion), flüchtige Speicher (Informationsverlust), Akku (Lithium-Ionen), Sicherungsbatterie. Hoher Energiebedarf infolge Gigahertz- und Megapixel-Wahn (Standby-Zeiten, Akkuproblem ungelöst).

Geringere Leistung der *Mobilkommunikation*: Niedrigere und wechselnde Übertragungsraten, höhere Fehlerraten, Unzuverlässigkeit, häufige Verbindungsunterbrechung.

*Nicht ständige Verfügbarkeit* der Mobilstation, Wiederanlauf, Fehlerbehebung: Eingeschränkte *Dienstqualität* (Quality of Service, QoS) -> Restriktion im multimedialen Anwendungsbe- reich. Arbeiten im abgetrennten (disconnected) Modus: Inkonsistenzprobleme.

Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (EMUV): Elektrosmog.

### 2.3.2 Tragbare Computer

#### Bekannte Typen (Auswahl)

- Laptop, Notebook, Sub-Notebook, Power-Notebook, Netbook, All-in-One: Funktionalität wie PC, Betriebssysteme: Windows, MacOS, Linux, Ubuntu...  
Speziell: Notepad, Tablet PC. Bedienung über Bildschirm (statt Maus/Tastatur).
- Pocket-Computer (Palmtop-size, Westentaschengröße): LCD-Display, Touchscreen, z.T. Tastatur. In einer Hand gehalten, andere Hand für Bedienung („Handheld“).  
Typen:
  - PIC (Personal Intelligent Communicator): Mobiltelefon (Handy).
  - PDA (Personal Digital Assistant): Organizer (Minicomputer).

- Handy (engl.: mobile phone, cell phone, cellular telephone): PIC.  
Hauptfunktion: Sprachübertragung (Telefonie) und Nachrichten (SMS, MMS). Kommunikation: Mobilfunknetze (terrestrisch, Satellit, WLAN). MM-Ergänzungen (s. PDA).
  - PDA (Personal Digital Assistant): Mini-Computer, Organizer.  
Bedienung Stift, Touchscreen, Tastatur. Ausstattung: Kamera, TV, Navigation (GPS), Radio, [Tastatur], Push-Email, Org.-SW, PIM (SyncML).  
Kommunikation: Bluetooth u./o. Infrarot, WLAN, z.T. MFN (integriertes Modem) -> mobiler Internet-Zugang (WAP-fähige Handhelds, i-mode), z.B. Palm, iPod.
  - Smartphone: Kombination aus Handy und Mini-Computer (PDA), z.B. iPhone, Galaxy.  
Trend: verstärkt Datenkommunikation, Internet-Zugang (~> HTML), Erweiterung: Apps.  
[leistungsfähige CPU und MFN erlauben HTML statt WML bzw. cHTML]  
Boom seit 2007, Zurückdrängung des klassischen Mobiltelefons.
  - Wearables: befestigt am Armband, Headsets, ..., medizinische Überwachung.
  - Chipkarten: nicht selbständig, integriert, z.B. für M-Commerce, Nutzeridentifikation.
- Merkmale: Größe, Gewicht, Standby-Zeit, Gebühren.

*Weitere Entwicklungen:*

- PDA als MP3-Player, z.B. iPod
- Smartphones (Zurückdrängung klassischer Handys), z.B. iPhone, Nexus One, HTC Desire.  
Boom seit 2007. Samsung Galaxy S3 vs. Apple iPhone 4S 2012.
- Touchscreen, Verzicht auf Tastatur („Touch-Phones“)
- Mobiler Internet-Zugang, insbes. für Social Networks (u.a. Facebook, Twitter)
- Multimedia: Radio, Digitalkamera, Video, MP3 (Podcast), Handy-TV
- Navigation: GPS-orientierte Systeme (Kartenmaterial von Tele Atlas bzw. NavTeq),  
kostenloses eigenes Kartenmaterial (Google, Nokia/Ovi Maps)
- Tablet PC (z.B. MicroSoft Tablet PC, iPad/Apple, WeTab/Neofonie), Boom seit 2011
- Buchlesegeräte (z.B. Kindle/Amazon, Que pro Reader/Plastic Logic, Booklet 3G/Nokia)
- Netbooks (z.B. Toshiba NB 200-110, Eee PC 1008HA/Asus)
- Local Based Services, z.B. Google (Sky Map, Latitude, Goggles)
- Online Messaging, z.B. WhatsApp, iMessages, Joyn (Smartphone-Apps, vs. SMS).

*Neues IT-Konzept für Mobile Computing:*

Past

- PC, iMac, all-in-one, Notebook, Laptop, MacBook, Netbook
- Handy (Mobiltelefon), PDA (Minicomputer)

Present

- Smartphone (Handy + PDA, mobiler Internet-Zugang)
- Tablet PC (toy ?)

Future

- Cloud IT ~> PC-lose Zeit (Zukunft oder neue dotcom-Blase ?)
- Rechen- u. Speicherkapazität auf Servern im Internet („Wolke“), Zugriff über Browser (Probleme, u.a. Integrität, Zugang)
- Nutzung über Tablet PC (home) bzw. Smartphone (mobil, ubiquitous)  
„all Web“: Darstellung, Bearbeitung, Kommunikation (z.B. Messaging).

**PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association)**

Standardisierungsgremium der Industrie. PCMCIA-Karten ursprünglich zur Speichererweiterung mobiler Endgeräte. Heute: allgemeine Schnittstelle für Einschubkarten im Scheckkartenformat. PCMCIA-Standard beschreibt die physikalischen Ausmaße der Steckkarte, die elektrischen Eigenschaften der Schnittstelle zum Rechner und Anforderungen an die Software. Neben Speichererweiterungskarten heute auf dem Markt auch Ethernetadapter, Faxkarten und Wireless LAN-Adapter. Ab 2000 verstärkt integrierte Bauelemente.

## Notebook Computer

Typen: Laptop, Notebook (z.B. Toshiba Acer, MacIntosh), Sub-Notebook (z.B. MacBook Air/Apple), Netbook (z.B. Asus), Notepad, Tablet PC (z.B. iPad/Apple).

### Notebook:

Leistungsumfang analog Desktop-PC (Betriebssysteme: Windows, Unix/Linux, MacOS).  
 Bedienung: Maus, Tastatur, Touchpad. LWe: CD, DVD, [Blu-ray]. USB 2.0 [, 3.0].  
 LCD-Display (14“, 15“, ... 21“), Lautsprecher, Mikro, [Kamera], Akku u./o. Netz.  
 Integrierte Kommunikation: Auswahl von WLAN, IR, Bluetooth, Modems (integriert bzw. PCMCIA) für Mobilfunk (GPRS, UMTS, LTE).  
 Portabilität der Anwendungs-SW zw. stationärem PC und Notebook i.d.R. gesichert.  
 Anwendungen: Büroarbeiten, Fotoarbeiten, Abspielen von Videos, Internet-Nutzung, ...  
 Beispiele: Toshiba, Sony, HP, IBM, Lenovo, Acer, Apple (MacIntosh).

### Sub-Notebook:

Spezifischer NB für mobile Nutzung (Leistung, Peripherie, Abmaße), Tastatur;  
 Beispiele: Aero8000/Compaq (Windows CE), Mac Book Air/Apple: Intel-Proz (MacOS X).

### Netbook:

Abgerüstete Notebooks. Vor allem als tragbarer Internet-Client konzipiert.  
 Betriebssysteme: Windows XP (~> Windows 7 / 8), Linux, Mac OS. Kein optisches LW.  
 Kleineres Display (7“...11,6“), Qwertz-Tastatur und Touchpad, ggf. Touchscreen.  
 Kommunikation: integriertes WLAN, z.T. integriertes MFN-Modem (UMTS).  
 Anwendungen: Internet-Nutzung, Büroarbeiten, Abspielen von Musik und Videos.  
 Beispiele: HP 2133 Mini-Note PC, Asus Eee PC 701, Aspire One (Acer), Nettop.

### Notepad:

Stift als Eingabemedium (statt Tastatur / Maus). Schreiben auf hoch auflösenden Bildschirm (kein Touchscreen) bzw. Digitizer, Handschriftenerkennung, entspr. BSS.

### Stiftbedienter PC (penabled PC / Pen Computer):

Schreibtafel, Notizblock ~> Tablet PC. Eingaben per Stift oder Finger, i.d.R. mit SW zur Handschriftenerkennung, Eingabe auf Tablett (Hoch-/Querformat). Bedienung im Stehen.

### Tablet PC:

Induktiver Digitizer erfasst Stiftbewegung (später auch Touchscreen, Finger). Nutzung wie PDA, vorrangig Web-Anwendungen. BSS: Windows, Linux, iOS, Android.  
 • Anfänge in 60/70er, z.B. Dynabook, 80er Handschriftenerkennung (Charles Elbaum).  
 1991: MicroSoft: Pen Extensions für Windows 3.1.  
 1993: 1. Computer mit Stifteingabe: Newton / Apple (Vorläufer der heutigen PDA).  
 DynaPad T100X / Toshiba: erster richtiger Vorläufer eines Tablet PC.  
 • Bekannte Produkte: iPad<sub>2010</sub> (Apple), WeTab (Neofonie, mit offenem BS (Linux) <sub>2010</sub>)),  
 Samsung Galaxy Tab<sub>2012</sub>, Microsoft Surface <sub>2012</sub>?, Google Nexus 9 <sub>2014</sub>.  
 Seit 2011 Boom bei Tablet PC.  
 • Aktuelle BS'e <sub>2014</sub>: Android 4.2 <sub>Google</sub>, iOS 8 <sub>Apple</sub>, Windows Phone 8<sub>MS</sub>.

## Pocket-Computer

### • Personal Digital Assistent (PDA):

Minicomputer, Einsatz als elektronischer Taschenplaner (Organizer), PIM (Personal Information Manager). Zusätzliche Leistungsmerkmale, u.a. Kommunikation (Tel.), Multimedia-Funktionen. Erweiterung: Smartphone (Mini-Computer und Telefonieren).  
 Kommunikationsmöglichkeiten, u.a. Infrarot, Bluetooth, WLAN, PCMCIA für andere Kommunikationssysteme. Serielle Schnittstelle für E-Mail, Faxabruf, spezielle Datei-Manager. Moderne PDA: Mobilfunk (GSM, UMTS, LTE) bzw. Paketfunk (GPRS, HSDPA, EDGE). i.allg. Betriebssysteme von Drittanbietern: Windows Mobile, Android, Symbian...  
 Beispiele: Newton (Apple), Psion 5a, Palm Pilot, Cassiopeia, iPAC (Compaq).

### • Personal Intelligent Communicator (PIC):

Mobiltelefon, sog. Handy (engl. Cell phone). Basis sind Kommunikationsgeräte (Handhelds), auch mit den Funktionen von Organizern ausgerüstet (umgekehrt zu PDA).

Aufbau: Mobiltelefon ("Handy"), Tastatur und kleiner flacher (s/w) Bildschirm. Funktionen: Telefonieren, SMS, Telefax, E-Mail (Push-Dienst), Chat, Terminkalender, Adressen, ...

Handys i.allg. spez. Betriebssysteme mit vordefinierter Oberfläche (keine Programmier-SS)

Beispiele: Nokia, Samsung, Siemens, Motorola, LG ...

PDA und PIC werden über einen Stift bedient. Da sie unter speziellen Betriebssystemen laufen, sind PC-Anwendungen mit ihnen nicht kompatibel. Einige Anwendungen bieten aber z.B. Synchronisation mit MS Outlook bzw. SyncML. Übertragung mit Explorer / Windows.

### **Mobiltelefon („Handy“, cell phone)**

Handhelds: in einer Hand gehalten, mit anderen Hand „bedient“ (engl. mobile phone, cellular bzw. cell phone). Basisbauart: Candy bar („Schokoriegel“). Erweiterungen, z.B. Folder (Klapphandy), Slider (Schiebehandy), Touch Phones, Swivel (drehbares Display).

Wichtigste Nutzung: drahtlose Telefonie und Mitteilungen: SMS, EMS (enhanced), MMS. Kurznachrichtendienst (SMS, short message service): Textnachricht, 160 Zeichen.

DE: SMS ca. 23 Mrd. <sup>2007</sup> (~> 29,1 Mrd. <sup>2008</sup>, 43 Mrd. <sup>2010</sup>), MMS 116 Mio. <sup>2007</sup>;

täglich 117 000 <sup>2011</sup>, Rückgang <sup>seit 2012</sup> infolge Online-Messaging (Smartphone-Apps).

Netze: Terrestrische Mobilfunknetze (GSM, UMTS, CDMA2000, i.V. LTE), Satellitenbasierte Mobilfunknetze, WLAN, schnurlose Telefonie (DECT), FemtoZelle.

Bekannte Hersteller: Nokia, Panasonic, Samsung, Sharp, Motorola, Sony Ericsson, HTC ...

Betriebssysteme: Symbian OS, Windows Mobile, iOS, Epoc u.a.

Moderne Handys mit Multimedia-Erweiterungen, u.a. Kamera, Radio, Uhr, Navigation (GPS), Web-Zugang, TV (DVB-T, DBM), PIM ~> sog. Smartphones (Handheld-Computing).

Erstes Handy: 03.04.1973, Martin Cooper (uspr. Polizeifunk), sog. Stiefelfon ~> 13.06.1983, Motorola: 1. tragbares Mobiltelefon DynaTAC 8000X Motorola (sog. „Bimmelnder Knochen“ bzw. „Stiefel-Phone“, Rudy Krolopp): Gewicht 800 Gramm, Größe ca. 30 cm, Batterie 30 min., 3.500 \$.

Massenmarkt ab 1992 (incl. Mobilfunknetze, u.a. GSM-Standard).

1992 erste GSM-fähige Mobilgeräte: International 3200 (Motorola), HandyTel 100 (Loewe)

2008: ca. 3,3 Mrd. Handys im Einsatz. Nutzung (USA): 7 h p.m. & p.p.

2011: ca. 6 Mrd. Handys (2012: 4,1 Mrd. Anschlüsse)

2014: ca 7 Mrd. (Schätzung ITU), für 60 % der Bevölkerung.

### **Smartphones**

Kombination aus Mobiltelefon und PDA (Minicomputer). Bedienung wie Handheld. Smartphones besitzen i.allg. Tastatur und Touch-Screen (Finger oder Stift), Organizer- und PIM-Funktionalität, Betriebssystem eines Drittanbieters -> eigene Programme installierbar (Handys: vordefinierte Oberfläche, nur begrenzte Erweiterung, z.B. Java-Anwendungen).

#### *Ausstattung*

- Telefonie und Nachrichten: SMS, EMS, MMS, Email.

Organizer- und PIM-Software. Nachinstallation weiterer SW möglich.

- Qwertz-Tastatur (eingeklappt/geschoben) oder fest. Digitalkamera, GPS-Empfänger.

- Touch-Screen: Stift o. Finger (Touch-Phone), auch ohne Tastatur, Internet (u.a. Twitter).

- Verbindungen (wie PDA): Infrarot, Bluetooth, WLAN, USB-Kabel

und aus Handy-Bereich: GSM, GPRS, UMTS (ggf. HSDPA), z.T. EDGE, LTE <sup>2012</sup>.

- Moderne Geräte: Videokonferenzen (per UMTS), Internet-Telefonie (VoIP, per WLAN).

- Volle Multimediafähigkeit (durch Personal Mobile Tools), u.a. Audio/Videodarstellungen (MP3), Videostreaming aus Internet (WLAN), TV (DVB-H, bei entspr. HW: DVB-T).

- Einige Smartphones (insbes. MDA: Mobile Digital Assistant): eingebaute oder optionale Java-Unterstützung (auf CLDC- oder MIDP-Basis).

#### *Betriebssysteme und Geräte (Auswahl)*

Epoc, Symbian OS (Nokia Communicator), Android (Google G1, Nexus One, HTC Magic), Windows Mobile (MDA, Sony-Ericsson Xperia X1, Samsung SGH-i900 Omnia), iOS (iPod, iPhone touch, iPad, Apple TV 2G), Palm OS, webOS (Palm Pre), Windows Phone7 (Microsoft, ab 10/2010, Kin One ?, HTC), Windows 8<sub>2012</sub> (und Windows Phone 8).

Moderne Smartphone (z.B. iPhone, G1) verdrängen konventionelle (z.B. Nokia/Symbian).

Handy-Marktführer (Nokia, Blackberry ...) ~> Apple, Samsung, Google ... Boom der Smartphones.

BS'e: Android (Google, viele HW-Hersteller), iOS (Apple, iPhone), Windows Phone (Microsoft, stellt Smartphone-Projekt Kin ein <sub>2010</sub> (Modelle One/Two noch in USA), dafür Windows Phone 8).

High-End-Smartphones 201: iPhone 6 <sub>Apple</sub>, Galaxy S5 <sub>Samsung</sub>, Nexus 6 <sub>Google/HTC</sub>

Smartphone-Hersteller (Auswahl): Samsung, Apple, Huawei <sub>seit 2013 drittgrößter Hersteller</sub>, HTC, ...

Sony, Nokia, Blackberry, Lenovo <sub>Aufkauf Motorola 2014, bisher Google</sub>.

Ergänz: Apps (Application Programs), oft Drittanbieter, Bezug über Stores (z.T. kostenfrei).

Apps basieren auf Web-Seiten-Dienste: Ergebnisse von Web-Server auf Smartphone gepusht.

Vielzahl von Apps (download), u.a. Apps für Online Messaging (u.a. WhatsApp, iMessage, z.T. kostenfrei - vs. SMS ~> Ersatz Joyn), Apps für Navi, Wetter, Fahrplan, ...

*Einsatz:* Je nach Ausstattung nutzbar als

- Kommunikationszentrale (Mobiltelefon, Web-Browser, Email, SMS, MMS, Fax),

SMF-Browser: Safari <sub>iOS/Apple</sub>, Chrome <sub>Android/Google</sub>, Internet Explorer <sub>Windows Phone 8/Microsoft</sub>

- Personal Information Manager (PIM) mit Adressbuch, Terminkalender, Aufgabenliste, Notizblock, Geburtstagsliste usw. (Synchronisation/Abgleich mit Desktop-Applikation),

- Diktiergerät, Datenspeicher, Videospiel, Spielkonsole (3D),

- Medienfunktion mit MP3-Player, Radio, Videoplayer, Bildbetrachter, Foto-/Videokamera,

- Taschencomputer (Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, PDF-Reader, Taschenrechner,..),

- Funk-Modem für den PC, Navigation mit Navigationssystem (GPS) und Landkarten.

Dilemma der Smartphones: Akkus. Gigahertz-Prozessoren (Dualcore/Quadcore), XXL-Display und Megapixel-Kamera hoher Energiebedarf, kurze Standby-Zeiten (ca. 24 h <sub>2013</sub>).

### Online Messaging-Dienst für Smartphone-Apps

Dienst zum Austausch von Kurznachrichten (als Instant Messaging, äußerlich wirksam wie SMS, adressiert über Tel.-Verzeichnis ~> „Online-Messaging“). Dienst können sich die Kunden auf ihr Smartphone laden.

Viele Online-Messaging-Dienste sind i.d.R. kostenlos, wie *WhatsApp*, *iMessage*, *Tango*. Ähnliche Nachrichtendienste auch bei Social Networks wie Facebook oder Twitter.

Es sind Web-Dienste (Instant Messaging, Austausch von Texten, Push-Dienst, Client/Server): vom Browser werden die Nachrichten per sendmail-Prozess auf einen Server gespeichert und von dort mittels push-Prinzip an die Empfänger verteilt.

Damit große Konkurrenz für die klassischen Kurznachrichtendienste SMS der Telekom (Nutzung Signalisierkanal des Zellularfunknetzes, 160 Zeichen; speichervermittelt). SMS vs. WhatsApp, ... viele Nutzer abgesprungen, großer Umsatzverlust (über 9 % <sub>2011</sub>).

Klassische Mobilfunkbetreiber versuchen dem entgegen zu steuern (s. Joyn).

Vorteile der Online-Messaging-Dienste (gegenüber SMS):

- Der Nutzer kann sich selbst den Nachrichtendienst (App laden) auswählen ~>

- Neues iMessage ist nun auch fest im Betriebssystem ab iOS 5 integriert, somit in der Hand der iPhone-Betreiber ~> Gefahr für SMS, zurückgedrängt oder absterbend (?).

Die Hoffnung der Mobilfunkbetreiber wie Deutsche Telekom, Vodafone und O2 ruhen auf RCS-e (Rich Communication Suite enhanced), kommerziell „Joyn“.

Technisch komplizierte Lösung: intelligente Kombination aus WhatsApp (WhatsApp Inc.) und FaceTime (Apple). Kunden können damit sowohl Textnachrichten als auch Fotos und Videos versenden. Während eines Telefonats kann eine Video-Verbindung zwischen den TN aufgebaut werden (unabhängig von Betriebssystem und Betreiber).

*Joyn:*

Industriestandard für drahtlose Übertragung von Texten, Sprache, Bildern, Videos (plattform- und provider-unabhängig). Entwicklung anfangs Nokia<sub>2008</sub>, dann Branchenverband GSMA, Start zur MWC 2012. SMS-Nachfolger, damit auch Videotelefonie und Textchats. Nutzung: Eingebunden in die Tarifstruktur und teilweise kostenlos.

Für Betriebssysteme von Microsoft (Windows Mobile/Phone), Apple (iOS) und Google (Android). Zunächst als App geplant, später in die Betriebssysteme integriert.

### Tablet PC

Display als Eingabemedium (Stift: induktiver Digitizer erfasst Stiftbewegung, später Touchscreen, Finger).. BSe: Windows, Linux, iOS, Android.

Anwendung: Web-Dienste, Informationen (Dokumente).

Erste Entwicklungen in 1960/70er, z.B. Dynabook.

1980er Handschriftenerkennung (Charles Elbaum).

1991: MicroSoft: Pen Extensions für Windows 3.1.

1993: 1. Computer mit Stifteingabe: Newton / Apple (Vorläufer der heutigen PDA).

DynaPad T100X / Toshiba: erster richtiger Vorläufer eines Tablet PC.

Microsoft Tablet PC (Microsoft führte 2001 den Begriff des Tablet PC ein).

2002: Tablet PC Erweiterung für Windows XP (Windows XP Tablet PC Edition).

Meilenstein: iPad (Apple <sub>2010</sub>, Steve Jobs)

Weitere Produkte: Dell, HP, Toshiba, Fujitsu, ... iPad<sub>2010</sub> (Apple), WeTab (Neofonie, mit offenem BS (Linux) <sub>2010</sub>)), Samsung Galaxy Tab 2 <sub>2012</sub>. Nexus 9 (Google/HTC <sub>2014</sub>)

Seit 2011 Boom bei Tablet PC (s. CES).

Microsoft Okt. <sub>2012</sub>: Saturn (BS Windows 8 Pro bzw. RT, mit Office RT).

Aktuelle BS'e <sub>2012</sub>: Android 4.0 / 4.2 <sub>Google</sub>, iOS 6 / 7 / 8 <sub>Apple</sub>, Windows Phone 7 / 8 <sub>Microsoft</sub>.

Formen:

- Convertibles: wie Notebook mit Tastatur, zusätzlich Bildschirm darüber geklappt, als Tablet PC mit Stift bedient (z.B. Lifebook T4210).
- Slate (Schiefertafel): Funktionstasten, ohne Tastatur (z.B. Slate Tablet PC/Via, iPad/Apple <sub>01/2010</sub> – ehem. iSlate)
- Hybrid (Convertible + Slate, z.B. HP TC1000).
- UMPC (Ultra mobile PC): Tragbarer Mikrocomputer, Windows XP Tablet PC Edition, Vista o. Windows 7. Asus Taichi 21 <sub>2013</sub> (Ultrabook + Tablet, 11,6“-Display, Windows 8).

### Erweiterungen

*FemtoZelle (engl. femto cell)*: private UMTS-Zelle (Piko-Zelle). Sende-/Empfangsstation für UMTS in kleinem Bereich, z.B. Wohnung. Anbindung an Core Network des MF-Betreibers über Internet-Gateway (i.allg. DSL-Modem) und privaten Breitband-Internetanschluss (kabelgebunden). Für funktechnisch schwierig erreichbare Teilnehmer bzw. Kapazitätserweiterung.

*Twitter („Zwitschern“)*:

Mikro-Blogging-Dienst im Internet (Dienst im Web 2.0, Social Network): Senden/Empfangen von Kurznachrichten (140 Byte, Text [+ Podcast]) über Web-Seite. Benutzer können eigene Updates erstellen („Tweets“ für alle oder Gruppe) oder Updates anderer Autoren folgen (als „Follower“, Mitleser: Updates anderer Autoren abonnieren). Nutzung über Twitter-Homepage (RSS), bei Handy über mobilen Internet-Zugang oder SMS (nur USA, Kanada, Indien). Beispiele: Barack Obama (2008), Airbus Flug 1549 Hudson-River (15.01.2009).

## 2.3.3 Moderne Bedienoberflächen

### Stiftbedienung



### *Sprachsteuerung für Smartphones*

Siri (Apple): Spracherkennung, u.a. für Smartphone iPhone 4S <sup>Nov. 2011</sup> als Beta-Version.

Funktionen per Spracheingabe: Termine verwalten, Erinnerungsfunktion, Anruf, Vorlesen von SMS, Diktieren von Texten (vorwiegend Englisch), Fragen stellen.

Anm.: dahinter stehende Wissensmaschine Wolfram Alpha (englisch-sprachig) ~> Problem z.Zt. für deutsche Anfragen. Über Google-Dialogfeld wird die Online-Enzyklopädie Wikipedia erreicht.

Majel (Google): Spracherkennungs-Assistent i.E.<sub>2011</sub> (benannt nach Frau des Star-Trek-Erfinders Gene Roddenberry). Weiterentwicklung von Googles Voice Action (rudimentäre Spracheingabe für Android-Handys).

## **2.3.4 Neue Handheld-Generationen**

**Trends im Handheld-Bereich** (vom Stiefelphone zur Schiefertafel)

1. Handy: „Stiefelfon“, Martin Cooper <sup>1973</sup> (Urtyp ~> Stiefelfon),

~> ca. 10 Jahre bis zur Massenproduktion (Motorola <sup>1983</sup> -> GSM <sup>1991/92</sup>, GPRS <sup>2000</sup>, LTE <sup>2010</sup>)

~> 2009 ca. 4 Mrd. Handys; Ende 2011 ca. 6 Mrd. Handys (Weltbevölkerung: 7 Mrd.).

Marktführer: Nokia (Handy) ... Apple (Smartphone);

Konkurrenten: Samsung, Huawei, ZTE, Google, Microsoft, HTC, u.a.

Entwicklungstrends (Auswahl)

- mobile Endgeräte und Anwendungen:

Mobiltelefon & PDA ~> Smartphone<sub>2007</sub>, Tablet PC<sub>2010</sub> ~> Phablet<sub>2013</sub>

Touchscreen, Spracheingabe, Apps; Spielkonsolen, selbststeuernde Autos

- schnelle Mobilfunknetze (flächendeckend ... nah):

UMTS/HSDPA ... LTE<sub>2010</sub>; Nahbereich: NFC, M2M<sub>2011</sub>

- neue Technologien:

Cloud Computing, neue Dienste, Web-Technologien (pull-/push-Techniken)

### **Innovative Entwicklungen**

- PDA Minicomputer mit vielen MM-Funktionen, u.a. Touchscreen, Kamera, Navi, Sprache  
PDA mit Navigationssystem: offline (Download der Landkarten) bzw. online (GPS), z.B. Palm-Geräte, Navigon (Garmin), Tomtom, Falk, usw.

Kartenmaterial: Tele Atlas (Tomtom) bzw. Navteq (Nokia)

Eigens Kartenmaterial: Google (Maps, Earth, Street View), Nokia (Ovi Maps), Apple.

- TV-Handys, Navigationshandys (Cebit 2006), Blackberry (Push Email), MP3-Player

- Computer-Spiele (Basis Valve-Engine): Counter-Strike (Shooter), Half-Life, Black Mesa.

- Smartphone: Kombination Tel + PDA (~> Cebit 2007, MWC 2008).

Boom der Smartphones <sup>2009</sup>, u.a. HTC, LG, Asus, Huawei, Sony, Samsung ... Nokia.

Beispiele<sub>2014</sub>: Apple iPhone 6, Samsung Galaxy S5, Google Nexus 6, Sony Xperia T, ...

Apps (Web-Programme, über App-Stores). Einsatz als Spielkonsolen (3D). Handys abneh.

- Tablet PC, u.a. Microsoft Tablet PC, iPad <sup>2010</sup>, iPad mini, iPad Air <sup>2013</sup>, Air 2 <sup>2014</sup>(Apple),

WePad (Neofonie), Galaxy Tab (Samsung), Tablet Nexus 7 bzw. 10 <sup>2012</sup> (Google).

Boom der Tablets <sup>2011</sup>, viele Hersteller, u.a. LG, Asus, Lenovo.

Surface <sup>2012</sup> (Microsoft): Kombination Laptop und Tablet (analog Yoga/Lenovo).

~> Strategiewechsel von Microsoft: Programmierung, Büro (Office) ergänzt durch mobilen Internet/Web-Zugang, u.a. Social Networks, Cloud Computing

- eBooks: Buchlesegeräte (z.B. Kindle/Amazon, Kindle Fire HD <sup>2012</sup>, Booklet 3G/ Nokia).

- Dominante Betriebssysteme für mobile Geräte mit Internet-Zugang:

iOS (Apple), Android (Google), Windows Phone (Microsoft), i.E.<sub>2013</sub> Firefox OS (Mozilla),

Ubuntu mobile (Canonical, Finanzprobleme ?).

- Erweiterte Anwendungen mit Mobile Computing (Auswahl)

- Smart TV (LED-Bildschirm, digitales TV und Internet-Zugang, Fernbedienung),

- Selbststeuernde Autos (Mobiltechnik, Sensorik, embedded C., Audio/Video, MM + PS)  
~> Verkehrstelematik (Connected Cars),
- Smart Home (vernetztes Zuhause, Haushaltgeräte, Steuerung über Smartphone, Meldungen über SMS),
- Gesundheitsdienste (Smart Health), z.B. Pulssensor, Schrittzähler udgl. ~> App Health,
- Wearable Devices, u.a. Smart Watches, Datenbrillen (z.B. Google Glasses),
- Industrie 4.0 (CIM, M2M, Mechatronik).

### Mobile IT Entwicklungszentren

**Google:** Primus Entwickler/Betreiber Suchmaschine (Mountain View, CA)

- Betriebssystem **Android** (Android 3.0 „Honeycomb“<sub>2011</sub>, Android 4.0 „Ice Cream Sandwich“<sub>2012</sub>, Android 5.0 „Jelly Bean“<sub>Ende 2012</sub>).
- Smartphones G1<sub>2008</sub>, Nexus One<sub>2010</sub>, Nexus Two<sub>2011</sub>, Nexus 4<sub>2012</sub>/ Tablet Nexus 10<sub>2012</sub>.  
Nexus 9 mit Nexus Player (Videos aus Internet auf TV-Bildschirm), TV-Box  
Viele Smartphones und Tablets mit Android (u.a. HTC, Samsung).
- Browser Chrome. Streamingstick Chromecast.
- Dienste: Local Based Services (Sky Map, Latitude, Goggles).  
Computer-Uhren (Smartwatch Android Wear<sub>2014</sub>).  
Vernetzte Autos (Connected Cars).
- Google Buzz<sub>2010</sub>: Erweiterung Email (GMail) als social NW: erstellt automatisch Kontaktdaten ~> Nachfolge (geplant, Google Me): Konkurrenz zu Facebook bzw. Twitter.
- **Google+**<sub>2011</sub> (SN ~ FB): Circles, Chat, Stream, Profile, Hangouts, Fotos, Einladungen, ...  
10 Mio. TN<sub>07/2011</sub> -> 100 Mio. <sub>04/2012</sub> (vs. 955 Mio. TN bei Facebook<sub>2012</sub>).
- Chromebook<sub>2011</sub>: Laptop auf Basis Cloud (Daten, Programme im Netz, 8 sek. Startzeit).  
Google Wallet<sub>2011</sub>: Smartphone als Bezahlbörse (Nutzung NFC).
- **Google Glass**<sub>2013</sub>: Datenbrille (eingblendete Informationen).  
Vorab-Test, u.a. Journalist Joshua Topolsky, US-Magazin „The Verge“<sub>2013</sub>: Ermittlung der sozialen Grenzen -> Konsumentenversion. Glass-Sichtfeld schiebt sich zwischen Nutzer und Wirklichkeit (Spiegel Online, 25.02.2013):
  - Informationen erscheinen und verschwinden wieder,
  - Interface bleibt im Hintergrund und blendet sich nur auf Befehl als Hinweis in die obere Hälfte des Gesichtsfeldes kurz ein: „Mache ein Foto“, „Nimm Video auf“, „Zeig Weg zur U-Bahn-Station“.
 Technische Probleme: schnelle mobile Internet-Verbindung (auch in Räumen, in Metro usw.), Erreichbarkeit der angeschlossenen Cloud-Dienste.  
Nutzungsprobleme: Verletzung Privatsphäre der Umstehenden (unbemerkt Fotos und Videos, Identifizierung von Personen udgl.) sowie deren Schutz; Designprobleme.

**Apple:** HW/SW-Entwickler für mobile IT (San Francisco/CA)

- PC (iMAC), Laptop, PDA (Newton, iPod), Smartphone (iPhone), Tablet (iPad), Apple TV 2G
- iPod (Organizer, MP3-Player<sub>2006</sub>), iPhone (Smartphone<sub>2007</sub>), Safari (Web-Browser<sub>2007</sub>), MacBook Air (Sub-NB<sub>2008</sub>), iPad (Tablet PC<sub>2010</sub>), MacBook Pro (mit Retina-Display<sub>2012</sub>), ...
- iPhone OS -> iOS 4.3 -> iOS 5<sub>2011</sub> -> iOS 6<sub>2012</sub> -> iOS 7<sub>2013</sub> -> iOS 8<sub>2014</sub> (App Health).
- iCloud<sub>2011</sub>, iMessage<sub>2011/12</sub> (Online Messaging mit Apps), iTunes Store.
- Neueste Smartphones (Basis iOS): iPhone 4, iPhone 4S<sub>2011</sub>, iPhone 5<sub>12.09.2012</sub>.  
iPhone 5 mit A6-Dualcore-Prozessor, iOS 6, LTE  
iPhone 6 (4,7“ Display), iPhone 6 Plus (5,5“ Display)<sub>2014</sub>
- Neueste Tablets (iOS): iPad mini<sub>2012</sub>, iPad Air<sub>Nov. 2013</sub> (“dünner, schneller, schärfer”).  
iPad Air 2<sub>2014</sub> (verbessertes Retina-Display (LCD), A8X Chip von Apple, dünn)  
2 GByte RAM, 8 Megapixel Kamera, Frontkamera, Fingerabdrucksensor Touch ID, mit iOS 8.1  
(verfügt über Integrationsfunktion für iOS 8 und OS X ~> nahtlose Zusammenarbeit der Produkte)

- Weitere Entwicklungen: iPad mini 3<sub>2014</sub>, BS Yosemite für MAC, Online-Festplatte iCloud Drive, Programmiersprache Swift,

**Samsung:** Südkorea, HW-Hersteller (u.a. TV-Geräte).

Nun verstärkt Handy (wie Sony), Smartphone und Tablet PC (u.a. für Google).

- News: Smartphone, z.B. Galaxy S3<sub>2012</sub> (4,8“ Display), Galaxy S4<sub>2013</sub> (5“ AMOLED Display, Android 4.2.2), Galaxy S5<sub>2014</sub> (5,1“ Display, interner Speicher 2 GB, Android 4.2.2)
- News Tablet PC, z.B. Galaxy Tab 2<sub>2012</sub>, Galaxy Tab 3<sub>2014</sub> (7“ Touchscreen, Android 4.2, 8 GB, microSD-Steckplatz, Benutzer-Oberfläche TouchWiz).
- Einsatz Android<sub>Google</sub>, auch Windows Phone<sub>Microsoft</sub> [Ativ S: 1. Smartphone mit Windows Phone 8<sub>2012</sub>]
- Samsung Smartphone Z<sub>2014</sub>: System Tizen, Basis Linux (ohne Android)
- Patentstreit mit Apple. Niederlage vor US-Gericht<sub>Aug. 2012</sub> (ca. 1 Mrd. Schadensersatz).

**Microsoft:** SW-Entwickler in Redmond, Washington (u.a. Windows, Office, .NET, WCF)

- Betriebssystem Windows Phone 7<sub>21.10.2010</sub>, Nachfolger von Windows Mobile 6.5. Einsatz für Smartphones, z.B. HTC 7 Mozart, LG Optimus 7, Nokia Lumia 800<sub>2012</sub>.
- Betriebssystem Windows 8<sub>2012</sub>: Launch für PC, Smartphone und Tablet PC. Oberfläche Metro (Kacheln, Touch), Unterstützung Cloud-Computing.
- Tablet PC **Surface**<sub>24.10.2012</sub>: Mischung aus Laptop und Tablet (Strategiewechsel von MS), ähnlich wie Yoga-Tablet von Lenovo (China)  
Größe etwa iPad, breiterer Bildschirm im 16:9-Format für HD-Filme (ohne schwarze Balken). Eingebauter Ständer und superdünne Abdeckung (sog. Touch Cover) mit integrierter kompletter Tastatur inkl. Touchpad (alternativ extra echte Tastatur mit beweglichen Druckpunktstasten). USB, microSD-Steckplatz, HD-Video-Ausgang, abgespecktes Windows Office (anfangs Preview).  
Betriebssysteme: Windows 8 Pro bzw. Windows RT (je nach Prozessorausstattung)
- Windows Phone 8<sub>29.10.2012</sub>, eng an Windows 8 angebunden: Verbesserung der Live-Tiles (Kacheln), Auswahl App für Sperrbildschirm, Kinderecke (Apps nur für Kinder).  
NFC-Funktion für Austausch von Visitenkarten, Bilder Songs, Dokumente; keine Bezahlfunktion.  
Windows Phone 8 stellt Nutzer 7 GByte Speicherplatz in Microsofts Cloud-Dienst SkyDrive bereit. Darüber können alle Handy-Fotos in die Cloud geladen und automatisch auf Windows-8-PC angezeigt werden, die mit gleichem Windows-Live-Konto verbunden sind.  
Sync-Software zum Abgleich Windows-8-Handy mit PC (Windows 8, Windows 7, Mac OS X).
- Smartphones mit Windows Phone 8: Angebote bei Nokia, Samsung (z.B. Ativ S: 1. Smartphone mit Windows Phone 8), HTC (z.B. Windows Phone 8X by HTC, ca 500 €)

**Chinesische IT-Entwicklungen (Auswahl)**

- Baidu: entwickelt chinesisches Handy-OS<sub>2011</sub> („Quishi“, ähnlich Google Android):  
Portal Techweb, HW-Hersteller MediaTek, chinesische Suchmaschine „Baidu“.
- Lenovo (PC), Kauf Motorola<sub>2014</sub>: damit auch großer Handy-Player (Marke Motorola weitergeführt, insbes für US-Markt),  
Foxconn (Elektronik-Hersteller, > 300 000 Mitarbeiter).
- Netzausrüster: Huawei Technologies (drittgrößter Smartphone-Hersteller<sub>2013</sub>) und ZTE Corporation (weltweit viertgrößter Mobiltelefonhersteller, erstmalig Firefox OS<sub>2013</sub>).

Huawei mit chinesischem Smartphone „Honor“.

Honor 6<sub>2014</sub> in DE (5“ Display mit Full-HD-Auflösung, Android 4.4 „Kitkat“):

chinesische Achtkern-CPU „Kirin 920“, 13 Megapixel Kamera mit Sony-Sensor, Frontkamera mit 88-Grad-Weitwinkel-Perspektive.

- Weibo (Mikrobloggingdienst, chinesisches Twitter). Verschiedene Weibos, bekanntester: Sina Weibo (ca. 350 Mio. Nutzer registriert 2012). Themen: i.allg. privat (Fotos, Kurioses, Hobbies), seltener Politik und Gesellschaft (kritische Beiträge in wenigen Min. gelöscht).

-> **Insgesamt:** hohe Dynamik, wenig Standardisierung, Akzeptanzfragen.

**Trendanzeigen** (Handy, PDA, Smartphone, Tablet PC)

**Bekannte Messen und Konferenzen:** Trends und Produkte

- ✓ GSMA Handy-Messe MWC (Mobile World Congress, Barcelona), jährlich, Februar
- ✓ Elektronik-Messe CES (Consumer Electronics Show, Las Vegas), jährlich, Januar
- ✓ Computermesse CeBIT (Hannover), jährlich, März
- ✓ Internationale Funk-Ausstellung IFA (Berlin), jährlich, September
- ✓ Computex, größte IT-Messe in Asien, seit 1980 jährlich in Taipeh (Taiwan), Republik China und sog. Entwicklerkonferenzen, u.a.

- ✓ WWDC (World Wide Developer Conference), Apple, San Francisco, jährlich, Juni
- ✓ "I/O", Google, Los Angeles, jährlich, Mai/Juni
- ✓ Build, Microsoft, San Francisco, Juni/April

Dazu belastend viele Produktvorführungen und „Neuerungen“ von Apple, Google, Samsung usw. in spezifischen Events (Shows) oder per Blogpost.

**Snapshots zu neuesten Veranstaltungen (Auswahl):**

**Mobile World Congress**

(Messe Barcelona, Veranstalter: GSM Association):

*MWC 2012 (27. Febr. – 01. März 2012)*

Schwerpunkte

- Businessstrategie der Mobilfunkbranche: LTE, NFC (u.a. für Bezahl-dienste), M2M.
- Smartphones (Megapixel und Quadcore), Tablet PCs und Betriebssysteme sowie Apps.
- Online-Messaging: WhatsApp, iMessage ... (vs. SMS) und RCS-e („Joyn“).

LTE (Long Term Evolution): MFN 4G

- Datenraten 100 Mbit/s <sub>3,9G</sub> ... 1 Gbit/s <sub>4G</sub> ~> ermöglicht hochauflösendes Videostreaming.

LTE soll europaweit ausgebaut werden

- Probleme:  $v_{\text{ü}}$  drastisch gesenkt, wenn mehrere Teilnehmer Internetzugang nutzen, flächendeckende Versorgung (in DE sporadisch), wenige LTE-Endgeräte, z.B. Smartphone „Optimus Vu“ (LG/Südkorea), Full-HD-Tablet „Transformer Pad Infinity TF700“ (Asus).

NFC (Near Field Communication): Nahbereichskommunikation

- Identifikationstechnik, DÜ über Kurzstrecke (wenige cm). NFC-Chips leicht einbaubar.
- Einsatzszenarien: Bezahl-Handy, Autoschlüssel, Bankdienst-Zertifizierung, Ticket-Automaten, NFC-Visitenkarten usw.
- Vorallem in Asien (bis 2014 300 Mio. NFC-Geräte), Europa und Amerika zurückhaltend.

M2M (Machine-to-Machine):

- Automatisierte Kommunikation zwischen Maschinen (Steuerung der Arbeitsabläufe).
- Einsatz bei Verkaufsautomaten, Gebäudetechnik, Flottenmanagement, Transportwesen, Alarmsysteme, Medizintechnik.
- Beispiele: Autos (Ford) mit SYNC-Warnsystem. Arzt bekommt kritische Werte seiner Patienten aufs Handy gemeldet. Automatische Füllstandsmeldungen in Lagern usw.

Online-Messaging mit Smartphone-Apps: Kurznachrichtendienst

- Push-Dienst im Web: Kurznachricht vom Browser (Smartphone-App, 140 Zeichen) auf Server, von dort mit Push-Dienst auf die Smartphones verteilt. Prinzip wie Instant Messaging, Nutzer-adressierung über Tel.-Verzeichnis des Smartphones.
- Kostenlose Online-Message-Dienste wie WhatsApp (WhatsApp Inc., ukrainischer Entwickler Jan Koum), iMessage (Apple), Tango, Threema. Analog auch bei Facebook, Twitter etc.

- Konkurrenz zu SMS (160 Zeichen, Signalisierkanal, speichervermittelt) – viele SMS-Nutzer abgesprungen. MFN-Betreiber (wie Telekom, Vodafone, O2) wollen mit SMS-Nachfolger RCS-e (Rich Communication Suite - enhanced) gegensteuern („Joyn“).

#### *MWC 2013 (25.02.- 28.02.2013)*

- Smartphones XXL (Megapixel, Quadcore, Bildschirmgröße; ?) und Tablet PCs,
- neue Handheld-Betriebssysteme (Firefox OS, Ubuntu [Linux]),
- Nutzung Textverarbeitung und Internet,
- Einsatz LTE sowie NFC-Chips für Handy-Bezahlsysteme (Visa, Mastercard ... Telekom),
- HW/SW für Mobilgeräte und Infrastruktur,
- Fenster als Funkantenne (Ericsson: Window of Opportunity).

Bisher noch keine Lösung zur Energieversorgung:

- einfache Telefoniehandys: Standby von 2 - 4 Wochen,
- Smartphones mit Multimedia- und Internet-Funktionen: hoher Energieverbrauch (Dual/Quadcore-Proz.) -> Akku-Problem (Standby ~ 24 h).

Smartphones – immer größer (Bildschirmdiagonale bis 6 Zoll) und mehr Pixel (Full HD), sog. Phablets (Mittler zwischen Smartphone und Tablet).

Neue Betriebssysteme für Smartphones und Tablet PCs

- Firefox OS (Browser-Entwickler Mozilla): offenes BS für Smartphones (Linux-Basis). MFN-Anbieter u. Endkunden nicht mehr an Einschränkungen firmeneigener Plattformen gebunden. Schlankes Betriebssystem, läuft auch auf weniger rechenstarken Smartphones. Lösung: System arbeitet weitestgehend online – meisten Funktionen sind eine Verknüpfung ins Internet, z.B. Importieren der Facebook-Kontakte. Aber auch Telefonieren und Simsen direkt. Erster Hersteller: ZTE (China), Marktanteil etwa 1 % (lt. Studie Marktforschung Strategy Analytics)
- Ubuntu (Südafrika, Technologiekonzern Canonical, Chef Mark Shuttleworth): Linux-BS nun für Smartphones: Ubuntu mobile (Zulu-Sprache „Menschlichkeit“). Quelloffene SW für Smartphones und Tablets auf Android-Basis (Linux auf Basis einer Debian-Distribution) -> preiswerte und elegante Alternative zu Android bzw. iOS (ökonomische Probleme) Vorab-Versionen auf Samsung Galaxy Nexus und Google Nexus 4. Seriengeräte ab 2014 ? Anwendung Firefox OS und Ubuntu weniger in DE (Markt gesättigt, 30 Mio. Smartphones) und N-Amerika (Dominanz Apple), eher neue Märkte in China und Südamerika.

#### *MWC 2014 (24.02.- 27.02.2014)*

Neue Smartphones, u.a. Samsung Galaxy S5, Sony Xperia Z2, HTC, Blackberry, Acer ...

- Erste 8-Kern-Prozessoren (Octa-Core-Prozessor) in 64-Bit-Architektur: Hersteller wie Alcatel One Touch, Archos, Huawei, Kazam und Yezz haben Handys mit Chips angekündigt, deren acht Kerne simultan arbeiten können.
- Samsung: Vorstellung Galaxy S5 und Wearable Devices sowie zwei neuer Prozessoren: Hexa-Core-Prozessor Exynos 5260 (z.B. für Galaxy Note 3 Neo) und Exynos 5422 (z.B. gegen Ende 2014 in neuen Modellen wie dem Galaxy S5). Neuerung bei den Chips ist das neue Heterogeneous Multi Processing, bei dem die Last auf alle Chips verteilt werden kann.
- Smartphone-Mittelklasse zum erschwinglichen Preis, u.a. HTC Desire 816

Neue Tablets (Auswahl):

- Lenovo hat das Yoga Tablet 10+ mit dem Monster-Akku und dem drehbaren Fuß überarbeitet und die Schwachstellen im Datenblatt ausgemerzt.
- Edel-Tablet Sony Xperia Z2 Tablet

#### **Consumer Electronics Show (CES)**

*CES 2012, Las Vegas, Jan. 2012* (ohne Apple, Microsoft letztmalig).

Trends

- leichte schmale Laptops, u.a. Macbook Air (Apple), Ultrabooks.
- Tablet PCs immer leistungsfähiger und verdrängen Laptops, zumal Lenovo (China) einen

- Tablet PC mit externer Tastatur anbietet.
- Superdünne Fernseher: große Flachbildschirme (Diagonale 2 m), 3D, verbesserte OLED-Technik, Steuerung durch Sprache oder Gesten.
- Umkämpfter Elektronik-Markt, u.a. stößt Intel in Smartphone-Markt vor.

*CES 2013, Las Vegas, 08.-11. Jan. 2013 (ohne Apple und Microsoft).*

Trends: größere Fernseher & Smartphones („XXL“-Format)

- Smart TV: große Bildschirme, hohe Auflösung, interaktives TV, Internet (z.B. Web)  
Beispiel: Samsung Ultra HDTV (Bildauflösung 4\* wie HDTV, 2.15 m Bilddiagonale)
- XXL Smartphone: größeres Display, Mischung aus Smartphone und Tablet (sog. Phablets). Beispiel: asiatische Geräte mit 12 cm Diagonale.
- Elektronisches Spielzeug (Gadgets): Sensoren zur Selbstvermessung (z.B. Schrittzähler), Hapifork (Gabel zum „Abnehmen“), Sound-Kopfhörer, E-Gitarre Peavey AT-200
- Selbststeuernde Autos: Prototypen (Marktreife ca. 2018), Hype KfZ-Entw., Apps (Ford). Fahrassistenzsysteme, embedded, Mobilkommunikation, Sensortechnik, Video/Audio ...
- 3D-Drucker (auch für private Nutzung einsetzbar): 3D-Darstellungen, Produkterzeugung
- Spracherkennungssystem Siri (Apple) in E-Klasse von Mercedes (über iPhone).

*CES 2014, Las Vegas, 08.-11. Jan. 2014*

Trends: Größere Fernseher & Connected Car & weiterhin Smartphones und Tablets

- Scharfe Aussichten: UHD-TVs von bezahlbar bis Mondpreis  
LG und Samsung: gekrümmter UHD-Fernseher mit 105 Zoll, riesige OLED-TVs und Prototypen, deren Displays sich auf Knopfdruck biegen. Haier (chinesischer Konzern): kündigte 4K-Fernseher mit 55 Zoll für unter 1.000 Euro an.
- Android und Chrome OS: Google kapert die CES 2014  
Google erobert nach und nach weitere Produktkategorien – nicht nur Chromebooks, Smart-phones und Tablets im Visier. LG zeigt den All-in-One-PC Chromebase, der mit Chrome OS läuft. Android findet seinen Weg auf die Fernseher von Philips. Hersteller wie Audi gründen mit Google die Open Automotive Alliance für mehr Android im Auto.
- Connected Car: Das Auto denkt mit, Vernetzung von Technik und Autos  
Mercedes Benz, Audi und Ford präsentieren neue Fahrzeuge und Konzepte für die Integration von Wearable Devices. Z.B. Mercedes Benz stellt die Verbindung zwischen seinen Autos und der Smart-watch Pebble her. Ford zeigt Hybrid-Version des C-Max mit Solar-Dach.
- Tablets und Notebooks: Größer und vielseitiger  
Samsung Riesen-Tablet: 12,2 Zoll misst das neue Galaxy NotePRO. In den klassischen Abmessungen von sieben bis zehn Zoll vor allem Vielfalt: Tablet-PCs mit mehreren Betriebssystemen, wilde Kombinationen aus Tablet, Smartphone, Notebook und günstige iPad-mini-Nachahmer wie das Acer Iconia A1-830. Auch bei klassischen Notebooks kein Stillstand: Lenovo präsentiert das X1 Carbon – so leicht war ein 14-Zoll-Laptop noch nie.

### **Internationale Funkausstellung (IFA)**

Weltgrößte Messe für Unterhaltungselektronik und Haushaltgeräte. Berlin

IFA 2012, 31.08.-05.09.2012: Highlights 2012

- LTE: Einsatz auch für Smartphones und Tablets. Volle Netzabdeckung in DE bis 2015.
- OLED-Display (organische Licht-emittierende Dioden): superscharf, kontrastreich, farbgetreu; aber noch sehr teuer. 55-Zoll-Oled-TV auf IFA 2012.
- Windows 8-Produktpaletten verschiedener Hersteller, u.a. Samsung mit der Gerätefamilie „Ativ“ (Smartphones, klassische Tablets und Hybrid-Tablets).  
Samsung „Ativ S“: 1. Smartphone mit Windows Phone 8
- Fernsehen in 4K: Auflösung 3840 x 2160 Pixel (Verdoppelung Full-HD).
- XXL-Smartphone: größer als übliches Smartphone, kleiner als Tablet. Beispiel:  
Samsung Galaxy Note II: 5-Zoll-Display, zusätzlich Stiftbedienung.
- Intelligenter Fernseher: TV-Gerät wird zur Multimediazentrale: Internetzugang, Apps usw

Smart-TVs gehören die Zukunft.

- Gestensteuerung: Steuerung von Geräten mit Händen (z.B. All-in-One von Samsung).
- Google-TV-Box: schwarzer Kasten mit HDMI-Kabel an Fernseher angeschlossen. Damit Zugang des TV zum Internet (Surfen auf Fernseher, die ohne Internet-Zugang sind).

*IFA 2014, 05.09.-10.09.2014: Highlights 2014 (Auswahl)*

- Vernetztes Zuhause (eHome): smarte Staubsauger und Kaffeemaschinen
- Smartphones, großes Display, dünn, schnelle Prozessoren, u.a. iPhone 6 (Apple), Galaxy Note Edge (nicht DE), HTC Desire 510, Sony Xperia E3 (mit Android)
- Digitalkameras (vorab zur Photokina)
- Hochauflösende UVD-Fernseher (bezahlbare), auch riesige und gekrümmte (teure)
- Tablets, u.a. Apple nun bereits 6. Generation, das superdünne iPad Air 2 sowie das iPad mini 3. Daneben Verkaufshits i.W. Samsung (Galaxy Tab 4.10.1, Galaxy Tab S 10.5, Galaxy Note Pro 12.3), Microsoft mit dem Windows-Tablet Surface Pro 3. Lenovo (Yoga Tab O), Trekstor & Co. locken ebenso mit interessanten Produkten. Und wie kommen die neuen Nexus-Modelle (Google Nexus 9) mit Android 4.4 (Kitkat) oder Android 5.0 (Lollipop) an.

### **Apple Entwicklerkonferenz WWDC (World Wide Developer Conference)**

*WWDC 2012: San Francisco, Juni 2012 (Tim Cook, Phil Schiller, Scott Forstall)*

Generell: Keine neuen Produkte bzw. Strategie zum TV-Markt. *Aber:* Apple-Narrativ der Superlative gepredigt: 400 Mio. App-Store Kunden, 650 000 Apps, 30 Milliarden heruntergeladene Mini-Programme.

Highlights, z.B. im Computersegment und eigener Kartendienst (iOS 6 wieder Google Maps)

- Notebook MacBook Pro: 15,4 Zoll Retina-Display, dünn, Ivy Bridge Intel-Chip
- Eigener Kartendienst: statt Google Maps, Dienst Yelp, Navigation, Verkehrsdienst
- Mobiles Betriebssystem iOS6: Integration Siri, Social Dienste, Facetime, App Passbook
- Betriebssystem MacOS X 10.8 (Mountain Lion): Siri, Diktierfunktion, Power Nap
- Zugang zum chinesischen Markt: Integration Sina Weibo und Baidu

*WWDC 2013: San Francisco, Juni 2013*

Nur Vorstellung neuer SW (iOS 7, OS X Mavericks); keine Innovationen wie iWatch, TV...

- Betriebssystem iOS 7 für iPhones und iPads (Chefdesigner Jony Ive).  
Neue Optik: neue Schrift, Farbe, Symbole → sauberes Design.
- Betriebssystem OS X Mavericks für Mac-Computer:  
Neue Generation des Mac Pro, interessant für Profi-Nutzer, u.a. Grafiker.
- Musik-Stream-Dienst iTunesRadio: Funktion wie Konkurrent Pandora (bereits 70 Millionen Nutzer).

*WWDC 2014: San Francisco, 02.-04. Juni 2014*

- Betriebssysteme iPhone und OS X wachsen zusammen: iPhone, iPad, Mac verschmelzen zu einer Einheit (Betriebssystem iOS 8 für iPhone und iPad, OS X Yosemite für MAC)
- iCloud: kostenfreie 5GByte und weitere Dienste wie bei Dropbox, WhatsApp
- Gesundheitsangebote: unzählige Fitness-Gadgets und Medizin-Sensoren ~> App Health als Werte-Sammelstelle. Ergänzung durch Smartwatch von Apple mit Pulssensor
- Vernetztes Heim (smart Home), Bedienung über Smartphone ~> Apple Plattform HomeKit
- Sprachassistent Siri
- Programmiererleichterungen angekündigt
  - Fingerabdruck-Sensor TouchID (bisher nur für das Freischalten des Sperrbildschirms und zum Bezahlen in Apples Online Store iTunes),
  - neue Programmiersprache Swift.

- Keine konkreten Aussagen zu Hardware, wie Online-Festplatte (Cloud Drive) sowie Tablets: iPad Air 2, iPad mini 3.

### **Google Entwicklerkonferenz "I/O"**

*"I/O" 2014: San Francisco, 26. Juni 2014*

- Android soll allgegenwärtig werden. Nicht nur Smartphones und Tablets. Bereits 80% aller Smartphones laufen mit Android (ca. 1 Mrd. Menschen).
- Ausdehnung auf vernetzte Autos, Computer-Uhren, Fernsehgeräte.
- Smartwatch Android Wear: Uhranzeige und weitere Informationen, wie Wetter, Verkehr, Kalendereinträge, Anrufe per Sprachein/Ausgabe
- Ankündigung neuer Geräte und Software:
  - Neues Tablet-Modell **Nexus 9** (zusammen mit HTC): mit Bildschirmgröße von 8,9-Zoll liegt das Tablet zwischen beiden Apple-Modellen iPhone 6 und iPhone 6 Plus. Beim Smartphone Nexus 6 setzt Google auf einen noch größeren Bildschirm als beim iPhone 6 Plus.
  - Daneben auch TV-Box Nexus Player vorgestellt, die Video aus Internet auf Fernseher bringen kann.
  - Geräte mit neuer Variante des mobilen Betriebssystems Android (Android Lollipop): es soll auf Smartphones, Tablets und Fernsehern gleichermaßen laufen (lt. Google-Manager Sundar Pichai). Suchanfragen, Apps und Musik sollen nahtlos auf mehreren Geräten genutzt werden können.
- Android und Android Lollipop – Google drängt in den Alltag
  - Googles Betriebssystem im Auto, im Wohnzimmer, am Handgelenk,: Smartwatch Android Wear soll die Eingangstür in die Android-Welt sein. Ein Blick aufs Handgelenk bietet Wetter- und Verkehrsinformationen oder eingegangene Textnachrichten. Per Sprachbefehl lassen sich Kalendereinträge vornehmen. Anrufe können per Smartwatch abgelehnt werden. Zunächst läuft die Anwendung auf zwei eckigen Smartwatch-Modellen der Hersteller LG und Samsung. Im Herbst folgt ein rundes, weitaus unauffälligeres Modell von Motorola.
  - Google in die Wohnzimmer: mit Android TV. Entweder per separater Android TV-Box oder auf einem der bislang wenigen Android-fähigen Flachbildschirme. Wie bei Apple oder Amazon ließen sich so Filme, Spiele oder Videos aus dem Netz auf die großen Bildschirme bringen.
  - Streamingstick Chromecast, u.a. Befehle von außerhalb, Backdrop (Senden eigener Fotos an TV-Gerät (In-App-Funktion))
- Kritik an Google: Datensammlung (für Werbung)

### **Microsoft Entwicklerkonferenz Build**

*Build 2014: Moscone Center, San Francisco, CA 02.-44. April 2014*

- Download für Windows Phone 8.1 für registrierte Entwickler, allerdings noch keine geräte- oder Carrier-spezifischen Anpassungen - und auch keine in Deutschland nutzbare virtuelle Sprachassistentin Cortana, für die u.a. im hiesigen Bing die Daten fehlen.
- News zum Windows Phone 8.1 (Auswahl):
  - *Tile Ordner*: zum Stapeln und Expandieren von Kacheln samt Apps
  - *Cortana China*: Sprachassistent Cortana wird in China als "Xiao Na" starten. In Großbritannien dagegen eigene Stimme samt passenden Akzent.
  - *Apps Corner*: ermöglicht Unternehmen einen Sandbox-Modus ~> damit kann man nur auf bestimmte Apps zugreifen.
  - *SMS Merging and Forwarding*: zur besseren Verwaltung von Mitteilungen kann man nun mehrere SMS gleichzeitig auswählen, um sie weiterzuleiten oder zu löschen.
  - *Xbox Music App*: deutlich verbessert und Hintergrund-Synchronisation wieder eingeführt.

## **2.3.5 Technische Realisierungen (Auswahl)**

### **PDA (Auswahl)**

*iPod (Apple, i: Internet, pod: Hülse):* Tragbares digitales Medienabspielgerät (Portable Media Player). Musikplayer (MP3), seit 5ter iPod-Generation auch Videoplayer (iPod nano).

Erfinder: Tony Fadell (Hardware, 2001). Betriebssysteme: u.a. Pico OS, Mac OS X, iPod Linux. Software für MM-Inhalte: iTunes (kostenfrei), auch SW anderer Hersteller.

Verschiedene Versionen (und Generationen und Farben), u.a. iPod shuffle, iPod nano, iPod classic, iPod touch. „Special Editions“, u.a. Harry-Potter, Xavier Naidoo, Mousse T.

### Smartphones (Auswahl)

*iPhone* (Apple): Kombination Mobiltelefon / Multimedia-Player / Internetmaschine: Abspielen von Video, Musik, Fotos. Kamera, Internet-Telefonie / Web-Browser (Safari), Google Maps (elektronische Karten). Betriebssystem iOS (abgespecktes MacOS X). Bluetooth, 802.11b, EDGE. Touchscreen (nur 1 Telefontaste), 12 mm dick.

iPhone 3G (2008): 3-fache Geschwindigkeit, mit UMTS, z.T. auch HSDPA, mit Satellitennavigation GPS, Speicherkapazität: 16 bzw. 8 Gbyte

iPhone 4G (07.06.2010): hochauflösendes Display (860 \* 480 Bildpunkte), 5-Mega-Pixel-Kamera mit HD-Videofunktion, Akku (300 h Standby), neues Betriebssystem iPhone OS 4.0 (iOS 4.0, mit Multitasking: parallel mehrere Programme, Videokonferenzschaltungen, Verwalten von Anwendungen in Ordnern), Gyro-Sensor (Gyroskop): Kreiselinstrument ~> Lage im Raum (z.B. Wii, Videospiele). Speicher 16 / 32 GByte, Prozessor wie Tablet-PC iPad.

2014: iPhone 6 und iPhone 6 Plus : extrem dünn, große HD-Displays, kontrastreiche Retina-Displays (iPhone 6: 4,7“-Display mit Auflösung von 1334 x 750 Pixel, iPhone 6 Plus: 5,5“-Display mit Auflösung von 1920 x 1080 Pixel). 64-Bit-Desktop-Architektur, A8 Chip Prozessor. 8-Megapixel-iSight-Kamera, schnellerer Autofokus, optischer Bildstabilisator (6 Plus). Videofunktion mit Bildraten bis zu 60 Bilder/sek., ermöglicht Zeitlupe, Zeitraffer udgl. FaceTime HD Kamera, erfasst mit neuem Sensor über 80 % mehr Licht. Betriebssystem iOS 8. LTE und WLAN 802.11 ac. Health App. QuickType Tastatur, Touch ID Fingerabdrucksensor, Familienfreigabe, iCloud Drive.

*Xperia XI* (Sony Ericsson, Mobile World Congress, Barcelona 2008): Handy mit Organizer, Multimedia-Funktionen und Internetzugang. Merkmale: 3“-Bildschirm mit hoher Auflösung (800 \* 480 Pixel), 65 536 Farben, Touchscreen, Betriebssystem Windows Mobile (mit Outlook für die Kommunikation, Media-Player, Internet Explorer für mobiles Web, Office).

*Nexus One* (Google, 2010): Smartphone, dünn (11 mm tief), leicht (130 g), schnell (Takt 1 GHz). Betriebssystem Android 2.1, Kamera 5 MegaPixel, GPS, Web; Technik von HTC (Taiwan). Schwerpunkte: Mobiles Internet, GPS-Navigation, eigene Navigationsdienste. Nutzung der Google-Dienste Google Sky Map (Sternenkarte), Goggles (ab 12/2009, SW zur automatischen Objekte-Erkennung), Google Latitude (Ortungsdienst für Handys), Google Street View (Erstellung eigenes Kartenmaterial: Straßenverlauf /-merkmale und „Objekte“. Konkurrenz zu Tele Atlas und NavTeq). Nachfolger: Nexus Two (2011), Nexus 4 (2012, mit Android 4.2), Nexus 6 (2014). Weitere Nexus als Tablets, wie Nexus 7, 9, 10

*Samsung Galaxy S3* Highend-Smartphone von Samsung (2014 - vs. Apple iPhone 6). 5.1" AMOLED-Display, Full-HD-Auflösung mit 1920 x 1080 Pixel (im Vergleich dazu Galaxy Note 3: 5,7“). Fingerabdruckscanner und 16 Megapixel-Kamera, 4G LTE - 16 GB. Funknetzwerke: WLAN-ac-Standard. LTE und DSL im „Download Booster“ kombinierbar. Prozessor: neuer Achtkern-Prozessor von Exynos bzw. bekannter Snapdragon 800 mit vier Kernen. Arbeitsspeicher 1.856 MB, freier interner Speicher 16 GB, alternativ 32 GB (?). Betriebssystem Android 4.2 bzw. 4.4 (Kitkat). App S-Health (Version 3, ab S4): als Schrittzähler und als persönlicher Trainer. Wenn man den Finger auf die Blitzleuchte legt, ermittelt die App den Puls. Wie Samsungs neue Gear-Uhren oder das Fitness-Armband Gear Fit ist S-Health durch Zusatz-Apps erweiterbar.

*Huawei Ideos X3*: Erstes chinesisches Smartphone (2011): Hersteller Huawei Technologies (China), vorgestellt auf MWC 2011. Betriebssystem Android 2.3 („Gingerbread“), Touchscreen, 600 MHz Prozessor, 3,2-Megapixel Kamera, Speichererweiterung mit microSD-Karte (max. 32 GByte). Kommunikation: UMTS/HSDPA, Bluetooth, WLAN (b/g/n). (Huawei in 2013 drittgrößter Smartphone-Hersteller, hinter Samsung und Apple).

*Nokia Lumia 920 und 820*: Neue Nokia Smartphones mit Windows (Sept. 2012, New York). Betriebssystem Windows Phone 8 (vs. iOS Apple, Android Google). 4,5-Zoll-Bildschirm, Qualcomm Snapdragon S4 Dualcore-Prozessor, Pureview-Kamera (größere Lichtaufnahme, PureMotion HD+ Technik, die Farben und Helligkeit anpasst, z.B. bei Sonneneinfall). City Lens: Nokia's Integration von „Augmented Reality“ in seine Karten: Funktion blendet ortsbezogene Informationen in Kamerabild ein. Drahtlose Aufladefunktion.  
Analog *Motorola Razr HD*: mit Android und Google-Patenten.

Boom der Smartphones seit 2007 (Liste s. Web).

### **Tablet PC (Auswahl)**

*iPad (Apple)*: Vorstellung in San Francisco (Steve Jobs, 27.01.2010, ehem. iSlate). Tablet PC: Ausführung als Slate („Schiefertafel“), vergrößerter iPhone, soll Lücke zwischen Handy und Netbook schließen. Nutzung als Pad: Notizblock, Lesegerät für Bücher (iBook) und Journals, Anzeige von Fotos und Videos. Ausstattung mit WLAN, Bluetooth und UMTS (für Internet-Anschluss). Betriebssystem iOS 4.0 (kein Multitasking), Präsentations-SW Keynote, Schreibprogramm Pages, aufrüstbar mit sog. Apps. Bildschirm: 9,7“ (4:3 Format), LCD-Display, Touchscreen. Speicher 16 / 32 / 64 GB, Prozessor 1 GHz, Grafikprozessor.

Nachfolger: *iPad 2* 2011 (iOS 5.0), *iPad 3* 2012 (iOS 6.0), *iPad Air*, *iPad Air 2* 2014 (iOS 8.1)

*iPad Air 2*: extrem dünn (6,1 mm), verbessertes Retina-Display, Fingerabdruck-Sensor (Touch ID), Prozessor A8X Chip von Apple, 2 GB RAM, 16 GB interner Speicher, Kamera 8 Megapixel, verbesserte Front-Kamera, iOS 8.1 (s. auch iPad mini 3)

Samsung (Südkorea): Gerätepalette

*Samsung Galaxy Tab 2 (10.1)*: Tablet PC: 10-Zoll-Display, Frühjahr 2012, vs. iPad 3

- Android 4.0, Touchscreen, Touchwiz-Oberfläche (Samsung)
- 1GHz-Dualcore-Prozessor, 1 GByte RAM, Navi (GPS bzw. Glonass)
- Kommunikation: WLAN 802.11 b/g/n, Bluetooth 3.0, UMTS (mit HSDPA bis 21 Mbit/s)
- eingebauter Projektor (erzeugt Bild mit Diagonale von 50“ = 127 cm an Wand)

*Samsung Galaxy Beam*: Smartphone: 4-Zoll-Display, 2012 (?), in Konkurrenz zu Nokia

- Android 2.3, 1-GHz-Doppelkernprozessor, 2 Kameras (3 Megapixel)
- eingebauter Mini-Beamer (15 Lumen, wie Galaxy Tab 2)

*Samsung Galaxy Note*: Smartphone in iPad-Größe: 2012 (?), in Konkurrenz zu iPad/Apple

- Android 4.0, zusätzliche Stiftbedienung.

*Samsung Galaxy Tab 3 (7.0)*: Tablet, 7“ Display, 2014.

*Microsoft Tablet PC „Surface“*

Vorstellung durch MS-Chef Steve Ballmer, 18.06.2012 in LA (~ iPad): Bildschirm 10,6 Zoll (26,9 cm), USB-Anschluss, Einschub für MicroSD-Speicherkarten, abnehmbarer Schutzumschlag ~> vollwertige Tastatur samt Touchpad, vereinfachter Zugang zum Cloud Computing.

Zwei Surface-Typen:

- leistungsstärkeres, dickeres Gerät: mit Intel-PC-Prozessoren und BS Windows 8 Pro,
- minimiertes, dünneres Gerät (676 g Gewicht, 9, mm Dicke, etwa wie iPad 3): mit ARM-Prozessoren und BS Windows RT. Abgespecktes Windows Office RT.

Auslieferung: Herbst 2012 (kleinere Variante), Dez. 2012 (größere Variante).

Boom der Tablet PC seit 2011 (Liste s. Web).

## **2.4 Neue mobile Dienste (Auswahl)**

### **Breitband-Mobilfunk (UMTS & HSDPA, LTE)**

- UMTS (Standard 384 kbit/s) und Erweiterung mit HSDPA/HSUPA: MFN 3G und Alternative zum DSL-Festnetzanschluss. In Betrieb in DE seit 2004. Somit Voraussetzungen für mobiles Surfen, Video-Streaming, Telefonie, TV.

- HSDPA (High Speed Downlink Packet Access): Paketvermittlung in UMTS (Version 5), sog. Turbo-UMTS (T-Mobile): 1,8 Mbit/s 2006 ~> später 3,6 Mbit/s ~> 7,2 Mbit/s.  
Realisierung durch verbesserte Nutzung des DSCH (Download Shared Channel).  
HSDPA+: 28 Mbit/s, Testbed München (2009, O<sub>2</sub>, Technik durch Huawei Technologies).
  - HSUPA (High Speed Uplink Packet Access): Verbesserung Uplink (bis 5,8 Mbit/s, UMTS Release 6) u. verkürzte Roundtrip-Zeiten (Ping). T-Mobile 1,45 Mbit/s 2007, Vodafone, O<sub>2</sub>.
  - Breitband-Mobilfunk (Entwicklungen): HSDPA+, Wimax, LTE (100 Mbit/s).
  - *Alternativen*: Wo HSDPA nicht verfügbar, dort UMTS (384 kbit/s), sonst GPRS (56 kbit/s ... max 171 kbit/s) oder EDGE ( ... max 384 kbit/s).  
T-Mobile einziger Anbieter von EDGE in DE mit 220 kbit/s („Datenturbo“).
  - *Neue Mobilfunkgenerationen*: LTE (Long Term Evolution). MFN 4G: Breitband und Echtzeit. MFN 5G i.E. (Einsatz ~ 2022) Verbesserung der spektralen Effizienz, Einsatz Mehrantennensysteme, zellübergreifende Kooperationstechniken. Erweiterung LTE (MFN 3.9G) zu LTE Advanced (MFN 4G). Leistung 100 Mbit/s 2010 ... 1 Gbit/s 2014  
(z.Zt. real 3 / 10 Mbit/s 2011).
- Generelle Anforderungen: Verfügbarkeit (flächendeckend), Bandbreite, Echtzeit, Kosten  
-> Basis für die mobile World (incl. Web 2.0/3.0, Cloud-Computing, Smartphones, Tablets)

### Handy-TV im UMTS

Ab 2006 in DE zwei *Übertragungsstandards* für mobiles Fernsehen:

- **DVB-H** (Digital Video Broadcasting for Handheld), Tests bei norddeutschen TV-Anstalten, Basis: digitales Antennenfernsehen DVB-T (terrestrial).
- **DMB** (Digital Multimedia Broadcasting) in Süddeutschland (Testbeds), Basis: Infrastruktur des Digitalradios DAB (z.B. DAB Sendernetzbetreiber Hessen Digital Radio).

Videoqualität und Komprimierung in beiden Verfahren gleich. Fernsehbild 320 mal 200 Bildpunkte. DMB robuster gegenüber Störungen, DVB-H hat mehr Kapazität pro Kanal:

*Geräte für Handy-TV (UMTS)*: Geräte bereits im asiatischen Raum verfügbar, in Deutschland ab 2006 in Entwicklung. Seit CeBIT 2006 einige TV-Handys verfügbar. Samsung: SGH-P900 (Basis DMB), SGH-P910 (Basis DVB-H). Nokia: N92 (Basis DVB-H). Moderne Smartphone's (CeBIT 2007ff, MWC 2008ff) i.d.R. für Radio- und TV-Empfang ausgestattet.

*TV im mobilen Internet*:

- Google: Android Lollipop 2014 (Smartphone, Tablet und TV), Streamingstick Chromecast
- Apple: Apple TV 2G (Realisierung ?<sub>2014</sub>).

*Handy-TV in Deutschland (Auswahl)*:

Mobil-TV-Provider MFD (Mobiles Fernsehen Deutschland), Köln: erster Mobil-TV-Anbieter mit Sendelizenzen im DMB-Netz für gesamtes Bundesgebiet..

### Mobiler Internetzugang (Surfen im Internet über Handy)

Probleme beim Zugriff auf Web-Seiten und Darstellung auf Handy: Paketdatenübertragung, Datenvolumen, ständige Online-Verbindung, Handy-Displayfläche (Größe der Web-Seite), Ergonomie der Bedienung (Touchscreen, virtuelle Tastatur).

Anforderung und Dienste für Smartphones (iPhone usw.) und Tablet PCs (iPad usw.):

- Nutzung von Web 2.0-Diensten, wie RSS-Feeds, Twitter, Facebook, WhatsApp,
- Email- und Chat-Dienste,
- verschiedene Widgets und Apps (Downloads aus App-Stores), u.a. Wetterdienste, Verkehr, Spritpreise, Fahrpläne, Nachrichtenportale, ...
- Navigationsdienste

Unterstützung durch die Betriebssysteme, u.a. iOS, Android, Windows Phone, ...

Bereitstellung von Browser für Mobilgeräte, z.B. Safari (Apple), Chrome (Google)

Übertragungsprotokolle (WAP) und Datenformate (WML) für Web-Seiten:

- WAP (Wireless Application Protocol): optimiert den Zugriff auf Web-Seiten von Handys.

- 7-schichtiger Protokollstack.
- WML (Wireless Markup Language): berücksichtigt die begrenzte Übertragungskapazität und die geringe Displayfläche.
    - Entweder Konvertierung von HTML in WML-Struktur (Datenverluste, ohne Bilder und Gestaltungselemente) oder Zugriff auf spezifische WML-Server,
    - Strukturierung des Dateninhalts in Cards und Decks,
    - Bitorientierte Übertragung (WBXML: binäres WML).
- WAP entspricht WWW der Mobilfunknetze [alternativ: i-mode, cHTML, DoCoMo, E-Plus]
- Moderne Mobilgeräte (Smartphones, Tablets) seit 2007ff mit großen Displayflächen (z.B. 5 Zoll) und schnellen Prozessoren (2- / 4- / 8-Kernprozessoren, simultan arbeitend) ausgestattet („Megapixel- und Gigabit-Wahn“).  
~> volles Internet-Protokoll (WML -> HTML, insbes. HTML 5 als Auszeichnungssprache).  
Problem: Akku (Standby).
  - Nutzung der Web- und Web 2.0-Dienste auch in den MF-Netzen / -geräten, u.a. Facebook, Twitter, Instant Messages (wie WhatsApp) [große Displayseiten für Werbung] ~> „all Web“

### **Email über Handy (Push-Email)**

Email-Dienste im Mobilfunknetz:

- Pull-Dienst: manuelle Abfrage des Email-Servers über Handy („Abonnement“),
  - Push-Dienst: automatisches Zustellen der Emails auf das Handy.
- Push-Email: Emails automatisch auf Handy übertragen (ständige Verbindung zum Email-Server über GPRS oder UMTS). Voraussetzung: Push-Email-fähiges Mobiltelefon.
- Push-Dienste, wie Blackberry oder Sidekick (Fa. Danger, USA; auch bei T-Mobile).  
RIM (Remote In Motion): Blackberry-Dienst des kanadischen Unternehmens RIM.
  - Alternativen zu Blackberry: Exchange Email-Postfach von Microsoft (Fa. Schlund+Partner, Karlsruhe), Push2you (Main-Gruppe/Stuttgart, für Java-Programme), E-Mail-to-go (Fa. Space2go/Berlin für Mobilcom).
  - Funambol: Version v6 (seit 08/2008 v7) - Nachfolger der Open-Source-Lösung *Sync4j*.  
Funambol-Server-SW (Open Source): [www.funambol.com](http://www.funambol.com).
  - Nachrichtendienste in Web 2.0 bei Nutzung durch mobilen Internet-Zugang
    - Internet-Portale (wie Facebook, Google+ usw.), u.a. Email, Chat
    - Micro-Blogging (wie Twitter, Weibo), Instant Messaging

### **Navigation mit Handy**

Satellitenbasierte Positionierung (GPS, GLONASS, zukünftig auch Galileo). Beim Empfänger werden vom Satelliten empfangenen Signale ausgewertet (Positioning) und Standort bestimmt. Routenplanung dann im Gerät oder im Internet (Verwendung von Kartenmaterial).

Verschiedene Geräte:

- Fest installierte Geräte in PkW's
- Mobile Geräte auf Basis eines PDA's, z.B. Tomtom, Garmin (Basis Palm), Falk u.a.  
Über Bluetooth Anschluss an Handy zur Ausgabe
- Navigationshandys (Sprachausgabe, Positionszeiger Display; Problem Energie), z.B. Tomtom Mobile 5 (enthält Navigations-SW mit GPS-Empfänger, Navigation und Routenplanung im Handy). Stauinfos gegen Gebühren.  
Falk Activepilot (Internet-basiertes Navigationsprogramm mit GPS-Empfänger. Routenplanung und Navigation über Internet, Stau-Infos inklusive).
- Smartphones: moderne Smartphones (ab 2008) mit Navi (GPS), z.B. iPhone, HTC Sensation, Samsung Galaxy S2.

### **Personal Information Manager (PIM)**

*PIM-Daten und -Nutzung*

PIM: Software zur Verwaltung persönlicher Daten, wie Kontakte, Termine, Aufgaben, Notizen und im erweiterten Sinn auch Dokumente wie Briefe, Fax, Emails, RSS-Feeds.

PIM-SW sowohl für einzelne Benutzer als auch für Netzbetrieb (WAN, LAN). Bei NW-Lösungen ist Benutzer- und Datenverwaltung (u.a. Zugriffsrechte) erforderlich.

Ergonomische Benutzeroberfläche, z.B. Mitschreiben während Telefonats, schnelles Auffinden von Kontaktdaten, Auflisten aller mit dem Kontakt verknüpften Aktivitäten usw. Verwaltung vieler unterschiedlicher Daten ~> hohe Anforderung an Speicher-Mgt. der PIM-SW.

#### *Anforderungen an PIM*

- Grundfunktionen für Adressen, Termine, Aufgaben, Notizen.
- Erweiterungen: Selbstdefinierte Datenfelder in Adressverwaltung, Fotospeicherung, Erinnerungsfunktionen an voreingestellte bzw. wiederholte Termine (z.B. Geburtstage).
- Adressbezogene Aktionen, z.B. Anwählen von Telefonnummern, Adressieren von Briefen und Serienbriefen sowie Versand von Kurzmitteilungen.
- Kalendermodul mit Feiertagen, DIN-gerechte Kalenderwochen, Montag Wochenanfang. Unterstützung verschiedener Kalender (privat, beruflich), mit Abgleichung.
- Neue Termine mit Zeitzonen, Kategorien und Prioritäten; Notizen auf Desktop ablegbar („gelbe Klebzettel“).
- Teamfunktion für Abstimmung mit Vorgesetzten bzw. Verwandten.
- Alle Kalender- und Adressdaten sollten importierbar bzw. exportierbar sein.
- Synchronisation bzw. Datenaustausch mit Palm- und Pocket-PC-Geräten.

#### *Verbreitete PIMs (Auswahl)*

Microsoft Outlook – z.Zt. dominierendes PIM-Segment, Lotus Organizer (beide Windows), Mozilla Thunderbird + Mozilla Lightning bzw. Mozilla Sunbird (plattformunabhängig, GPL), Evolution (Unix, Linux, GPL), Novell Evolution (Unix, Linux, Mac OS X, GPL), WebPIM (Windows), Funambol (PIM und Push-Email, Windows bzw. Linux, Open Source).

#### *PIMs auf Internet-Basis (sog. Web-PIMs)*

I.allg. kostenlos im Internet verfügbar, allerdings ständiger Internetzugang erforderlich. Aufruf eines Web-PIM über aktuellen Webbrowser: nach Einloggen mit Passwort kann man seine Daten über Internet laden und findet eine vertraute Arbeitsumgebung mit allen seinen Adressen und Terminen vor. Vorteil: Globale allseitige Verfügbarkeit; die zentral im Web-PIM verwalteten Daten lassen sich auch mit mehreren Personen gemeinsam im Team nutzen. Nachteil: Abhängigkeit von Verfügbarkeit der Webseite und des Internet-Anschlusses (bei Ausfall keinen Zugriff mehr auf seine gesamten Termine und Adressdaten). Auch Sicherheitsproblem der Daten im Web. Web-PIMs (Auswahl): Google Kalender, WebPIM (für beide: Aufruf über Webbrowser, kostenlos)

## **2.5 Drahtlose Kommunikationssysteme**

### **2.5.1 Merkmale der drahtlosen Kommunikation**

#### **Charakteristika drahtloser (wireless) Netze**

- Kommunikation der mobilen Endgeräte untereinander (ubiquitous computing),
  - Integration der mobilen Geräte in existierende Infrastrukturen (z.B. nomadic computing).
- Verschiedene drahtlose Kommunikationssysteme, unterschieden in Reichweite, Datenrate, Geschwindigkeit der Endgeräte, Frequenzen usw.:
- Satellitennetze (Kontinente überstreichend): Basis Kommunikationssatelliten (GEOS, LEOS)
  - Weitverkehrsnetze (terrestrisch): Mobiltelefonie (+ SMS), Paketfunk (~> drahtloser Internet-Zugang, u.a. Email, Twitter, Instant Messaging), schnurlose Telefonie (DECT), mobile IP.
  - Lokale Netze: lokale Funknetze (WLAN), wireless ATM, HomeRF, Local Loop.
  - Heim-/ Raumnetze: WPAN (Infrarot, Bluetooth, Zigbee...), Identifikation (RFID, NFC, M2M).

#### **Historische Entwicklung („Funken“)**

Technische Basis drahtloser Systeme: elektromagnetische Wellen (Funkwellen und Infrarot).

- Erste Versuche zur Funkübertragung im 19. Jahrhundert:

1831: Michael Faraday: Demonstration der elektromagnetischen Induktion.

1886: Heinrich Hertz: Versuchsaufbau zum drahtlosen Induzieren von Funken. Nachweis der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen im Raum (Begriff "Funken", 20 m).

1896: Erfindung der drahtlosen Telegraphie, Morsecode, Einsatz in Schifffahrt

- Funkübertragung (elektromagnetische Funkwellen): eine der bedeutendsten Entwicklungen im 20. Jahrh., u.a. Satelliten, Rundfunk, TV, Funknetze (terrestrisch, lokal).
- Im 20. Jahrh. vorrangig Sprachübertragung, wie Mobilfunk (Mobiltelefonie) und Bündel-/Betriebsfunk (z.B. Polizei, Taxi). Hinzu Systeme für lokale und nahe Kommunikation. Ersatz der analogen durch digitale Systeme. Zunehmend mobile DÜ (Text, Grafik, Video).
- Zuerst Transport, Militär, Behörden ~> äquivalente Verlagerung in privaten Bereich.
- Teilnehmerorientierte Mobilfunknetze ~> Entwicklung zum Massenmarkt (zusammen mit kabelgebundener Telefonie „größte Maschine der Welt“).
  - 2009: 4 Mrd. Handys im Einsatz ~> Ende 2011: 6 Mrd. Handys.
  - allseitige Erreichbarkeit (ubiquitous): Satellit, terrestrische MFN, WLAN (Hotspots).
  - audio, text, video; ergänzt durch Navigation, Handy-TV und Internet-Zugang.

## Klassifikation

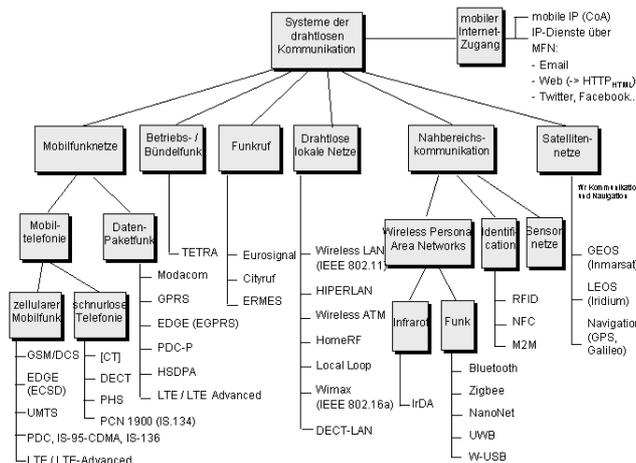


Abbildung 2.4: Systeme der drahtlosen Kommunikation

- Mobilfunknetze: Terrestrisch (landgestützt), zellulärer Aufbau (Cluster, Zellen), Mobilitätsverwaltung (Location Update: Handover, Roaming). Telefonie + SMS (160 Zeichen) im Steuerkanal. Funkzellen durch drahtgebundenes Netzwerk verbunden, vermittelt und angebunden an weitere Netzwerke (Interworking Functions: MFN, Telefonnetze, Internet).
  - Mobiltelefonie:
    - Zellulärer Mobilfunk*: Leitungs (Kanal) -vermittelt, flächendeckend, digital, Kosten gemäß Verbindungsdauer. Beispiele (Standards, Netze):
      - 2G: GSM / DCS (ETSI), USCD, IS-95-CDMA, IS-136 (USA), PDC (Japan).
      - 2.5G: EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*, ETSI).
      - 3G (IMT-2000): UMTS / ETSI (3GPP) bzw. CDMA2000 / USA (3GPP-2), ab 2005. ~> UMTS-Nachfolgetechnologie LTE (*Long Term Evolution*) ~> MFN 4G.
      - 4G: LTE (Release 8, MFN 3.9G): bis 300 Mbit/s (download), 75 Mbit/s (upload)
        - erste Netze: 2010/11, 100 Mbit/s
        - LTE Advanced (Release 10, MFN 4G): 1Gbit/s (download), 500 Mbit/s (upload)
          - erste Netze: 2013/14. Breitband, Echtzeit, Übertragung hochauflösender Videos, Videotelefonie (verschiedene Projekte, u.a. EASY-C).
    - Schnurlose Telefonie*: Verlängerung ISDN, Heim, digital, keine lokalen Kosten, auch LAN, Standard DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*), PHS/Japan.

- Datenpaketfunk: Paketvermittelt, Kosten gemäß Datenvolumen; Einsatz vorrangig für Datendienste, u.a. Email, Internet-Zugang, Web 2.0-Dienste.  
Beispiele (Netze): Modacom (X.25), GPRS, EDGE (2.5G), UMTS mit Erweiterung HSDPA (Turbo-/Breitband-UMTS) und HSUPA, LTE.  
LTE Advanced (Videotelefonie (VoIP), Videoübertragung, mobiler Internetzugang).  
Entwicklung geeigneter mobiler Endgeräte, u.a. GPRS-Handy, Smartphone, Tablet PC, insbes. für mobilen Internet/Web-Zugang (mit entsprechenden Apps).
- FemtoCell (UMTS Pikozone): FemtoCell-Handys kommunizieren mit eigenem Hotspot und xDSL-Verbindung (Flatrate), statt mit MFN.
- Betriebs- bzw. Bündelfunk: analog zu Mobilfunknetze, digital, zellulär, Standard TETRA (*Trans-European Trunked Radio* ~> *TERrestrial Trunked RADio*). Innerbetriebliche Kommunikation zw. Teilnehmern und Betriebszentrale (z.B. Taxi). Erweiterte Funkmöglichkeiten, z.B. Multicast-/Broadcast-Rufe, Multiplexing FDD (Halbduplexbetrieb).
- Funkrufsysteme: Verteilkommunikation (unidirektional), analog Hörfunk.  
Paging-Systeme (Funkruf), u.a.
  - Eurosignal, Cityruf, Euromessage, RDS (Radio Data System: Zusatzinfos über UKW)
  - Standard ERMES (European Radio Messaging System): Verbesserung zu POCSAG.
- Drahtlose lokale Netze (Wireless LAN): lokaler Bereich, u.a. Büro, Fabrik, Infrastruktur oder Ad-hoc. Keine behördliche Regulierung, keine Übertragungskosten, u.a.
  - Wireless LAN (W-LAN) nach Standard IEEE 802.11 (verschiedene Standards, 2 – 54 (108) Mbit/s, Aufbau von hot-spots, Access Points),
  - HIPERLAN/1 und /2, nach Standard ETSI,
  - Wireless ATM (Mobile Broadband Communications, Trend IP statt ATM, 100 Mbit/s),
  - HomeRF für die drahtlose Überbrückung im Heimbereich,
  - Wireless Local Loop (WLL): Überbrückung der “Letzten Meile” zwischen Verteilungsknoten des Backbones und Endteilnehmer ohne aufwendige Verkabelung im Ortsnetz.
  - Wimax: breitbandige Funkverbindung für längere Distanzen, Standard IEEE 802.16a (Frequenz 3,5 GHz, Übertragungsrate 70 Mbit/s, Reichweite bis 50 km), für breitbandigen Internet-Anschluss.
- Nahbereichskommunikation: Kabellose Verbindung im Heim- und Körperbereich (“Raumnetze”), z.B. kabelloser Anschluss für Maus, Drucker, Digitalkamera, u.a.
  - Wireless Personal Area Networks (WPAN):  
Infrarot-Netz: Infrarot-Übertragung, Standard IrDA, 0,1 - 16 Mbit/s ... 1 Gbit/s  
Funkbasierte Netze, u.a.  
Bluetooth-Netz: 1 Mbit/s -> 2 | 4 | 8 | 12 Mbit/s, ggf. Problem mit IEEE 802.11  
aktuell <sup>(2009)</sup>: V. 4.0, abwärtskompatibel  
Zigbee: 868 MHz, 915 MHz, 2,4 GHz, 250 kbit/s, 10 - 75 m,  
NanoNet: 2,4 GHz, 2 Mbit/s, 60 - 900 m,  
UWB (Ultra Wideband): schnelle Funkverbindung, 3,1 - 10,6 GHz, 200 Mbit/s, 10 m.  
W-USB (Wireless USB): Funk, UWB-Tech. (3,1 -10,6 GHz), 480/110 Mbit/s, 3/10 m.
  - Entfernte Identifikationstechniken (Kurzstrecken):  
RFID (Radio Frequency Identification): entfernte Identifikation von Objekten,  
NFC (Near Field Communication): Basis Identifikationstechnik RFID (Nokia/Sony).  
cm-Bereich. Einsatz im Online Payment (z.B. Mastercard, Visa, Google Wallet <sup>2011</sup>).  
M2M (Machine-to-Machine): Kommunik. zw. Maschinen, Automatisierungstechnik.
  - Sensornetze.  
Chips mit Sensoren und Kommunikationseinrichtung, ohne Kabel/Energie (magnetische Induktion), flächendeckende Informationsgewinnung und -weiterleitung.  
Verletzung der local privacy.
- Automatisierungstechnik: Drahtlose Kommunikation in der industriellen Produktion, Robotik, Transportsysteme (u.a. Einsatz RFID, NFC, M2M).

- Richtfunk: Stationäre Datenverbindung, mehrere Kilometer, z.B. zwischen Gebäuden.
- Satellitennetze: Übertragung über Satelliten, flächendeckend. Satelliten untereinander vermittelt (GAN: Global Area Network), Erdstationen durch ein drahtgebundenes Netzwerk verbunden. Konkurrenz mit terrestrischen Mobilfunksystemen.  
Kommunikationssatellitensysteme, u.a.
  - GEOS-basierte Systeme, geostationär, u.a. Inmarsat (3 Satelliten, 36 000 km Höhe), für Schiffskommunikation und TV-/Rdfk.-Übertragungen, Navi (Overlay).
  - LEOS-basierte Systeme, i.allg. zellulärer Aufbau (Ortsveränderung durch Satellitenumlauf), individuelle Kommunikation, u.a. Iridium (66 Satelliten, ca. 1000 km Höhe).
 Weitere Netze: Positionierung (GPS (Global Positioning System), Galileo), Wetter, ...
- Verteilkommunikation: Rundfunk, Fernsehen; i.allg. unidirektional (~> interaktives TV, smart TV).
- Mobiler Internet-Zugang:
  - mobile IP (IPv4/IPv6)
    - 2 Adressen: Home Adresse, Care-of-Adresse (CoA) zur Verwaltung der mobilen TN; DHCP, Heim/Fremdagent. Agent Discovery, Registrierung, Tunneling.
  - Nutzung Internet-Dienste (IP) über Mobilfunknetz, u.a.
    - Email (Push-Dienst), Web-Dienste
    - WAP<sub>WML</sub>, i-mode<sub>HTML</sub> (für eingeschränkte Ressourcen) ~> HTTP<sub>HTML</sub> (für Schnelle Netze / Prozessoren [Dualcore/Quadcore], Akku !)
    - Browser für Smartphone bzw. Tablet, u.a. Safari<sub>iOS</sub>, Chrome<sub>Android</sub>
    - Web 2.0 Dienste, wie Microblogs, RSS-Feeds, Twitter, Facebook,
    - Apps für Smartphone und Tablet PC,
    - Instant Messaging (u.a. WhatsApp, iMessage, Joyn – vs. SMS).

## 2.5.2 Technische Aspekte der drahtlosen Kommunikation

### Besonderheiten der Funkübertragung

Unterschiede zw. drahtgebundener und drahtloser Übertragung vorallem in Schichten 1, 2.

- Störanfälligkeit: Funkübertragung wesentlich störanfälliger:
  - Kanäle nicht abschirmbar, Einfluss elektromagnetischer Störungen auf Übertrag.-daten,
  - Problem der Mehrwegeausbreitung: dabei gelangt ein Signal durch Reflexion, Streuung und Beugung mehrfach zeitversetzt beim Empfänger an,
  - Überlagerung verschiedener Signale erschwert Auswertung der Nutzdaten.
- Niedrige Datenraten:
  - geringe Bandbreiten der Frequenzbänder, keine Echtzeitübertragung (erst ab 4G)
  - viele Nutzer müssen sich ein Medium teilen,
  - höhere Datenraten durch höhere Frequenzen ~> aber aufwendiger, kostenintensiver,
  - störanfälliger, Energie-intensiver (Problem für Akkus bzw. Batterien der Mobilgeräte).
- Mithören der Kommunikation: Zusätzliche Sicherheitsmechanismen gegenüber drahtgebundene Netzen erforderlich:
  - Mithören schwierig verhinderbar, TN-Bewegungsdaten für Werbung (s. NSA-Problem),
  - Erschweren der Nutzdatenauswertung beim Mithören durch Verschlüsselung (SSL, A5,...)
  - Schlüssel nicht über Luftschnittstelle ausgetauscht
- Hoheitliche Restriktionen:
  - Genehmigungen für den Betrieb von Funkanlagen,
  - Berücksichtigung landesspezifischer Einschränkungen durch Gerätehersteller,
  - unterschiedliche landesbedingte Handhabung bei Verteilung freier Frequenzen,
  - Gerätehersteller u.U. verschiedene Gerätevarianten für unterschiedliche Frequenzen.
- Medizinische Restriktionen:
  - Einfluss Gesundheit (EMUV: Elektromagnetische Umweltverträglichkeit), Elektrosmog,
  - Bundesweite Initiative „Bürgerwelle“, insbes. breitbandige Next-G-MFN.

### Frequenzen für die 3. und folgende MF-Generation

Beschluss ITU (1992): Reservierung Spektrum von 230 MHz für IMT-2000, aufgeteilt auf 2 Frequenzblöcke: 1885 - 2025 MHz für das erste Band, 2110 - 2200 MHz für das zweite Band. Zusätzlich Frequenzband von 150 MHz (aufgeteilt auf 2 Bänder), reserviert für Satellitenkommunikationssysteme (MSS: Mobile Satellite Service).

UMTS-Frequenzen in Deutschland: 1920–1980 MHz (Uplink), 2110–2170 MHz (Downlink)

Anbieter: T-Mobile, Vodafone, E-Plus, O2 (Netze ab 2004).

*Weitere Frequenzfreigaben für zukünftige Datenkommunikation (Digitale Dividende)*

Digitale Dividende (engl. *digital dividend*) bezeichnet die durch Digitalisierung des Rundfunks frei werdenden Frequenzbänder (insbes. durch Umstellung des terrestrischen TV von PAL auf DVB-T).

Für digitale Ausstrahlung nur ca. 10 % der Bandbreite wie bei analoger Ausstrahlung benötigt. Außerdem geringere Signalstärke erforderlich. Je nach Komprimierungsgrad der digitalen Ausstrahlung werden bis zu 90 % der bisherigen Frequenzbänder frei und können neu aufgeteilt werden.

Freigabe der Frequenzen in Deutschland (2010), insbes. für die Internet-Breitbandanbindung des ländlichen Raumes (sog. „Surfen auf dem Dorf“) und für Mobiltelefonie (insbes. LTE). Lizenzversteigerung ab 12.04.2010, zugelassene Anbieter: T-Mobile, Vodafone, E-Plus, O2-Telefónica. Jeweils Anbieterpaket von 360 MHz. Bedingung: zuerst ländliche Versorgung (bis 2016 sollen 90% der ländlichen Bevölkerung versorgt sein).

Versteigert wurden Frequenzen in den Bereichen 800 MHz (bisher analoges TV, Funkmikrofone), 1,8 GHz (bisher Bundeswehr), 2 GHz (ehemalige Quam- und Mobilcom-Lizenzen für UMTS), 2,6 GHz. Für die im Bereich 850 MHz betriebenen Funkmikrofone (Headsets, Lavalier- und Hand-Mikrofone) der Veranstaltungstechnik sollen alternative Frequenzbereiche bereitgestellt werden (-> Probleme und Kosten!).

### Multiplexverfahren

Mehrere Übertragungsvorgänge gleichzeitig auf dem Übertragungskanal übertragen. Sicherung der Mehrfachausnutzung der Funkressourcen durch verschiedene Verfahren:

- \* Raummultiplex (**SDM**, Space Division Multiplexing),
- \* Frequenzmultiplex (**FDM**, Frequency Division Multiplexing),
- \* Zeitmultiplex (**TDM**, Time Division Multiplexing),
- \* Codemultiplex (**CDM**, Code Division Multiplexing),
- \* und Kombination der Verfahren.

Weitere Unterscheidung bei den Verfahren in

*Duplex Access*: bidirektionalen Verbindung für gemeinsamen Zugriff von 2 Kommunikationspartner auf ein Medium. Entsprechende Varianten von Zeit- und Frequenzmultiplex: **TDD** (Time Division Duplex) oder **FDD** (Frequency Division Duplex).

*Multiple Access*: hierbei Medium von mehreren Sendern genutzt. Entsprechende Varianten: **SDMA** (Space Division Multiple Access), **TDMA** (Time Division Multiple Access), **FDMA** (Frequency Division Multiple Access) und **CDMA** (Code Division Multiple Access).

*Raummultiplex*

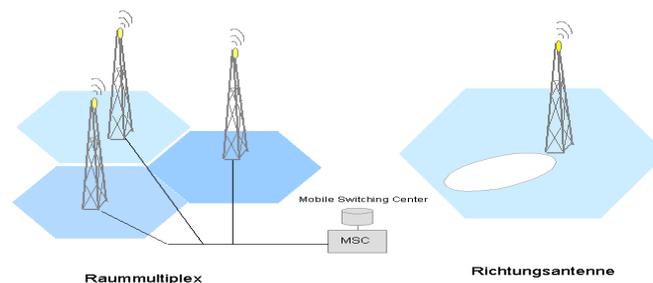


Abbildung 2.5: Zellen und Antennen im Raummultiplex

Ausnutzung der beschränkten Ausbreitung elektromagnetischer Signale. Nach ausreichender Entfernung sind Funksignale soweit abgeschwächt, dass andere Übertragung über gleichen Funkkanal nicht mehr gestört ist. Dadurch Funkfrequenzen mehrfach nutzbar ~> Aufteilung der Gesamtfläche in Cluster (Zellen); erfordert Mobilitätsverwaltung der Teilnehmer (MSC).

*Antennen mit Richtungscharakteristik (smart Antennas):*

Moderne Antennen können Richtung des Funksignals so steuern, dass nur schmales Segment der Funkzelle abgedeckt. Richtungsbestimmung aus Intensitätsmessungen. Dadurch gleiche Funkressourcen mehrfach verwendbar. Bessere Ausnutzung der verfügbaren Ressourcen.

*Frequenzmultiplex*

Mehrfache Ausnutzung des Funkkanals durch Trägerfrequenztechnik (bekannt aus Rundfunk): mehrere Radiosender verwenden gleichzeitig das Medium. Ein Empfänger kann jedoch durch Einstellen einer bestimmten Frequenz exakt einen Sender herausfiltern (Tuning).

Breite des Frequenzbandes auf mehrere Sender aufgeteilt (jeweils exklusive Nutzung). Zusätzlich Sicherheitsabstände zwischen den benachbarten Kanälen (somit Anzahl begrenzt). Falls Duplexkanal zw. Sender und Empfänger benötigt, wird FDD-Verfahren verwendet. Üblicherweise Richtungen des Duplexkanals aufgeteilt in Uplink (mobiles Gerät --> Basisstation bzw. Satellit) und Downlink (Basisstation bzw. Satellit --> mobiles Gerät). Auch Wechsel der Frequenz zw. Uplink- u. Downlink-Kanal (z.B. Satellitentransponder).

Um Störungen auf Kanal entgegenzuwirken, wird Verfahren Frequency Hopping verwendet. Während einer Verbindung wird ständig die Frequenz gewechselt. Dazu eine für beide Seiten bekannte Pseudo-Zufallszahlenfolge verwendet.

*Zeitmultiplex*

Zeitliches Aufteilen einer Frequenz auf mehrere Sender, indem diese nacheinander einzeln das Funkmedium für eine bestimmte Zeit verwenden. Für einzelnen Sender ganzer Kanal verfügbar. Zeitraum der Belegung des Mediums: Zeitschlitz (engl.: Slot).

Kollision: unbeabsichtigte Mehrfachbelegung des Medium -> Zerstörung der Nutzdaten.

Verschiedene Verfahren zur Synchronisation der Sender (zentrale Verfahren: ein ausgezeichnete Sender stellt anderen Sendern periodisch Zeitschlitze zum Senden bereit; dezentrale Verfahren: keine ausgezeichnete Station, Stationen müssen Belegung der Zeitschlitze untereinander aushandeln. Anwendung u.a. bei W-LAN).

Falls ein Duplexkanal über Zeitmultiplex verwendet wird: TDD (Time Division Duplex). Hierbei wird dem Up- und Downlink zeitversetzt das Senderecht eingeräumt (Halbduplex).

*Codemultiplex*

*Gleichzeitige* Übertragung von Daten auf einer Frequenz durch verschiedene Codes. Ohne Codemultiplex --> Kollision. Spezifische Codierung der Daten sichert, dass Empfänger die Daten aus der Überlagerung *rekonstruieren* kann.

Bessere Frequenzausnutzung, Anwendung im Mobilfunknetz UMTS und Satellitennavigationssystem GPS. Grundbestandteil des Codemultiplex-Verfahrens sind sog. Spreizcodes: Jeder Sender bekommt eigenen Spreizcode. Empfänger muss diesen kennen und filtert das empfangene Signal: sog. Spreizen/Entspreizen.

Ausgangssignal wird mit Spreizcode multipliziert. Spreizcode: unendliche Folge eines Codeworts (Bits des Codewortes: sog. "Chips"). Vor Multiplikation wird jedes Bit des Ausgangssignals auf die Länge des Spreizcodes ausgedehnt. Resultierendes Signal dann auf gemeinsamen Kanal übertragen. Empfänger rekonstruiert mit dem Spreizcode das Ausgangssignal (trotz Überlagerung). Trennung der Signale bis zu bestimmten Rauschpegel möglich.

### **2.5.3 Wireless LAN (WLAN)**

#### **Eigenschaften**

Lokaler Verbund stationärer oder portabler PC. Einsatz: Werksgelände, Büroräume, Hotspots. Bekannte Netze: Wireless LAN: Funk (elektromagnetische Wellen), z.B. IEEE 802.11.

Schnurlose Telefonie (auch als WLAN): DECT (Europa), PHS (Japan), IS.134 (USA)  
 Ergänzung: Nahbereichskommunikation (Raumnetze): Infrarot, Bluetooth, ... (~> WPAN).

**Internationale Standardisierungen für W-LAN:**

ETSI: HIPERLAN /1 bzw. /2; IEEE: IEEE 802.11 (breitbandig: IEEE 802.16)

Standardisierungen in IEEE 802.11 (Auswahl):

- IEEE 802.11a: ausgereifter Standard, im genehmigungspflichtigen 5 GHz-Band, 54 Mbit/s, 25 m. In einigen Ländern Europas noch nicht zugelassen (Deutschland > 2003).
- IEEE 802.11b: etablierter Standard, 11 Mbit/s, 300m, 2,4 GHz, auch Dual-Band-Zugangsknoten.
- IEEE 802.11g: 54 Mbit/s, lizenzfreies 2,4 GHz-Band, abwärtskompatibel, 11 und 54 Mbit/s, 300 m; Problem mit Bluetooth (Interferenzen); 54 Mbit/s auch im HIPERLAN/2.
- IEEE 802.11h: europäische Variante von IEEE 802.11a.
- IEEE 802.11i: Erweiterung des WLAN-Sicherheitskonzepts (WPA2).

*Frequenzbereich bei 2,4 GHz:*

- Lizenzfreier Frequenzbereich im ISM-Band (WiFi). Nutzung durch WLAN, aber auch Bluetooth, Mikrowellen, schnurlose Telefone. Für WLAN ~> in Nähe Gefahr der Störungen in Übertragungsrate (nicht im Verbindungsaufbau, keine Datenverluste).
- Für WLAN sind in Europa 13 Kanäle vorgesehen. Bandbreite eines Kanals: 22 MHz. Abstand zwischen 2 Kanälen: 5 MHz
- Gefahr der gegenseitigen Störung bei direkt benachbarten Kanälen. Empfehlung: mindestens 5 Kanäle Abstand zwischen zwei benutzten Kanälen.

**Systemarchitektur: 2 Guppen drahtloser LAN:**

**Infrastruktur-Netze:**

Erweiterung existierender LAN um drahtlose Komponenten. I.allg. mehrere Funkzellen, Zugriff auf Festnetzrechner (Server) und Router, Verbindung zwischen drahtlosen Netz und Festnetz erfolgt durch Access Points (HUBs oder Basisstationen), die als Bridge oder Router fungieren ~> für hot-spots. i.d.R. Client/Server-Architektur.

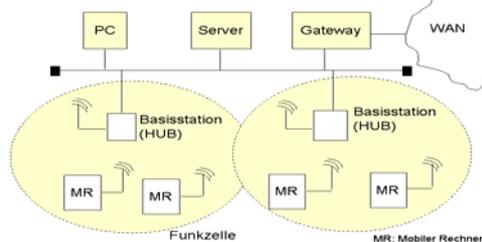


Abbildung 2.6: Netztopologie eines Infrastruktur-Netzes

**Ad-hoc drahtlose Netze:** andere Bezeichnungen: MANET (Mobile Ad hoc Networks), Instant Infrastructure bzw. Mobile-mesh Networking.

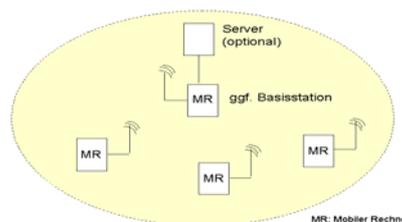


Abbildung 2.7: Infrastruktur eines Ad-hoc-Netzes

Spontaner Aufbau an beliebiger Stelle (z.B. Besprechungsräume), meist für begrenzte Zeit; dezentrales Routing. Gute Unterstützung für Peer-to-Peer-Modell (P2P), z.B. Konferenzschaltung zwischen NB. Ad-hoc-Netze erlauben Kommunikation der Stationen untereinander, keine Integration in eine übergeordnete feste Infrastruktur, gemeinsamer Server nur optional. Laboreinsatz, Praktikum, Konferenz.

## WLAN nach Standards IEEE 802.11 und ETSI/HIPERLAN

### Protokolle Schicht 2:

MAC (Medium Access Control): Legt Zugriffsverfahren auf das physikalische Medium bei geteilter Kanalnutzung fest. Gemeinsamer MAC-Standard sowohl für IEEE 802.11 als auch für ETSI HIPERLAN:

- Verfahren CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance), ähnlich Ethernet-Verfahren CSMA/CD (... / Collision Detection).
- CSMA/CA berücksichtigt, dass drahtlose Übertragung störanfälliger und unzuverlässiger ist als im Festnetz. Lösung durch RTS/CTS-Nachrichten in CSMA/CA, unterschiedliche Spreizmuster und begrenzte Sendeenergie. Keine Kollisionsentdeckung möglich.

LLC (Logical Link Control):

- Bei IEEE 802.11 wird das existierende LLC (IEEE 802.2) unverändert beibehalten.
- HIPERLAN sieht zusätzlich ein erweitertes (enhanced) LLC vor.

### Charakteristika:

Reichweite bei nicht gerichteter Ausstrahlung: 100 ... max. 300 m (je nach Einsatzumgebung und aufgewendeter Energie). Geschwindigkeit der Endgeräte soll die Geschwindigkeit von Fußgängern (5 - 7 km/h) nicht überschreiten (IEEE 802.11); bei HIPERLAN: bis zu 40 km/h. Brutto-Datenraten: ca. 2 Mbit/s (802.11), 11 Mbit/s (802.11b), 54/108 Mbit/s (802.11a), zukünftig: Millimeterwellen-Funknetze mit 10 ... 300 Mbit/s, dann auch Multimedia-Anwendungen über Funk (Ergänzung durch IEEE 802.16, z.B. Wimax).

WLANs als Spread-Spectrum-Systeme (Spreizband) in spez. Frequenzbändern betrieben: ISM-Bänder (Industrial, Scientific, and Medicine) und HIPERLAN-Bänder.

Spreizverfahren: Frequency Hopping und Direct Sequence.

## Sicherheit in drahtlosen LAN

### Sicherheitsstandard IEEE 802.11i

- Erweiterung des Sicherheitskonzepts von WLAN (für LAN allg. in IEEE 802.10). Es ersetzt die unzureichenden Verschlüsselungsverfahren in WEP durch WPA 2.
- Moderne Router (z.B. DSL-Router/Modem Speedport W 501 V, Fritzbox, D-Link u.a.) unterstützen IEEE 802.11i.

### WPA und Nachfolger WPA 2 (Wi-Fi Protected Access 2)

- Sicherheitsstandard für WLAN nach IEEE 802.11a, b, g. Insbesondere WPA 2 implementiert die Funktionen des neuen Sicherheitsstandards IEEE 802.11i. WPA und WPA 2 sehen eine Authentifizierung während des Verbindungsaufbaus vor (WPA-Kennwort).
- Die Nutzdaten werden durch ein Verschlüsselungsverfahren gesichert (automatisch generierter Schlüssel). WPA-Netzwerkschlüssel 8 ... 63 Zeichen (empfohlen > 20 Zeichen), wird in periodischen Abständen neu generiert.
- WPA nutzt für die Verschlüsselung das TKIP (Temporary Key Integrity Protocol).

## 2.5.4 Drahtlose Nahverbindungen (Auswahl)

### Schnurlose Telefonie (Cordless Telephony)

Schnurlose Telefonie (CT: Cordless Telephony) für Heim- und Unternehmensbereich. Kategorisierung als W-LAN oder W-WAN (Telefoniedienst), je nach Einsatz/Architektur.

DECT: Digital Enhanced (vormals European) Cordless Telecommunications. Europäischer Standard für digitale, schnurlose Nebenstellenanlagen; Ersatz für Cstandard CT (Japan: PHS: Personal Handyphone System; USA: PCN 1900 auf Basis IS.134).

Basisstation (Anschluss POTS, ISDN, xDSL), 1... n mobile Tel.-Stationen (Air Interface) bzw. DECT-fähige Endgeräte. Massenmarkt. Neben Sprachübertragung auch Datenübertragung ermöglicht --> Möglichkeit für W-LAN. Hierbei verfügbares Frequenzband in 10 Kanäle aufgeteilt, die ihrerseits in 24 Zeit schlitze unterteilt sind. Nettodatenrate: 32 kbit/s je Funk-

kanal und Zeitschlitz. Durch geeignete Kombination der Kanäle lassen sich Datenraten von einigen 100 kbit/s erzielen. Datenraten aber deutlich geringer als in LANs bzw. WLAN.

### Lokale Infrarot-Netze (IR, Infrared)

*Nahbereichskommunikation* (Raumnetz, WPAN), weniger als LAN.

- WPAN: wegen geringer Reichweite als Wireless Personal Area Network bezeichnet.  
Infrarot: IrDA / Funkgestützt: Bluetooth, UWB, W-USB, ...
- Identifikationstechniken (RFID, NFC), M2M (Machine-to-Machine) und Sensornetze.

*Infrarot (IR, Infrared):*

Standardisierung: IrDA. Vorteile: ohne regulatorische Bestimmungen bzw. Betriebslizenz.

*Klassische IR-Systeme:* Strahlen diffus in alle Richtungen ~> Reichweite auf wenige Meter begrenzt. Signale leicht unterbrechbar, können keine Wände durchdringen. Im Freien nicht einsetzbar, da Sonnenlicht die Signale stört. DÜ: 115 kbit/s (SIR). IR-Systeme mit LED's erlauben Datenraten bis zu einigen Mbit/s. Einsatz z.B. in Büros, um drahtlos vom portablen Rechner aus Drucker und andere Geräte anzusteuern. Auch für Inhouse-Positionierungen (z.B. System Cricket). Wegen geringer Reichweite auch als WPAN (Wireless Personal Area Network) bezeichnet. *Laserbasierte IR-Systeme:* für Pkt-zu-Pkt-Verbindungen genutzt. Einsatz z.B. für drahtlose Kopplung zweier LAN's in verschiedenen Gebäuden. Datenraten bis zu 4 Mbit/s (FIR) bzw. 16 Mbit/s (VFIR) ... 1 Gbit/s (Giga-IR) möglich.

### Bluetooth

Offene Spezifikation zur Übertragung von Daten und Sprache über Ad-hoc-Funkverbindungen: Ericsson Mobile Communications (EMC), Sitz in Lund/Schweden.

Automatische Verbindung, ohne Konfigurationsdetails für Anwender. i.d.R. Verbindung zwischen 2 Geräten, als Netz wechselseitig bis zu 8 Geräte (Piconet).

Versionen: 1.0 (1999, 1 Mbit/s), 2.0 (ab 2004, Erweiterung auf 4, 8 bzw. 12 Mbit/s), 4.0 (2009, abwärtskompatibel). Verwendung des unlizensierten 2,4-GHz-Bandes. Einsatz von Frequency-Hopping (Spread-Technik) zur Vermeidung von Interferenzen.

Unterstützte Sprach- und Datenkanäle (hierbei Version 1.0):

- 1 asynchroner Datenkanal und 4 gleichzeitige synchrone Voice-Kanäle *oder*
- 1 Kanal, der gleichzeitig synchrone Voice- und asynchrone Datenströme realisiert.

Jeder synchrone Voice-Kanal: 64 kbit/s.

Asynchroner Kanal: asymmetrische DÜ 721 / 57,6 kbit/s, symmetrisch je 432,6 kbit/s.

## 2.5.5 Gegenwärtige und zukünftige Mobilfunknetze

### Existierende Mobilfunknetze

- Mobiltelefonie (AMPS, GSM, UMTS), Datenpaketfunk (Modacom, GPRS, HSDPA, LTE).
- Bündelfunknetze (Chekker, TETRA), Funkrufsysteme (Pager, ERMES).

Übertragung in größeren geographischen Regionen, z.B. Funkversorgung in Ballungsgebieten, schwach infrastrukturierten Gebieten (Entwicklungsländer), entlang der wichtigsten Verkehrswege.

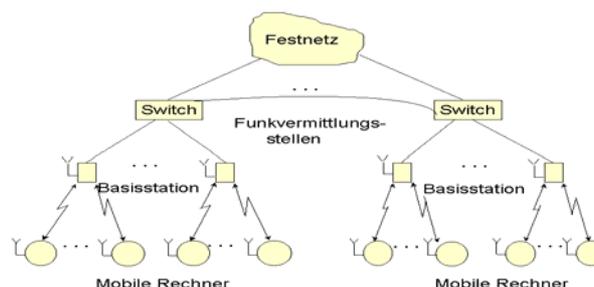


Abbildung 2.8: Hierarchische Architektur eines zellulären Netzwerkes

Verschiedene Systeme (ähnlich in Architektur): zellulare Netzwerke mit den Komponenten mobile Endgeräte, Basisstationen („Antennen“), Funkvermittlungsstellen (Switches).

Architektur: Zellularstruktur, Multiplextechnologien.

Basisstation: zuständig für Funkversorgung in den Zellen, über Mobilvermittlungsstelle (MSC) mit Festnetz bzw. anderen MFN verbunden (IWF: Interworking Function).

Mobile Endgeräte: Geschwindigkeit darf (je nach System) bis max. 250 km/h betragen.

Wesentliche Unterschiede in der Architektur:

- Verbindungsart: paketvermittelt (verbindungslos), leitungsvermittelt (verbindg.-orientiert)
- Datenraten der Systeme: 4...10 kbit/s<sub>GSM</sub> ...43.6 kbit/s<sub>HSCSD</sub>...115 kbit/s<sub>GPRS</sub>...384 kbit/s<sub>UMTS</sub> ...7.2 Mbit/s<sub>HSDPA</sub> ...100 Mbit/s<sub>LTE</sub> ...

Markante Merkmale

- flächendeckend (terrestrisch), Millionen-Teilnehmersysteme (~ 4 Mrd. Anschlüsse 2012)
- zellulär (Aufteilung des Versorgungsbereiches in Cluster),
- Mobilitätsverwaltung für Mobilgeräte und Teilnehmer: Handover und Roaming, Location Update, Geräteverwaltung, Teilnehmerauthentifizierung
- Anschluss an andere Netze (Mobilfunk, Telefon, Paketüb./Internet): Interworking Function
- Realisierung durch leistungsfähige Vermittlungseinrichtung: Mobile Service Center (MSC)

Hauptvertreter von Mobilfunknetzen (MFN)

GSM, DCS, GPRS | EDGE | UMTS, HSDPA | LTE, LTE Advanced.

### Zelluläre Mobilfunksysteme (MFN)

Analoge und digitale zelluläre Mobilfunknetze

analog: C-Netz (DE), AMPS (USA): mobile Telefonsysteme, MFN 1G

digital: GSM (Europa, D-/E-Netze DE), USCD, IS-95 (USA), PDC (Japan): MFN 2G

EDGE, UMTS, CDMA2000: MFN 3G; LTE, LTE Advanced: MFN 4G

Neben Sprachkommunikation erlauben diese Systeme auch Datenübertragung

- analoge Systeme (C-Netz, AMPS): Nutzung Sprachkanäle und spezielle Modems,
- digitale Systeme (GSM, UMTS): spezielle Datendienste (leitungsvermittelt) definiert bzw. Ergänzung durch Paketfunkdienste (paketvermittelt, z.B. GPRS, HSDPA).

Dienste eines Mobilfunknetzes:

- Telefondienst (6 Mrd. Handys 2012, weltweit, leitungsvermittelt): z.B. GSM: 9,6 kbit/s
- Kurznachrichtendienst SMS (z.B. DE<sub>2010</sub> 41,3 Mrd SMS p.a./117 000 p.d., Signalisierkanal)
- einfache Datendienste (z.B. GSM: 14,4 kbit/s)

Für gehobene Datendienste (z.B. Internetzugang) ~> Paketfunknetze (z.B. GPRS).

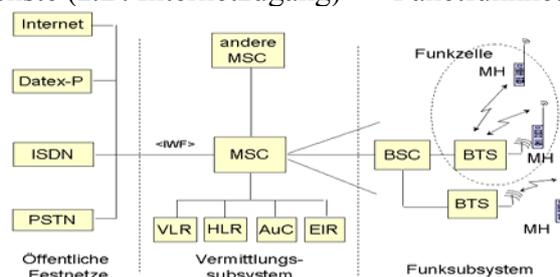


Abbildung 2.9: Architektur GSM-Netz (Beispiel)

Grundprinzip: Raummultiplexing:

- Aufteilung des Funkbereiches in Regionen (Zellen). Nutzung Dämpfungseigenschaft.
- Wiederverwendung der Funkfrequenzen in entfernten Zellen (keine Beeinflussung).

Einsatz weiterer Multiplexverfahren: Frequenz-, Zeit-, bzw. Code-Multiplexing u. kombiniert.

MSC: Mobile Switching Center (leistungsfähige Vermittlungsstation)

Mobilitätsverwaltung (MSC-Datenbanken, Teilnehmer- und Geräteverwaltung): HLR, VLR, AuC, EIR. IWF (Interworking): Verbindung zu anderen Netzen (MFN, Telefon, Internet).

*Aufbau eines Zellularfunknetzes (Beispiel MFN 2G: GSM)*

Aufteilung in Zellen ~> Wiederverwendbarkeit der Frequenzen in entfernten Funkzellen (Raummultiplex) ~> Zentrale Verwaltung der Versorgungsbereiche/Areas (MSC).

Wichtige Leistungen im Mobilfunknetz:

- Roaming: Location Update, automatisches Erkennen aktueller Funkzelle, „Wandern“ TN.
- Handover: automatisches Wechseln Funkzelle (Messung Funkintensität Antenne – Handy).
- Interworking-Funktionen: IWF zu MFN u. anderen Netzen
- Mobiltätsverwaltung (MSC): DBn HLR, VLR, AuC, EIR (Teilnehmer, Sicherheit, Geräte).

**Neuere und zukünftige Mobilfunksysteme**

Dilemma der Mobilkommunikation der 2. Generation: **GSM, DECT, DCS-1800, ...**

- Vielzahl unterschiedlicher Dienste auf Basis der jeweiligen Technologie und Endgeräte. Mehrere koexistente Systeme, aber keine gemeinsame Nutzung, ggf. Interworking (IWF). Keine Echtzeitdienste.
- Zwischenschritt: PCN (Personal Communication Networks): Entwicklung in USA (ab 1991/92): MFN 2G mit umfassenden Diensten (z.B. unabhängige mobile Endgeräte), UK. Zwei Entwicklungslinien zur universellen Mobilkommunikation (Einsatz ab 2005 bzw. 2010):
  1. MFN 3G (UMTS / IMT-2000): verschiedene Entwürfe bereits in den 90ern.
    - \* Universal Mobile Telecommunications System [Chia, ETSI, 1992].
    - \* International Mobile Telecommunications at 2000 MHz (vormals FPLMTS)
  2. MBS (Mobile Broadband System): Breitbandübertragung, Echtzeit (Videostreaming):
    - \* W-ATM (wireless ATM -> nG-IP) [ETSI, ATM-Forum, 1996], Wimax [IEEE, 2000]
    - \* UTMS-Nachfolge: Long Term Evolution (LTE) [-> MFN 4G, ab 2010].

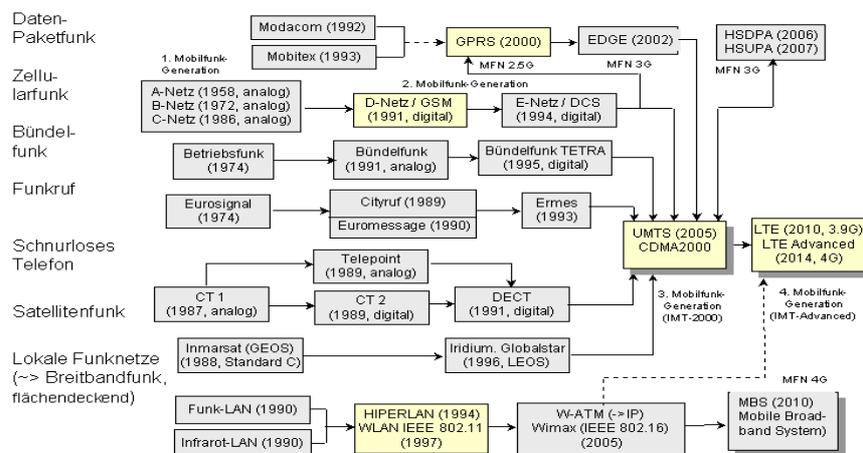


Abbildung 2.10: Evolution der Mobilfunksysteme

**3. Generation Mobilkommunikation: UMTS / IMT-2000 (ehemals FPLMTS)**

Standardisierung durch ETSI bzw. ITU. Einheitliches, diensteintegrierendes System für mobile und personelle Kommunikation. Konzept IMT-2000 (Integration der einzelnen Systeme).

Viele Projektvorschläge. Im Ergebnis 2 Projektlinien und Betreibergruppen:

- 3GPP (3rd Generation Partnership Project) ~> UMTS (ETSI: Europa, weitere Länder)
- 3GPP2 ~> CDMA2000 (ITU: Nordamerika, Japan, ...)

Bereitstellung UMTS ab 2005 geplant (in DE: Funklizenz: 2000, Testbeds: 2003, Betrieb ab 2004). Dienste: leitungsvermittelt (für Telefonie) und paketvermittelt (für Datenübertragung). Nutzung GPRS, später auch HSDPA.

UMTS und IMT-2000 sehen Vielzahl von Diensten mit Datenraten von bis zu 2 Mbit/s vor (Regelleistung 384 kbit/s). Bei Verwendung von HSDPA (*High Speed Downlink Packet Ac-*

cess): 1,8 Mbit/s (2006), später bis 7,2 Mbit/s. Gute Integration in existierende Netzwerke, insbes. Internet und B-ISDN (SDH, WDM und ATM).

UMTS in Konkurrenz mit weiterentwickelten GSM-Technologien auf Basis des Datenpaket-funkdienstes GPRS (General Packet Radio Service, 60 - 115 kbit/s) und des Dienstes für hochratige *kanalvermittelte Datenübertragung* HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*), z.B. EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution, 345,6 kbit/s). EDGE als ein Standard in IMT-2000 anerkannt. Anbieter in Nordamerika und T-Mobile (220 kbit/s, „Turbo-EDGE“).

### **Mobilfunknetze der nächsten Generationen (4G and beyond)**

Gekennzeichnet durch:

- Breitbandige Übertragung, Echtzeitkommunikation (Dienstgüte), flächendeckende Struktur,
- Kleinstzellenstruktur (Multimillionen-Teilnehmersysteme),
- Nutzung von IP-Techniken und Web-basierter Anwendungen,
- Integration von lokalen und Nahbereichs-Funktechniken,
- Lokalisierungstechniken (Satellit bzw. MFN), Sprache und hochauflösende Videos,
- Local Based Services (LBS): DÜ, Dienste, Lokalisierung,
- UPT (Universal Personal Telecommunications): weltweiter universeller Dienst.

Ziel: Breitbandige MFN, Übertragung hochauflösender Videoströme, UPT, flächendeckend, ab 2010, gleitende Einführung (z.Zt. Forschung, Testnetze, verschiedene Strategien).

**LTE (Long Term Evolution):** UMTS-Nachfolgetechnik

Mit UMTS sind Leistungen oberhalb 7,2 Mbit/s kompliziert (HSDPA+: 28 Mbit/s, O2). LTE mit 15...150 facher UMTS-Übertragungsleistung [s. GSMA-Messe MWC Barcelona].

- LTE (Release 8, MFN 3.9G): Leistung bis 300 Mbit/s (Downlink) und 75 Mbit/s (uplink). Nutzung UMTS-Infrastruktur. Netze ab 2010 (Datenraten in DE 100 Mbit/s 2010/11).
- LTE Advanced (Release 10, MFN 4G, Okt. 2011): Leistung 1 Gbit/s 2014 (downlink), 500 Mbit/s (uplink). Netze ab 2013. Nutzung für Videostreaming (Übertragung hochauflösender Videos aufs Handy), Spieleanwendungen und Lokalisierungstechniken.

Forschungsaufgaben zur spektralen Effizienz, Latenz (Verzögerung) und Fairness gegenüber anderen MFN-Teilnehmern. Einsatz von Mehrantennensystemen mit abgestimmten Steuerungs- und Kanaluweisungsalgorithmen mit zellübergreifenden Kooperationstechniken.

*Einsatz LTE in Deutschland*

Mobilfunknetz der 4. Generation (MFN 3.9G), Nachfolge UMTS; download 100 Mbit/s. Staatliche Vorgabe bei Frequenzvergabe (2010): Versorgung der ländlichen Gebiete mit schnellem Internet-Anschluss.

Ab 2011 auch in deutschen Großstädten: Deutsche Telekom und Vodafone: LTE-Netze in Köln (u.a. am Rheinauhafen) und Berlin (u.a. Potsdamer Platz). In 2011 in weiteren 100 Städten geplant (lt. René Obermann, Telekom), aber reell < 100 Mbit/s (z.T. 3 bzw. 10 Mbit/s) Vodafone: ca. 2 Mio. Haushalte 2011 versorgt. Telekom: starker Netzausbau 2012, flächendeckender schneller Internet-Zugang. O2 (Telefónica): Juli 2011 erste LTE-Angebote.

Aber: Wenige LTE-fähige Geräte 2012, wie Smartphones Optimus Vu/LG, Xperia Ion/Sony und Full-HD-Tablet/Asus. USB-Stick für Laptop (Telekom). Tarif: 89,95 € p.m. bei voller Bandbreite ab Herbst 2011

Leipzig wird erste LTE-Stadt in Sachsen (SZ vom 25.04.2012). Telekom wird 2012 über 100 weitere deutsche Städte an LTE anbinden. In Sachsen neben Leipzig die Städte Dresden, Chemnitz, Plauen und Zwickau. In Thüringen vor allem Erfurt, Jena, Ilmenau, Gera, ...

Empfang am Laptop funktioniert über einen LTE Speedstick.

Frequenzen DE bei 800 MHz (Digitale Dividende) und 2,6 GHz, Telekom auch 1800 MHz.

*Erweiterung LTE-Advanced*

Bisheriges LTE (3GPP) erfüllt nicht die 4G-Norm der ITU-T. Nachfolge-Standard:

LTE-Advanced (vorgestellt auf MWC 2011 Barcelona, Standard seit Okt. 2011).

Realisierung durch Nokia Siemens Networks (NSN), voraussichtlich in DE in 2012/13.

### 3 Mobile Verteilte Systeme (Nomadic Computing)

#### 3.1 Mobilität und Ressourcen

##### 3.1.1 Integration von Mobilität und Ressourcen

###### Mobile verteilte Systeme

###### Mobile Computing

- Technologie des Zugriffs zu digitalen Ressourcen “zu jeder Zeit, von jedem Ort”.  
Elimination der Zeit- und Orts-Restriktion: Ubiquitous Computing.
- Methodik: Portable Computer, drahtlose Kommunikation, neue personelle Anwendungen.  
Ergänzung durch Lokalisierungstechnologien (Benutzer, Anwendung).

###### Mobile Distributed Computing

- **Verteiltes System:** Anwendung auf vernetzte Rechner verteilt, kooperative Arbeit.
- **Mobiles verteiltes System (Mobile Distributed Computing):**
  - \* Integration Mobile Computing (connected/disconnected mode) in verteiltes System,
  - \* Ankopplung einer oder mehrerer mobiler Stationen über Kabel (wired, z.B. Modem, Telefonnetz) oder kabellose (wireless, mittels Funknetz oder Satellit).  
Schwerpunkt: Internet (IP-Netze).
  - \* Verwaltung der verteilten Ressourcen, Verteilungsplattformen + Funktechnologien.
  - \* Ortsveränderliche (“nomadisierende”) Teilnehmer: Nomadic Computing.

###### Beispiel einer mobilen Anwendungslösung:

###### MEMOS (Mobile Extensible Memory Operational System), BMBF-Projekt MOBREGIO

- Client/Server, Middleware: EJB, Corba, Web Services
- Anschluss PMA: Personal Memory Assistant (GSM, GPRS)

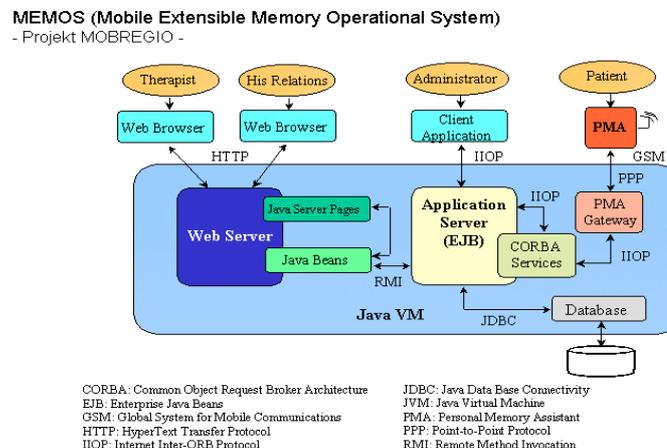


Abbildung 3.1: Systemarchitektur MEMOS

###### Administrierung mobiler Stationen in verteilten Systemen

###### Realisierungsformen:

- Lokations-Management oder Konfigurations- und Ressourcen-Management (~> mobile IP)
- Domain-Konzept (Stations- und Domain-Manager), z.B. DaimlerChryslerAG.
- Instanziierung des Anschlusses mobiler Teilnehmer in Infrastrukturnetzen: Mediator, Mobile Agent und Management (Lokalisierung, Fehler-Management).  
Client / Server / Trader in Infrastrukturnetzen, Peer-to-Peer in Ad-hoc-Netzen.
- Dezentrales Routing in Ad-hoc-Netzen.
- DHCP: Anwendung zur dynamischen Adressvergabe. Mobile IP: Erweiterung IP von Fest- auf Mobilnetz.

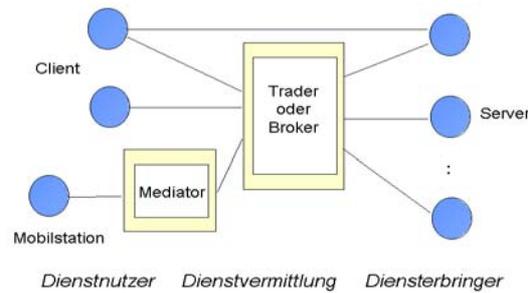


Abbildung 3.2: Administrierung mobiler Stationen in verteilten Systemen

### 3.1.2 Ressourcenverwaltung

#### Location Management

Migration des Mobilteilnehmers im Subnetz bzw. in andere Subnetze bewirken dynamische Orts- und Zustandsänderung im Mobilnetz sowie dynamische Änderung des Zugangspunkts zum Festnetz und Aufenthaltsort. Aufgaben und Methoden des Location Managements: Lokalisieren, Verfolgen, Adressieren des mobilen Teilnehmers.

2 Basismethoden (ggf. kombiniert):

1. Zentralisierte Ortsinformation (Location Server): Verwendung einer Datenbank
  - Mobiler Teilnehmer informiert Datenbank über seine Positionsänderung (Zellenwechsel) und neuen Aufenthaltsort; Datenbank kann verteilt sein. Typisch: MFN.
  - Mehrere Zellen können Location Area bilden. Beispiel GSM: Home Location Register wird über jeden Wechsel in neue Location Area informiert (Location Update, Handover) und enthält somit aktuellen Aufenthaltsort des mobilen TN.
  - Zur TN-Adressierung kann man Aufenthaltsort des TN erhalten (Roaming).

~> Hoher Signalisierungsaufwand im Netz.
2. Verteilung der Ortsinformation über Netzwerk (typisch Internet)
  - Nutzung des Adressierungs- und Routingschemas aus Internet: jeder Rechner durch IP-Adresse eindeutig bestimmt.
  - Mittels IP-Adresse werden die Daten durch Router so lange weitergeleitet, bis sie am Zielrechner angekommen sind.
  - Ortsinformationen sind indirekt in IP-Adresse und Routingtabellen enthalten (keine DB-Abfrage zur Aufenthaltsermittlung des mobilen TN, Ortsinformationen sind über gesamtes Netz verteilt, „Suche“ nach mobilen TN nur in Funkzelle).
  - Problem: neue IP-Adresse bei Änderung des Subnetzes -> Erweiterung der Festnetzlösung zur Verwaltung der drahtlos angebotenen mobilen Teilnehmer durch das *mobile Internet-Protokoll (Mobile IP)*.
  - Gute Lösung bei vorwiegend lokal eingeschränkten Ortsveränderungen.

#### Configuration and Resource Management

Ziel: Transparenz für feste und mobile Stationen bzgl. der Teilnehmer und Anwendungen.

Unterstützung durch folgende Maßnahmen im Internet:

##### 1. Mobile Internet Protocol (Mobile IP)

- Erweiterung des Festnetz-IP (Netzwerk-Schicht, Layer 3) durch mobile IP: mobiler Teilnehmer behält seine IP-Adresse auch bei Wechsel des Subnetzes bei (Transparenz zu höheren Schichten und zu stationärer / mobiler Rechner).
- Aber: Klassische IP-Adresse für Zieladressierung (Subnetz) und Routing (Host) im Festnetz. IP-Adresse dient für den Festnetz-Rechner zur Lokalisierung/Adressierung (location identifier) und zur Charakterisierung/Name (endpoint identifier).  
Keine Probleme bei gleichzeitiger Verwendung der IP-Adresse als Adresse und Name.

- Dagegen Mobilstation: IP-Adresse nicht mehr gleichzeitig als Adresse und Name für den Rechner verwendbar, da sich Aufenthaltsort (Subnetz) verändert.
- Lösungsvarianten für Mobilstation:
  1. Lösungsmöglichkeit: Mobiler Rechner erhält je Subnetz eine neue freie IP-Adresse dynamisch zugewiesen, z.B. Einsatz DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) oder dynamisches DNS. Problematisch, wenn mit IP-Adresse ein Dienst (Name) angeboten wird. Dieser dann nicht mehr zugreifbar bzw. neuer Name müsste verfügbar werden.
  2. Lösungsmöglichkeit: Mobiler Rechner behält IP-Adresse, unabhängig vom Subnetz, in dem er sich befindet. Zusätzlich zweite Adresse für Adressierung im Netz (CoA: Care-of-Adresse). „Interne“ IP-Adressen im mobile IP verwaltet (Home/Care-of-Adresse). Vielzahl von Realisierungsvorschlägen (z.B. IETF). Basis: Columbia-Proposal.

## 2. Ressourcen - Management

- Gleiche Arbeitsumgebung für den mobilen Teilnehmer, unabh. vom aktuellen Aufenthaltsort.
- Mitbewegen der Dienste (Service-Mobilität), z.B. ortsunabhängige DB-Zugriffszeiten, Emails. Erreicht dadurch, dass Prozesse, Daten oder Arbeitsumgebung dem TN folgen.
- Dynamische Replizierung wichtiger Informationen (Synchronisation, Datenkonsistenz).  
~> ermöglicht Nutzung lokal vorhandener Ressourcen durch mobilen TN (z.B. Drucker).

### Mobile IP (Lösungsansatz nach sog. Columbia Proposal)

Mobiler Rechner behält seine IP-Adresse, unabhängig vom Subnetz, in dem er sich befindet. Zusätzliche Care-of-Adresse, die vom Home Agent (Proxy des MH) zu verwalten ist.

Lösung: Vertreter des mobilen Rechners im Heimnetz: Heimagent ~> verwaltet Aufenthalt im Fremdnetz (Fremdagent) über Care-of-Adresse; Air Interface zw. Fremdagent und MH.

Arbeitsschritte: Agent Discovery, Registrierung, Tunneling.

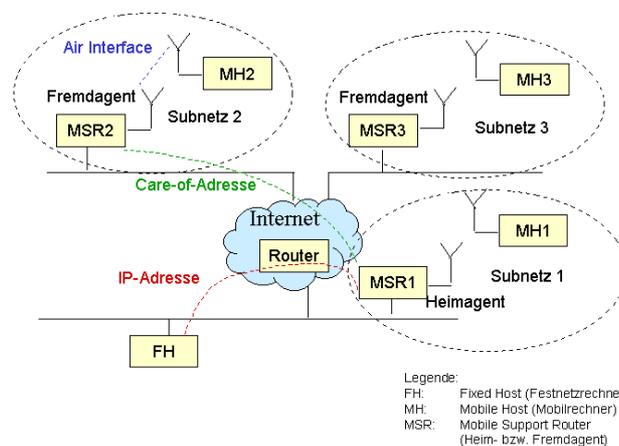


Abbildung 3.3: Netzinfrastruktur für mobile IP

Günstiges Verfahren für Bewegungen in engerer Umgebung, weniger ideal für große Versorgungsbereiche (--> Kombination mit Cellular IP).

Mobile IP für viele Anwendungen mit mobilen Rechnern geeignet, u.a. Email, DB-Zugriff. Andere Anwendungen benötigen noch zusätzliche Maßnahmen in den höheren Schichten (z.B. Transportschicht: Indirect TCP) und in der Infrastruktur.

Reduktion der Signalisierungsvorgänge zwischen Heim- und Fremdagent bei Wechsel der Funkzelle durch Kombination mobile IP / cellular IP.

## 3.2 Mobilität im Internet

### 3.2.1 Internet-Protokolle für den mobilen Einsatz

Die Internet-Protokollsuite (TCP/IP) ist eine weit verbreitete Plattform, ursprünglich nicht für den mobilen Einsatz entwickelt. Die Paketvermittlung basiert auf stationären Rechnern: keine Migration zwischen Subnetzen bzw. keine Änderung von Netzwerkadressen. Dies ermöglicht eine effiziente Übertragung. TCP geht davon aus, dass Pakete beim Transport kaum verloren gehen. Diese Annahmen gelten nicht für den mobilen Bereich.

Lösungen für den mobilen Einsatz existieren im Bereich der

- Vermittlungsschicht: DHCP, Mobile IP, Cellular IP, Snoop-Protokoll, Mobile RPC.
- Transportschicht:
  - TCP*: Split-Connection-Verfahren ~> I-TCP (Indirect TCP), Mobile-TCP.  
Fast Retransmission, Selektive Quittungen ~> SACK's, ELN.  
ohne TCP: Remote-Socket-Architektur (LHP: Last Hop Protocol).
  - UDP*: ist nicht geeignet (keine Quittung, keine Überlaststeuerung).
- Anwendungsschicht: Dynamisches DNS, Wireless Application Protocol (WAP), i-mode.

### 3.2.2 Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

#### Adressierung mit DHCP

IP-Adressierung ist für mobile Rechner mit häufigem Netzwechsel problematisch, denn Routing setzt voraus, dass unterschiedliche Subnetze verschiedene Adresspräfixe haben. Der Rechner darf bei einem Wechsel in anderes Subnetz seine alte Adresse nicht beibehalten.

Dazu zwei Lösungen:

1. Mobiler Rechner erhält bei Änderung des lokalen Netzes eine neue IP-Adresse. Lösung durch DHCP: automatische Bereitstellung einer freien IP-Adresse. Anwendung im mobile IP (verwaltet die verschiedenen IP-Adressen).
2. Anpassung der Vermittlungsschicht des Internet für mobile Rechner (erfordert Router-Änderung)

*Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP, RFC 2131, RFC 2132): ursprünglich für kabelgebundene Netze zur Erleichterung der Adressvergabe in Subnetzen. Problem: keine freien IP-Adressen mehr für neue Rechner verfügbar. Alte Rechner stellen zwar ihre IP-Adresse bereit, aber es existiert keine Buchführung darüber. DHCP sichert: Einbindung in Netz, freie IP-Adresse, automatische Konfigurierung.

#### Eigenschaften von DHCP

Der Rechner erhält automatisch bei Einbindung in ein Netzwerk eine *freie IP-Adresse*. Weiterhin wird der Rechner mit zusätzlichen Informationen über das Netzwerk versorgt, u.a.

- Subnetzmaske, um Adressbereich des Subnetzes zu ermitteln,
- Adresse des DNS und des Routers,
- Satz optionaler Informationen, z.B. Bekanntgabe Web-Server bzw. Mail-Server.

Die Übertragung der Informationen sowie Parametereinstellung erfolgt vollkommen ohne manuelle Konfiguration durch den Benutzer. Damit ist DHCP geeignet für mobile Computer:

Falls ein mobiler Computer DHCP installiert hat, muss er lediglich in Reichweite eines lokalen Netzwerkes kommen, das die Konfiguration von DHCP unterstützt. Konfiguration erfolgt dann automatisch. Mobiler Computer kann danach alle Internetdienste des Netzwerkes nutzen, analog wie ein stationärer Rechner.

#### Adressvergabe in DHCP

Ursprung von DHCP bildet das ältere Protokoll BOOTP (RFC 951), entwickelt für die Einbindung festplattenloser Computer in ein Netz, ohne manuelle Konfiguration. Beim Start suchen die Computer einen Server im Netz, der notwendige Daten für das Hochlaufen zur Ver-

fügung stellt. DHCP ist mit BOOTP kompatibel, aber mehr auf netzspezifische Parameter ausgerichtet. Es gibt drei Arten der Adressvergabe in DHCP:

- manuell: Systemadministrator vergibt über DHCP-Anfrage eine freie IP-Adresse,
- automatisch: eine freie IP-Adresse wird für unbegrenzte Zeit automatisch vergeben,
- dynamisch: eine freie IP-Adresse wird automatisch für eine bestimmte Zeit vergeben. Nach Ablauf der Zeit muss Anfrage erneut gestellt oder IP-Adresse kann anderweitig vergeben werden.

Dynamische Adressvergabe ist gut für mobile Rechner geeignet. Falls ein mobiler Rechner aus dem Netz entfernt wird, wird er oft nicht abgemeldet. Zeitgesteuerte Vergabe von IP-Adressen somit sinnvoll (sog. "Lease": Adressvergabe für eine bestimmte Zeit).

### Dynamische Adressvergabe im DHCP

*DHCP-Client*: soll in Netzwerk eingebunden werden und Netzwerkkonfiguration erhalten.

*DHCP-Server*: verfügt über notwendige Netzwerkparameter für Client und führt Buch über vergebene IP-Adressen (Scope oder Range: Bereich verfügbarer IP-Adressen).

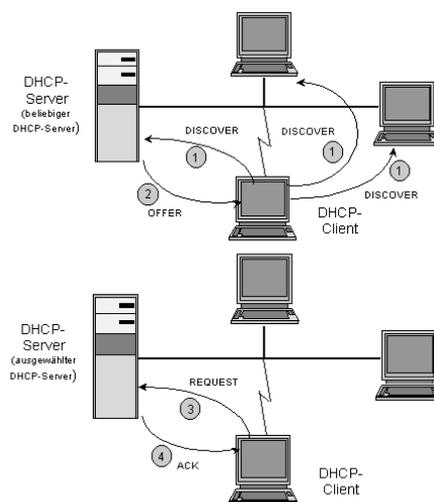


Abbildung 3.4: Ablauf Adressvergabe mit DHCP

Zuerst wird der DHCP-Client ins Netzwerk eingebunden. Da er noch nicht über die notwendigen Netzwerkparameter verfügt, sind seine Kommunikationsfähigkeiten vorerst sehr eingeschränkt. Client verteilt im Subnetz per Broadcast eine Suchmeldung (DHCP\_DISCOVER, ①). Erhält ein Server eine Suchmeldung, sendet er an den Client eine Antwort (DHCP\_OFFER, ②). Teil der Antwort ist eine mögliche Netzwerkkonfiguration. Nimmt Client die Netzwerkkonfiguration an, sendet er an Server (dessen IP-Adresse jetzt bekannt ist) eine Anfrage (DHCP\_REQUEST, ③). Hiermit willigt der Client explizit ein, die Netzwerkkonfiguration zu benutzen. Ist der ausgewählte Server einverstanden, bestätigt er die Anfrage positiv (DHCP\_ACK, ④).

### 3.2.3 Mobile Internet Protocol (mobile IP)

#### Architektur mobile IP

DHCP erlaubt die Einbindung mobiler Rechner in ein Netzwerk ohne manuelle Konfiguration. Voraussetzung ist die Verfügbarkeit eines DHCP-Servers. Ein mobiler Rechner kann somit die Dienste des lokalen Netzwerkes nutzen, z.B. Drucken. Aber Problem, falls ein mobiler Rechner eigene Dienste anbietet. Die IP-Adresse ändert sich in jedem Netzwerk, in das der mobile Rechner eingebunden wird. D.h., der Dienstanutzer kann den mobilen Rechner nicht adressieren, falls dieser in anderes Netz wechselt.

Eine Lösungsmöglichkeit wäre dynamisches DNS, falls installiert (dynamische Zuordnung zwischen URI und URL). Eine andere Lösung bietet mobile IP (mobile Internet Protocol). Standard: RFC 2002, RFC 2977. Mobile IP weist einem mobilen Rechner eine IP-Adresse als Care-of-Adresse zu (z.B. mittels DHCP). Mobile IP verwaltet die Zuordnung zwischen IP- und Care-of-Adresse. Damit vom Festnetz ständig unter der gleichen Adresse erreichbar. Architekturprinzip: Columbia-Proposal. Verschiedene Vorschläge für mobile IP-Protokolle. Arbeitsweise in 3 Teilschritte aufgeteilt: Agent Discovery, Registrierung und Tunneling.

### Begriffe in mobile IP (Rechnertypen und Netzwerke)

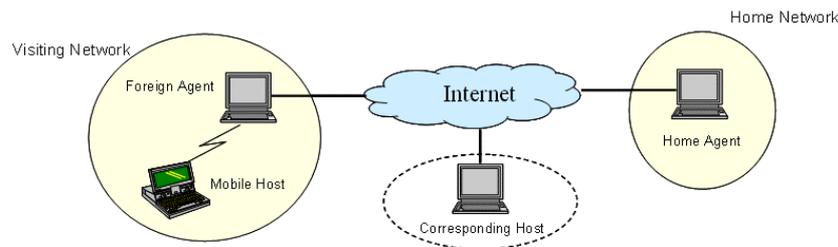


Abbildung 3.5: Begriffe in mobile IP (Rechnertypen und Netzwerke)

- *Mobiler Rechner* (engl.: Mobile Host, MH): Rechner, der sich zwischen verschiedenen Subnetzen bewegt; eindeutig durch eine IP-Adresse identifiziert.
- *Kommunikationspartner* (engl.: Corresponding Host): Rechner, der Kontakt zum Mobile Host aufnehmen will (i.allg. über Internet).
- *Heimagent* (engl.: Home Agent): Stellvertreter des mobilen Rechners, solange sich dieser nicht im ursprünglichen Subnetz aufhält. Heimagent ist ständig über den aktuellen Aufenthaltsort des mobilen Rechners informiert.
- *Heimnetz* (engl.: Home Network): Netzwerk des Heimagenten des mobilen Rechners.
- *Fremdagent* (engl. Foreign Agent): befindet sich im Subnetz, in das sich der mobile Rechner bewegt. Fremdagent leitet eingehende Pakete an mobilen Rechner weiter.
- *Fremdnetz* (engl. Visiting Network): Netz, in dem sich Fremdagent befindet.

### Adressen in mobile IP

Mobile IP verwaltet zwei Adressen je Rechner: Unter der *Heimadresse* (Home Address) ist mobiler Rechner immer erreichbar. Sie hat den gleichen Adresspräfix (Netzadresse, Subnetzadresse) wie der Heimagent. Die Care-of-Adresse („wohnhaft bei“) ist die IP-Adresse des mobilen Rechners im fremden Netz. Es existieren zwei Arten von Care-of-Adressen:

*Foreign-Agent-Care-of-Adresse* (entfällt bei IPv6): Hierbei übernimmt der Fremdagent die Weiterleitung ankommender Pakete an mobilen Rechner. Mehrere mobile Rechner können dieselbe Foreign-Agent-Care-of-Adresse benutzen.

*Collocated-Care-of-Adresse* („zusammengestellt“): Diese Adresse wird dem mobilen Rechner im Fremdnetz zugewiesen und an Heimagenten übermittelt. Hierbei leiten Fremdagenten ankommende Pakete nicht an mobilen Rechner weiter. Collocated-Care-of-Adressen müssen für jeden mobilen Rechner im Fremdnetz unterschiedlich sein.

### Arbeitsweise mobile IP (Teilschritte)

#### *Agent Discovery*

Falls mobiler Rechner (MH) in ein Netz eingebunden wird, muss er wissen, ob er sich im Heim- oder Fremdnetz befindet, welcher Rechner im Subnetz der Heim- bzw. Fremdagent ist. Diese Informationen werden durch das Agent Discovery („Entdeckung“) ermittelt. 2 Arten:

- *Agent Advertisement* („Ankündigung“): Die Agenten (Heim- oder Fremdagent) senden periodisch Broadcast-Nachrichten an alle Rechner. Jeder Rechner, der diese Nachrichten abhört, kann so die Agenten im Subnetz identifizieren.
- *Agent Solicitations* („Angebotseinholung“): Der Mobile Rechner beauftragt alle Rechner des Subnetzes, ein Agent Advertisement durchzuführen. Diese Methode wird dann angewandt, wenn der Zeitraum zwischen den Broadcast-Nachrichten zu lang ist ~> Verkürzung der Wartezeiten.

Mit Advertisement-Nachrichten kann ein mobiler Rechner auch feststellen, ob Standort seit dem letzten Advertisement verändert wurde. Wurde kein Advertisement empfangen, wird das Heimnetz angenommen. Falls er nicht im Heimnetz ist, versucht der MH, einen DHCP-Server zu erreichen und eine IP-Adresse des Subnetzes zu erhalten; diese wird als Collocated-Care-of-Adresse verwendet.

### Registrierung

Nach dem Agent Discovery wird der Heimagent über aktuellen Standort informiert. Dazu sendet der mobile Rechner dem Heimagenten die aktuelle Care-of-Adresse zu. Der Heimagent verwaltet Einträge der Form  $\langle \text{Heimadresse} - \text{Care-of-Adresse} \rangle$ . Damit kann der Heimagent jeden mobilen Rechner erreichen, für den er zuständig ist.

Zur Registrierung sendet der mobile Rechner ein Registration Request an den Heimagenten. Dieser trägt die Care-of-Adresse in seine Liste ein und antwortet mit einem Registration Reply. Lösung des Sicherheitsproblems durch gemeinsame geheime Schlüssel von mobilem Rechner und Heimagent. Beim Registration Request hängt der mobile Rechner über diesen Schlüssel ein Message Digest an die Nachricht an. Damit kann der Heimagent erkennen, dass die Nachricht vom mobilen Rechner stammt (Authentifizierung). Kehrt der mobile Rechner in sein Heimnetzwerk zurück, deregistriert er sich beim Heimagent, da er nun alle Pakete selbst entgegennehmen kann. Der Heimagent löscht den Listeneintrag. Deregistrierung findet auch dann statt, wenn sich ein mobiler Rechner aus einem fremden Netz entfernt und für eine bestimmte Zeit unerreichbar ist. Automatische bzw. periodisch wiederholte Deregistrierungen sind erforderlich, da mobile Rechner auch ohne Deregistrierung abgeschaltet werden.

### Tunneling

Zielstellung bei der Konzeption mobile IP ist, existierende Routing-Protokolle ohne Änderung beizubehalten (IETF). Dabei können Pakete zum Ziel auch einen Umweg benutzen.

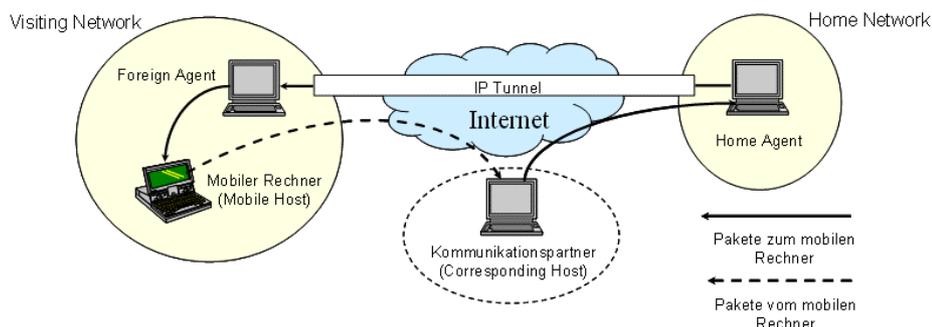


Abbildung 3.6: Tunneling bei mobile IP

Der Paketfluss zwischen einem stationären Rechner (Corresponding Host, CH) und einem mobilen Rechner (mobile Host, MH) erfolgt unter Nutzung von Tunneling-Strategien:

CH -> Internet -> Home Agent -> Foreign Agent (Tunneling) -> MH (Luftschnittstelle)

MH -> Foreign Agent -> Internet -> CH

Zum Ablauf:

- Kommunikationspartner sendet Paket an einen mobilen Rechner (MH), der sich im Fremdnetz befindet. Rechner kennt als Zieladresse nur die Heimadresse, d.h. Paket gelangt zuerst ins Heimnetz, dort wird es vom Heimagent entgegengenommen.

- Anhand Tabelle der registrierten MH ermittelt Heimagent die aktuelle Care-of-Adresse des MH. Das Paket wird dann zum Fremdagent, oder (im Falle einer Collocated-Care-of-Adresse) an MH selbst weitergeleitet.
- Damit Paket ohne Änderung versendet werden kann, wird es durch ein weiteres Paket gekapselt (Tunneling). Auf Empfängerseite wird ursprüngliches Paket wieder entpackt und Empfänger übergeben. Bei einer Foreign-Agent-Care-of-Adresse erfolgt Entpacken durch Fremdagent, bei einer Collocated-Care-of-Adresse vom MH selbst.
- Ein Paket, das vom MH an Kommunikationspartner geschickt wird, muss nicht über Heimagent geleitet werden. Hierbei interessiert nur Zieladresse. MH trägt als Ziel die IP-Adresse des Zielrechners und als Absender die Heimadresse (nicht Care-of-Adresse) ein. Damit kann Kommunikationspartner ein Paket eindeutig als Paket vom MH identifizieren.

### Zukünftige Entwicklungen

Mobile IP kann mit der aktuellen IP-Version (IPv4) benutzt werden, benötigt aber eine große Zahl zusätzlicher Rechner. Jedes Heimnetzwerk erfordert einen Heimagent, jedes Fremdnetz im Falle von Foreign-Agent-Care-of-Adressen einen Fremdagent. Im IPv6 wurden die Anforderungen von Mobile IP direkt eingearbeitet. Damit ergeben sich folgende Vereinfachungen:

- Nur noch Collocated-Care-of-Adressen verwendet; Fremdagent damit überflüssig.
- Funktion des Heimagenten direkt in Router des Heimnetzes integriert; damit entfällt Heimagent als eigenständiger Rechner.

Zusätzlich informieren mobile Rechner die involvierten Router, wenn sie sich im Netzwerk bewegen ~> Entfallen des aufwendigen Routens über den Heimagent. Eine weitere Entwicklung ist die zweistufige Netzarchitektur mit Cellular IP. Das schafft eine Einsparung der Registrierung beim Heimagenten bei Zellenwechsel.

### 3.2.4 Cellular IP

#### Zweistufige Netzwerkarchitektur

Der Nachteil von Mobile IP ist, dass jeder Zellenwechsel eine neue Registrierung beim Heimagent erfordert. In zellularen Netzen mit häufigem Zellenwechsel der MH ist Mobile IP weniger geeignet (z.B. für Ballungsgebiete, hot-spots, Mobilfunknetze). Abhilfe durch Cellular IP. Basis bildet eine zweistufige Netzwerkarchitektur:

- Globales Netzwerk (Mobile-IP-Netzwerk)
- Zugriffnetzwerk (Cellular-IP-Netzwerk).

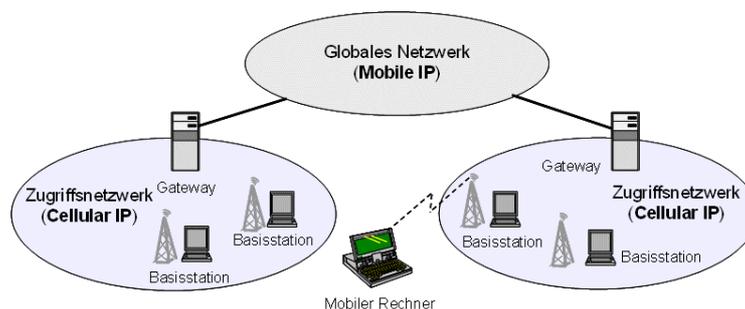


Abbildung 3.7: Zweistufige Netzwerkarchitektur mobile / cellular IP

Mobile-IP-Netzwerk: Vermittelt Pakete zum MH nur grob. Insbes. kennt Heimagent den genauen Aufenthaltsort des MH nicht, sondern nur das Netzwerk, in dem er sich befindet.

Cellular-IP-Netzwerk: Erst innerhalb eines *Zugriffnetzwerks* (Cellular IP) werden Pakete zum mobilen Rechner über Cellular IP vermittelt.

Die Architektur gut geeignet für große zellulare Netze, z.B. als Mobilfunknetze. In reinen Mobile-IP-Netzen ist Zeit für einen Zellenwechsel durch die Nachrichtenlaufzeiten zum Heimagent zu groß. Bei Cellular-IP-Netzen wird der Heimagent i.d.R. nicht vom Zellenwech-

sel informiert. Solange sich der MH innerhalb des Zugriffsnetzwerks bewegt, müssen nur die Routing-Tabellen des Zugriffsnetzwerkes angepasst werden. Erst wenn der MH in ein anderes Zugriffsnetz wandert, wird das Registrierungsverfahren von Mobile IP angewendet.

### Netzwerkmodell von Cellular IP

Die Menge der Basisstationen und Knoten bildet die Transportinfrastruktur des Zugriffsnetzwerkes (Cellular IP). Dieses ist mit dem Mobile-IP-Netzwerk über das Gateway verbunden. Jeder mobile Rechner benutzt die Netzwerkadresse des Gateways als Care-of-Adresse. Das Gateway beherbergt auch den Fremdagenten des mobilen Rechners.

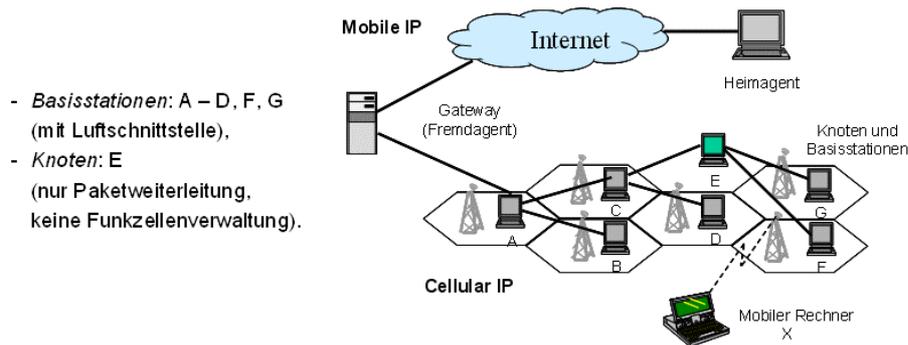


Abbildung 3.8: Zugriffsnetzwerk (Cellular IP)

### Routing in Cellular-IP-Netzen

Der Gateway-Rechner sendet periodisch eine Beacon-Nachricht ("Baken") im Zugriffsnetz aus. Diese Nachricht wird über sog. Fluten (engl.: Flooding) verteilt, wobei die Nachrichten an alle Nachbarn weitergeleitet werden. Jeder Rechner merkt sich im Routing Cache, von welchem Rechner er eine Beacon-Nachricht erhalten hat. Dadurch kennt jeder Rechner des Zugriffsnetzes den nächsten Nachbarn in Richtung Gateway.

Sendet umgekehrt ein mobiler Rechner Pakete zum Gateway, merkt sich jeder Rechner auf der Route die Adresse des Vorgängers. Ein Rechner kann so mit Hilfe des Routing Caches Pakete zum Gateway und zu den mobilen Rechnern weiterleiten. Einträge des Routing Caches werden nach bestimmter Zeit gelöscht (Route Timeout), insbes. die Routen zu den mobilen Rechnern. Verlässt ein mobiler Rechner den Bereich eines Zugriffsnetzwerkes oder einer Zelle, ist damit gesichert, dass alte Einträge nicht weiterhin die Routing Caches belasten.

Mobile Rechner, die für eine bestimmte Zeit keine Nutzdaten übertragen, können ihre Einträge erneuern. Hierzu senden sie ein Route Update zum Gateway. Alle Rechner auf der Route setzen dadurch die Timeouts des entsprechenden Cache-Eintrags zurück.

Routing Caches eines Beispielnetzwerks:

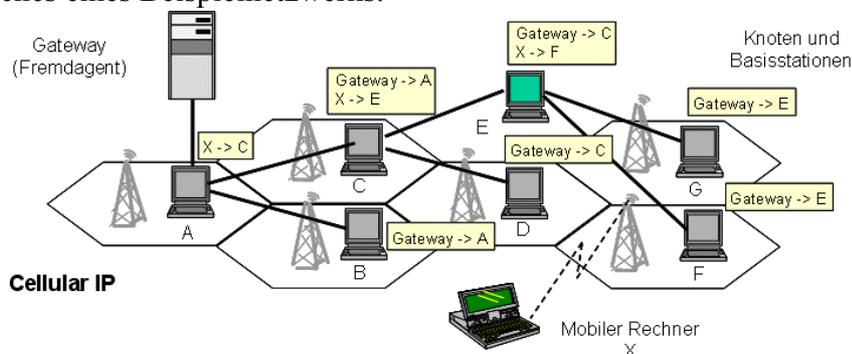


Abbildung 3.9: Routing in Cellular IP (Beispiel)

Weitere Routing-Mechanismen:

- Handover (Handoff): Wechsel der Funkzelle (Route Update).

- Paging: Auffinden inaktiver Rechner (Paging Update).

### 3.3 Dienstvermittlung in mobilen Umgebungen

#### 3.3.1 Dienstverwaltung in drahtlosen Netzen

##### Automatische Dienstverwaltung

Bei der Einbindung eines Rechners in eine Netzwerkumgebung fehlen i.d.R. Informationen über verfügbare Dienste. DHCP dient zwar zur automatischen Einbindung ins Netz (IP-Adr.), das Dienstangebot ist aber unbekannt. Somit ist eine Dienstverwaltung erforderlich.

Aufgaben/Anforderungen einer solchen Dienstverwaltung:

- automatisch, ohne manuellen Eingriff (lokale Administrierung zu aufwendig),
- Registrierung neuer Dienste,
- Austragung nicht mehr verfügbarer Dienste,
- Ermittlung von Diensten mittels Dienstbeschreibung (~> Netzadresse, Attribute).

Die Problemstellung gilt nicht nur für die Netzadministrierung, sondern auch für Anbieter der Unterhaltungs- und Konsumgeräte. Beispiel: Verbindung Videorecorder mit Hi-Fi-Anlage (automatische Geräteadressierung, z.B. Tonausgabe über Lautsprecher der Hi-Fi-Anlage).

##### Allgemeines Prinzip der Dienstvermittlung in drahtlosen Netzen

- *Discovery* (1): Suche Dienstvermittler (ausgezeichneter Server, Trader udgl.), drahtlos.
- *Registrierung* (2): Dienstanbieter (Server) registrieren Dienste (Schnittstellen, Dienstattribute) bei Dienstvermittler: sog. Dienste-Export.
- *Discovery* (3): Suche/Entdeckung der Dienste bzw. Komponenten (in drahtlose Netzen).
- *Dienstsuche/-auswahl* (4): Dienstnutzer (Client) besorgen sich die Dienste vom Vermittler sog. Dienste-Import, ggf. Auswahl eines geeigneten Diensteanbieters.
- *Binding* (5): Direktes Anbinden zwischen Client und ausgewählten Server.

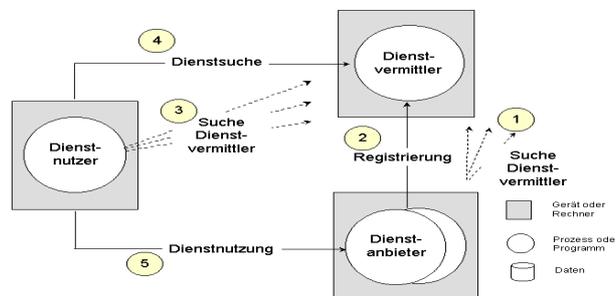


Abbildung 3.10: Binding in drahtlosen Netzen

#### 3.3.2 Dienstsuche in WPAN (IAS, SDP)

##### Referenzarchitektur

Aufgabe ist die automatische Ermittlung und Nutzung der verfügbaren Dienste von Kommunikationspartnern drahtlos verbundener Kleingeräte.

Zugehörige Protokolle in WPAN (Wireless Personal Area Networks):

- IAS (Information Access Service) für IrDA-Netzwerke,
- SDP (Service Discovery Protocol) für Bluetooth-Netze.

Vereinfachtes Architekturprinzip für beide Protokolle (Vermittler und Anbieter i.allg. auf gleichem Rechner):

Anm.: Ansatz geeignet für Szenarien mit wenigen Kommunikationspartnern (z.B. bei WPAN). Wegen Suche nach Geräten skaliert der Ansatz nicht für größere Netze.

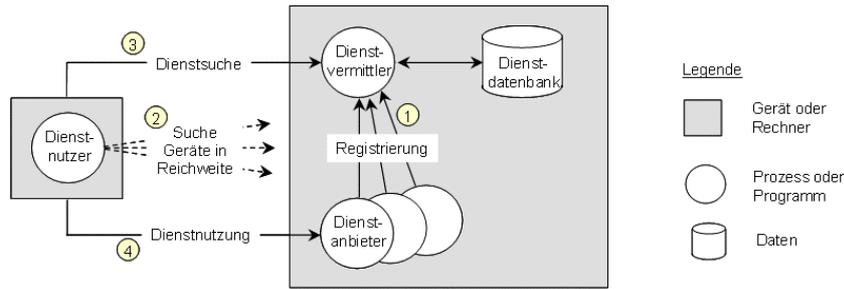


Abbildung 3.11: Dienstsuche in WPAN (IAS und SDP)

### 3.3.3 Dienstsuche in größeren drahtlosen Netzen (SLP, Jini)

#### Referenzarchitektur

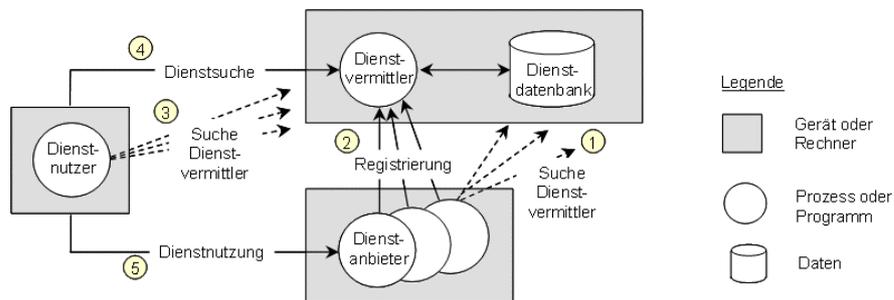


Abbildung 3.12: Dienstsuche in größeren Netzen

Dienstvermittler (sog. Trader) ist ausgelagert und zentral, i.d.R. einmal vorhanden. Allerdings ist ein zusätzlicher Suchschritt erforderlich. Da der Dienstvermittler und -anbieter auf unterschiedlichen Geräten arbeitet, ist die Suche im NW vor der Registrierung erforderlich. Dieser Ansatz skaliert besser für eine größere Anzahl von Dienst Anbietern und Dienstanwender. Verschiedene Protokollimplementierungen sind u.a. SLP (Internet), Plattform Jini (Java-Welt).

#### Dienstvermittlung mit SLP

SLP (Service Location Protocol, RFC 2165, RFC 2608) ist ein Protokoll zur Dienstvermittlung im Internet, unter Nutzung der Internet-Protokolle TCP, UDP und Multicast IP.

Architekturkonzept von SLP:

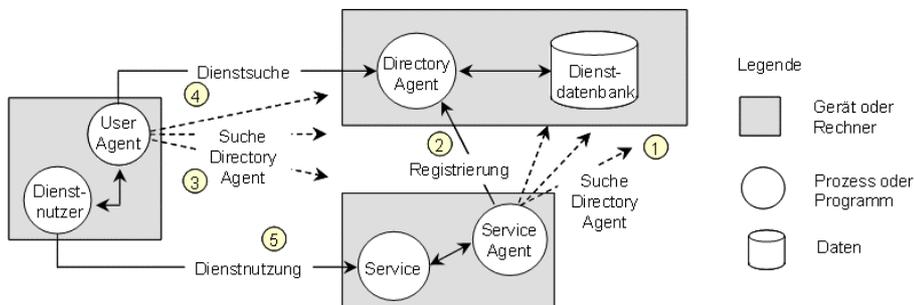


Abbildung 3.13: Dienstvermittlung mit SLP

Drei Typen von SLP Agenten (Prozesse):

- User Agents: leiten Suchanfragen weiter und nehmen Suchergebnisse entgegen.
- Service Agents (auf Rechner des Dienst Anbieters): übernehmen Registrierung, somit Dienste von außen zugreifbar.

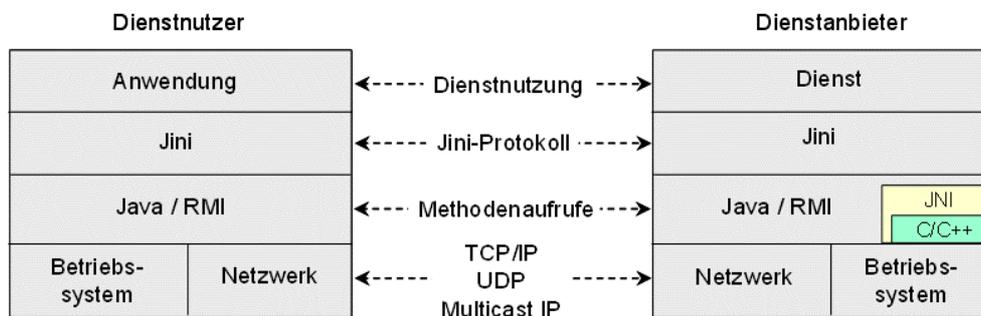
- Directory Agents: nehmen Registrierungen und Suchanfragen entgegen.  
Hauptproblem: Auffinden des Directory Agent im Netzwerk. SLP verwendet Multicast IP für die Suche. 3 Möglichkeiten: Gruppenadresse, periodisch, DHCP-Server.  
Für größere Netze kann Einsatz mehrerer Directory Agents notwendig werden. Damit sich die Dienstanbieter nicht bei allen Directory Agents im Netz registrieren müssen, können sich mehrere Directory Agents zusammenschließen und ihre Einträge untereinander abgleichen. Dabei können sog. Scopes eingerichtet werden (Scopes: beliebige Zeichenketten, die verschiedenen Diensten eines Netzes zugeordnet werden können). User Agent kann bei Dienst-anfrage eine Liste von Scopes mitgeben. Directory Agent gibt nur solche Dienste als Treffer zurück, die einem geforderten Scope angehören.

### Dienstvermittlung mit Jini (Java Intelligent Network Infrastructure)

Jini ist eine auf der Programmiersprache Java basierende Dienst-Infrastruktur. Damit ursprüngliches Ziel von Java verwirklicht: Programmierung und spontane Vernetzung von Konsum-, Unterhaltungs- und Haushaltgeräten. Jini ist seit 1999 verfügbar und ist vorgesehen für traditionelle Computer und kleine elektronische Geräte.

Jini nutzt die aus Java verfügbaren Kommunikationsdienste:

- Internet-Transportprotokolle TCP und UDP, Multicast IP.
- Verfahren der Object Serialization (aus Java): Versendung komplex strukturierter Objekte, die am Zielort wieder zusammengesetzt werden.
- RMI (Remote Method Invocation) zur Abwicklung von Methodenaufrufen über das Netz, synchrones Programmiermodell (blockierend). Transport der Aufrufparameter, Abwicklung und Rücktransport erfolgt transparent für Nutzer.
- Einsatz: Object Serialization für Übertragung von Parametern und Ergebnissen.



Architektur von Jini

Abbildung 3.14: Jini Protokollstapel

### Java-Versionen

Jini wurde vollständig in Java implementiert, somit Nutzung aller Vorteile von Java. Nachteilig ist, dass Jini nur Java-Anwendungen unterstützt (Problem für Geräte ohne Java). Jini ist nutzbar über

- Java Micro Edition (J2ME): für kleine Geräte mit reduzierter Java-Unterstützung,
- Java Standard Edition (J2SE, ab Version 1.2) für PC, volle Java-Unterstützung.

Für zeitkritische Anwendungen bzw. bei Zugriff direkt auf HW sind über die JNI-Schnittstelle (Java Native Interface) auch C- bzw. C++-Implementationen anbindbar.

### Jini Referenzarchitektur

Komponenten: Dienstnutzer (Client), Dienstanbieter (Service Provider), Dienstverwalter (Lookup-Dienst, Lookup-Service).

Ablauf bei Registrierung und Dienstnutzung:

1. Dienstanbieter versucht mit Discovery, mindestens einen Lookup-Dienst zu ermitteln. Aus gefundener Liste von Lookup-Diensten kann Dienstanbieter entscheiden, ob folgende Schritte für einen Dienst durchgeführt werden sollen.
2. Dienstanbieter führt Join durch („Export“). Damit Dienst im Lookup-Dienst eingetragen. Neben Dienst-Interface wird Liste von Attributen übertragen, die den Dienst spezifizieren (z.B. für Druckdienst: Druckauflösung, Farbdruck ...).
3. Dienstanbieter muss seinerseits über Discovery mindestens einen Lookup-Dienst ermitteln.
4. Über Dienstfrage (Lookup) spezifiziert Dienstnutzer die Kriterien für den gewünschten Dienst. Als Ergebnis können unter Umständen mehrere Dienste zurückgegeben werden, die für Dienstnutzer zur Auswahl stehen („Import“).
5. Eigentliche Dienstnutzung erfolgt über das Dienst-Interface, das dem Dienstnutzer übermittelt wurde („Binding“).

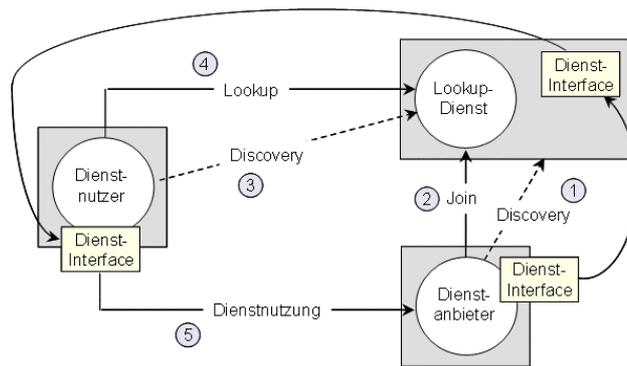


Abbildung 3.15: Jini – Registrierung und Dienstnutzung

### 3.3.4 Weitere Systeme zur Dienstvermittlung

#### UPnP (Universal Plug and Play)

Zusammenschluss von 200 Firmen der Konsum- und Unterhaltungselektronik, Computer- und Softwarehersteller zum Forum Universal Plug and Play (Oktober 1999) mit den Aufgaben

- Standardisierung Universal Plug and Play (UPnP) für Privat- und Heimanwendermarkt.
- Vernetzung von Unterhaltungsgeräten und Computern i.w. ohne manuelle Konfiguration.

Charakteristika:

- Protokollbasis von UPnP: Transportprotokolle der TCP/IP-Familie; andere Geräte über UPnP-Bridges anschließbar.
- UPnP verwendet das anwendungsspezifische Simple Service Discovery Protocol (SSDP), um Dienste im Netz zu registrieren und zu suchen
- SSDP nutzt sog. Control Points, um Dienste des Netzes zu verwalten. Im Idealfall hat so jedes Gerät die genaue Kenntnis über alle Dienste des Netzes.

Anwendung u.a. UPnP Internet Gateway Device.

#### S\_SDS (Secure Service Discovery Service)

Secure Service Discovery Service (1999) verfolgt neben der Dienstvermittlung das Ziel der Authentifizierung von Dienstnutzer und Dienstanbieter untereinander. Insbesondere der Schutz vor Angriffen von Eindringlingen, die Ressourcen eines Netzes verschwenden, indem sie in großen Rahmen Dienste anfordern und blockieren. Solche Angriffe sind in mobilen Szenarien leicht durchführbar, da gerade beabsichtigt ist, neue Nutzer kurzfristig ins Netz aufzunehmen.

Dazu wurden zwei neue Komponenten für Sicherheitsfunktionen eingeführt:

- Certification Authority (CA): verwaltet Zertifikate, mit denen zweifelsfrei die Identität eines Kommunikationspartners ermittelt werden kann. CA muss aber selbst vertrauenswürdig sein (dazu Mechanismen der Authentifikation mittels Zertifikaten).

- Capability Manager (CM): verfügen über Listen, deren Einträge anzeigen, welcher Teilnehmer welchen Dienst nutzen darf. Wird ein Dienst angefordert, fragt ein Dienstanbieter bei einem CM an, ob der Dienstanbieter die entsprechende Erlaubnis besitzt.

### 3.4 Mobile Ad-hoc-Netze (MANET)

#### Architekturkonzepte für Netze mit mobilen Stationen

Infrastrukturnetze:

- Klassische Struktur für Festnetze (z.B. Internet), i.allg. hierarchisch gegliedert. Dominierendes Architekturmodell für Anwendungen: Client/Server.
- Mobilnetze i.d.R. als Erweiterung der Festnetzstruktur, z.B. Modacom (X.25), GSM / UMTS (ISDN). Anschluss portabler Geräte: Modem, Funk
- Integration mobiler Stationen: Instanz (Mediator), Domain-Konzept, Protokoll (DHCP, mobile IP, drahtloses TCP) disconnected / connected Mode.

Ad-hoc-Netze:

- Üblicherweise für portable Rechner und Mobilkommunikation. Spontane Vernetzung. Netzstruktur durch Standort und Kommunikationsreichweite der Stationen gegeben. Dominierendes Architekturmodell für Anwendungen: Peer-to-Peer (P2P).
- Kein ausgezeichnete Rechner (z.B. Server), gleichberechtigte Partner. Wegeauswahl in Ad-hoc-Netzen erforderlich, dynamische Struktur. Routing nicht durch Router, sondern muss von den Endgeräten mit übernommen werden (dezentrale Weglenkung).

#### Mobile ad-hoc-Netze

Funk-Technologien, wie WLAN (IEEE 802.11, HIPERLAN), FemtoCell oder WPAN (Infrarot, Bluetooth) erlauben den Aufbau spontaner drahtloser Kommunikationsnetze ~> mobile ad-hoc Netze (MANET).

Dabei können mobile Endgeräte ohne vorhandene Infrastruktur miteinander kommunizieren. Jedes Gerät muss die Rolle eines Routers übernehmen, um Pakete zum Zielknoten weiterzureichen, der sich außerhalb der Reichweite des Quellknotens befinden kann. Infolge der Mobilität ändert sich die Topologie solcher Netze häufig. Aus diesen und anderen Bedingungen (u.a. begrenzte Bandbreite, dezentrale Struktur) ergeben sich hohe Anforderungen an die Protokolle, z.B. für das Routing.

Mobile Ad-hoc-Netze sind klassifiziert nach Anwendungen, Eigenschaften und Kapazität.

#### Routing-Verfahren

Routingverfahren unterteilt in

- Unicast-Routing: proaktive, reaktive, hybride, hierarchische Verfahren.
- Multicast-Routing: Fluten, Tree-based, Mesh-based.

Proaktive Verfahren haben ständig aktuelle Sicht auf gesamte Netztopologie. Dagegen erkunden reaktive Verfahren die jeweiligen Wege erst bei Bedarf. Da jedes Verfahren verschiedene Vor- und Nachteile erbringt, werden hybride Verfahren vorgeschlagen. Hierarchische Verfahren werden in großen Netzen geringen Overhead und Speicherplatz erfordern.

Aufgabe der Routingverfahren ist es zu jedem Zeitpunkt einen möglichst optimalen Weg vom Quellknoten zu einem Zielknoten zu finden. Die Routingprotokolle setzen eine eindeutige Adressierung der Knoten voraus, die zunächst zu garantieren sind.

Infrastrukturkomponenten, wie DHCP-Server, sind in infrastrukturlosen Netzen nicht verfügbar. Manuelle Verfahren oder welche, die auf einer zentralen Komponente basieren, sind insbes. in größeren Netzen nicht sinnvoll. Daher sind verschiedene, auf IPv4 und IPv6 basierende Verfahren zur Autokonfiguration der IP-Adressen in mobilen Ad-hoc Netzen vorgeschlagen. Diese sind untergliedert in zustandlose und zustandshaltende Verfahren.

## 4 Mobilfunknetze 2G (GSM, GPRS, EDGE u.a.)

### 4.1 GSM - Global System for Mobile Communications

#### 4.1.1 Überblick: Empfehlungen, Aufbau und Komponenten

##### GSM-System: MoU und Start

Entscheidung 1987 für einen Prototyp auf Basis des CEPT-Beschlusses (Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications) für ein digitales zelluläres Funksystem im Frequenzband bei 900 MHz.

7. September 1987: 13 europäische Staaten unterzeichnen MoU (Memorandum of Understanding on the Introduction of the Pan-European Digital Mobile Communication Service): Erklärung zur Einführung digitaler Mobilfunk nach GSM-Standard.

März 1989: Übernahme der GSM-Arbeitsgruppe durch die ETSI als Special Mobile Group (SMG). Kürzel GSM steht heute wegen des weltweiten Standards für *Global System for Mobile Communications*.

Inzwischen haben alle europäischen Staaten sowie viele Staaten weltweit den GSM-MoU-Vertrag unterzeichnet und werden ein GSM-System aufbauen. Start GSM: 1. Juli 1991

Standard: GSM-Empfehlung: 13 Serien mit detaillierten Spezifikationen für die Funkschnittstelle, angelehnt an analogen nationalen Zellularstandard und an ITU-TS X.25, angepasst an ISDN, IP, jedoch spezifisch für das GSM-System.

##### Wesentliche GSM-Merkmale

###### Frequenzband:

Frequenzbereich 935 - 960 MHz: Festnetz-Sendefrequenz (Downlink),

Frequenzbereich 890 - 915 MHz: Festnetz-Empfangsfrequenz (Uplink).

Frequenzen der FDM-Funkkanäle mit Abstand von 200 kHz ~> insges. 124 FDM-Kanäle.

Pro FDM-Kanal im Zeitmultiplex (TDM) jeweils 8 Nutzkanäle (Zeitschlitze) unterstützt.

###### Gesprächsweiterleitung (Handover):

Durch Gesprächsweiterleitung zwischen Feststationen wird die Aufrechterhaltung der Verbindungsqualität für Teilnehmerverbindungen, die Minimierung von Störungen und die Lenkung der Verkehrsverteilung ermöglicht. Zusätzlich sind bei fehlgeschlagenen Handovers Prozeduren zur Wiederherstellung der Verbindung definiert.

##### Standardisierung

ETSI: European Telecommunications Standards Institute ~> Standards für zelluläre Mobilfunksysteme (2G), u.a.

GSM: Global System for Mobile Communications 900 MHz ~> GSM-Netze: D1, D2

DCS-1800: Digital Cellular System 1800 MHz ~> DCS-Netze: E1, E2

Trend zu 1.8 GHz -> kleinere Funkzellen, bessere Mehrfachverwendung der Frequenzen.

###### Netzübergänge (Interworking Function, IWF):

PSTN, ISDN, Breitbandnetze, andere Mobilfunknetze, IP-Netze, Lokale Netze nach IEEE 802.11 und ETSI HIPERLAN, Satellitennetze.

Erweiterungen: Datenpaketfunk GPRS (General Packet Radio Service), EDGE ~> MFN 2.5G  
Zusätzliche Protokolle: WAP, HDML, WML (Card, Deck).

##### Zelluläre Mobilkommunikation

Zentrales zu lösendes technisches Problem: Mangel an Funk-Frequenzen in den für Mobilfunk vorgesehenen Frequenzbändern des elektronischen Spektrums.

Grundsätzliche Lösung: Funkzellenprinzip (*Raummultiplexing, SDM*): Unterteilung des abzudeckenden Funkgebietes in einzelne Cluster (Funkzellen) mit einem festen Vorrat an Frequenzen (Frequenzgruppen). Für einen ankommenden oder abgehenden Teilnehmerruf wird

eine dieser Frequenzen für die Dauer der Kommunikation zugeteilt. Verteilung der Frequenzgruppen: benachbarte Funkzellen nutzen unterschiedliche Frequenzbereiche, in weiter entfernten Zellen können die Frequenzen einer Gruppe erneut benutzt (Nutzung Dämpfungseffekt). Erfordert Verwaltung der Teilnehmer und Funkfrequenzen in Zellen ~> Mobilitätsverwaltung (MSC).

### Komponenten von Zellularfunknetzen nach ETSI/GSM

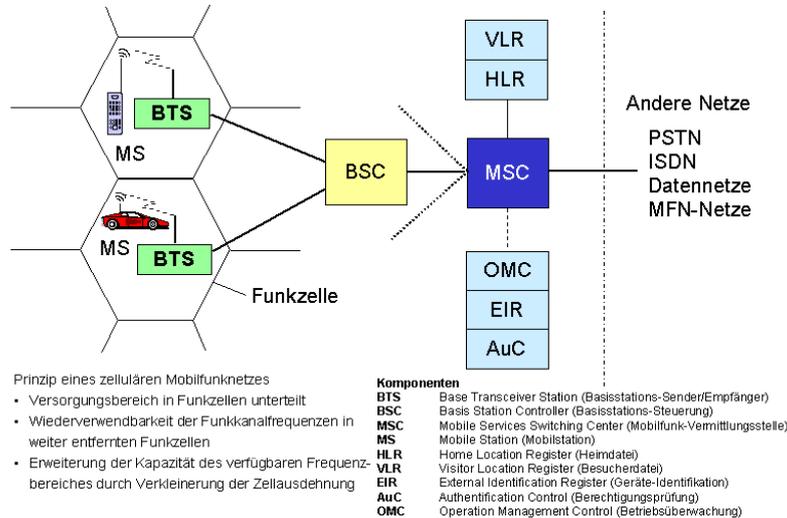


Abbildung 4.1: Aufbau Zellularfunknetz (GSM)

#### 4.1.2 Daten- und Anwendungsdienste im GSM

##### GSM-Dienste im Überblick (MFN 2G, ETSI)

- GSM-Telefonie: leitungs (kanal-) vermittelter Dienst (9,6 kbit/s). Teledienst und Zusatzdienste. Ergänzung durch
  - Kurznachrichtendienst (SMS: Short Message Service), im Signalisierkanal
  - Datendienst mit niedriger Übertragungsrate (14,4 kbit/s).
- Weiterentwicklung für Datendienste (theoretisch bis 171 kbit/s)
  - Einsatz Kanalbündelung, Paketvermittlung (Ergänzung des GSM-Netzes).
  - im leitungsvermittelten Modus: HSCSD (High Speed Circuit Switched Data),
  - im paketvermittelten Modus: GPRS (General Packet Radio Service).
- Weiterentwicklung zur EDGE-Modulation (Enhanced Data Rates for GSM Evolution):
  - Bei günstigen Funkbedingungen und langsamer Eigenbewegung kann komplette GSM-Trägerfrequenz zur Verfügung gestellt werden. Theoretisches Maximum: 345,6 kbit/s.

Folgentwicklungen für MFN 3G and beyond:

Aus IMT-2000-Vorschlägen gingen 2 Entwicklungen für terrestrische MFN (3G) hervor:

- UMTS: Entwicklung durch die Organisation 3GPP (starke Kontinuität zu GSM). Einsatz vor allem in Europa.
  - Ergänzung: HSDPA (7,2 Mbit/s, HSDPA+ 28 Mbit/s), HSUPA (5,4 Mbit/s)
- CDMA2000: Entwicklung durch Organisation 3GPP2 (Kontinuität zu IS-95-CDMA). Einsatz vor allem in Amerika, Asien.

Weiterentwicklungen für MFN (4G): Breitband, Echtzeitkommunikation

- LTE (Long Term Evolution): UMTS-Nachfolge, 100 Mbit/s<sub>2010</sub>, 1 Gbit/s<sub>2014</sub> ~> MFN 4G. Testbeds in Dresden, Berlin. Einsatz: Köln<sub>2011</sub> und (ländl.) Regionen (Digital Dividende).

LTE Release 8 (MFN 3.9G, Kontinuität zu UMTS): ... 300 Mbit/s

LTE Release 10 (MFN 4G, LTE-Advanced): ... 1Gbit/s ...

- Ergänzung durch WATM, Wimax.

## Verbesserte Datendienste im GSM

### *HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)*

Verbesserung Datenübertragung im leitungsvermittelten Dienst in GSM Phase 2 gegenüber Basisdienst (9,6 kbit/s je Funkkanal). GSM: jeder Frequenzkanal in 8 Zeitschlitze unterteilt. Infolge spezieller Kanalkodierung je max. 14,4 kbit/s. Klassische Telefonie: jedes Endgerät nutzt nur einen der Kanäle. HSCSD erlaubt Bündelung von bis zu 8 Kanälen, somit theoretische Übertragungskapazität von  $8 * 14,4 \text{ kbit/s} = 115,2 \text{ kbit/s}$ .

Außerdem: bei DÜ im nicht-transparenten Modus kann Anzahl der verwendeten Kanäle verändert werden  $\leadsto$  wichtig für Handover-Prozess. Aber: Vorgang der Veränderung der Kanalanzahl durch Verwendung des traditionellen Zuteilungs- und Abschaltungsmechanismus sehr träge und langsam. Somit für viele Internet-Anwendungen mit zwar niedrigen Datenraten aber hohen Spitzengeschwindigkeiten nicht geeignet.

### *GPRS (General Packet Radio Service)*

Nutzung HSCSD und Paketvermittlungstechnik. Anwendung für Internet-Applikationen. Beseitigung der Unzulänglichkeiten in Zuteilungsmechanismen bei Verbindungen fixer Kapazität (wie bei HSCSD und GSM-Datendiensten).

Grundprinzip: Aufteilung einer bestimmten Zahl von Basiskanälen einer Zelle auf mehrere Benutzer „nach Bedarf“. 8 Time-Slots eines GSM-Frequenzkanals können für einen bestimmten Zeitpunkt einem Benutzer zugewiesen werden. Mittels spezieller Kanalkodierung (CS-4) lassen sich Spitzenraten von  $8 * 21,4 \text{ kbit/s} = 171,2 \text{ kbit/s}$  erreichen.

### *EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)*

Verbesserung GSM mittels neuer Modulation und Kanalkodierungsalgorithmen an der Funkschnittstelle. EDGE ermöglicht DÜ-Rate von bis zu 43,2 kbit/s pro GSM-Time-Slot (bei 8 Slots  $\leadsto 8 * 43,2 \text{ kbit/s} = 345,6 \text{ kbit/s}$ ). Wegen GSM-Architektur aber keine Echtzeitdienste.

## GSM-Funkschnittstelle (air interface)

Zwischen Mobil- und Feststationen werden Daten digital übertragen. Nutzung der *Frequenzbereiche* (in beiden Richtungen) 890-915 MHz bzw. 935-960 MHz.

Jede Frequenz durch 4,615 ms lange periodische Zeitmultiplex-Rahmen in 8 Zeitschlitze mit je 114 bit Nutzdaten unterteilt. Jeder periodischer Zeitschlitz bildet einen physikalischen Kanal (sog. Verkehrskanal), der dem Teilnehmer als Vollratenkanal 22,8 kbit/s bzw. als Halbratenkanal 11,4 kbit/s zur Verfügung steht. Falls Teilnehmer auf seinem Kanal zeitweise keine Daten überträgt, kann der Kanal anderweitig genutzt werden. Teilnehmer wird gesamte Dauer der Verbindung in Rechnung gestellt (Kanalvermittlung).

## Übertragung von Kurznachrichten (SMS) im GSM-System

Neben den Trägerdiensten Unterstützung eines Punkt-zu-Punkt-Kurznachrichtendienstes:

**SMS (Short Message Service):** Erlaubt Empfang und Versenden von Kurznachrichten mit bis zu 160 Byte Länge über den Signalisierungskanal des Zellularnetzes. Kurznachrichten können verzögert (wenige Sekunden) übertragen werden somit auch bessere Ausnützung der Signalisierungskanäle. Längere Mitteilungen in Kurznachrichten von 160 Byte zerlegt, aber keine Reihenfolgetreue bei Ankunft gesichert.

Hohe Nutzerakzeptanz (asynchrone Kommunikation, Zwischenspeicherung), z.B. DE (lt. BNA) 29,1 Mrd. p.a. 2008, 43,2 Mrd. p.a. 2011

**MMS (Multimedia Message Service):** Erweiterung zur Übertragung von Bildern. Bilder mit Kamera im Handy aufgenommen (Pixel-Darstellung, Format jpeg). Direktausgabe über MMS-fähiges Handy oder indirekt über Internet (Mitteilung einer Web-Adresse).

## Trends

Ausstattung für mobile multimediale Anwendungen

- Vielzahl neuer Dienste mit grafischen Darstellungen.

- Farbiges Display, Touchscreen, Stifteingabe, Zusatztastaturen für Handys (für Texteingaben bei SMS und WAP), tragbare Headset-PC's, Wearables, TV-Handys, Navi (GPS).

Neue Standards für Mobilkommunikationsanwendungen (Internet-Inhalte)

- WML / WAP: Wireless Markup Language / Wireless Application Protocol
- HDML: Handheld Device Markup Language

Mobiler Zugang zum Internet / WWW

- Surfen im Festnetz-Internet, Zugriff vom Handy aus; i.w. Textausgabe (zunehmend MM).
- Handy-Nutzung über WAP: WAP-Protokollstack, Einsatz Kanalbündelungstechnik HSCSD: (43 ... 115,2 kbit/s) und Paketvermittlung (...171,2 kbit/s).
- Internet-Portale (z.B. i-mode) für mobilen Webzugang bzw. über Mobile IP.

Einsatz Paketfunktechnik GPRS

- Datenraten 40 ... 115 ... 171,2<sub>max</sub> kbit/s ~> Telekom ab 2.HJ 2000 (53,6 kbit/s).
- Einsatz DSP (Digital Signal Processor), hochrasige Kanalbündelungstechnik HSCSD
- Paketvermittlungsprinzip (MFN 2.5 G).

Weiterentwicklung GSM (MFN 2G) zu EDGE (MFN 2.5G, Enhanced Data Rates for GSM Evolution), 384 kbit/s, Nutzung GSM/GPRS-Infrastruktur. Angebot T-Mobile. EDGE bei ITU neben UMTS als eine Version für MFN 3G eingereicht und bestätigt.

Aufbau UMTS (MFN 3G), Telefonie-/Datendienste, Betrieb in DE ab ca. 2004. Standard: 384 kbit/s. Erweiterung durch Datenpaketfunk HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) mit 1.8 Mbit/s (2006), später 3.6 bzw. 7.2 Mbit/s, HSDPA+ 28 Mbit/s (2009, O<sub>2</sub>)

Ab 2005 neue Multimedia-Dienste (Handy + PDA), z.B. Blackberry, Push-to-Talk. Email über Handy. Voraussetzung Email-fähiges Handy. Emails auf Handy transportiert ~> Push-Dienste, wie Blackberry (RIM) oder Sidekick (Fa. Danger, USA). Ab 2007 Mini-computer (Handy + PDA) -> Smartphone, z.B. iPhone.

Mobiles Büro, Triband-Technologie (GPRS, UMTS, W-LAN).

Handy-TV: Funkstandards für digitales TV über Handy: DVB-H und DMB. Probleme: Angebote, Akkuleistung, Gebühren.

Navigation: Satellitennavigation (GPS), portable Navigationsgeräte. In Komplettgeräten, Minicomputern PDA (wie Falk, Garmin, Tomtom, ...) oder Handys.

Mobile Broadband System: Breitband-MFN, Echtzeit, Übertragung hochauflösender Videos

- W-ATM (-> IP nG), Wimax, HSDPA+ 28 Mbit/s Testbed O<sub>2</sub> München (2009).
- LTE (Long Term Evolution): UMTS-Nachfolge, 100 Mbit/s<sub>2010</sub>, 1 Gbit/s<sub>2014</sub> ~> MFN 4G

### Neue Multimedia-Dienste

Neben Telefonie, Kurznachrichtendienst (SMS) und mobilen Web-Zugriff läuft Trend für Mobiltelefonie in USA und Europa auf Entwicklung und Einsatz neuer Multimedia-Dienste:

- Verbesserung der Email-Nutzung: mit Blackberry die Post abholen,
- Ohne Anruf sprechen können: mit Push-to-Talk immer am Draht sein,
- Mit Laptops Digital-TV empfangen,
- Mit Handy fernsehen und navigieren: Handy-TV, mobile Navigation.

Dazu stellen die bekannten Hersteller wie Siemens, Nokia, Sony Ericsson, Maxfield usw. Ab 2005 neue Handys mit großen Displays bereit (siehe auch Smartphones, ab 2007).

Nutzung entspr. Handys (insbes. Smartphones, Apple) auch für Internet-Dienste, wie

- Email, Web 2.0 - Dienste (Twitter, Facebook udgl.),
- zahlreiche Anwendungsdienste (sog. Apps), wie Wetter, Fahrplan, Spiele usw.

*Blackberry („Brombeere“)*

Kanadische Firma RIM (*Research In Motion*): Sitz: Waterloo (Ontario, Canada), Gründung 1984 (Mike Lazaridis). Handy mit Funktion Telefon, Email, Organizer. Ender der 90er erstes Gerät mit Email-Push-Technologie.

*Push-Prinzip*: Emails automatisch an Handy weitergereicht,

*Pull-Prinzip*: Nutzer muss Postfach auf neue Emails überprüfen (abonnieren).

### 4.1.3 Architektur des GSM-Systems

#### Funktioneller Aufbau des GSM-Systems

Teilsysteme des GSM (gemäß GSM-Spezifikation 1.02):

- Funkteilsystem: Radio Subsystem (RSS),
- Vermittlungsteilsystem: Network and Switching Subsystem (NSS),
- Betreibersteilsystem: Operation Subsystem (OSS).

#### 1. Funkteilsystem (Radio Subsystem)

Komponenten: - Mobile Endgeräte ("Mobilfunkstation/Mobilstation", Mobile Station, MS),  
 - Basisstations-Teilsystem (Base Station Subsystem, BSS).

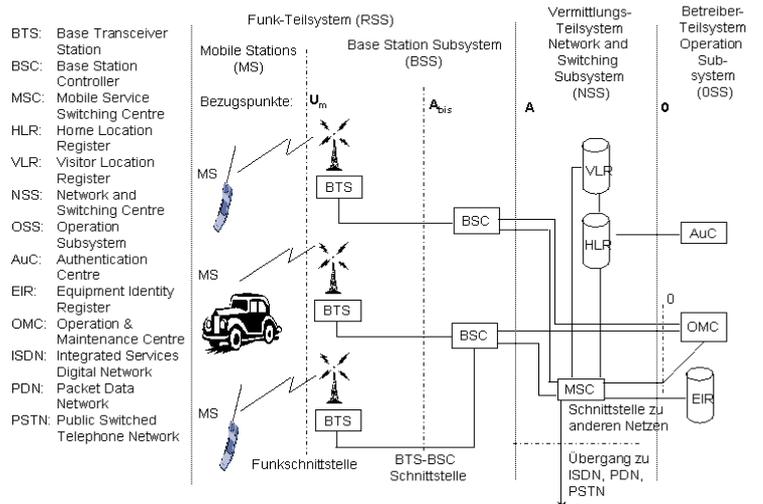


Abbildung 4.2: Funktionelle Architektur eines GSM-MFN

#### 1a. Mobiles Endgerät (Mobile Station)

##### Mobil(funk)station (MS, Mobile Station)

Gesamte physikalische Ausrüstung des PLMN-Teilnehmers, enthält Funkgerät und Benutzerschnittstelle für Zugriff der TN auf PLMN-Dienste. GSM-Mobilstation besteht aus 2 Teilen:

1. Teil: alle für die Funkschnittstelle spezifischen HW- und SW-Komponenten,
2. Teil (sog. Subscriber Identity Module (SIM)): alle teilnehmerspezifischen Informationen.

**SIM** fest eingebaut oder als Smart-Card (klein (üblich) bzw. in Form einer Kreditkarte), besitzt die Funktion eines Schlüssels. Ohne SIM kann Endgerät nur noch (soweit es das Netz erlaubt) für Notrufe verwendet werden. Mit Hilfe des SIM kann sich Teilnehmer für jede beliebige Mobilstation im Netz identifizieren, und entsprechend kann ein Funkgerät durch das SIM personalisiert werden.

Jede Mobilstation hat ihre Mobilgerätekennungsnummer (Equipment Identity, EI). Zur Verwaltung einer Mobilstation im GSM-Netz sind ihr folgende Nummern zugeordnet:

- International Mobile Station Identity (IMSI),
- Temporary Mobile Station Identity (TMSI),
- Mobile Station International ISDN Number (MSISDN),
- Mobile Station Roaming Number (MSRN).

Mobilstationen können in Fahrzeugen installiert oder als portable / handportable Geräte ausgeführt werden. GSM-Richtlinie 2.06: 5 Endgeräte-Klassen nach zulässiger Sendeleistung.

##### SIM-Karte

*Teilnehmerbezogene Daten* werden im nichtflüchtigen Speicher des SIM gehalten. Sie sind statisch, aber auch temporär veränderlich. Zum *unveränderlichen Datenbestand* gehören:

- SIM-Kartentyp,
- IC-Kartenidentifikator: Seriennummer des SIM (kennzeichnet Kartenbesitzer),

- SIM Service Table: Liste der zusätzlich abonnierten Dienste,
- IMSI International Mobile Subscriber Identity,
- PIN Personal Identity Number,
- PUK PIN Unblocking Key,
- Authentisierungsschlüssel  $K_i$ .

Vor Aushändigung der SIM-Karte wird sie mit diesen Daten initialisiert, erst dann kann sich der Teilnehmer mit ihrer Hilfe ins Netz einbuchen. Dagegen haben dynamische Daten, die während einer Kommunikationsverbindung permanent aktualisiert werden, den Zweck, Einbuchungsvorgänge schneller abzuwickeln, da entsprechende Informationen bereits dezentral vorliegen und nicht über das Netz abgefragt werden müssen.

### ***1b. Basisstations-Teilsystem (Base Station Subsystem, BSS)***

#### **Base Station Subsystem (BSS)**

BSS umfasst den gesamten funkbezogenen Teil des GSM-Netzes. Funksende- und Empfängergeräten der Basisstationen (BTS: Base Transceiver System) versorgen wegen der begrenzten Sendeleistung nur ein bestimmtes geographisches Gebiet im Netz. Dadurch entstehen Funkzellen (Cluster, Räummultiplex), in denen sich der mobile Teilnehmer frei bewegen und kommunizieren kann. Größe der einzelnen Zellen ist von mehreren Parametern abhängig, u.a. charakteristische Wellenausbreitung, örtliche Morphologie und regional zu erwartende Teilnehmerdichte.

Damit BSS einen mobilen Teilnehmer mit einem Teilnehmer im öffentlichen Telefonnetz (PSTN) verbinden kann, verfügt es neben Transceivern über weitere HW/SW-Einrichtungen:

- Signalisierungsprotokolle für die Verbindungssteuerung,
- Sprachcodecs (Codierer/Decodierer) sowie Datenratenadaptation (*Transcoder / Rate Adaptor Unit, TRAU*) für den Übergang zum Festnetz,
- digitale Signalverarbeitung zur Codierung von Daten usw.

Zwischen BSS und den GSM-Netzkomponenten und anderen Netzen sind verschiedene *Schnittstellen* festgelegt für den Informationsaustausch zwischen Teilnehmern und GSM-Netz bzw. anderen Netzen sowie zwischen BSS und Betreiber- bzw. Vermittlungsteilsystem. Zum mobilen Teilnehmer: sog.  $U_m$ -Schnittstelle. Sie ist gekennzeichnet durch spezifische Parameter der digitalen Funkübertragung, wie GMSK-Modulation, Datenrate, Lage der Trägerfrequenzen im 900-MHz-Band, Kanalaraster usw.

Zum Festnetz des GSM-Netzes ist BSS über die A-Schnittstelle mit MSCs verbunden (Vermittlungsstelle des NSS), über die der Teilnehmer das externe Netz erreicht. A-Schnittstelle ist ebenfalls durch spezifische, digitale Übertragungsparameter gekennzeichnet, u.a. PCM (*Puls Code Modulation*), eine Datenrate von 64 kbit/s und eine Bandbreite von 4 kHz.

*Komponenten des BSS:*

#### ***Funkbasisstation (BTS, Base Transceiver Station)***

BTS umfasst Sende- und Empfangsanlagen einschließlich der Antennen und der gesamten, für die Funkschnittstelle spezifischen Signalverarbeitung. Je nach Antennentyp versorgt sie eine oder mehrere Zellen, so können z.B. sektorisierte Antennen drei in 120° zueinander angeordnete Zellen bedienen. Die TRAU (Transcoder / Rate Adaptor Unit) ist in der standardisierten GSM-Struktur Teil der BTS. Sie verfügt sowohl über GSM-spezifische Sprachcodierung/-decodierung als auch über Ratenanpassung im Fall von Datenübertragungen.

#### ***Basisstationssteuerung (BSC, Base Station Controller)***

BSC ist für die Verwaltung der Funkschnittstelle via BTS verantwortlich, u.a. für Reservierung und Freigabe von Funkkanälen sowie Handover Management. Weitere Aufgaben: Steuerung von Funkrufen (Paging) und Übertragung von der A-Schnittstelle angepassten, verbindungsbezogenen Daten bzw. Signalisierungsdaten von/zur MSC.

## 2. Vermittlungsteilsystem

### Network & Switching Subsystem NSS

Vermittlungstechnische bzw. netzorientierte Funktionen werden im Vermittlungsteilsystem (NSS) durchgeführt. Es bildet ein Übergangsnetz zwischen dem Funknetz und den öffentlichen Partnernetzen, z.B. Telefonnetz (*Public Switched Telephone Network, PSTN*), ISDN (*Integrated Services Digital Network*), Datennetz (*Packet Data Network, PDN*), z.B. Internet. Gesamtheit der Elemente eines NSS sind nicht nur rein physikalische Komponenten. Vermittlungssystem stellt eine Menge von Funktionen zur Verfügung, deren geeignete Realisierung und Implementierung Aufgabe der Hersteller und Netzbetreiber ist. Bestandteile des NSS:

- Mobilvermittlungsstelle (Mobile Services Switching Center, MSC),
- Heimatdatei (Home Location Register, HLR),
- Besucherdatei (Visitor Location Register, VLR).

### Mobilvermittlungsstelle (MSC: Mobile Switching Center)

Es ist eine digitale ISDN-Vermittlungsstelle hoher Leistungsfähigkeit, die normale Vermittlungsaufgaben ausführt und das Netz verwaltet. Jede MSC, der i.allg. mehrere Basisstationssteuerungen (BSC) zugeordnet sind, vermittelt im zugeordneten geographischen Bereich zwischen *Mobilfunkteilnehmern* desselben und anderer PLMN, und bildet das Bindeglied zwischen dem Mobilfunknetz und den *drahtgebundenen Netzen* (PSTN, ISDN, PDN).

Aufgaben der MSC:

- alle Signalisierungsvorgänge, die zum Aufbau, Abbau und Verwalten von Verbindungen benötigt werden und nach dem Signalisierungssystem Nr. 7 abgewickelt werden
- sowie mobilfunkspezifische Funktionen wie z.B. Verbindungsumschaltung bei starken Störungen, Zellwechsel (Handover) oder Zuteilung und Aufhebung von Funkkanälen.

Übertragungsfunktionen für Datendienste werden mit Hilfe spezifischer Funktionseinheiten (Interworking Functions, IWF) realisiert, die in jeder MSC integriert sind.

### Heimatdatei (Home Location Register, HLR)

In Heimatdatei (Datenbank) sind alle für jeden Mobilfunkteilnehmer signifikanten Informationen (quasi permanente, statische Daten) gespeichert, wie z.B. Rufnummer, MS-Identitätsnummer, Geräteart, abonnierte Basis- und Zusatzdienste, Zugangsprioritäten, Authentisierungsschlüssel. Darüber hinaus werden auch temporäre (dynamische) Teilnehmerdaten gespeichert, z.B. momentaner Aufenthaltsort der Mobilstation (Location Area, LA) und Mobile Station Roaming Number (MSRN), die für einen Verbindungsaufbau notwendig sind. Verläßt der Teilnehmer seinen momentanen Aufenthaltsbereich (LA), erfolgt im HLR eine sofortige Aktualisierung der temporär gehaltenen Daten.

I.allg. ist die Heimatdatei bei einer Mobilvermittlungsstelle (MSC) angeordnet. Jeder mobile Teilnehmer und seine Daten sind in genau einer Heimatdatei registriert, in der auch Gebührenerfassung und Verwaltungsaufgaben durchgeführt werden.

### Besucherdatei (Visitor Location Register, VLR)

Besucherdatei (Datenbank) ist einer MSC zugeordnet und dient zur Verwaltung der Teilnehmer, die sich im Zuständigkeitsbereich dieser MSC aufhalten. Sie speichert vom zuständigen HLR übertragene Informationen (u.a. Authentisierungsdaten, International Mobile Station Identity (IMSI), Rufnummer, vereinbarte Dienste) über die in ihren Zuständigkeitsbereich eintretenden Mobilteilnehmer und ermöglicht dadurch der MSC den Verbindungsaufbau.

VLR steuert u.a. die Zuordnung der Roamingnummer der Mobilfunkstationen (MSRN) sowie der TMSI. Durchquert ein Mobilteilnehmer mehrere Aufenthaltsbereiche der MSC, wird auch das VLR durch speziellen Dialog aktualisiert. Entsprechendes gilt beim Wechsel des MSC-Zuständigkeitsbereiches. Durch das VLR wird eine häufige Abfrage des HLR vermieden.

HLR und VLR dienen der TN-Verwaltung und sind bei den Funktionen Aktualisierung des Aufenthaltsbereiches (Location Update) und Verbindungsaufbau beteiligt.

### 3. *Betreiberteilsystem (Operation Subsystem, OSS)*

Betreiberteilsystem des GSM umfasst alle für Betrieb und Wartung wichtigen Funktionen. Teilnehmer bemerkt die Funktionen nur indirekt, indem er ein ständig funktionsfähiges Mobilfunknetz antrifft. Funktionen des OSS sind drei Aufgabengebieten zugeordnet:

- Teilnehmerverwaltung (Subscription Management),
- Netzbetrieb und Wartung (Network Operation and Maintenance),
- Mobilendgeräteverwaltung (Mobile Equipment Management).

Netzelemente des OSS:

- Betriebs- und Wartungszentrum (Operation & Maintenance Centre, OMC),
- Authentisierungsregister (Authentication Centre, AuC),
- Geräteidentifikationsregister (Equipment Identity Register, EIR).

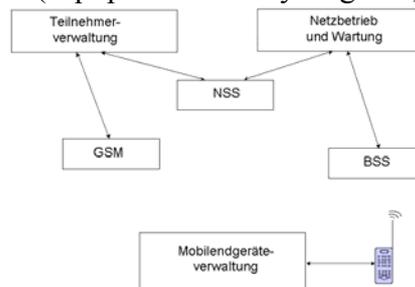


Abbildung 4.3: Betrieberteilsystem (OSS)

#### 4.1.4 *Funkschnittstelle am Bezugspunkt $U_m$*

##### **Air Interface**

Funkschnittstelle ( $U_m$ ) liegt zwischen der Mobilstation (MS) und dem restlichen GSM. Physikalisch läuft darüber der Informationsfluss zwischen Mobilstation und Feststation. Dagegen logisch kommunizieren die Mobilstationen mit der Feststationssteuerung (BSC) und der Mobilvermittlungsstelle (MSC). Übertragungsrate über die Funkschnittstelle: 270,833 kbit/s.

##### **Multiplex-Struktur**

Neben der Sprachcodierung und der Modulation spielt das Multiplexverfahren eine wichtige Rolle. In den GSM-Empfehlungen ist standardisiert eine Kombination von

- Frequenzmultiplex-Verfahren (Frequency Division Multiplex, FDM) und
- Zeitmultiplex-Verfahren (Time Division Multiplex, TDM).

Dabei wird als Kanalvergabe-strategie ein Vielfachzugriff (Multiple Access) der Mobilstationen auf diese Systeme angewandt (FDMA, TDMA).

GSM nutzt das Zellularkonzept (Raummultiplex). Geographische Fläche wird planerisch in hexagonale Funkzellen unterteilt: mit einer BTS je Zelle, mit der die Mobilstationen in Verbindung treten können. Funkzellen in Gruppen (Cluster) zusammengefasst, wobei jede Funkzelle bestimmte FDM-Kanäle exklusiv benutzt. Gleiche Frequenzen werden erst in genügend großen räumlichen Abständen in benachbarten Clustern wiederverwendet. Zellenradien können in Abhängigkeit der Nutzerdichte variiert werden (Handover in großen Funkzellen vs. Auslastung in kleinen Funkzellen). Übliche Zellenradien: Ländliche Gegenden: bis zu 35 km, Ballungsgebiete: ca. 300 m. Kapazitätssteigerung durch Aufteilung der Zellen in Sektoren.

##### **Frequenzmultiplex-Struktur**

Funkschnittstelle mit effizienter Ausnutzung des verfügbaren Frequenzbandes. Für GSM europaweit zwei 25 MHz breite Frequenzbänder im 900 MHz Band reserviert. Die Übertragung vom Mobilgerät zur Basisstation (Uplink) erfolgt im Bereich von 890 MHz bis 915 MHz, in umgekehrter Richtung (Downlink) von 935 MHz bis 960 MHz benutzt. 15 MHz an den unteren und 1 MHz an den oberen Bandgrenzen wurden europaweit erst ab 2001 zur Verfügung

gestellt. Weitere 10 MHz zwischen 880 und 890 MHz bzw. 925 und 935 MHz als GSM Erweiterungsband vorgesehen. Zwischen Sende- und Empfangsfrequenz besteht ein Duplexabstand von 45 MHz.

Frequenzbänder werden in Kanäle von 200 kHz Bandbreite unterteilt, somit insgesamt jeweils 124 FDM-Kanäle für Sende- und Empfangsbetrieb verfügbar. Jede Mobilstation kann sämtliche 124 Trägerfrequenzpaare belegen, wobei aber die Kanäle 1 und 124 nach den GSM-Spezifikationen möglichst nicht benutzt werden sollen. Die verbleibenden 200 kHz Bandbreite werden als Schutzband zu im Frequenzband benachbarten Systemen freigehalten.

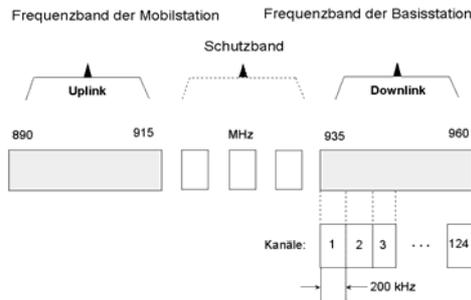


Abbildung 4.4: Frequenzbänder in GSM

### Zeitmultiplex-Struktur

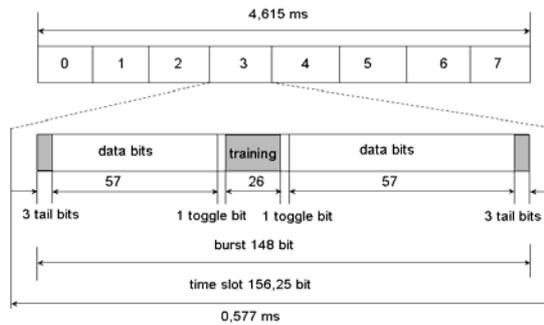


Abbildung 4.5: Aufbau TDMA-Rahmen

Abbildung 4.6: Signalisierungsprotokolle (Schicht 2)

Auf einer Trägerfrequenz werden durch ein TDM-Verfahren 8 physikalische TDM-Kanäle realisiert, wobei die Zeitachse in 8 periodische Zeitschlitz (Time Slot) der Dauer 0,577 ms geteilt wird. Acht Zeitschlitz werden zu einem TDM-Rahmen (Frame) der Dauer 4,615 ms zusammengefasst. Da diese Zeitkanäle im Vielfachzugriff genutzt werden, spricht man in der GSM-Empfehlung vom TDMA-Rahmen.

### 4.1.5 Standardisierte Dienste in GSM Mobilfunknetzen

#### Dienste im GSM-Mobilfunknetz

Integration verschiedener Sprach- und Datendienste, Übergangsfunktionen zu anderen TK-Netzen für Sprach- und Datenübertragung. Neben Sprachdienst stufenweise Einführung von Daten- und Telematik-Diensten.

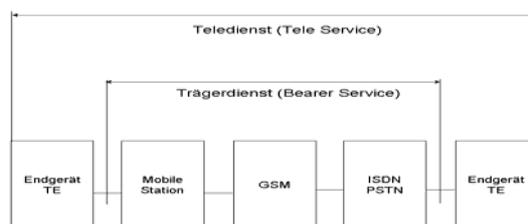


Abbildung 4.7: Tele- und Trägerdienste

Telekommunikationsdienste in 3 Hauptkategorien unterteilt:

*Trägerdienst (Bearer Service):* TK-Dienst zur bittransparenten Signalübertragung zwischen Mobilnetzen und beliebigen Netzen; reiner Transportdienst (ISO/OSI-Schichten 1 bis 3: verbindungsorientierte kanal- und paketvermittelte Datenübertragung).

*Teledienste (Tele Services):* Zur anwendungsbezogenen Kommunikation zwischen Mobil-Teilnehmer und zweitem Nutzer gemäß standardisierter Protokolle (alle 7 Schichten ISO/OSI benötigt);

*Zusatzdienste (Supplementary Services):* Zusätzliche, ergänzende Leistungsmerkmale. Nicht selbstständig, sondern in Verbindung mit Tele- und Trägerdiensten. Viele Netzbetreiber bieten individuelle Mehrwertdienste, u.a. Reise-, Verkehrsinformationen.

### Teledienste (Telecommunication Services)

GSM-Empfehlung 2.03 standardisiert folgende Teledienste (Einstufung *essential* (E1, E2, E3), *additional* (A) oder *zu untersuchend* (FS, Further Study):

- Telefondienst (E1), Notrufdienst (E1),
- 3 Kurznachrichtendienste
- 3 Videotex-Zugriffsprofile (A), Teletex (A), Telefax Gruppe 3 (E2),
- Zugang zur elektronischen Post (A).

### Kurznachrichtendienst (Short Message Services, SMS)

SMS für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen ermöglichen Übertragung von Nachrichten bis zu 160 Byte Länge zwischen GSM-Mobilstation und einem SMS-Centre. Längere Mitteilungen in 160er Teile zerlegt, ohne Gewährleistung der Reihenfolge. Die Nachrichtenübertragung zwischen den betreffenden GSM-Netzinstanzen erfolgt über Signalisierkanäle (SACC und SDCCH). Es ist ein Speichervermittlungsdienst, realisiert über das SMS Center.

Zugang unterschiedlicher Dienstanbieter über standardisierte Schnittstellen, wie bspw. beim öffentlichen Paketvermittlungsdienst oder Signalsiersystem Nr. 7. SMS nutzt gleiche Funktionen wie normaler Sprach- oder Datenverkehr (z.B. Einrichtung eines Steuerkanals, Authentifikation). SMS führt zur besseren Auslastung der Signalisierkanäle.

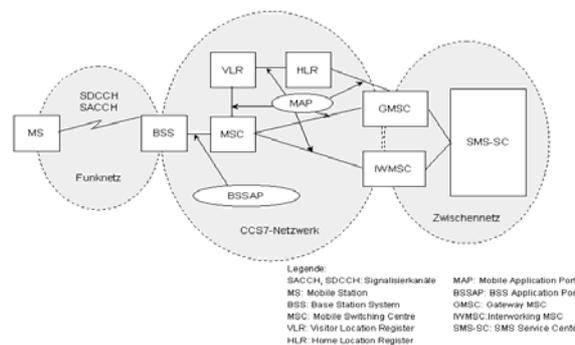


Abbildung 4.8: Kurznachrichtendienst SMS

## 4.1.6 Neuere Sprachdienste (ASCI) und Datendienste (HSCSD)

### 1. Erweiterte GSM-Dienste (Überblick)

Im GSM 1994 eingeführte Datendienste basieren auf kanalvermittelter Übertragung. Jeder Nutzer erhält bei Sprachübertragung eine exklusive Verbindung über einen TCH (Traffic Channel) -> ineffiziente Kanalauslastung und hohe Gebühren (Problem für Internet-Dienste). Bestehende Datendienste mit max. DÜ-Rate 9.6 kbit/s (mit spezieller Kodierung bis 14,4 kbit/s). Leistung nicht ausreichend, Gebührenabrechnung erfolgt für Dauer der Übertragung statt Menge der übertragenen Daten.

Zwei prinzipielle Ansätze für neue Datendienste im GSM mit DÜ-Rate > 9,6 kbit/s:

- *Hochbitratige kanalvermittelte Datendienste:*

Sie basieren auf paralleler Nutzung mehrerer Verkehrskanäle. Durch Zusammenfassen der 8 Verkehrskanäle einer Trägerfrequenz (Bündelung) kann eine max. Datenrate von  $8 * 9,6 = 76,8$  kbit/s erreicht werden  $\leadsto$  standardisiert von ETSI als **HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)**. Realisierung HSCSD durch Änderungen in Kanalzuweisung, Verbindungsaufbau, Handoverprozeduren und im Übergang zum Festnetz (Interworking). Mit spezieller Kanalcodierung können 14,4 kbit/s je Zeitschlitz erzielt werden. Bei Bündelung von 8 Kanälen könnte theoretisch eine Übertragungsrate von  $8 * 14,4 = 115$  kbit/s erreicht werden. Nachteilig: Veränderung der Kanalanzahl ist bei den traditionellen Zuteilungs- und Abschaltungsmechanismen sehr träge (ungeeignet für Internet-Anwendungen mit hohen Spitzengeschwindigkeiten).

- *Paketorientiertes Datendienstkonzept:*

Paketisierung des Datenstroms. Ressourcenzuteilung nur für Dauer eines Paketes. Abrechnung für Datenmenge (Anzahl Pakete). Es kann nicht nur Datenraten wie HSCSD erzielen, sondern durch *Multiplexen mehrerer Verbindungen* auf einem oder mehreren parallel genutzten Verkehrskanälen auch eine flexible Kanalnutzung für Anwendungen mit variablen Bitraten erreichen. Da GSM kanalvermittelt (circuit switched) überträgt, waren für einen Paketdienst signifikante Modifikationen erforderlich.

ETSI 1997: Standardisierung eines paketorientierten Dienstkonzeptes im GSM Phase 2+ (2.5G): **GPRS (General Packet Radio Service)**. Mit spezieller Kanalkodierung sind Spitzenraten von  $8 * 21,4 = 171,2$  kbit/s möglich. Im Rahmen der Standardisierung von *Enhanced Data Rates for GSM Evolution* (EDGE) wird GPRS-Standard zum Enhanced GPRS-Standard (**EGPRS**) erweitert. Mittels neuer Modulation und Kanalkodierung  $\rightarrow$  max. Übertragungsrate von  $8 * 43,2 = 345,6$  kbit/s.

## 2. *Advanced Speech Call Items (ASCI)*

Neben neuen Datendiensten auch neue Sprachdienste (z.B. Gruppenkommunikation) erforderlich (bisher nur in Bündelfunksystemen angeboten). Seit 1994 werden auf Betreiben der internationalen Eisenbahnvereinigung UIC (Union des Chemins de Fer) unter der Bezeichnung **ASCI (Advanced Speech Call Items) Gruppen- und Rund-Funkdienste** mit schnellem Verbindungsaufbau und Prioritätensteuerung innerhalb GSM Phase 2+ bearbeitet.

Im Bereich Deutsche Bahn 8 verschiedene inkompatible Funkssysteme (2000), analog in Europa. Triebwagen verwenden im nationalen und internationalen Zugverkehr unterschiedliche Kommunikationssysteme. Unter Federführung der UIC wird ein *einheitliches europäisches Betriebsfunksystem* entwickelt: European Train Control System (ETCS). GSM-Funkkanal nur für max. Terminalendgeschwindigkeit von 250 km/h spezifiziert, Versuche haben 300 km/h bestätigt. Betriebsfunk der DB wird unter der Bezeichnung DIBMOF (diensteintegrierender Bahnmobilfunk) entwickelt. Kommunikationsplattform: GSM-Rail (GSM-Rail-Netz liegt neben dem GSM-Erweiterungsband).

Um Anforderungen des UIC-Betriebsfunks zu genügen, müssen Gruppen- und Rundfunkrufe mit schnellem Verbindungsaufbau in das GSM integriert werden, ergänzt durch aus dem ISDN abgeleitete Prioritätensteuerung. Standardentwürfe umfassen die Spezifikationen von **Voice Broadcast Service (VBS)**: Sprach-Rundfunkdienst: damit können Teilnehmer des Mobilfunk- und Festnetzes eine Nachricht an mehrere sog. *Zuhörer* senden.

**Voice Group Call Service (VGCS)**: Sprachgruppenruf: ermöglicht Festnetz- oder Mobilstationen, einen Gruppenrufkanal aufzubauen, auf dem Gruppenmitglieder hören oder übertragen können.

**Enhanced Multi-Level Precedence and Pre-Emption (eMLPP)**: Prioritätenstrategie der ASCI. Die einem Teilnehmer zugewiesene max. Priorität wird mit dem Dienstanbieter bei Vertragsabschluss ausgehandelt und auf der SIM-Karte gespeichert.

### 3. High Speed Circuit Switched Data (HSCSD)

#### Kanalbündelungstechnik

Mit Hilfe des hochratischen kanalvermittelten Datendienstes HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) können einer Mobilstation innerhalb eines 200 kHz Frequenzkanals für die Dauer der Übertragung gleichzeitig mehrere Vollratenverkehrskanäle (TCH/F9,6) zugewiesen werden. Bei paralleler Nutzung aller 8 Zeitschlitze sind damit, abhängig vom verwendeten Trägerdienst, unter der Voraussetzung GSM-konformer TCH/F9,6-Codierung, Datenraten bis zu 76,8 kbit/s erreichbar. Eine parallele Nutzung von mehr als 4 Kanälen erfordert aufwendige Sende- und Empfangseinrichtungen in den Mobilstationen. Im Standard war anfangs die Anzahl vorläufig auf 2 Kanäle begrenzt, ab 2004 5 Kanäle eingerichtet. HSCSD entspricht einer Leitungsvermittlung mit Kanalbündelung.

#### Logische Architektur

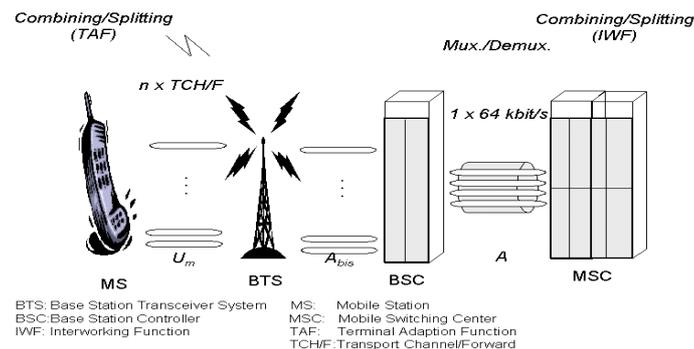


Abbildung 4.9: Architektur HSCSD

Im GSM sind die DÜ-Funktionen i.w. in der Endgeräteanpassungsfunktion der MS (Terminal Adaption Function, TAF) sowie in der Netzübergangsfunktion der MSC (Interworking Function, IWF) angesiedelt. Prinzipiell ist im HSCSD diese funktionelle Aufteilung beibehalten. Gleichzeitige Nutzung mehrerer Verkehrskanäle erfordert i.w. nur eine zusätzliche Splitting/Combining-Funktion in den Komponenten der MS (TAF) bzw. MSC (IWF).

#### 4.1.7 General Packet Radio Service (GPRS)

##### Paketdatendienst GPRS (MFN 2.5G)

Im Rahmen der Weiterentwicklung des GSM Phase 2+ wurde von ETSI ein paketorientiertes Dienstkonzept zur Datenübertragung entwickelt: GPRS (General Packet Radio Service): sog. MFN 2.5G. Erste Vorschläge für einen Paketdatendienst im GSM bereits 1991 publiziert. Standardisierung des GPRS 1997 abgeschlossen.

Einführung GPRS-Dienst in Deutschland 2. Halbjahr 2000 (Telekom: 40 - 115 kbit/s). Motivation: Erwartete Akzeptanz durch die Mobilfunkteilnehmer - Nutzungskosten (Anzahl der übertragenen Pakete statt Verbindungsdauer) und Dienstgüte. Prämissen: bestehende GSM-Komponenten nur gering zu verändern und neuen Dienst auf den vorhandenen Tele- und Trägerdiensten aufzubauen.

GPRS bildet Basis für Datendienste im GSM und UMTS (Ergänzung durch HSDPA). Weiterhin: GPRS-Standard im Rahmen der Standardisierung von *Enhanced Data Rates for GSM Evolution* zum Enhanced GPRS-Standard (EGPRS) erweitert.

##### Dienste im GSM-Netz

Drahtloser Paketdatendienst GPRS (General Packet Radio Service) erst spät in die GSM-Norm aufgenommen. Gesamtes GSM-Netz somit sowohl für Telefoniedienst als auch Datenübertragung (z.B. Internet-Dienste) geeignet (parallele Dienstnutzung):

- leitungsvermittelter Modus (Teledienste, leitungsvermittelte Datendienste),

- Paketmodus (Datenübertragung, Internet-Applikationen).
- Der für GPRS bestimmte Teil des Kernnetzes (SGSN, GGSN) besteht aus anderen Teilen als der leitungsvermittelte Teil (u.a. BTS, BSC – im GPRS modifiziert eingesetzt). Von beiden Teilen gemeinsam genutzt: HLR, EIR, AuC.

Netzarchitektur (leitungsvermittelt und Paketmodus)

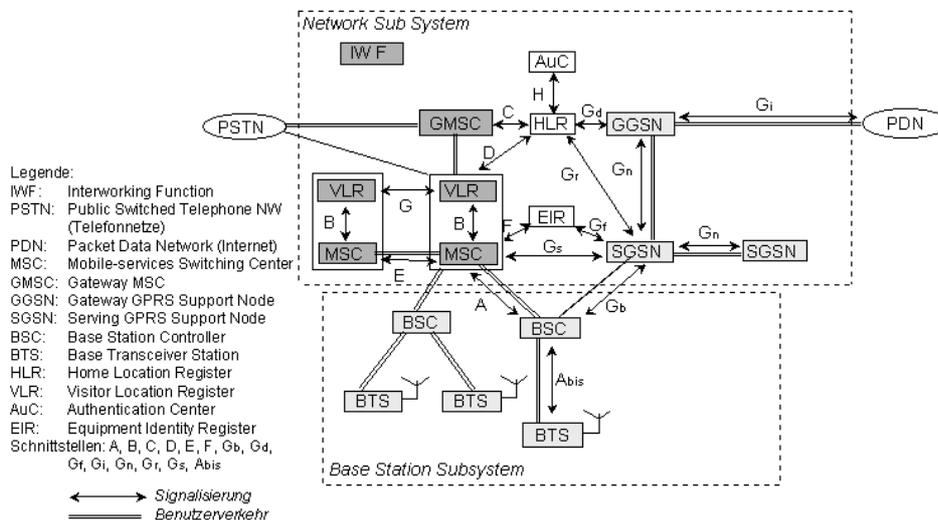


Abbildung 4.10: GSM/GPRS-Netz (Leitungs- und Paketvermittlungsdienst)

Symmetrien zwischen den Elementen des leitungsvermittelten Modus und des Paketmodus:

- GMSC und GGSN haben die Aufgabe, die Verbindung zu externen Netzen herzustellen:
  - \* GMSC (Gateway MSC) zum öffentlichen Telefonnetz,
  - \* GGSN (Gateway GPRS Support Node) zum Internet.
- MSC/VLR und SGSN verwalten im jeweiligen Modus die Informationen über die Teilnehmerlokalisierung
  - \* MSC (Mobile-services Switching Center) mit VLR (Visitor Location Register) für Teilnehmer bei Circuit Switching Mode,
  - \* SGSN (Serving GPRS Support Node) für Teilnehmer bei Packet Switching Mode.

### Bestandteile des GSM/GPRS-Kernnetzes

*HLR (Home Location Register):*

Datenbank zur Verwaltung der Teilnehmerinformationen. Je Teilnehmer

- Art und Umfang der abonnierten Dienste, maximale Übertragungsrate,
- Identifikation des Endgerätes: IMSI (*International Mobile Station Identity*),
- Rufnummer des Teilnehmers: MSISDN (*Mobile Station International ISDN Number*).
- VLR-Nummer, unter der der Teilnehmer registriert ist.

*VLR (Visitor Location Register):*

Mit MSC verbundene DB zur Registrierung der sich in bestimmter geografischer Zone (LA: Location Area) aufhaltenden Teilnehmer. Registrierungen bei Ortwechsel erforderlich. Daten ähnlich wie HLR. Zusätzlich

- Temporäre Identität des Endgerätes (TIMSI) zum Schutz gegen Mißbrauch der IMSI,
- aktueller Standort (LA) des Teilnehmers.

*AuC (Authentication Center):*

Umsetzung von Sicherheitsfunktionen bei Verbindungsaufbau (sonst Anruf-Zurückweisung)

- Authentisierung der IMSI des Teilnehmers,
- Verschlüsselung der Kommunikation.

**EIR (Equipment Identity Register):**

- Zusatzeinrichtung zur Diebstahlsicherung mobiler Endgeräte. DB mit Liste der verbotenen Mobiltelefone („schwarze Liste“): Abfrage bei Verbindungsaufbau, ggf. keine Verbindung.
- Voraussetzungen: TN muss Verlust melden, Betreiber aktualisiert DB.

**MSC (Mobile-services Switching Center) und GMSC (Gateway MSC):**

MSC: Steuerung des Verbindungsaufbaus zum Mobilgerät, Handover-Entscheidungen.  
 GMSC: Steuerung Verbindung zwischen MSC und öffentlichem Telefonnetz (bei ankommenden Anruf -> GMSC -> HLR-Abfrage -> MSC).

**IWF (InterWorking Function):**

- Funktionen zur Verbindung zwischen GSM-Netz und anderen Netzen: andere MFN, Telefonnetze (PSTN, ISDN), Datennetze (TCP/IP).
- Konvertierung zwischen den Transferprotokollen. Verwendung RLP (Radio Link Protocol) für Datentransfer im nicht-transparenten Modus.

**SGSN (Serving GPRS Support Node):**

- Übernimmt im GPRS die Aufgabe wie VLR im GSM, d.h. die Lokalisierung der Teilnehmer einer RA (Routing Area). RA entspricht der LA im GSM.
- SGSN führt (wie VLR) temporäre Identitätszuweisung durch: P-TMSI (Packet-TMSI).

**GGSN (Gateway GPRS Support Node):**

- Verbindung zu externen Paketvermittlungsnetzen (Internet, Intranet, ...).
- Entspricht im GPRS-Teil der Funktion des GMSC.

**Logische Architektur**

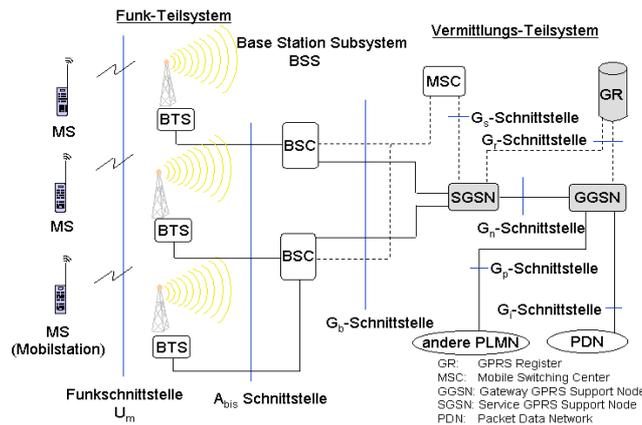


Abbildung 4.11: Logische Architektur GPRS

**Protokollarchitektur GPRS**

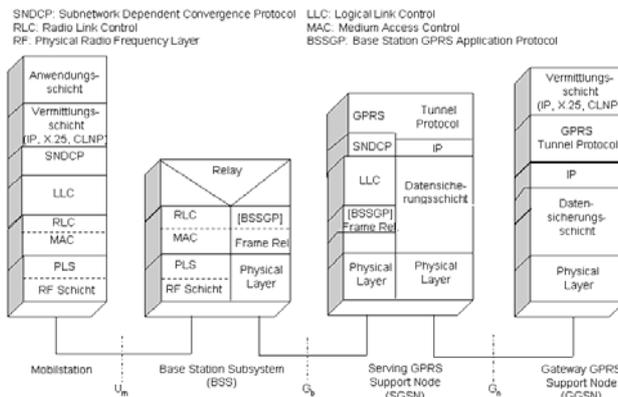


Abbildung 4.12: Protokollstapel GPRS

## GPRS-Funkschnittstelle $U_m$

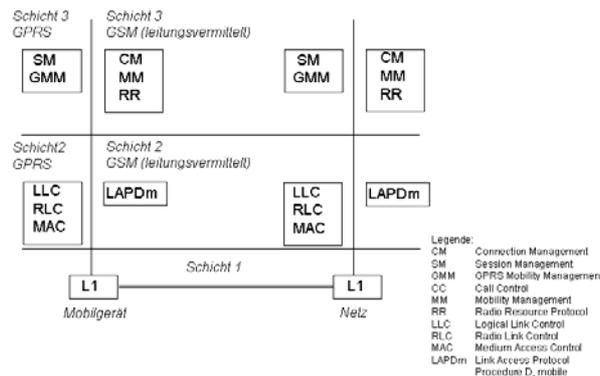


Abbildung 4.13: GSM/GPRS-Protokolle an Funkschnittstelle

### Protokolle der Funkschnittstelle $U_m$

#### Schicht 1:

Gemischter TDMA/FDMA-Zugangsmodus auf Basis GMSK-Modulation (8-PSK bei EDGE).

#### Schicht 2:

Realisierung eines zuverlässigen Datentransports zwischen zwei Netzkomponenten:

- *Leitungsvermittelt*: LAPDm (GSM-Anpassung nicht in UMTS-Norm übernommen).
- *GPRS*: erlaubt Aufteilung mehrerer GSM-Funkressourcen auf mehrere Datenströme einer Anwendung  $\sim$  3 Subschichten:

LLC (Logical Link Control): gesicherter Informationstransport zw. Mobilgerät und SGSN.

RLC (Radio Link Control): Segmentierung/Assemblierung der Pakete zw. LLC und  $U_m$ .

MAC (Medium Access Control): Multiplexing verschiedener Datenströme auf die GPRS-Kanäle unter Berücksichtigung relativer Prioritäten.

Anm.: Schicht 2 / GPRS entspricht in vielen Punkten dem UMTS-Zugangsnetz (UTRAN) mit einheitlichen Funkprotokollen für leitungsvermittelten Modus und Paketmodus.

#### Schicht 3:

Protokolle für Mobilitätsmanagement und Verbindungsaufbau  $\sim$  Subschichten.

RR (Radio Resource) Protocol: Verwaltung der einem Mobiltelefon im leitungsvermittelten Modus an Funkschnittstelle zugewiesenen Ressourcen, incl. Handover.

Mobilitäts-Management-Subschicht:

- Management der Bewegungen des GSM-Gerätes im Standby-Modus, d.h. Registrieren des vom Mobilgerät angezeigten Wechsels der Location Area,
- Sicherheit: Teilnehmerauthentisierung, Verschlüsselung, Endgeräteidentifikation (IMEI).

Dazu 2 Protokolle: MM (Mobility Management) für leitungsvermittelten Modus, GMM (GPRS MM) für Paketmodus.

Subschicht für Verbindungsaufbau (Anrufverwaltung)  $\sim$  2 Protokolle

- CM (Connection Management) im *leitungsvermittelten* Modus: Auf/Abbau eines Anrufs, Verwaltung von Zusatzdiensten (Aktivierung, Abfrage), Senden/Empfangen von SMS.
- SM (Session Management) im *Paketmodus*: Funktionen zur Aktivierung/Deaktivierung des PDP-Kontextes (Packet Data Protocol) für Paketdatenaustausch.

## 4.2 Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE)

### Konzeption

Hohe Datenraten in UMTS, *flächendeckend*, von bis zu 384 kbit/s und in *speziellen Gebieten* bis zu 2 Mbit/s; mit HSDPA: 1,8 ... 7,2 Mbit/s. Probleme, u.a. Investition, Installation, Geräteentwicklung. Schrittweiser Weg von 2G / 2.5G zu 3G-Netzen  $\sim$  Ausbau und Weiterent-

wicklung existierender Zellularsysteme (GSM, GPRS, EDGE). Vorteil: vorhandene Infrastruktur, Verfügbarkeit, differenzierte Akzeptanz neuer Dienste.

Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE) ist die Weiterentwicklung der Datendienste GPRS und HSCSD, somit geeignet für kanal- und paketvermittelte Dienste ~> Datendienste Enhanced GPRS (EGPRS) und Enhanced CSD (ECSD).

Durch modifizierte Modulationsverfahren erreicht EDGE sehr hohe Bruttobitraten von ca. 69.2 kbit/s pro physischen Kanal ~> bei paralleler Nutzung aller acht Zeitschlitz ergibt sich für EGPRS eine *Bruttobitrate* von 554 kbit/s ( $8 * 69,2 = 553,6$  kbit/s). Nominell maximal erreichbarer *Nettodurchsatz* von  $8 * 43,2 = 345,6$  kbit/s.

### Standard und Einsatz

EDGE durch ETSI 1997 als Evolution des GSM vorgeschlagen und Standardisierung ausgearbeitet. Konzept kann auch von anderen MFN zur Erhöhung der Datenraten genutzt werden ~> EDGE bei ITU-R als Mitglied der IMT2000-Familie eingereicht und als Standard für MFN 3G bestätigt.

*Schrittweise Einführung* von EDGE in die GSM-Netze (um Investitionen einzuschränken). So werden anfangs EDGE-Sender/-Empfänger weiterhin GSM-Signale verarbeiten können und die alten Sender/Empfänger in den GSM-Netzen ersetzen, in denen EDGE angeboten wird.

Somit GSM- und EDGE-Signale im gleichen Frequenzband koexistent, außerdem nur minimale Änderungen in Zell- und Frequenzplanung vorgesehen.

Netzarchitektur des GSM bleibt für EDGE erhalten, somit i.w. nur Modifikationen an der Funkschnittstelle. Anbieter vorrangig in Nordamerika (z.B. Basis für iPhone), in Deutschland: T-Mobile (220 kbit/s).

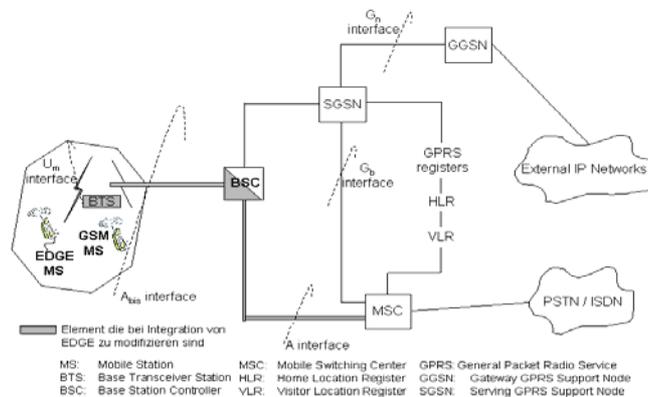


Abbildung 4.14: EDGE-Architektur

### Erweiterung

Für 2. Phase der EDGE-Einführung ist ein Sprachdienst mit adaptiver Codec-Auswahl (*Adaptive Multirate Codec*, AMR) vorgesehen. EDGE-Träger können somit mehrere Gespräche pro Zeitschlitz tragen ~> dadurch Kapazität für Sprachdienste erhöhbar. Ebenfalls sind Codecs höherer Qualität realisierbar, z.B. mit 32 kbit/s.

Bei günstigen Funkbedingungen und langsamer Eigenbewegung kann komplette GSM-Trägerfrequenz zur Verfügung gestellt werden. Theoretisches Maximum: 345,6 kbit/s.

Verbesserung GSM mittels neuer Modulation und neuer Kanalkodierungsalgorithmen an der Funkschnittstelle. EDGE ermöglicht DÜ-Rate von bis zu 43,2 kbit/s pro GSM-Time-Slot (bei 8 Slots ~>  $8 * 43,2$  kbit/s = 345,6 kbit/s). Wegen GSM-Architektur keine Echtzeitdienste.

## 5 Mobilfunknetze 3G (UMTS, IMT-2000)

### 5.1 Ursprung UMTS und Einordnung in IMT-2000

#### 5.1.1 Standards IMT-2000 und UMTS

##### Ausgangspunkt: Mobilfunksysteme der 2. Generation (MFN 2G)

Rasante Entwicklung der Mobiltelefonsysteme. 12/2001: 1,3 Mrd. TN (ITU), 2009 ca. 4 Mrd.  
07/2001: GSM (weltweit) 564 Mio., IS-136 81 Mio., PDC 55 Mio., IS-95 100 Mio.

Bekannteste System der MFN 2G, die aber inkompatibel sind:

- GSM (Global System for Mobile Communications), ursprüngl. Europa, heute weltweit.
- AMPS (Advanced Mobile Phone System), IS-136 oder D-AMPS (Digital AMPS, Nachfolgesystem von AMPS und IS-95, auch als CDMAOne bezeichnet): Amerika, Asien.
- PDC (Personal Digital Cellular), ergänzt mit PHS (Personal Handyphone System), Japan.

##### IMT-2000 (MFN 3G)

Vermeidung von Inkompatibilitäten wie bei MFN 2G ~> ITU (International Telecommunication Union): Vereinigung der Entwürfe verschiedener Gremien ~> Konzept IMT-2000 (International Mobile Telecommunications at 2000 MHz) als internationale Norm.

Ziele: - Unterstützung von Multimedia-Anwendungen,  
- Unterstützung höherer Übertragungsraten (bis 2 Mbit/s),  
- Erweitertes Roaming mit ausgedehntem Service-Netz.

Juni 1998: 16 Vorschläge, für terrestrische MFN-Netze inkl. Satellitenkommunikation. Größter Anteil mit CDMA-Technologie (Problem für GSM-Betreiber).

CDMA mit den Modi FDD (Frequency Division Duplex) und TDD (Time Division Duplex). FDD erfordert Frequenzpaare (für Uplink und Downlink jeweils andere Frequenzbänder), TDD nur 1 Frequenzband (Uplink und Downlink zeitlich gemultiplext).

Es verblieben 2 Technologiefamilien für terrestrische Netze, die zu 2 Hersteller- und Betreibergruppen führten: 3GPP (~> UMTS) und 3GPP2 (~> CDMA2000).

3GPP (3rd Generation Partnership Project): Ursprung von UMTS, Übernahmen aus GSM-Norm.

3GPP2: Reaktion auf GSM-Lastigkeit: CDMA2000, Sicherung für nordamerikan. IS-95 (CDMA)

#### 5.1.2 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

##### Ziele von UMTS

1. Kompatibilität zu MFN 2G (insbes. GSM)
  - Dienste und Netze (UMTS-Netz, Transitnetz (z.B. Telefonnetz)).  
UMTS Phase 1 (Version 99 / 3GPP) definiert alle Support-, Tele- und Zusatzdienste aus GSM.
  - Transparenz des Netzes (zur Erhöhung der Netzkapazität):  
*Mikrozellulernetze:* bestehen aus kleinformatischen Zellen (Mikrozellen) als Ergänzung einer überlasteten großformatigen Zelle (Makrozelle).  
*Dualbandnetze:* Verdichtung des Abdeckungsgrades durch Betreiber, indem Zellen mit anderem Frequenzband hinzugefügt werden (z.B. im 900-MHz-Band Zellen mit 1800 MHz, UMTS-Inseln).
2. Unterstützung Multimedia  
insbes. Sprache, Bildtelefon, DÜ, Web-Zugang, Fernsehen, Live-Video und Navigation
3. Übertragungsraten
  - 144 kbit/s im ländlichen Raum, 384 kbit/s im städtischen Raum,
  - 2 Mbit/s für geringe Distanzen (insbes. in Gebäuden, bei geringerer Mobilität),
  - in Erweiterung mit HSDPA: 1,8...7,2 Mbit/s (in Ergänzung zu DSL-Zugangsleistung).
4. Serviceklassen (zur Bereitstellung der Ressourcen und Sicherung der Dienste)

## Frequenzzuordnung für MFN 3G

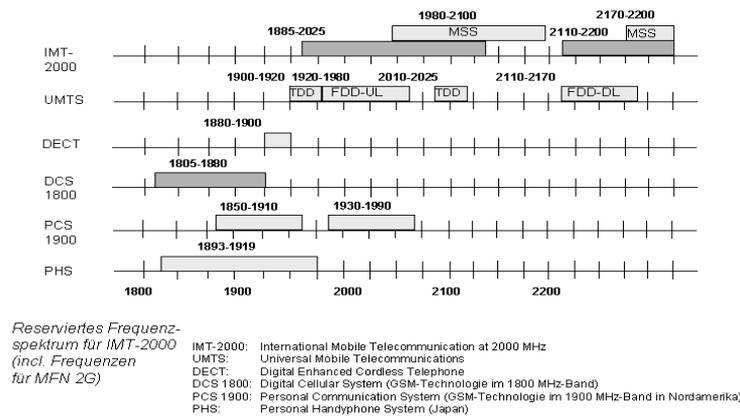


Abbildung 5.1. Frequenzspektrum für IMT-2000 (incl. MFN 2G)

### UMTS-Datendienste und -Anwendungen

Neben Telefonie deutliche Zunahme der Datenanwendungen, u.a. MMS (Erweiterung SMS durch Bild, Audio, Video oder Animationen), Zugang zum Internet (öffentliches Internet, Firmennetze), Informationsdienste, z.B. Informationsportale oder Serverzugang.

UMTS-Anwendungen:

- Telefonie und fortgeschrittene Telefonie (inkl. SMS, EMS (enhanced), MMS),
- Lokalisierungstechniken (Zellortungen (Funkintensität), GPS),
- Mobiler Internetzugang sowie Intra-/Extranet-Zugang, u.a. Web-Seiten, mobile Web 2.0-Anwendungen (z.B. Blogs, Pull-Dienste (RSS-Feeds, Twitter))
- Multimediale Nachrichten und Informationsdienste (Podcast), u.a. MMS, Handy-TV, Handy-Navigation, Email (Push-Dienste), Web-Dienste.
- Smartphones (Telefon + PDA), z.B. iPhone.

### UMTS Spezifikationen

UMTS-Normen:

Version 3 (Release 99): erste operationelle Version, alle Basisfunktionen.

Versionen 4, 5, 6 ff: Weiterentwicklungen, basierend auf Version 3

Wichtigste Neuerung in Version 4	Beschreibung
<b>Multimedia Message Service (MMS)</b>	MMS: Erweiterung Kurznachrichtendienst SMS – ermöglicht auch Übertragung von Ton (Sprache, Musik) und Bild (Video, Bilder)
<b>Tandem Free Operation Transcoder Free Operation</b>	Verbesserungen zur Reduzierung der Sprachkodierung in der Kommunikation zwischen Mobilgeräten
<b>UTRAN Transport Evolution</b>	Funktionen zum Optimieren des Einsatzes von ATM/AAL2 im UTRAN-Transportnetz

Wichtigste Neuerung in Version 5	Beschreibung
<b>High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)</b>	Verbesserung der Übertragungsrate und Verringerung der Übertr.-Verzögerung beim Datentransport auf dem DSCH (Downlink Shared Channel)
<b>UTRAN Transport Evolution</b>	Einführung des IP-Protokolls im UTRAN-Transportnetz als Alternative zu den Schichten ATM/AAL2
<b>IP-based Multimedia Services (IMS)</b>	Entwicklung des Kernnetzes zur reinen IP-Architektur für Unterstützung der Benutzerapplikationen (Sprache, Datenübertragung, ...)
<b>Wideband AMR</b>	Verbesserung der Tonqualität durch Verwendung von Kodiererr/Dekodierern, die Breitbandübertragung der Sprache (7 kHz) erlauben

Abbildung 5.2: UMTS-Spezifikationen

## 5.2 Grundlagen UMTS (3GPP)

### 5.2.1 Basiskonzepte UMTS

#### Zugangsnetz und Kernnetz

Komponenten eines UMTS-Netzes:

- Kernnetz (CN: Core Network),
- Zugangsnetz (AN: Access Network)

Schnittstelle  $I_u$  zwischen CN und AN erlaubt Anschluss unterschiedlicher Zugangsnetze:

- BRAN (Broadband Radio Access Network), für Breitband-Zugangsnetz vom Typ WLAN (Wireless LAN, u.a. IEEE 802.11, HIPERLAN/2);
- SRAN (Satellite Radio Access Network);
- UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network).

Allgemeine Verwendung des Funkkanals über RAB (Radio Access Bearer) möglich.

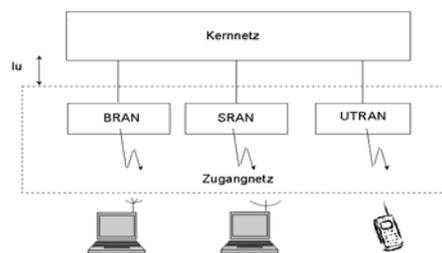


Abbildung 5.3: Schema eines UMTS-Netzes

#### Ebenen (Schichten)

Schichtenkonzept: liefert unabhängige Service-Ebenen im UMTS. Hauptebenen (entsprechend der logischen Aufteilung der Netzfunktionen): Access Stratum, Non-Access Stratum.

#### Access Stratum (AS):

- Umfasst alle mit dem Zugangsnetz verbundenen Funktionen, u.a. Management der Funkkanäle, Handover-Verwaltung, UTRAN.
- Teil des Mobilgerätes (Protokolle der Funkschnittstelle  $U_u$ ),
- Teil des Kernnetzes ( $I_u$ -Schnittstelle).

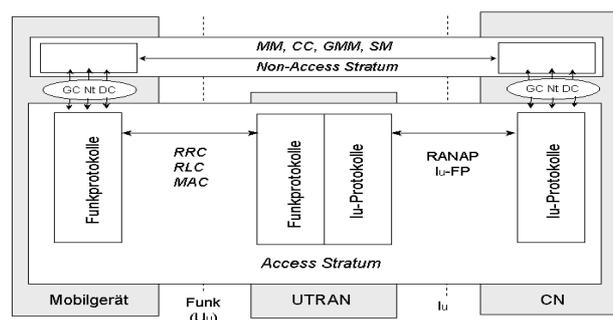


Abbildung 5.4: Access-/Non-Access Stratum und SAP

#### Non-Access Stratum (NAS):

Umfasst alle anderen vom Zugangsnetz unabhängigen Funktionen des UMTS-Netzes, u.a.

- Funktionen zur Verbindungsherstellung: entsprechen den Schichten der Protokolle CC (Call Control) für leitungsvermittelte Anrufe, SM (Session Management) für Paketvermittlung.
- Funktionen des Mobilitätsmanagements im Standby-Modus: = Schichten der Protokolle MM (Mobility Management) im leitungsvermittelten Modus, GMM (GPRS Mobility Management) im Paketmodus.

### Service Access Points (SAP) zwischen Access Stratum und Non-Access Stratum

AS verhält sich gegenüber NAS wie Dienstleistungsanbieter: zum Aufbau einer Verbindung wird AS vom NAS beauftragt, die Signalisierungsverbindungen und Übertragungskanäle im Zugangnetz einzurichten.

Je nach angeforderten Dienst werden am SAP 3 Zugangspunkte angeboten:

#### General Control SAP (GC)

- Alle Dienste, die mit Senden von Informationen über Funkschnittstelle verbunden sind.
- Broadcast-Funktion: Senden für die Allgemeinheit, Info's können von allen Mobilgeräten empfangen werden, z.B. Verkehrsinformation, Wetter, Netzkonfigurationsinformationen.

#### Notification SAP (Nt)

- Weitere Dienste zum Senden von Informationen an der Funkschnittstelle.
- Im Gegensatz zu GC-SAP sind Informationen nur für einen oder mehrere identifizierte Benutzer bestimmt, z.B. Paging-Nachrichten oder Gruppenruf.

#### Dedicated Control SAP (DC)

- Nur für einzelnes Mobilgerät bestimmte Dienste, z.B. Herstellung/Beendigung einer Signalisierungsverbindung, Senden/Empfangen von Nachrichten auf diesen Verbindungen.
- Beispiele: SMS (Kurznachrichten), Signalisierungen auf höheren Ebenen: MM (Mobility Mgt.) oder CC (Call Control) für leitungsvermittelte Anrufe und PMM (Packet Mobility Mgt.) oder SM (Session Mgt.) für Paketmodus.

## 5.2.2 Architektur und Schichtenstruktur UMTS

### Architektur UMTS-Netz

UMTS-Netz nach Standard ETSI: Kernnetz (CN: Core Network) und Zugangnetz UTRAN (AN: Access Network).

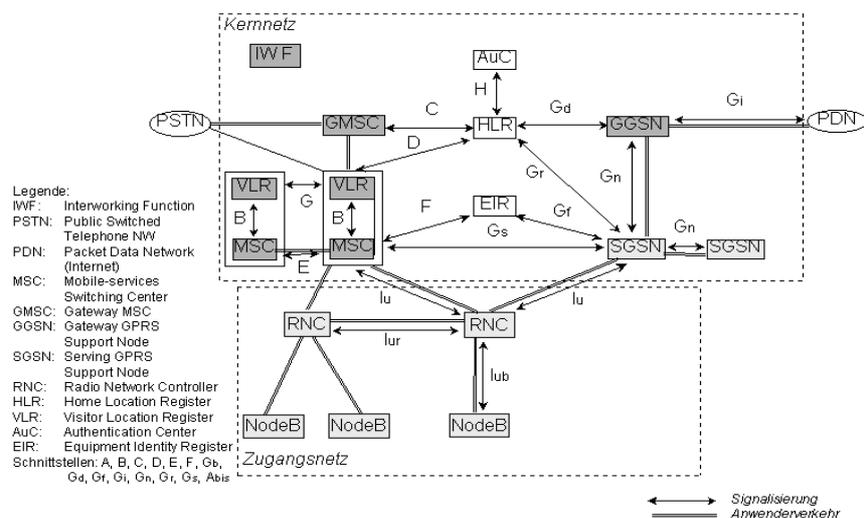


Abbildung 5.5: Architektur UMTS-Netz mit UTRAN-Zugangnetz

Struktur UMTS-Netz analog Struktur GSM-Netz:

Kernnetze von GSM (mit GPRS) und UMTS ähnlich: Gesamtheit der Komponenten und Schnittstellen des GSM-Kernnetzes wurden ins UMTS-Kernnetz übernommen. Dennoch funktionelle Unterschiede in einzelnen Komponenten, insbes. Netzknoten SGSN (Serving GPRS Support Node) und MSC (Mobile Switching Center).

Hauptbestandteile des Kernnetzes:

- MSC, HLR / VLR (Home / Visitor Location Register), AuC, EIR,
- GGSN (Gateway GPRS Support Node), SGSN (Serving GSN), GMSC (Gateway MSC).

Bestandteile des UMTS-Zugangnetzes:

- RNC (Radio Network Controller): Äquivalent zum BSC im GSM-Netz,

- NodeB: Äquivalent zur BTS im GSM-Netz,
- Neue Schnittstelle zwischen den RNC: Iur.

### Schichtenstruktur UMTS-Netz

Für Anrufe im *leitungsvermittelten Modus*:

- Die im Kernnetz an den Schnittstellen C, E und F verwendeten Transportschichten TCAP, SCCP und MTP sind mit denen im GSM identisch,
- UMTS-Anwendungsschicht ist Weiterentwicklung der GSM-MAP-Schicht,
- Für das Zugangnetz wurden neue Protokolle definiert.

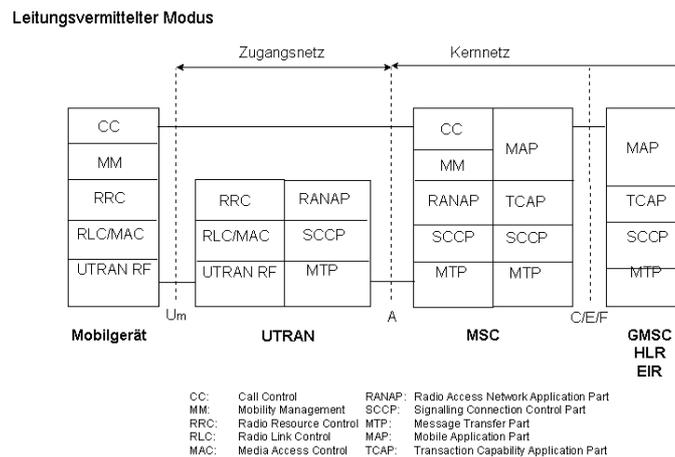


Abbildung 5.6: Schichtenarchitektur für Anrufe im leitungsvermittelten Modus

Für Datenübertragung im *Paket-Modus*:

- Die Transportschichten des Kernnetzes zwischen SGSN und GGSN bleiben wie im leitungsvermittelten Modus unverändert,
- Signalisierung, die zur NAS-Schicht gehört, sind mit GSM identisch, d.h.
  - Schichten CC (Call Control) und MM (Mobily Mgt.) im leitungsvermittelten Modus,
  - Schichten SM (Session Mgt.) und GMM (GPRS Mobily Mgt.) im Paketmodus
- Einige Weiterentwicklungen zu neu eingeführten Diensten.

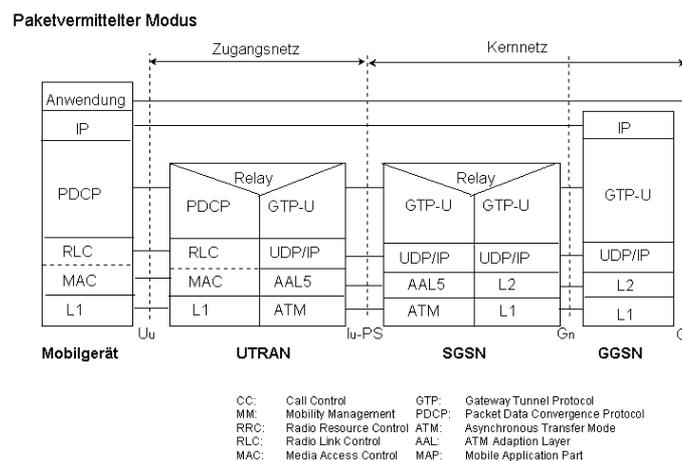


Abbildung 5.7: Schichtenarchitektur der Packet-Switched Domain

### 5.2.3 UMTS-Kernnetz

#### Domain-Konzept

UMTS-Spezifikation Version 99 und 3GPP unterscheidet (analog zu GSM) zwei Service-Domains: CS (Circuit Switched): leitungsvermittelt, PS (Packet Switched): Paket-basiert. Bestandteile des Kernnetzes auf 3 Bereiche verteilt:

Gruppe 1: Elemente der CS-Domain -> umfasst MSC, GMSC, VLR.

Gruppe 2: Elemente der PS-Domain -> umfasst SGSN, GGSN.

Gruppe 3: Elemente, gemeinsam genutzt von CS- und PS-Domain -> HLR, EIR, AuC.

Moderne UMTS-Handys können zugleich über die CS- und PS-Domain kommunizieren.

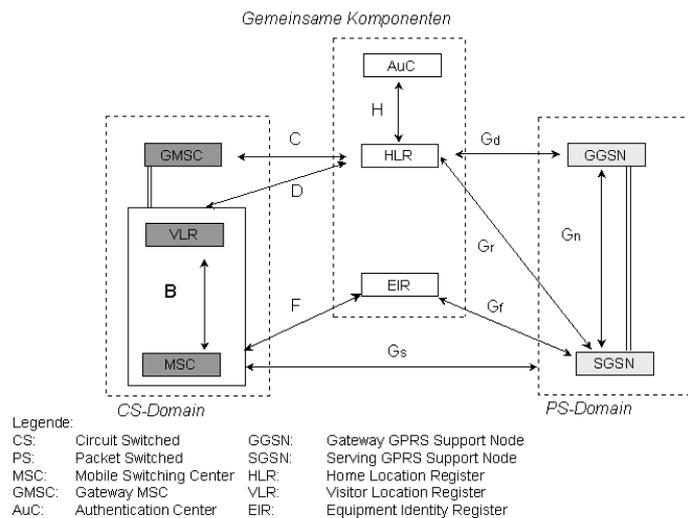


Abbildung 5.8: Aufteilung der Kernnetz-Komponenten auf Domains

### 5.2.4 UMTS-Zugangsnetz (UTRAN)

#### Komponenten des Zugangsnetzes

##### Radio Network Controller (RNC)

RNC im UTRAN hat gleiche Funktion wie BSC im GSM-Netz:

- vor allem das Routen der Verbindungen zwischen dem NodeB und dem Kernnetz
- Überwachung des NodeB.

Durch die Einführung einer neuen Schnittstelle im Zugangsnetz (Iur-Schnittstelle) und durch Definition neuer Konzepte im UTRAN (speziell Access und Non-Access Stratum) ist die Funktion des RNC stark abweichend gegenüber der BSC im GSM-Netz.

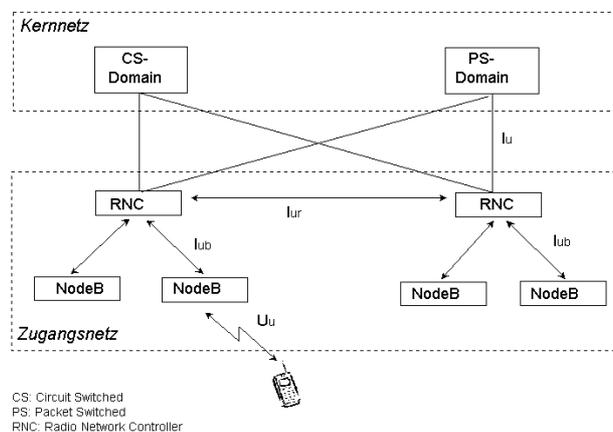


Abbildung 5.9: Schema des Zugangsnetzes

Neue Funktionen des RNC: *Relocation*-Funktion und Verwaltung der Makrodiversität. Wegen der zw. RNC und UTRAN eingeführten Iur-Schnittstelle unterscheiden die Spezifikationen verschiedene Arten von RNC, je nach ihrer Funktion bei den einzelnen Verbindungen.

### NodeB

NodeB des UTRAN ist das Äquivalent zum BTS der GSM-Netze. Wichtigste Aufgabe: Sicherstellung der Sende- und Empfangsfunktionen einer oder mehrerer UTRAN-Zellen.

Die technische Umsetzung der internen NodeB-Architektur ist dem Hersteller überlassen. Somit kann ein NodeB auch eine oder mehrere Zellen umfassen und seine Antennen in alle Richtungen oder in einzelne Sektoren richten.

Das RANAP-Protokoll (Radio Access Network Application Part, genutzt an der Iur-Schnittstelle zum Ausloten der Funktionsweise des NodeB) ist ein offenes Protokoll, d.h. vollständig durch die 3GPP-Norm spezifiziert. Damit Verbindung zwischen RNC und NodeB durch verschiedene Hersteller ermöglicht. Zur Erleichterung der Protokolldefinition spezifiziert UTRAN-Norm ein logisches Modell des NodeB.

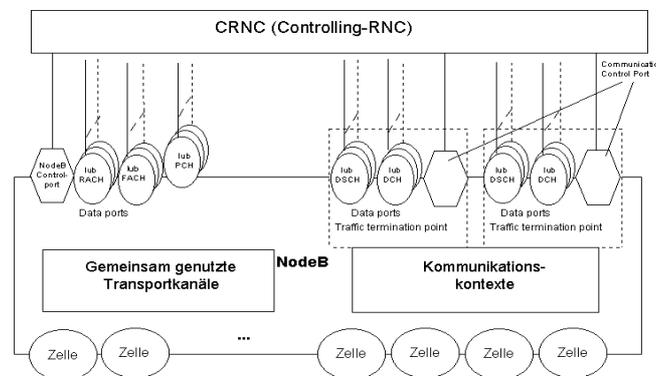


Abbildung 5.10: Logisches Modell des NodeB

Logisches Modell des NodeB besteht aus verschiedenen Elementen:

- Die **Kommunikationskontexte** stellen die den Benutzern des Netzes zugeteilten und vom NodeB unterstützten Ressourcen dar. Jeder Anwender verfügt über einen Kommunikationskontext, der aus einem oder mehreren zugeordneten (DCH) oder gemeinsam genutzten (DSCH: Downlink Shared CHannel) Transportkanälen besteht. Das Management der Anwenderressourcen erfolgt über den Communication Control Port.
- Jeder NodeB muss eine bestimmte Anzahl **gemeinsam genutzter Transportkanäle** unterstützen (RACH, FACH, PCH), je nach Zahl der im NodeB vorhandenen Zellen.
- Der NodeB Control Port wird vom RNC zum Konfigurieren und Initialisieren der vom NodeB unterstützten Ressourcen verwendet, d.h. zur Bestimmung des Formats und der Struktur der gemeinsam genutzten Transportkanäle, und zur Konfigurierung der Systeminformationen, die über den BCCH-Peilkanal jeder Zelle des NodeB gesendet werden.

## 5.2.5 UMTS-Endgeräte

### Geräteentwicklung

Europa und Länder mit GSM: GSM-lastig ~> UMTS-Geräte anfangs auch GSM-fähig. Neue Smartphones (ab 2007): UMTS- bzw. CDMA2000-Geräte (z.T. EDGE).

Japan: UMTS-Technologie ohne Kontinuität zu bestehenden Systemen.

### USIM-Karte

Zugang zu Diensten im UMTS-Netz ist an eine im Endgerät befindliche Chip-Karte des Teilnehmers gebunden: **USIM (Universal Subscriber Identity Module)**. Ohne diese Karte nur Notrufe möglich.

USIM-Karte ist wie GSM-SIM-Karte konform zu den Spezifikation 7816 der ISO/IEC (*International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission*). Diese Norm definiert eine Anzahl von Funktionsmerkmalen der Chipkarten, z.B. Abmessungen, Positionen der Kontakte, elektrische Merkmale und Protokolle des Datenaustauschs zwischen Karte und Endgerät.

Zwei Kartenformate (ISO-Norm 7816-2): Kreditkartenformat und Plug-in-Format (wegen seiner geringeren Größe am häufigsten verwendet). USIM-Karte enthält eine Anzahl von Daten, die in verschiedenen Dateien strukturiert sind. Datenstruktur der USIM-Karte ist eine Erweiterung gegenüber SIM-Karte von GSM-Geräten ~> erlaubt ihre Verwendung in einem GSM-Endgerät.

USIM-Karte enthält alle teilnehmerrelevanten Daten.

- IMSI (*International Mobile Station Identity*);
- MSISDN (*Mobile Station International ISDN Number*), die Telefonnummer des Teilnehmers;
- bevorzugte Sprache für Anzeige von Informationen und Menüoperationen am Endgerät;
- Codes für Verschlüsselung und Integrität für Dienste der CS- und PS- Domains (diese Codes für Sicherheitsfunktionen verwendet);
- Liste der unzulässigen Netze;
- TMSI und P-TMSI, die temporären Identitäten des Teilnehmers gegenüber CS- und PS-Domains;
- Identität der aktuellen Lokalisierungszone des Mobilgerätes für CS- und PS-Domains.

## 5.3 Implementation UMTS

### 5.3.1 UMTS in Deutschland

#### **Merkmale**

UMTS-Netze in Deutschland: T-Mobile, Vodafone (Februar 2004), E-Plus, O2. Verbesserte Sprachqualität gegenüber GSM; Ergänzung durch Videotelefonie und Datenübertragung mit vü bis 2 Mbit/s ~> damit leistungsfähigere MM-Dienste möglich.

Integration von GSM-Leistungsmerkmalen, wie Rufweiterleitung, Wahlwiederholung, Freisprechen und der Paketvermittlung der GPRS-Technik (General Packet Radio Service), mittels paketvermitteltem Breitbandzugang HSDPA  $v_{\text{ü}} = 1,8_{2006} \dots 7,2$  Mbit/s.

Frequenzbereich an Luftschnittstelle zwischen Basisstation (BS) und Mobilstation (MS) für Senden und Empfangen: bei 2000 MHz.

Uplink (Handy -> Basisstation): 1920 – 1980 MHz (gültig für DE),

Downlink (Basisstation -> Handy): 2110 – 2170 MHz (gültig für DE).

Eingesetztes Mehrfachzugriffsverfahren an Luftschnittstelle: CDMA (Code Division Multiple Access). Standardisierung der UMTS-Spezifikation: ETSI (European Telecommunications Standardization Institute). Einsatz IP-Protokoll im Kernnetz.

#### **Zugriffsverfahren an Luftschnittstelle**

Multiplexverfahren CDMA (Code Division Multiple Access): jedem Teilnehmer wird ein eigener Code zugewiesen, multipliziert mit einer sog. *Spreiz-Frequenz* (Spreizcode, "Chip").

Bei GSM wird für jedes Gespräch eine bestimmte Frequenz (FDMA, Frequency Division Multiple Access) und ein bestimmter Zeitschlitz (TDMA: Time Division Multiple Access) bereitgestellt.

Bei CDMA senden alle Teilnehmer zur gleichen Zeit und auf gleicher Frequenz. Die einzelnen Verbindungen unterscheiden sich durch einen individuell zugeteilten Digitalcode. Damit werden die einzelnen Sendeströme codiert und auf Empfängerseite decodiert. Allein der Empfänger, der synchron mit demselben Code im Takt arbeitet, kann das für ihn bestimmte Signal entschlüsseln und von den übrigen Signalen trennen.

In UMTS sind 2 CDMA-Verfahren spezifiziert: W-CDMA und TD-CDMA.

**W-CDMA (Wideband CDMA)**

Kombiniert Frequenzmultiplex (FDMA) und Codemultiplex (CDMA), neben Raummultiplex für Zellenstruktur (SDMA). Einsatz bei Übertragungen im FDD-Modus (Frequency Division Duplex): Hierbei stehen für Hin- und Rückkanal jeweils 2 separate Frequenzbänder zur Verfügung ~> gleichzeitiges Senden und Empfangen möglich. Damit sog. Vollduplexbetrieb ermöglicht. Die meisten UMTS-Funknetze werden mit W-CDMA im FDD-Modus realisiert. Wideband- (oder Breitband-) CDMA hauptsächlich von Ericsson, Nokia und japanischen Herstellern entwickelt. Basis: CDMA-Zugriffsverfahren. Allerdings Bandbreite des Übertragungskanal auf 5 MHz erweitert („Wideband“).

**TD-CDMA (Time Division CDMA)**

TD-CDMA ist eine Kombination von TDMA (Time Division Multiple Access) und CDMA sowie SDMA. Es ist eine Ergänzung zu W-CDMA, um zusätzliche Bandbreiten und Sonderanwendungen zu ermöglichen. Um TD-CDMA an das W-CDMA anzupassen, wird Bandbreite auf 5 MHz erhöht. Wie bei GSM erfolgt bei TD-CDMA eine zeitliche Unterteilung der Signale in Zeitschlitz. Zusätzlich kann auf jedem Zeitschlitz über mehrere Codes mehrfach zugegriffen werden. 15 Zeitschlitz mit einer jeweiligen Dauer von 10 ms. TD-CDMA kommt im TDD-Modus (Time Division Duplex) zum Einsatz, bei dem nur ein Träger für Hin- und Rückkanal zur Verfügung steht. Die Signale für Sende- und Empfangsrichtung werden dabei auf einem Kanal kurz nacheinander gesendet (Halbduplexverfahren).

**UMTS-Netz (Beispiel Vodafone).**

Basiert i.w. auf der GSM-Architektur mit Einbezug GPRS und UMTS-Erweiterungen:

- Zellenarchitektur, UMTS-Inseln, Funkzellenwechsel (Handover, Roaming)
- Raummultiplexing (Wiederverwendung Funkfrequenzen), Codemultiplexing (CDMA),
- Nutzung GPRS-Paketdatenfunk (aus GSM).

Hauptkomponenten

- Funkteilsystem (UTRAN): Funkzellen mit Mobilstation, Luftschnittstelle, NodeB (Basisstation, Sende-/Empfangseinheit; entspricht GSM-BTS: Base Transceiver Station). Funkversorgung der mobilen Teilnehmer.
- Vermittlungsteilsystem (Vermittlungseinrichtungen, Core Network): Vermittlungseinrichtung UMSC, Anschluss an andere Telefon- und Datennetze sowie andere Mobilfunknetze. Einbezug GPRS-Paketvermittlung (aus GSM).

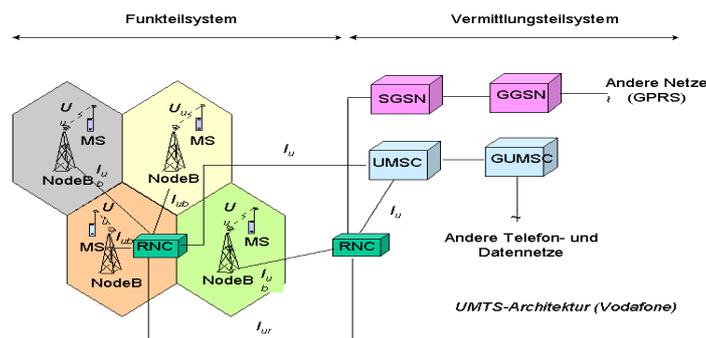


Abbildung 5.11: Zellenarchitektur UMTS-Netz (Vodafone)

Funkteilsystem (UTRAN): NodeB, Mobilstation, RNC, Air interface

NodeB: Basisstation

MS: Mobilstation

RNC: Radio Network Controller

Schnittstellen:  $U_u$  (Luftschnittstelle),  $I_{ub}$ ,  $I_{ur}$ ,  $I_u$

Vermittlungsteilsystem: Core Network, Vermittlungsstellen, GPRS (aus GSM)

UMSC: UMTS Switching Center

GUMSC: Gateway UMSC

SGSN: Serving GPRS Support Node

GGSN: Gateway GPRS Support Node

## Übertragungsraten

Theoretischer Wert: 2 Mbit/s - steht allen aktiven Teilnehmern einer Funkzelle gemeinsam in einem 5-MHz-Kanal zur Verfügung. Da gesamte Bandbreite unter allen aktiven Teilnehmern aufgeteilt wird, werden auch die 2 Mbit/s auf alle aktiven UMTS-Nutzer einer Funkzelle aufgeteilt. Aus technischen Gründen z.Zt. max. 384 kbit/s verfügbar (6-fache ISDN-Datenrate).

Zielstellungen: Breitband und Echtzeit (s. auch World Mobile Congress, Barcelona).

Verbesserte Nutzung der Funkkanäle:

- UMTS, Version 5: HSDPA (High Speed Downlink Packet Access): Paketvermittlung, ab 2006; 1,8 Mbit/s ... 7,2 Mbit/s (HSDPA+: 28 Mbit/s)
- UMTS, Version 6: HSUPA (High Speed Uplink Packet Access): ab 2007; 1,45 ... 5,8 Mbit/s.

UMTS (Standard 384 kbit/s) und HSDPA als Alternative zum DSL-Festnetzanschluss: somit Voraussetzungen für mobiles Surfen, Video-Streaming, Telefonie, TV.

**Breitband-Mobilfunk** (Entwicklungen): HSDPA+, Wimax, LTE (100 Mbit/s).

*Alternativen:* Wo HSDPA nicht verfügbar, dort UMTS (384 kbit/s), sonst GPRS (56 kbit/s... max 171 kbit/s) oder EDGE ( ... max 345 kbit/s). T-Mobile einziger Anbieter von EDGE in DE mit 220 kbit/s („Datenturbo“).

### High Speed Downlink Packet Access (HSDPA):

Paketvermittlung in UMTS (Downlink-Kanal). UMTS-Standard Version 5: Verbesserung Übertragungsrate und Verringerung Übertragungsverzögerung beim Datentransport auf dem DSCH (Downlink Shared Channel).

Realisierung eines paketvermittelten Breitbandzuganges in UMTS (in Ergänzung zu DSL-Zugangsleistung). Auch als Turbo-UMTS (T-Mobile) oder Broadband-UMTS (Vodafone) bezeichnet: 1,8 Mbit/s 2006 ~> später 3,6 Mbit/s ~> 7,2 Mbit/s.

Realisierung durch verbesserte Nutzung des DSCH (Download Shared Channel).

HSDPA+: 28 Mbit/s, Testbed München (2009, O2, Technik durch Huawei Technologies).

### HSUPA (High Speed Uplink Packet Access):

Paketvermittlung in UMTS (Uplink-Kanal). UMTS-Standard Version 6: Verbesserung Uplink (bis 5,8 Mbit/s, Release 6) und verkürzte Roundtrip-Zeiten (Ping).

T-Mobile 1,45 Mbit/s 2007, Vodafone, O2.

## 5.3.2 Implementationen (Lizenz, Einsatz)

### Lizenzvergabe in Deutschland

17.08.2000: Lizenzvergabe, ca. 50 Milliarden Euro. Stand nach 173 Runden:

T-Mobile (Telekom)		8.478 Mrd. €	Probleme wg. Milliardenausgabe
Viag Interkom	8.444 Mrd. €		
Vodafone (O2) / Mannesmann	8.423 Mrd. €		Rücksetzung der Erwartungen
Group 3G	8.408 Mrd. €		
E-Plus (KPN <sub>Niederlande</sub> ) / Hutchinson	8.394 Mrd. €		Probleme wg. Milliardenausgabe
Mobilcom / Quam (Telefonica, Sonera)	8.370 Mrd. €		kein Netz in DE aufgebaut
Debitel			freiwillig ausgeschieden

Hochgesteckte Erwartungen bis 2005 nicht erfüllt, Milliardenpoker, hohe Finanzlasten. Verbesserung in 2006: installierte Netze, Nutzerzahlen, Breitband-UMTS.

## 6 Mobilfunknetze 4G (LTE – Long Term Evolution)

### 6.1 LTE (Release 8, MFN 3.9G)

#### 6.1.1 Entwicklung des neuen Standards

##### LTE (Long Term Evolution)

Ein neuer Standard für zelluläre Mobilfunknetze der 4. Generation (MFN 4G).

Erste Version von LTE (LTE Release 8, sog. MFN 3.9G): UMTS-Nachfolger. Leistung (download) bis 300 Mbps (Megabit/sek) – deutlich höher als UMTS:

(384 kbit/s<sub>UMTS</sub>... 7,2 Mbit/s<sub>HSDPA</sub> ... 28 Mbit/s<sub>HSDPA+</sub>).

Beibehaltung des Grundschemas von UMTS ~> erleichtert kostengünstige Umrüstung der Infrastrukturen der UMTS (MFN 3G) auf LTE bzw. LTE-Advanced (MFN 4G).

Leistungen der Gesetzgebung, MFN-Anbieter, Gerätehersteller:

Funkfrequenzen, LTE-Netze, LTE-fähige Endgeräte (Handy, Smartphone, Tablet PC)

Erste LTE-Netze in Deutschland ab 2010: höhere Datenraten, neue Dienste (Sprache, Video) sowie Erfüllung der staatlichen Vorgabe zum „Surfen auf dem Lande“ (digitale Dividende).

Erweiterung: LTE Advanced (LTE Release 10) erfüllt die MFN 4G-Norm, ist abwärtskompatibel zu LTE (MFN 3,9G). Vorstellung auf MWC 2011 in Barcelona, Standard offiziell gültig ab Ende 2011. Technologie ab 2013. Übertragungsrate (download) bis 1 Gbit/s<sub>2014</sub>.

##### Entwicklung LTE (MFN 3.9G -> MFN 4G)

Vorläuferkonzept zu LTE, vorgestellt von Nortel Networks: High Speed OFDM Packet Access (HSOPA).

LTE verwendet

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

Ermöglicht den MFN-Betreibern, kostengünstig hochratige Datendienste anzubieten ~> mobiles Internet zum Massenmarkt. Geringe Latenzzeiten erlauben Übertragung von Sprachdiensten (VoIP) und Videotelefonie über IP-Protokoll sowie Einsatz zeitkritischer Anwendungen (z.B. Online-Spiele, Börsendienste).

Im Gegensatz zur alternativen Technologie Wimax soll LTE eine kostengünstige Migration von UMTS über HSDPA/HSUPA zu LTE ermöglichen („Umrüsten“).

LTE unterstützt (vs. UMTS) verschiedene Bandbreiten: 1,4 | 3 | 5 | 10 | 15 | 20 MHz -> somit flexibel in zukünftigen Spektren. OFDM ermöglicht dabei durch eine größere Anzahl an Unterträgern, die Bandbreite einfach zu skalieren.

Bei 20 MHz (entspricht der Benutzung von 1200 Unterträgern) sollen Spitzendatenraten von 300 Mbit/s (im Downlink) und 75 Mbit/s (im Uplink) mit einer Latenzzeit von 5 ms erreicht werden. Im Uplink wird mit SC-FDMA (DFTS-OFDMA) ein OFDMA-ähnliches Zugriffsverfahren verwendet: es weist eine geringe PAR (Peak-to-Average-Ratio) aus und verringert so den Energieverbrauch der Mobiltelefone.

In der ersten LTE-Version (Release 8) werden 5 Terminalklassen mit unterschiedlichen Datenraten zur Verfügung stehen. Höchste Klasse mit 4x4 MIMO und 64-QAM-Modulation soll erwartete Datenrate von 300 Mbps (Downlink) und 75 Mbps (Uplink) erfüllen.

Erste Terminals mit geringerer Datenrate: nur 2x2 MIMO im Downlink und ohne QAM im Uplink. Alle Terminals müssen Bandbreite von 20 MHz unterstützen.

Sept. 2006: Nokia Siemens Network demonstriert Emulator eines LTE-Networks.

Mai 2007: Daten mit 108 Mbit/s übertragen (Verwendung „Virtual MIMO“ und SDMA)

Febr. 2008: GSMA-Messe MWC Barcelona: Ericsson 25 Mbit/s im Downlink und Uplink.

März 2008: NTT DoCoMo mit 250 Mbit/s.

Ende 2008: LG mit 60 Mbit/s (entspricht 8-fach HSDPA von 7,2 Mbit/s).

14. Dez. 2009: erste kommerzielle LTE-Netzwerke von Telia-Sonera in Stockholm und Osla in Betrieb: 100 Mbit/s (Downlink) und 50 Mbit/s (Uplink) – versorgt die 25 größten schwedischen und 4 größten norwegischen Städte mit LTE.

In DE <sub>2010</sub> Versteigerung der Lizenzen für LTE Funkfrequenzen (4,4 Mrd. €). Netzbetreiber: Telekom Deutschland, Vodafone und Telefónica Germany (O2), E-Plus später -> Testbetrieb.

30. Aug. 2010: erster Sendemast in Kyritz (Landkreis Ostprignitz-Ruppin) durch Telekom. Vodafone: seit 2011 LTE-Tarife mit Telefonie / Telefonanschluss (VoIP, Internet-Telefonie).

Telekom: LTE als Ergänzung zum bestehenden Festnetz-Telefonanschluss (keine VoIP).

Einführung LTE in Ballungsgebieten und Großstädten ab Sommer 2011: Köln ab Juli, Düsseldorf ab Sept. 2011. Febr. 2011: GSMA-Messe MWC 2011 in Barcelona: Vorstellung LTE Advanced (LTE Release 10, erfüllt MFN 4G-Norm).

### **Umrüstung UMTS -> LTE**

LTE ist ein zelluläres Netz: Nutzung Raummultiplex (SDMA) wie bei GSM und UMTS. Teilnehmer (SIM-Karte) über MSC verwaltet – auch bei LTE beibehalten.

Somit kann vorhandene Infrastruktur beibehalten werden, ergänzt um technische Komponenten ~> d.h. LTE-Komponenten werden an bereits vorhandene Funkmasten installiert.

LTE setzt auf den aktuellen UMTS-Infrastrukturen auf -> sichert kostengünstige Erweiterung von 3G- zum 4G-Standard. Vorteile gegenüber UMTS:

- höhere Downloadrate (100 Mbit/s),
- permanenter Internet-Anschluss (ubiquitous: anywhere - anytime),
- geringere Latenzzeiten (Echtzeit).

4G soll ortsunabhängigen drahtlosen Breitband-Internetzugang sichern. Dienst-Angebot:

- Videotelefonie über einen Instant Messenger,
- Multimedia Messaging Service (MMS), Video Chat, High Definition Radio (HD-Radio), mobile TV High Definition TV content (HDTV), DVB,
- sowie normales Telefonieren (sog. „minimal service like voice and data“).

### **6.1.2 Erweiterung, Funkfrequenzen, Endgeräte**

#### **LTE Advanced (MFN 4G)**

Protokollerweiterung im LTE für höhere Übertragungsgeschwindigkeiten (analog HSDPA+ für UMTS). LTE ist streng genommen eine 3,9G-Standard im Rahmen der 3GPP, erfüllt aber nicht die 4G-Definition der ITU-T. Dazu als Nachfolger von LTE der Standard LTE Advanced entwickelt (LTE Release 10), ein 4G-Mobilfunkstandard auf Basis des IMT Advanced - erfüllt Anforderungen der ITU (International Telecommunication Union) für MFN 4G.

Vorgestellt auf der GSMA-Messe MWC 2011 in Barcelona. Offizieller LTE-Standard (Release 10) ab Ende 2011. Realisierung durch Nokia Siemens Network (NSN). Netzaufbau in DE voraussichtlich ab 2011 (Endgeräte ab 2013).

#### **Funkfrequenzen für LTE**

##### *LTE-Frequenzen für DE*

Frequenzversteigerung 2010: Bundesnetzagentur versteigerte vom 12. April 2010 bis 20. Mai 2010 die durch Umstellung auf Digitales TV freigewordene Frequenzen in den Bereichen 800 MHz (digitale Dividende), 1,8 GHz (bisher Bundeswehr), 2 GHz (ehemals Quam- und Mobilcom-Lizenzen für UMTS) und 2,6 GHz.

Ziel: Erweiterung des drahtlosen Netzzugangs zum Angebot von Telekommunikationsdiensten. Am 30. August 2010 wurden die bislang abstrakt zugewiesenen Frequenzen in den Bereichen 800 MHz und 2,6 GHz zugeordnet.

Die Frequenzen im 800-MHz-Band (Digitale Dividende) und 2,6-GHz-Band werden von den 4 deutschen MFN-Anbietern für LTE genutzt (Deutsche Telekom, Vodafone, O<sub>2</sub>, E-Plus).

Die Deutsche Telekom benutzt abweichend davon auch 1800 MHz.

### *LTE-Frequenzen in Österreich*

2,6-GHz-Frequenzband: Frequenzauktion der RTR am 20. Sept. 2010 abgeschlossen. Vergabe an Mobilkom Austria (A1), T-Mobile Austria, Orange Austria, 3.

800-MHz-Frequenzband: für Herbst 2012 erwartet.

### *LTE-Frequenzen in der Schweiz*

Vorgesehene Frequenzbänder: 800 MHz, 900 MHz, 2,1 GHz, 2,6 GHz, 3,4 – 3,8 GHz.

Frequenzauktion in 2012 erwartet.

### *Weltweit (unterschiedliche Frequenzbänder genutzt)*

Nordamerika: 700 MHz – 2100 MHz

Westeuropa, Mittlerer Osten und Afrika: 800 MHz – 2600 MHz

Osteuropa: 800 MHz, 1800 MHz, 2300 MHz, 2600 MHz

Asia-Pazifik: 1800 MHz, 2100 MHz

## **Mobile Endgeräte für LTE (Smartphone, Tablet PC)**

März 2012: LG-Smartphone Optimus Vu

01. März 2012: HTC-Smartphone Velocity 4G, in DE bei Vodafone angeboten (nutzt nur die Frequenzbereiche 800 und 2600 MHz; die von Telekom im Stadtbereich angebotenen 1800 MHz können von diesem Gerät nicht genutzt werden).

Juni 2012: HTC-Smartphone One X, Vodafone, Frequenzbereiche 1800 MHz und 2600 MHz.

07. März 2012: Apples „neue iPad“ (Tablet PC): unterstützt nur die Frequenzbereiche 700 MHz und 2100 MHz, somit in Europa ohne LTE-Funktion.

## **6.2 LTE Advanced (Release 10, MFN 4G)**

### **6.2.1 Erweiterung LTE zu 4G-NW**

#### **LTE Advanced und IMT Advanced**

Erweiterung LTE zu MFN 4G: LTE / MFN 3,9G<sub>3GPP</sub> ~> LTE Advanced / MFN 4G<sub>3GPP / ITU-T</sub>

-> höhere Bandbreiten und niedrigere Latenzzeiten,

-> Übertragungsraten bis zu 1 Gbit/s (Downstream) und 500 Mbit/s (Upstream).

*LTE Advanced* wird im 3GPP (Third Generation Partnership Project) *Release 10* standardisiert. Technisch wird es so umgesetzt, dass es die *IMT Advanced* Anforderungen der ITU (International Telecommunication Union) erfüllt. Dabei Kompatibilität zu LTE Release 8 (erste Version von LTE). LTE-Basisstationen können in einem LTE Advanced-Netzwerk und umgekehrt betrieben werden. Die durch IMT Advanced definierten Anforderungen sind relativ vielschichtig und beinhalten im Vergleich zu LTE komplexere Antennentechnologien und größere Download- und Uploadraten.

#### **Standardisierung**

Standard für LTE soll technische Erweiterungen zulassen (analog wie für UMTS).

2002 erstes Konzept für LTE: ITU-R-Vorschlag („*Future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000*“). Dazu internationale Einigung zur Frequenzverteilung auf der WTC 2007.

Sept. 2009: Vorschlag der 3GPP zu LTE Release 10 („*LTE Release 10 & beyond (LTE Advanced)*“), eingereicht bei ITU:

- zur Ablösung des Vorgängers LTE Release 8 (auch „IMT-2000“ genannt) und
- um den Anforderungskatalog IMT-Advanced der ITU-R aus 2008 zu erfüllen.

Febr. 2011: LTE Advanced auf dem Mobile World Congress in Barcelona vorgestellt (Test unter Laborbedingungen: 1,2 Gbit/s, Live-Test bei Ericsson: 900 Mbit/s (download)).

Okt. 2011: Vorschlag der ITU-R Arbeitsgruppe WP5D als vollständig genehmigt und somit offiziell.

### Charakteristika LTE Advanced

Verwendete Techniken:

- Trägerbündelung und Mehrantennen-Technik (u.a. MIMO).

Wichtige Merkmale von LTE Advanced:

- 1 Gbit/s (Downlink), 500 Mbit/s (Uplink),
- Frequenzbereich von 100 MHz durch Trägerkopplung,
- MIMO mit je 8 Sende- und Empfangsantennen (8x8 MIMO).

### Technische Eigenschaften von LTE Advanced

- LTE Advanced abwärtskompatibel zu LTE konzipiert ~> somit ältere LTE-Geräte auch in den neuen Netzen verwendbar.
- Konfiguration von 2 oder mehreren Sende- und Empfangsantennen (Mehrantennentechnik oder MIMO-Technik) und dazugehörige Techniken wie CoMP (Coordinated Multipoint transmission and Reception), mit der sich in heterogenen Netzen verschiedene Basisstationen parallel verwenden lassen (auch bei jeweils unterschiedlichen Signalstärken).
- Relay-Verfahren

		LTE/3.9G	LTE-Advanced nach ITU	LTE-Advanced nach 3GPP
Spitzendatenraten [Mbit/s]	Downlink (DL)	300	1000	1000 (bei geringer Mobilität)
	Uplink (UL)	75	500	100 (bei schneller Mobilität) 500
Spektrale Bandbreite [MHz]		1.25	20-100	20-100
Latenz [ms]	Nutzdatenlatenz (User Plane)	<10	10	10
	Kontrolllatenz (Control Plane)	<100	100	50
Spektrale Effizienz [bit/s/Hz]	Downlink (DL)	15	15	30
	Uplink (UL)	3,75	6,75	15

- Verfügbare Frequenzen unterscheiden sich je Land; dabei soll LTE Advanced weltweites Roaming unterstützen.
- Anwendungsspezifische Vorteile:
  - Echtzeitspiele (geringe Latenz),
  - Breitbandanschluss für nicht-mobile Endgeräte, ersetzt den drahtgebundenen Breitbandanschluss (vertraglich, wie bei Vodafone geregelt, dann auch nur für bestimmte Regionen eingeschränkt nutzbar),
  - VoIP-Video- und Audiotelefonie (wobei Provider in DE sich ermächtigen wollen, bestimmte Protokolle zu unterbinden).

Verbesserung gegenüber LTE: Erweiterung der spektralen Bandbreiten und der technischen Ausnutzung (spektrale Effizienz) ~> daraus resultiert eine Erhöhung der Bandbreite.

### Verfügbarkeit LTE / LTE Advanced

LTE: von MFN-Standardisierungsgremium 3GPP als MFN 3.9G definiert. Mit LTE-Technik theoretisch erreichbar: 300 Mbit/s (in Praxis 100 Mbit/s und weniger).

LTE Advanced erfüllt die MFN 4G-Bedingungen der ITU-T (IMT Advanced). Einführung ca. 2013. Übertragungsraten bis 1 Gbit/s (später auch mehr).

Zunächst Ausbau von LTE (Kostenfrage). Markteinführung von LTE Advanced innerhalb der nächsten 5 Jahre erwartet. Dann ggf. Konkurrenz für Festnetzanschlüsse, da LTE Advanced deutlich höhere Übertragungsraten und geringere Latenzzeiten wie bei Internet-Verbindungen über DSL.

## Netzausbau

- LTE: verfügbar ab 2011, Nutzung UMTS-Netz-Infrastruktur, Geräte seit 2012
- LTE Advanced: verfügbar ab 2013, Netz in nächsten 5 Jahren geplant, Geräte ab 2013, lediglich SW-Update für bestehende LTE-Basisstationen.

### 6.2.2 Merkmale und Techniken von LTE Advanced

#### Bandbreiten in der LTE-Spezifikation

LTE Release 8 (MFN 3,9G) unterstützt eine Bandbreite von 20 MHz, die Spektraleffizienz liegt bei 15 bit/s/Hz (Downlink) und 3,75 bit/s/Hz (Uplink).

LTE Advanced (Release 10, MFN 4G) muss verschiedene Bandbreiten bis zu 100 MHz unterstützen, darunter auch 40 MHz.

Für die FDD LTE Advanced Version sind auch asymmetrische Frequenzzuweisungen eingeplant (für LTE Release 8 muss das gepaarte Spektrum symmetrisch sein).

Durch die skalierten Bandbreiten sind unterschiedliche Datenraten möglich: bei Bandbreite von 100 MHz sind Datenraten bis 1 Gbit/s vorgesehen. Für die Spektraleffizienz sieht die ITU folgende Spitzenwerte vor: 15 bit/s/Hz (Downlink), 6,75 bit/s/Hz (Uplink). Bei LTE Advanced sind noch höhere Spitzenwerte eingeplant: 30 bit/s/Hz (Downlink), 15 bit/s/Hz (Uplink).

#### Übertragungsraten in der LTE-Spezifikation

Spezifikation	Downstream	Upstream	Leistung (Modulation, Antenne, Bandbreite)	Normiert
LTE Release 8	172,8 Mbit/s	57,6 Mbit/s	16 QAM, 2x2 MIMO, 20 MHz	2008
LTE Release 9	326,4 Mbit/s	86,4 Mbit/s	16 QAM, 4x4 MIMO, 20 MHz	2009
LTE Release 10 (LTE Advanced)	1 Gbit/s	500 Mbit/s	16 QAM, 8x8 MIMO, 100 MHz	2011

#### Frequenzträgerbündelung

LTE Advanced (Release 10) ermöglicht eine spektrale Bandbreite von bis zu 100 Mbit/s und eine spektrale Effizienz von 30 bit/s/Hz im Downlink und 15 bit/s/Hz im Uplink.

Wegen Abwärtskompatibilität von Release 10 zu Release 9 und 8 ist die maximale Bandbreite eines einzelnen Frequenzträgers auf 20 MHz begrenzt. Es lassen sich bis zu 5 der 20-MHz-Kanäle bündeln  $\leadsto$  Frequenzbereich bis 100 MHz. Dies ist auch möglich, wenn die Kanäle in verschiedenen Frequenzbändern liegen.

Typischerweise liegen die Frequenzbänder bei 800 MHz, 2 GHz und 2,6 GHz. Bei einem Träger von 10 MHz im 800-MHz-Band und einem 20 MHz breiten Träger im 2,6-GHz-Band wäre ein Frequenzbereich von 30 MHz möglich. Die Datenströme können flexibel auf die einzelnen Frequenzbänder verteilt werden.

LTE Advanced definiert, um den Energieverbrauch und die Komplexität gering zu halten, einen primären Frequenzträger, den jedes Endgerät nutzt. Sollte während einer Verbindung der Bedarf für höhere Übertragungsraten zunehmen, dann werden die sekundären Frequenzträger innerhalb weniger Millisekunden zugeschaltet.

Es sind bis zu fünffache Bündelungen von 3,9G spezifizierten 20-MHz-Komponententrägern möglich, auch wenn sie innerhalb des Frequenzbandes spektral getrennt sind. Die Träger können auch aus anderen Bändern miteinander gebündelt werden. Dabei skaliert die Anzahl der Komponententräger dynamisch je nach Bedarf der Datenraten in wenigen Millisekunden.

Die Daten werden von einem netzseitigen Scheduler auf die jeweils benötigten Komponententräger verteilt, abhängig von OFDM-Ressourcen, Antennenkonstellation, Modulations- und Kodierungsstufe sowie anhand verschiedener Auslastungskriterien wie QoS-Parametern, Puffer- und Kanalzuständen.

## Mehrantennentechnik

Technologie zur Steigerung der Übertragungsrate. Dazu verschiedene Maßnahmen:

- Beamforming: Funksignal wird in Richtung des empfangenden Endgerätes gebündelt.
- Antennen-Diversität (als Alternative): Jeder Sender überträgt das modulierte Symbol doppelt. Den Empfänger erreichen in einem Frequenzgemisch verschiedene Versionen, aus dem er durch eine nachgeschaltete Signalverarbeitung das Optimum herausholt. Somit noch ein brauchbares Signal auch bei ungünstigen Empfangsbedingungen.
- MIMO (Multiple Input / Multiple Output) - räumlicher Vielfachzugriff: Mehrere räumlich getrennte Signale werden gleichzeitig gesendet. Damit Übertragungsrate deutlich erhöht.

LTE Advanced nutzt MIMO auch im Uplink (vom Teilnehmer zur Basisstation).

LTE Advanced wird unter der Maßgabe der Kompatibilität zum LTE Release 8 entwickelt. LTE Basisstationen können im LTE Advanced Netzwerk und umgekehrt betrieben werden.

Bei der Antennentechnik wird auf 8x8 MIMO gesetzt. Auch MU-MIMO (Multi User MIMO) wird erstmalig im Release 10 zur Erhöhung der Spektraleffizienz spezifiziert.

Forschung zu MFN 4G, insbes. zu spektraler Effizienz und zur Antennentechnologie, auch im vom BMBF geförderten Projekt Easy-C (u.a. Vodafone, TU Dresden) ~> Testnetze in Dresden und Berlin.

## LTE Relay-Station (Relay Node)

Bei LTE Advanced (LTE Release 10) werden netzseitig sog. Relay-Stationen (engl. Relay Nodes, RN) eingerichtet, die das Mobilfunksignal empfangen, dekodieren, aufbereiten und weiter übertragen. Sie sollen die Abdeckung einer Zelle verbessern und auch in den Randgebieten der Funkzelle eine gute und schnelle Verbindung ermöglichen. Damit lassen sich die Reichweiten der Basisstationen (eNodeB) erhöhen und die Netzabdeckung verbessern.

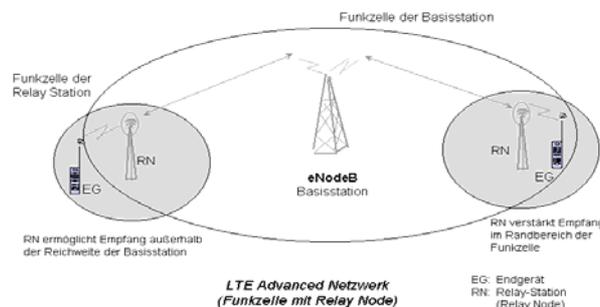


Abbildung 6.1: LTE Advanced NW mit Relay Node

Durch die Relay-Stationen sind insbes. an Zellrändern schnelle Verbindungen möglich. Zwar nehmen die Signallaufzeiten etwas zu, aber es ist eine deutlich bessere Funkverbindung zu erzielen. Außerdem sind Endgeräte erreichbar, die sich außerhalb der Funkzelle der Basisstation befinden. Die Relay Stationen müssen nicht an einen Backhaul angeschlossen werden. Sie nutzen die Verbindung der Basisstation, Endgeräte erkennen sie aber als Basisstation. Durch die Nähe zum Endgerät wird auch die Verbindung in Gebäuden verbessert.

Die Relay-Stationen funktionieren sowohl in Downlink- als auch in Uplink-Richtung. Für das Endgerät ist der Relay Node vollkommen unsichtbar.

### Online-Quellen

[http://de.wikipedia.org/wiki/Long\\_Term\\_Evolution](http://de.wikipedia.org/wiki/Long_Term_Evolution)

<http://de.wikipedia.org/wiki/LTE-Advanced>

<http://www.ltemobile.de/lte-technik/lte-advanced/>

<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/1402271.html>

<http://www.lte-verbinding.net/lte-advanced.html>

## 7 Wireless Personal Area Networks (WPAN)

### 7.1 Nahbereichskommunikation

#### Raum- und körpernahe Netze

Mobile Kleingeräte (Digitalkamera, Mobiltelefon, PDA, drahtloser Kopfhörer, Armbanduhr, aushaltgeräte) ~> limitierte Ressourcen für Verarbeitung (Prozessor, Speicher, E/A), Übertragung, Energie. Geräte und Netze für drahtlose Nahbereichskommunikation entwickelt, Einsatz als Raum- bzw. körpernahe Netze.

Technische Umsetzungen drahtloser Nahbereichskommunikation (Entfernung ca. 0.5 – 10 m)

- WPAN (Wireless Personal Area Networks):  
Hauptvertreter: Infrarot (IrDA), Bluetooth;  
Neuere WPAN-Systeme: Zigbee, NanoNet, UWB (Ultra Wideband), W-USB.
- Identifikationstechniken:  
RFID (Radio Frequency Identification), NFC (Feldfunk), M2M (Machine-to-Machine).
- Sensornetze (ubiquitous computing ~> globalisierte Informationsgesellschaft).

*Merkmale von WPAN:*

- Kurze Reichweite (einige Zentimeter bis Meter), i.d.R. von einer Person genutzt.
- Geringe Ladekapazität der Stromversorgung --> energiesparende Übertragung. z.T. Energieversorgung durch magnetische Induktion (z.B. Sensornetze).
- i.allg. automatische Konfigurierung, integrierte Suchfunktionen für Geräte und Dienste. Hoher Grad an Selbstorganisation. Massen- und Konsummarkt.
- Spezialisierte Anwendungen, WPAN keine "Verlängerung" traditioneller Netze.
- Keine Mehrpunkt-Verbindung (WLAN), nur Point-to-Point zw. 2 Geräten, ggf. Point-to-Multipoint.

Bekannte Einsatzgebiete (Auswahl):

Drucken von Fotos einer Digitalkamera auf Fotodrucker, Anschluss eines drahtlosen Headsets an Mobiltelefon, Anschluss peripherer Geräte für PC (Maus, Tastatur, Bildschirm), Vernetzung von Haushaltgeräten, Warenlogistik, Produktidentifikation., Vernetzung von PDAs zum Austausch kleiner Datenmengen (Visitenkarten, Synchronisation von PIM-Daten (z.B. Outlook), Push-E-mails, Gesundheitshemd, Gedächtnishilfe MEMOS).

Bezahlungsfunktion über Handys (spezieller Chip am Handy, Nutzung NFC). Bereitstellung entsprechender Automaten bei Banken, Discountern bzw. Verkehrseinrichtungen. Adapter für weitere MF-Systeme (z.B. Bluetooth für Autohandy).

### 7.2 Infrarot-Netze (IrDA)

#### Infrared Data Association (IrDA)

IR (Infrarot): Fa. Hewlett Packard (1979), Verbindung Taschenrechner HP-41C mit Drucker. 1993 Zusammenschluss von mehr als 30 Firmen (HP, IBM,...), um einheitlichen Standard zu definieren. Bezeichnung der Gruppe und des Standards: **Infrared Data Association (IrDA)**.

1994: 1. Standard IrDA 1.0 (sog. SIR, Serial Infrared): Datenraten bis 115,2 kbit/s.

1995: Erweiterung IrDA 1.1 (sog. FIR: Fast Infrared): Datenraten bis 4 Mbit/s.

1999: Erweiterter Standard (sog. VFIR: Very Fast Infrared). Datenraten bis 16 Mbit/s.

Erweiterungen: UFIR (Ultra Fast IR): bis 96 Mbit/s, Giga-IR: 512 Mbit/s bzw. 1 Gbit/s.

Seit Jahr 2000 mehr als 150 Firmen im IrDA. IrDA-Protokoll in verschiedene Betriebssysteme integriert, u.a. Windows, OS/2, MacOS, Linux, und in die Handheld-BSS PalmOS, EPOC, Windows CE / Mobile. Viele Geräte standardmäßig mit IR-Hardware ausgerüstet.

IrDA-Spezifikation umfaßt 2 Teilstandards: *IrDA CONTROL* und *IrDA DATA*.

**IrDA CONTROL**: für Anbindung von Rechnerperipherie, z.B. drahtlose Mäuse, Tastaturen, Spielesteuerung, Joysticks. Eigenschaften:

- Geringe Datenraten notwendig (bis 75 kbit/s),

- Abstand zwischen Kommunikationspartnern bis zu 5 m.
- IrDA DATA:** für anspruchsvolle Kommunikationsszenarien.  
Standard IrDA bezieht sich i.allg. auf IrDA DATA mit folgenden Eigenschaften:
- Datenraten bis zu 16 Mbit/s und Entfernungen bis zu 1m. Ergänzung für die Erweiterungen durch UFIR und Giga-IR (bis 1 Gbit/s).
  - Suchfunktionen nach Geräte in Kommunikationsreichweite und installierten Diensten.
  - Automatischer Austausch von Kommunikationsparametern zwischen Geräten.
  - Mehrere zuverlässige logische Kanäle zwischen Geräten verfügbar.
  - Nachrichten unzuverlässig via Broadcast an mehrere Geräte gleichzeitig versendbar.
  - Ein Transportprotokoll übernimmt Flusskontrolle und Segmentierung langer Nachrichten.
  - Serielle und parallele Schnittstellen emulierbar; Netzwerkanbindungsprotokoll verfügbar.
  - Optionales Protokoll erlaubt Transport komplexer strukturierter Datenobjekte.

### Infrarot-Kommunikation

Technische Werte (Physikalische Layer IrPHY):

Reichweite: Standard 1m, Low Power: 0,2 m (Standard =,3m), Öffnungswinkel +/- 15°

Frequenzbereich bei 10<sup>6</sup> GHz,

Übertragungsraten 2,4 kbit/s ... 1 Gbit/s.

Modulation: keine (Basisband)

Für unterschiedliche Datenraten werden unterschiedliche Modulierer bzw. Codierer und Framers definiert (~> SIR, MIR, FIR, VFIR, UFIR, Giga-IR).

Markante Unterschiede zwischen IR-Kommunikation und Funk-Übertragung: IR zwar wie Funk für menschliches Auge *unsichtbar*, unterliegt aber wie das sichtbare Licht der *Strahlenoptik* und kann massive *Gegenstände* nicht durchdringen. Reichweite der IR-Sender begrenzt, Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger erforderlich, im Gegensatz zu Funk (Funkstrahlung kann Gegenstände durchdringen).

Vorteile durch begrenzte Reichweite: geringere Störungen benachbarter Funk- bzw. IR-Sender; höhere Abhörsicherheit gegenüber Funk IR gestattet zwar passives Mithören, aber Mithörer muss sich in Sichtweite befinden (Sichtverbindung).

Eigenschaften der IR-Kommunikation:

- Sonnenlicht stört IR ~> Beschränkung auf Gebäudeinneres.
- IR störanfällig gegen Fremdlicht (Kunstlicht, Sonnenlicht), aber unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störfelder ~> geeignet für Einsatz in Produktionshallen.
- IR ohne hoheitliche Beschränkungen (z.B. in Frequenzspektrum, Bandbreiten, Lizenzen). IR darf entsprechenden Bereich des elektromagnetischen Spektrums beliebig nutzen.
- IR gut für WPAN geeignet: keine Beschränkungen, kostengünstige Installation und Betrieb ~> Einsatz in Konsum- und Haushaltgeräten.

### IrDA-Protokollstapel

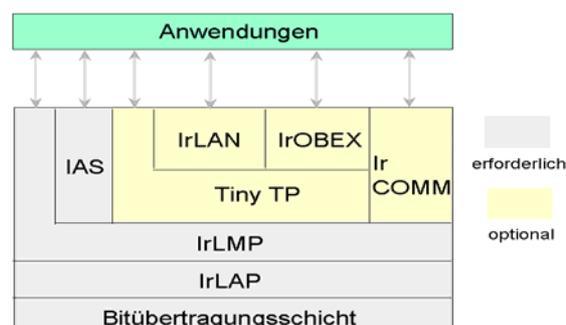


Abbildung 7.1: IrDA-Protokollstapel

Bitübertragung: Realisierung der optischen Übertragung (elektromagnetische Wellen bei 10<sup>6</sup> GHz).

Unterschiedliche Modulatoren, Codierer, Framer ~> SIR, MIR, FIR, VFIR, UFIR, Giga-IR  
 IrLAP (Infrared Link Access Protocol): zuverlässige Übertragung über eine Verbindung zwischen 2 Geräten.  
 IrLMP (Infrared Link Management Protocol): mehrere logische Verbindungen über eine physische Verbindung.  
 IAS (Information Access Service): Auskunft über Dienste anderer Partner (“gelbe Seiten”).  
 Tiny TP (Tiny Transport Protocol): Flusskontrolle auf Basis der logischen IrLMP-Kanäle. IrCOMM (Infrared Communications): emuliert serielle oder parallele Schnittstellen.  
 IrOBEX (Infrared Object Exchange Protocol): für Austausch komplexer Objekte (“Beamen”).  
 IrLAN (Infrared Local Area Network): Anbinden eines Gerätes über Infrarot an ein existierendes lokales Netz.  
 IrMC (Infrared Mobile Communications): Sammlung von Formatspezifikationen für den Austausch mobiler Daten.  
 Erweiterung: IrSimple (2005): Beschleunigung des IrDA-Protokolls, bi-/unidirektional, z.B. Fotos Kamera –TV-Gerät

### Aufgaben der IrDA-Protokollschichten

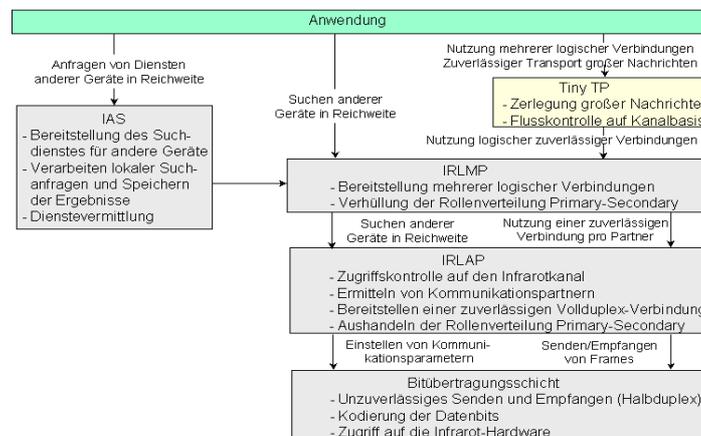
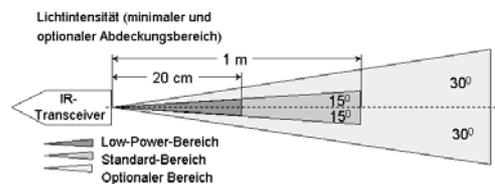


Abbildung 7.2: Aufgaben der IrDA-Protokollschichten

### IrDA-Protokolle

#### Erforderliche Protokolle:

**Bitübertragungsschicht:** Realisierung der optischen Übertragung (Standard spezifiziert Darstellung der Bits, Übertragungsgeschwindigkeit, optische Charakteristika). Infrarot-Transceiver: Senden/Empfangen von Infrarotsignalen (in vielen mobilen Geräten integriert).



Übertragungsgeschwindigkeiten des IrDA-Standards

Datenraten	Spezifikation	Modulation
2.4 - 115.2 kbit/s	SIR	RZI (Return Zero Inverted)
0.576 Mbit/s	FIR	RZI
1.152 Mbit/s	FIR	RZI
4.0 Mbit/s	FIR	4PPM (4 Pulse Position Modulation)
16 Mbit/s	VFIR	HHH (1,13)
Serial-, Fast-, Very; Halbduplex (nicht gleichzeitiges S/E)		

Abbildung 7.3: IrDA Bitübertragungsschicht

**IrLAP (Infrared Link Access Protocol):** zuverlässige Übertragung zwischen zwei Geräten.  
**IrLMP (Infrared Link Management Protocol):** IrLAP sichert eine Verbindung, IrLMP stellt mehrere logische Verbindungen über eine physische Verbindung zur Verfügung.

*IAS (Information Access Service)*: Gibt Auskunft über verfügbare Dienste anderer Kommunikationspartner (“gelbe Seiten”), Dienstvermittlung.

Erweiterungen:

*IrSimple/IrSimpleShot* (2005): Beschleunigung des IrDA-Protokollstacks (beschleunigter Discovery-Prozess, Optimierung Verbindungsaufbau und Datenübertragung). Standardisiert für bi- und unidirektionale Übertragung. Einsatz in Kameras (schnelle Übertragung an Anzeigegerät, z.B. TV).

*IrWW, IrUSB* (u.a. IrSimple-fähige USB-Adapter mit 16 Mbit/s, VFIR), *IrFM*.

### **Optionale Protokolle und Mechanismen:**

*Tiny TP (Tiny Transport Protocol)*: Protokoll realisiert Flusssteuerung auf Basis der logischen IrLMP-Kanäle. Große Nachrichten für Transport in kleine aufgeteilt und am Zielort wieder zusammengesetzt. Damit pro Sendevorgang große Datenmengen (bis zu 64 KByte) übertragbar. Nachrichtenformat dabei nur um 1 Byte erweitert. Tiny TP (Tiny Transport Protocol): zwar optionales Protokoll, aber von IrDA dringend empfohlen, da es wichtige Funktionen für den Datentransport übernimmt. Anwendungen, die auf Tiny TP aufbauen, können folgende Dienstleistungen in Anspruch nehmen:

- Suchen anderer Geräte in Kommunikationsreichweite (über IrLMP),
- Abfragen, welche Dienste diese Geräte anbieten (über IAS),
- Nutzen dieser Dienste, indem Komm.-Verbindungen aufgebaut werden (über Tiny TP).

*IrCOMM (Infrared Communications)*: Protokoll emuliert serielle RS-232- oder parallele Centronics-Schnittstellen. Anwendungen, die für solche Schnittstellen entwickelt wurden, können so ohne Modifikationen die IR-Verbindung nutzen, z.B. Anwendungen über Infrarot drucken, Modems über Infrarot nutzen, Kommunikationsprotokolle über serielle Schnittstelle (z.B. TCP/IP über PPP).

*IrOBEX (Infrared Object Exchange Protocol)*: Protokoll ermöglicht Austausch komplexer Objekte (sog. “Beamen”), wie beispielsweise Visitenkarten, formatierte Texte, Grafiken.

*IrLAN (Infrared Local Area Network)*: Protokoll dient zum Anbinden eines Gerätes über Infrarot an ein existierendes lokales Netz, und zwar so, als ob das Gerät über eine traditionelle Netzwerkkarte verfügt. IrLAN unterstützt 3 verschiedene Betriebsmodi:

- Access Point: Zugriff zum Netzwerk erfolgt über ein weiteres Gerät, das sowohl Netz Karte als auch IR-Anschluss besitzt.
- Peer-to-Peer: nur 2 Geräte über IR verbunden (Dienste genutzt wie bei Netz Karte).
- Hosted: Geräte mit Rechner verbunden, der über Netz Karte verfügt. Im Gegensatz zum Modus Access Point teilen sich die Geräte eine NW-Karten-Adresse.

*IrMC (Infrared Mobile Communications)*: Rahmenwerk (kein Protokoll) für die mobile Kommunikation mit IrDA. Sammlung von Formatspezifikationen für den Austausch mobiler Daten, u.a. Visitenkarten, Kalendereinträge, Texte und Nachrichten. Zusätzlich kann ein Audiokanal eingerichtet werden (allerding wegen der geringen Reichweite und hoher Bandbreite nur bedingt sinnvoll).

## **7.3 Bluetooth**

### **7.3.1 Nahbereichs-Funktechnologie für portable Geräte**

#### **Zielstellungen**

Bluetooth – offene Spezifikation zur Übertragung von Daten und Sprache über Ad-hoc-Funkverbindungen. Initiiert durch Ericsson Mobile Communications (EMC), Lund/Schweden.

Mai 1998: Gruppe Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba; mittlerweile > 2000 Mitglieder.

Ziel der SIG (Special Interest Group):

- herstellerunabhängiger Standard für funkbasierte Peer-to-Peer Datenübertragung (z.B. HW/SW-Entwicklungen von Microsoft, Motorola, 3Com, Lucent, ...),

- mit kostengünstiger Implementierung.

Mit relativ geringen HW-Kosten ist ab Jahr 2000 der Markt mit allen Bereichen der Consumer-Elektronik zu versorgen, z.B. drahtlose Kommunikation zwischen Stereoanlagen <--> Videorecorder, Peripheriegeräte <--> PC, sowie Mobiltelefon als schnurloses Endgerät.

Automatische Verbindung, ohne Konfigurationsdetails für Anwender.

Auch in Notebooks, PDA's und als Wireless LAN (Problem: Bluetooth <--> IEEE 802.11b). Einsatz in PkW für schnurlose Telefonie und Freisprecher (Adapter zu MFN). Somit Bluetooth als Funktechnik für mobile Geräte im Nahbereich, Vereinfachung der kabellosen Kommunikation mobiler, portabler Geräte.

### **Versionen**

Version 1.0: 05.07.1999.

Version 1.1: verbesserte Version, 01.12.2000. Entwickeltes Release 22.02.2001 bietet unter anderem Spezifikation für generisches Zugangsprofil (Generic Access Profile, wie z.B. drahtlose Telefonie, LAN Access, Ultimate Headset).

Version 1.2: dynamische Geräteadressen (Einführung „Anonymous Mode“), auch Portierung auf Linux (z.B. Fa. Axis: Linux-basierter Bluetooth-Access-Point).

Version 2.0 (ab 2004): Erweiterung auf 4, 8 oder 12 Mbit/s.

### **Bluetooth-Technologie**

Skandinavische Entwicklung (Ericsson, EMC/Lund), benannt nach skandinavischem Wikinger-König Harald Blauzahn. Vorgesehen als Defacto-Standard des drahtlosen Daten- und auch Sprach-Verkehrs. Zunächst auf Distanz von 10 m beschränkt, auch  $\geq 100$  m geplant (durch Einsatz entsprechender Signalverstärker), aber kritisch wegen WLAN nach IEEE 802.11 (lizenzfreies 2,4-GHz-Band). I.d.R. Verbindung zw. 2 Geräten, als Netz wechselseitig bis zu 8 Geräte (Piconet).

Gesamte Funkelektronik auf 1 Chip (Preis: \$ 20 US --> \$ 2 US). Durch geringe Größe in alle Geräte integrierbar (von Kaffeemaschine bis Scanner in Kugelschreibergröße).

#### *Eigenschaften*

- Datenübertragung im 2,4 GHz Mikrowellenbereich (ISM-Band)
- Spreiztechnik: Frequenz Hopping  $\rightarrow$  Vermindern von Interferenzen und Fading.
- Übertragung der Pakete mit Time Division Duplex (TDD) in 0,625 ms großen Zeitfenstern (1600 hop/s). Frequenzband in 79 Kanäle unterteilt (in einigen Ländern nur 23 Kanäle).
- Datenübertragung über relativ kurze Distanz (10 cm – 100 m)
- Implementierung Stromsparmodi: Sniff  $\rightarrow$  Hold  $\rightarrow$  Park
- 3 Verbindungstypen:
  - \* Punkt-zu-Punkt: Verbindung zwischen 2 Geräten (Master-Slave)
  - \* Piconet: bis zu 8 Geräte: ein Master und 7 Slaves.
  - \* Scatternet: bis zu 10 Piconetze. Jedes Piconetz besitzt sog. „Gateway-Device“ (Master).

### **Bluetooth-Übertragung**

Verwendung des unlizensierten 2,4-GHz-Bandes zur Datenübertragung. Einsatz von Frequency-Hopping zur Vermeidung von Interferenzen, wobei die Datenpakete in festgelegten Zeitfenstern über bestimmte, minimal veränderte Frequenzen (in 79 Sprüngen á 1MHz zwischen 2.402 und 2.480 GHz) übertragen werden. Im Vergleich mit anderen Systemen, die im gleichen Frequenzspektrum arbeiten, werden kleinere Datenpakete und schnelleres Frequency-Hopping verwendet. Datenrate: i.allg. 1 Mbit/s (ab 2004: Erweiterung auf 4 / 8 / 12 Mbit/s). Das sog. Baseband ist Bestandteil des Core-Protokolls von Bluetooth, bestehend aus einer Kombination von Circuit- und Packet-Switching.

Kombination von FDM und TDM: Datenpakete unterschiedlichen Frequenzen (Hops) übertragen. Innerhalb der Frequenzen: Slots (i.allg. verwendet 1 Paket nur 1 Slot, kann aber je nach Größe über bis zu 5 Slots verteilt sein).

Unterstützte Sprach- und Datenkanäle (hier: version 1 Mbit/s)

- 1 asynchroner Datenkanal und 4 gleichzeitige synchrone Voice-Kanäle

- oder 1 Kanal, der gleichzeitig synchrone Voice- und asynchrone Datenströme realisiert.

Jeder Voice-Kanal unterstützt eine 64 kbit/s-Verbindung. Asynchroner Kanal: Asymmetrische Übertragung von 721 kbit/s in eine Richtung, wobei Gegenstrom auf 57,6 kbit/s eingeschränkt ist. Symmetrische Verbindungen: im asynchronen Kanal mit 432,6 kbit/s.

Gesamt:  $727 + 57,6 + 4 \cdot 64 = 1034$  kbit/s  $\rightarrow$  1 Mbit/s

Alle Audio- und Datenpakete können mit verschiedenen Stufen von FEC- oder CRC-Fehlerkorrektur versehen werden. Verschlüsselung ist ebenfalls möglich.

Bluetooth-Sender/Empfänger suchen in ihren Einzugsbereich permanent nach neuen Geräten (Discovery), stellen die Verbindung her, sorgen für die notwendige Bandbreite (je Gerätetyp und potenzieller Übertragungsrates). Bluetooth hat folgende Protokolle adaptiert: PPP, TCP/UDP, IP, OBEX, vCard, vCal; WAP und WAE wird ebenfalls unterstützt für den mobilen Internet-Zugang.

Sendeleistung von Bluetooth i.allg. 1 mW ( $\sim$  Sendereichweite 10 cm). Mittels optionalen Funkmodul Leistung auf 100 mW erhöhbar ( $\sim$  Sendereichweite ca. 100 m).

Geräte anhand Sendeleistung und Reichweite in 3 Klassen unterteilt:

Class 1: Sendeleistung 1 - 100 mW (0 bis 20 dbm; Reichweite bis ca. 100 m).

Class 2: Sendeleistung 0,25 - 2,5 mW (-6 bis 4 dbm; Reichweite ca. 10 m).

Class 3: Sendeleistung bis 1mW (bis 0 dbm; Reichweite 0,1 – 10 cm).

### **Konkurrenz für Funknetzwerke**

Einsatz Bluetooth problematisch für Unternehmen, die bereits WLAN-Lösungen nach dem 802.11b-Standard (2,4-GHz-Band) einsetzen. Allerdings arbeiten diese im Gegensatz zu Bluetooth kontrollierter. WLAN-Lösungen „hören“ erst einmal, ob gerade weiterer Funkverkehr stattfindet (CSMA/CA: RTS/CTS-Signale). Ist die Frequenz belegt, wird gewartet. Für 10 m Funkdistanz unproblematisch, bei Radius  $\geq$  100 m fraglich, ob Bluetooth in Unternehmen erlaubt wird; insbes. wenn Handy oder PDA selbst mit Bluetooth ausgerüstet werden.

### **7.3.2 Architektur von Bluetooth**

#### **Verbindungsstrukturen**

- Punkt-zu-Punkt (*Basis-System*): Verbindung zwischen 2 Geräten (Master-Slave).
- Piconetz (Grundeinheit eines *Bluetooth-Systems*): 1 Master-Knoten und bis zu 7 Slave-Knoten in einem Umkreis von max. 10 m. Mehrere Piconetze können in einem großen Raum vorhanden sein und sogar über einen Bridge-Knoten verbunden werden.
- Scatternetz: Verbund von bis zu 10 Piconetzen. Ein sog. „Gateway Device“ übernimmt gegenüber dem eigenen Piconet die Funktion des Masters.

Master/Slave-Design aus Kostengründen entwickelt. Slaves führen nur aus, was Master-Gerät vorgibt. Somit ist Piconetz im Prinzip ein zentralisiertes TDM-System: Master steuert den Takt und entscheidet, wer in welchem Zeitschlitz übertragen darf. Kommunikation immer Master - Slave, eine direkte Kommunikation Slave - Slave ist nicht möglich.

#### **Stromsparmodi**

Zusätzlich zu den sieben aktiven Slave-Knoten können in einem Netz bis zu 255 geparkte Knoten vorhanden sein. Das sind die Geräte, die der Master in den Ruhezustand gesetzt hat, um den Batteriegebrauch zu senken.

Geparkte Geräte haben keine Verbindung, sind jedoch bekannt und können innerhalb weniger Millisekunden reaktiviert werden. Zum Zustand Park gibt es auch noch zwei dazwischen liegende Stromsparmodi: Hold (Halten) und Sniff (Abhören).

### Protokollarchitektur

Schichtenmodell Bluetooth als offene Architektur entwickelt, um Kommunikation mit verschiedenen Anwendungen zu unterstützen, d.h. verschiedene Protokollstacks und eigene Anwendungs-SW. Allen gemeinsam ist eine physikalische Schicht (physical layer) und Sicherungsschicht (data link layer).

Architektur enthält Bluetooth-spezifische Protokolle (wie L2CAP, LMP) und allgemeine (adoptiert) Protokolle (wie TCP/UDP, IP, OBEX, vCard u.a.). Somit Wiederverwendung vorhandene Protokolle, um existierende Anwendungen auch mit der Bluetooth-Technologie zu nutzen. Da Bluetooth-Spezifikation offen ist, besteht für Firmen die Möglichkeit, eigene Anwendungsprotokolle zu implementieren und sie in der Protokollarchitektur von Bluetooth auf vorhandene aufzusetzen.

Zusätzlich ist noch das HCI (Host Controller Interface) spezifiziert, das eine Kommando-schnittstelle zum Baseband Controller und Link Manager (LMP) bereitgestellt.

Protokolle in 4 verschiedene Schichten eingeteilt:

Protokoll Schicht	Protokolle im Stapel
Bluetooth Core Protocols	Baseband, L2CAP, LMP und SDP
Cable Replacement Protocol	RFCOMM
Telephony Control Protocols	TCS Binary, TCS AT-Commands
Adopted Protocols	UDP/TCP, PPP, IP, OBEX, vCard, vCal, WAP, usw.

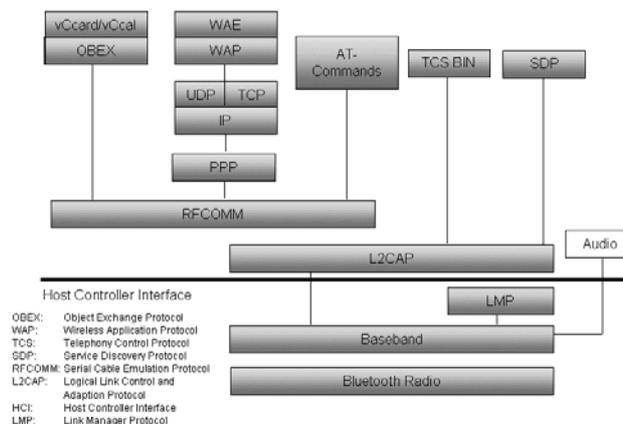


Abbildung 7.4: Protokollstapel Bluetooth

### Kern-Protokolle und Schnittstellen (Auswahl)

#### Link Manager Protocol (LMP) / Link Controller

- Verbindungssetup und Sicherheitsmechanismen, wie Authentisierung, Generierung und Verteilung der Schlüssel,
- LMP kontrolliert die Baseband-Paketgrößen, Power Modi und den Verbindungsstatus einzelner Geräte.

#### Host Controller Interface (HCI)

- Kommandoschnittstelle für Link Manager und Baseband Controller

#### Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP)

- Adaptiert Protokolle höherer Schichten über dem Baseband. Ähnlich wie LMP, aber mit Unterschied, dass L2CAP verschiedene Dienste für höhere Schichten bereitstellt, u.a. Protokolle zu Multiplexing, Segmentation und Reassembly (SAR).
- L2CAP erlaubt Anwendungen, Datenpakete bis zu Größe von 64 kByte zu übertragen, im Modus ACL (Asynchronous Connection-Less), SCO nicht unterstützt.

#### Serial Cable Emulation Protocol (RFCOMM)

- Protokoll zur Emulation serieller Schnittstellen („Cable Replacement Protocol“), u.a. RS-232-Emulation (Telefonie-Schnittstelle),
- einfaches Transportprotokoll, Dienste für Protokolle höherer Schichten wie OBEX.

#### Service Discovery Protocol (SDP)

- Dienstvermittlung mit Bluetooth: da Bluetooth in dynamischer Umgebung arbeitet (Geräte mobil, Piconetz veränderlich), können Dienste hinzukommen bzw. wegfallen.
- Bluetooth sorgt für die Identifikation bzw. Bereitstellung der Dienste. Erst danach wird Verbindung zum Endgerät hergestellt.

#### Telephony Control Service (TCS-Binary bzw. TCS-AT Commands)

- TCS-Binary: bitorientiert, Rufsteuerung zum Aufbau von Sprach- und Datenverbindungen, Mobilitätsmanagement der Geräte.
- TCS-AT Commands: Befehle zur Steuerung von Handys, Modems und Fax-Geräten.

## 7.4 Weitere Entwicklungen der drahtlosen Geräteanbindung

### 7.4.1 Drahtlose Identifikationstechniken (RFID, NFC)

#### RFID (Radio Frequency Identification)

Technologie zur entfernten Identifizierung mittels Funkfrequenztechnik im Nahbereich ~> eine Basisfunktionalität für Ubiquitous Computing.

##### *Systemaufbau:*

Hauchdünner Transponder-Chip (Etikett) und Sende/Empfangseinheit (Antenne). Datenübertragung über elektromagnetische Wellen ohne Berührung und Sichtkontakt. Batterie oder andere Energiequelle nicht erforderlich: Energieversorgung aus dem Sendesignal (magnetische Induktion). Preis: RFID-Chips inkl. der papierdünnen flexiblen Antenne kosten zwischen 10 Cent und 1 € pro Stück (Tendenz fallend).

##### *Einsatzgebiete (Auswahl):*

Handel: Warenkennzeichnung, bargeldloser Einkauf in Kaufhallen (Vorteil gegenüber Barcode: mehr Informationen auf RFID-Chip verfügbar). Vereinfachung der Verwaltung und Logistik, u.a. in Bibliotheken, Containerhäfen, militärische Einrichtungen, Krankenhäuser, Kaufhäuser, Produktion.

Bekannte einfache Anwendungsform: *Diebstahlschutz in Kaufhäusern*. Antennen in „Türschleusen“ senden ein Hochfrequenzsignal aus. Der in der Verpackung der Produkte integrierte Chip nimmt über kleine Antenne das Signal wahr und sendet Antwort zurück. Hierbei nur Auswertung eines binären Wertes: bezahlt / nicht bezahlt.

*Allgemeinere Anwendung:* Man kann eindeutige Seriennummer aus dem Chip auslesen bzw. bis zu einige hundert Bits drahtlos auf den Chip schreiben. Entfernung wenige Meter. Wichtige Anwendung: *Logistik*. Kontrolle und Identifikation der Produkte einer Lagerhalle, lückenlose Verfolgung der Warenströme und Lieferketten.

*Verknüpfung mit Internet und Datenbank:* Die eindeutige Objektidentifikation in Echtzeit durch RFID-Chips, deren Vernetzung mit dem Internet und entfernten Datenbanken, eröffnet weitreichende Anwendungsmöglichkeiten, u.a. automatisierte Lagerhaltung, kassenloser Supermarkt, automatisch einstellbare Waschmaschinen (Auslesen der Wäsche-Chips), RFID-Chips im Abfall: bestimmt „Verwendung“ in Müllsortieranlage, RFID-Chips in Bordkarte eines Flugreisenden: damit Reisender auch im Flughafenbereich lokalisierbar (~> kann Ausruf über Lautsprecher ersetzen).

#### NFC (Near Field Communication)

*Drahtlose Nahverbundstechnologie:* Nokia, Sony und Philips kooperieren zur Entwicklung einer neuen drahtlosen Übertragungstechnologie ~> Near Field Communication (NFC): dient zur drahtlosen Verbindung von Geräten wie Digitalkameras, Mobiltelefonen und Notebooks

auf kurzen Entfernungen von wenigen Zentimetern. Neue Feldfunk-Technologie ab Ende 2004 auf dem Markt (Mitteilung auf Cebit in Hannover). NFC basiert zum Teil auf RFID.

Beispiel: Nutzer lädt mit einem Mobiltelefon Tour-Informationen von einem mit einem Smart Chip versehenen Plakat seiner Lieblingsband herunter, indem er das Handy vor das Poster hält. Anschließend kann er die Tickets elektronisch kaufen und diese auf seinem Handy speichern und das Mobiltelefon als Eintrittskarte verwenden.

Seit 2012 erneuter Boom von NFC durch die Chips für Bezahlerminals

- System Google Wallet (2011): Handy-Chip für Bezahl-Terminals (u.a. Visa)
- Ankündigung NFC auf MWC 02/2012: Identifikationstechnik, DÜ über Kurzstrecke (wenige cm). NFC-Chips leicht einbaubar bzw. aufklebbar auf Smartphone.

Einsatzszenarien: Bezahl-Handy, Autoschlüssel, Bankdienst-Zertifizierung, Ticket-Automaten, NFC-Visitenkarten usw. Vorallem in Asien (bis 2014 300 Mio. NFC-Geräte geplant), Europa und Amerika zurückhaltend.

### 7.4.2 Weitere Entwicklungen

#### Stand nach Cebit 2005 bzw. 2008

Ergänzung zu Bluetooth, WLAN, UMTS, GPRS usw., insbesondere zur Vernetzung von Geräten im Haushaltbereich. Neue Technologien unter Beibehaltung der bisherigen Standards.

Seit Jan. 2008 Freigabe von Funkfrequenzen im Bereich 6 – 8,5 GHz in Deutschland. Nutzung für W-USB (Wireless USB).

Technische Details der Funkstandards:

Bezeichnung	Frequenz	Übertragungsrate	Reichweite
Zigbee	868 MHz, 915 MHz, 2,4 GHz	250 Kbit/s	10 – 75 m
NanoNet	2,4 GHz	2 Mbit/s	60 – 900 m
Wimax	3,5 GHz	70 Mbit/s	bis 50 km
Ultra Wideband	3,1 – 10,6 GHz	200 Mbit/s	10 m
W-USB	6 – 8,5 GHz	480 / 110 Mbit/s	3 / 10 m

#### Business-Strategie der Mobilfunkbranche, MWC 2012 (

- LTE (Long Term Evolution): MFN 4G, 100 Mbit/s - 1 Gbit/s, Netze & Smartphones / Tablets für LTE
- NFC (Near Field Communication): Kurzstrecken-Feldfunk (wenige cm), Chips für Bezahl-dienste.
- M2M (Machine-to-Machine): automatisierte Kommunikation zwischen Maschinen.

#### Zigbee

Neuer technischer Standard für Funkverbindung im Nahbereich (2005). Technische Details:

Frequenzbereich: 868 MHz, 915 MHz, 2,4 GHz

Übertragungsrate: 250 Kbit/s

Reichweite: 10 – 75 m

Konsortium von Elektronikherstellern, wie Motorola und Samsung. Einsatz bei Vielzahl von Produkten und Anwendungen für Verbraucher, Industrie und Behörden. Anwendungen: Verbindung von Haushaltgeräten auf Strecke von 10 ... 75 Metern, Steuerung von Beleuchtungsanlagen, Chips, eingebaut in Fernbedienungen, Computermäusen oder Sicherheitssystemen.

#### NanoNet

Anwendungen wie Zigbee zur drahtlosen Nahbereichskommunikation (Funkverbindung), aber höhere Reichweite und weniger störanfällig. Hersteller: Nanotron. Technische Details:

Frequenzbereich: 2,4 GHz

Übertragungsrate: 2 Mbit/s

Reichweite: 60 – 900 m

Einsatz: Kommunikation zwischen Maschinen, im Haushalt (z.B. drahtlose Bedienung von Rollläden, Brandmelder oder Klimaanlage). Nanonet-Chips sind einfacher zu bauen und verbrauchen weniger Strom. Produkte ab Mitte 2005. Reichweiten: 900/ 60 m (out(indoor)).

### Wimax

Standard IEEE 802.16a, Schließen der Versorgungslücken im breitbandigen Internet. Schnelle, breitbandige Funkverbindung zum Einsatz für längere Distanzen. Technische Details:

Frequenzbereich: 3,5 GHz  
 Übertragungsrate: 70 Mbit/s  
 Reichweite: bis 50 km (Verringerung durch Abschattung, Hindernisse)

Chip-Hersteller: Intel. Konsortium: Wimax Forum (Intel, Ericsson, Fujitsu u.a.). Ziel: Anschlüsse mit DSL-Leistung drahtlos über längere Strecken. Entfernung: theoretisch bis 50 km (aber Abschattung durch Hindernisse).

Einsatz dort, wo keine DSL-Anschlüsse. In Deutschland unkritisch, da hier die Infrastruktur für breitbandiges und kabelgebundenes Internet vergleichsweise gut. Bisher Pilotprojekt in Selm (Westfalen). Konkurrenz zum schnellen Mobilfunk LTE (MFN 4G).

Produkte: ca. 2005/06. Anfänglich sog. Residential Gateways: Geräte, die Wimax empfangen und in Protokolle übersetzen, die von WLAN verstanden werden. Wimax-fähige Endgeräte ab 2006/07 in Handel, z.B. Notebooks.

### UWB (Ultra-Breitband oder Ultra Wideband)

Entwicklung u.a. durch Intel. Persönliches Netzwerk (WPAN), aber deutlich höhere Bandbreiten als Bluetooth. Somit max. Reichweite bei 10 m. Technische Details:

Frequenzbereich: 3,1 – 10,6 GHz  
 Übertragungsrate: 200 Mbit/s  
 Reichweite: 10 m

UWB vergleichbar mit Bluetooth, aber wäre für Bluetooth-Aufgaben unterfordert. Sinnvoller hierbei Einsatzgebiete zur Übertragung von Audio- und Videodaten vom Rechner zum Abspielgerät im Wohnzimmer. Produkte: ab 2008.

### DSL (Digital Subscriber Line)

Nutzung Kupferkabel (Tel.-Anschluss: analog, ISDN) für breitbandigen Anschluss über Zugangstechnologie zu Backbone-Netzwerken (Internet) durch DSL. Ausnützung der höheren Frequenzen (Sprache bis 4 kbit/s) zur Datenübertragung. Bekannt: ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line), Telekom: T-DSL; download: 8 Mbit/s, upload 768 kbit/s (ab 2006: 16 bzw. 1 Mbit/s). Dazu wird vom Provider (z.B. T-Com) ein Splitter bereitgestellt (Frequenzweiche). An den Splitter anschließbar: DSL-Modem, Fax, Telefon. Splitter teilt die Daten aus dem Telefonnetz auf in Telefon-, Fax- und Internetdaten (online-Zugang).

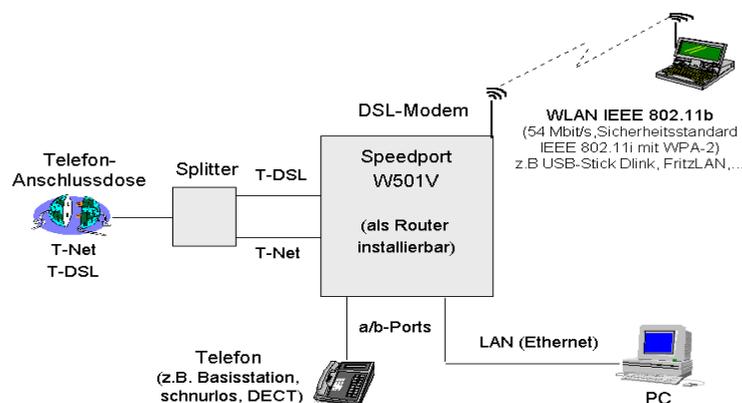


Abbildung 7.5: Anschlusskonfiguration (Beispiel T-DSL)

DSL-Modem über Ethernet-Kabel oder USB-Schnittstelle mit PC verbunden. Auch mehrere im NW verbundene Computer über das Modem via DSL mit Internet verbindbar.

Soll Zugriff über DSL-Anschluss mit mehreren Computern durchgeführt werden, ist ein Router erforderlich (z.B. NAT-Router), an den die PCs angeschlossen werden. Router bietet auch größere Sicherheit gegenüber Netzattacken, z.T. sind diese auch mit einfachen Firewalls ausgerüstet (z.B. Schließen von nur selten genutzten Ports).

### **Funkstandard WLAN (Wireless Local Area Network)**

Standards:

- IEEE 802.11: 2 ... 54 (108) Mbit/s, Aufbau von hot-spots, Access Points. Verschiedene Standards, u.a. IEEE 802.11b: 11 und 54 Mbit/s, 2,4 GHz, 30-300 m (seit 1999).

IEEE 802.11i: unterstützt Sicherheitsstandard nach WPA-2 (Wi-Fi Protected Access 2).

- HIPERLAN/1 und /2, nach Standard ETSI (54 Mbit/s).

Damit kabellose Verbindung auch bei DSL-Anschluss zwischen PC und Splitter/Modem. Dazu benötigt der PC eine WLAN-Karte bzw. WLAN-USB-Stick. Auf Seite des Netzanschlusses ist ein WLAN-Modem/Router erforderlich, der die Daten an den Splitter weiterleitet und per Funk an den PC überträgt.

Moderne DSL-Modems (z.B. Speedport W501V) mit Router-Fkt. u. WLAN (IEEE 802.11i).

### **7.4.3 UWB (Ultra Wideband) und W-USB (Wireless USB)**

#### **UWB: Drahtlose Ultra-Wideband-Kommunikation**

Ergänzung zu IR, Bluetooth, NFC u.a., Einsatz als WPAN. Verwendung eines alten Ansatzes: kurzzeitiges Senden mit hoher Bandbreite. Entfernung bis 10 m, Datenraten >100 Mbit/s.

Anwendungen:

- „Piepende Milchtüte“ (Chip: mit Barcode ~> sendet bei Verfall eine SMS ans Handy).

- Mit hoher Bandbreite können z.B. Bilder einer Digitalkamera über Funk durch kurze Impulse bis zu zehn Mal schneller an PC überspielt werden als mit heutigem WLAN.

Grundlagenuntersuchungen im Projekt Pulser: Koordination durch GWT/TU Dresden. EU-Förderung: ca. 30 Mio. €.

UWB-Funktechnologie, basierend auf der Übertragung von Funksignalen mit großer Bandbreite, mindestens 500 MHz (i.d.R. 3,1 - 10,6 GHz). Übertragungsraten: 200 Mbit/s ... Gbit/s.

Große Datenmengen kabellos in kürzester Zeit übertragen. Da alle attraktiven Funkbänder besetzt sind, werden lizenzfreie Frequenzreserven genutzt: Anstelle modulierter Signale in schmalen Frequenzbändern, werden bei UWB kurze Impulse auf einem breiten Frequenzspektrum erzeugt. Das Signal wird gespreizt, die Verschlüsselung erfolgt durch Variationen in der zeitlichen Folge der Impulse.

Marktstudie in Europa: ab 2009 werden 157 Mio. Geräte in der Heimelektronik, PCs und Mobilfunk mit UWB erwartet (weltweit 543 Mio.). UWB-Chips sollen in PCs, Fernseher, DVD-Player, aber auch in Armbanduhren, Handys, Milchtüten oder Kühlschränken eingesetzt werden. Anwendung insbesondere dort, wo die anderen Systeme an ihre Grenzen stoßen.

Reichweite: 3 – 10 m (WLAN: 50 – 300 m). Neue Anwendungsfelder für UWB-Chips:

- drahtlose Sensornetze: Energiearme Sensoren mit Funkverbindung. Anwendungen mit niedrigen Datenraten, z.B. zur Überwachung von Waldbränden, Standortverfolgung in Fertigungshallen und Lagern, Überwachung von Luft- und Gewässerqualität.

- drahtloser USB-Anschluss für externe Geräte am Computer, mit hoher Übertragungsraten.

#### **Wireless USB (W-USB)**

Funktechnologie im Nahbereich zum drahtlosen Anschluss peripherer Geräte. 2 Spezifikationen für die funkbasierte Erweiterung des USB-Standards:

CWUSB (Certified Wireless USB) durch USB Implementers Forum.

WUSB von Cypress Semiconductors, nicht von USB-Organisation unterstützt.

W-USB basiert auf UWB- (OFDM-) Technologie (ECMA-368, WiMedia Alliance). Übertragungsraten: 480 Mbit/s (bis 3 m, spezielle Chips für bis 9 m), 110 Mbit/s (bis 10 m).

Übertragung im Frequenzband zwischen 3,1 und 10,6 GHz, aufgeteilt in 5 Bandgruppen. Ein Band belegt Bandbreite von 528 MHz. Frequenzen weltweit noch nicht freigegeben. Frequenzfreigabe des Bereiches 6 bis 8,5 GHz durch EU für 2010 erwartet.

Für DE erfolgte Frequenzfreigabe am 16.01.2008, erste Geräte auf Cebit 2008. Geräte als einfaches Device, Host (HUB für 127 Devices) oder Inhouse-Equipment. Stellt MSC-Funktion (Mass Storage Device) für Lese/Schreibzugriff auf Speicher bereit.

#### **7.4.4 WLAN und FritzBox-WLAN**

##### **WLAN (Wireless LAN)**

Standards: IEEE 802.11x (Industrie- und Heimnetze), IEEE 802.16 (breitbandig, z.B. Wi-max), HIPERLAN (ETSI, z.B. für UMTS Core Network).

WLAN leistungsfähiges, kabelloses Heimnetz (Daten, Video, Musik, Internetzugang), Quasi-Standard IEEE 802.11b, sog. **WiFi-Standard**: 54 Mbit/s, gestattet Verbindung von Geräten unterschiedlicher Hersteller. Einige Hersteller (wie Netgear, D-Link, Belkin) bieten höhere Übertragungsraten (108 ... 300 Mbit/s), aber nicht für alle Geräte kompatibel.

Probleme bei WLAN:

- Reichweite (Sendeleistung, Abschattungen, Hindernisse) ~> gute Positionierung nötig,
- Sicherheit (DSL-Zugang, Passwort, default-Einträge, WEP- bzw. WPA-Verschlüsselung, Firewall, Netzwerkkennung SSID),
- Beschränkung der IP-Adressen und Identifikation der Netzwerkkarten (MAC-Adresse),
- Konfigurierung: kompliziert, z.T. vorkonfigurierte Geräte (z.B. FritzBox-WLAN).

##### **Standards für WLAN nach IEEE 802.11 (Auswahl)**

*IEEE 802.11a*: 54 Mbit/s, Standard 1999, Frequenzbereich bei 5 GHz, Reichweite ca. 25 m

*IEEE802.11b*: 11 Mbit/s (-> 54 Mbit/s), Standard 1999, Frequenzbereich bei 2,4 GHz, Reichweite bis 300 m. Weit verbreitet, Kompatibilität zum Standard 802.11g.

*IEEE 802.11g*: 54 Mbit/s, Standard 2002/2003, abwärtskompatibel zu IEEE 802.11b. Beschränkung auf max. Ü-Rate von 54 Mbit/s, Reichweite wie IEEE 802.11b (300 m). Infolge Kompatibilität können IEEE 802.11g Router und Access Points problemlos in ein bestehendes IEEE 802.11b-Netz integriert werden.

*IEEE 802.11i*: unterstützt Sicherheitsstandard nach WPA-2 (Wi-Fi Protected Access 2).

##### **Vorkonfigurierte WLAN-Produkte**

FritzBox-WLAN: mit eingestellten Sicherheitseinstellungen. Hersteller: AVM (Berlin).

Hercules WiFi-Serie: mit Bediensoftware und Handbücher; Hersteller: Guillemot.

## 8 Plattformen für Wireless Applications

### 8.1 Drahtloser Datenaustausch in mobilen Umgebungen (OBEX, SyncML, Versit)

#### Charakteristika mobiler Szenarien

Traditionell drahtgebundene Netze: Telefonnetze, Datennetze (Rechnernetze): Infrastruktur-Netze, Leitungs- und Paketvermittlung. Erweiterung durch drahtlose Netze (Satellit, terrestrisch, lokal, Nahbereich): Infrastruktur- und ad-hoc-Netze, Sprach- und Datenkommunikation. Unterschiede zu nicht mobilen Szenarien:

- Verbindung oft spontan aufgebaut und beendet.
- Automatisches Aushandeln der Übertragungsparameter, Suche nach Diensten.
- Geräte unterschiedlicher Hersteller (Datenformate, Protokolle) ~> nicht-proprietär !
- Spezielle Charakteristiken mobiler Endgeräte (HW, SW, Betriebssysteme).

Weiterhin: automatische Konfigurierung, Datensynchronisation, Sicherheitsaspekte.

Bekannte mobile Anwendungen: Konventionell: Telefon, SMS, einfacher Datenaustausch. Erweitert: PIM (Kalender, Adressen, ...), mobiler Internet-Zugang (Email, Web), Navi, ...

- Unterstützung durch verschiedene Anwendungs-Protokolle der mobilen Datenkommunikation, u.a.
  - OBEX, SyncML, Versit (vCard, vCalendar, vNote, vMessage),
  - WAP (Datenstruktur WML),
  - i-Mode (Datenstruktur cHTML).
- Mobiler Email-Zugang im Internet (Push Emails): Übertragung an mobiles Endgerät (z.B. Blackberry-Dienst).
- Mobiler Web-Zugang (Apps für Smartphones und Tablets) ~> s. Mobile Computing
  - Mikro-Blogging, Instant Messaging, Twitter (Web-Seiten per Push-Prinzip an Handy).
  - Online-Messaging-Systeme (wie WhatsApp, iMessage, Joyn) vs. SMS.

### OBEX (Object Exchange Protocol)

#### Konzeption

OBEX für einfachen Datenaustausch zwischen mobilen Geräten. Grundidee: Übertragung von "Objekten", ohne konkrete Datenformate im Protokoll zu spezifizieren, u.a. Textnachrichten, Visitenkarten, Memos, Bilder einer Digitalkamera. Unzureichend für kontinuierliche Datenströme (wie Audio- und Videoströme).

OBEX-Unterstützung in verschiedenen Betriebssystemen: PalmOS, MS Windows (ab Version 2000), Windows Mobile, Pocket PC 2002, Aripis (von C-Technologies für elektronische Stifte), einige Mobiltelefone (u.a. Nokia, Samsung).

Einsatz in Palm-Geräten unter PalmOS. Mittels „*Beamen*“ können einzelne Datensätze eingebauter Standardanwendungen (z.B. Terminverwaltung, Adressen, Memos) an andere Palm-Nutzer per Infrarot übertragen werden.

Bekannte Anwendung: Übertragung elektronischer Visitenkarten.

#### Struktur

OBEX auf Anwendungsebene auf Datei-Niveau (Put/Get) abgebildet. OBEX kann auf jedem zuverlässigem Transportprotokoll aufsetzen. Unterlegte Protokollstrukturen (Beispiele): Internetprotokoll TCP/IP, Bluetooth Transport-Protokoll L2CAP (Funk), Infrarot (Basis IrDA, Komponente IrOBEX).

Beispiel: Integration von OBEX in die IrDA-Protokollhierarchie.

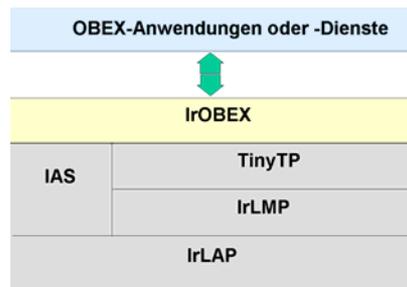


Abbildung 8.1: OBEX und IrDA-Protokollhierarchie

TinyTP: zuverlässiges Transportprotokoll;  
 IAS-Dienst: zum Ablegen näherer Informationen des Dienstes und für Abfrage von anderen Geräten.

## SyncML (Synchronization Markup Language)

### Konzeption

SyncML: Plattform-unabhängiger Standard zur Datensynchronisation zwischen Computern und zur Datenübertragung in mobilen Anwendungsszenarien. Daten: beliebige Info's, i.allg. PIM-Daten (Adressen, Kalendereinträge) oder Emails.

SyncML ist auch Beschreibungssprache (Basis: XML) und Protokollvereinbarung.

Spezialform: SyncML-DM (SyncML for Device Management) für Fernwartungsfunktionen für mobile Endgeräte, u.a. Verwaltung von Konfigurationen und SW-Aktualisierungen über einen Server.

*Plattformunabhängigkeit:* Offener Standard (nichtproprietär) für Endgeräte unterschiedlicher Hersteller und allge-meiner Netzwerkarchitektur ~> erlaubt Synchronisation über Internet, Mobilfunknetz oder direkt verbundene Endgeräte: TCP/IP, WSP (Wireless Session Protocol im WAP) oder OBEX.

### Aufgabenstellung

Grundaufgabe: Synchronisation der Datenbestände zwischen portablen Geräten über ein beliebiges Netzwerk, z.B.

- zwischen zentraler Datenbank und Geräten mobiler Außendienstmitarbeiter,
- zwischen Kalendern aus PDAs und zentralem Kalender einer Firma,
- Lesen von Emails über mobile Endgeräte, wobei zentrale Mailbox konsistent bleibt (Push-Dienst),
- Mitnahme von Dokumenten, Editierung auf Reise und spätere Synchronisation mit Heimbestand.

Jedes beliebige Gerät mit SyncML-konformen Client kann Daten mit SyncML-fähigen Server abgleichen, unabhängig von Betriebssystem und Hersteller. Typische Endgeräte: PC, Mobiltelefone, Handcomputer (Laptop, PDA, Smartphone).

SyncML Konsortium (Anfang 2000): Initiative von Ericsson, IBM, Lotus, Motorola, Nokia, Palm Inc., Psion, Starfish, Symbian. Später in OMA (Open Mobile Alliance), über 200 Firmen (nicht Microsoft). Für MS Pocket-PCs gibt es SyncML-Clients von Drittanbietern.

Ende 2000: erste Spezifikationen und prototypische Implementationen verfügbar.

### Datensynchronisation

Abgleichen der Datenbestände zwischen verschiedenen Endgeräten (PC, Notebook, ... Mobiltelefon). Dabei u.a. kontrolliert, welches Endgerät welche Daten hat, ob das andere Endgerät die anderen Daten will, ob bei unterschiedlichen Datenversionen Änderungen beibehalten werden sollen.

SyncML-Nachrichten in einer Client/Server-Kooperation ausgetauscht:

- i.allg. Start einer Synchronisation durch Client,  
ab SyncML Version 1.3 auch Push vom Server zum Client.

SyncML-Nachrichten ähnlich Email-Nachrichten strukturiert: Kopf mit Empfänger- / Sender-Informationen, sowie Synchronisations-IDs für Server, gefolgt von Synchronisationsbefehlen zum Hinzufügen, Löschen oder Ersetzen von Daten.

*Konzepte zur funktionellen Datensynchronisation*

- ID handling: Zur eindeutigen Identifikation eines Datensatzes (z.B. Adresseintrag). Realisierung durch eindeutige ID (identification data – i.d.R. eine Nummer). Darüber auch Gerät ausweisbar.
- Change detection: Definiert, ab wann ein Datensatz als geändert gilt. Meist mit *timestamp* (Datum inkl. Uhrzeit) kombiniert – damit Zeitpunkt der Änderung definiert.-Modification exchange: Definiert, wie eine Änderung durchgeführt wird: Löschung, Ersetzung oder Neuerstellung.
- Conflict detection: Erkennung der Konfliktfälle, z.B. gleichzeitiges Ändern, wessen Daten sind zu synchronisieren.
- Conflict resolution: Entscheidung, wie erkannte Konfliktfälle zu lösen sind, z.B. zuerst oder zuletzt geändert ~> Festlegung des Datensatzes als Referenz zur Aktualisierung.
- Slow and fast synchronization: Festlegung, ob alle Daten zu vergleichen sind oder nur die Daten, die sich seit dem letzten Synchronisationsvorgang geändert haben.

**Architektur**

SyncML als Client/Server-Architektur:

- Client: mobiles Gerät (Mobiltelefon, PDA, Notebook), Server: stationärer Rechner.  
Auf beiden laufen die eigentlichen Anwendungen, zusätzlich *Client-* bzw. *Server-Agents* für das Synchronisationsprotokoll.
- Auf Server zusätzlich sog. *Sync Engine* zur Analyse und Modifikation der Daten.

Realisierung des SyncML-Konzepts durch 2 Protokolle:

- Synchronisationsprotokoll (*SyncML Synchronization Protocol*): Verständigung der an der Synchronisation beteiligten Partner und Ausführung der Synchronisation,
- Darstellungsprotokoll (*SyncML Representation Protocol*): Spezifikation der Kodierung für Datentransport und Festlegung der Grundoperationen zur Datensynchronisation.

Kommunikationsprotokolle:

- HTTP (für Web), WSP (Sitzungsprotokoll des WAP), OBEX (für Bluetooth und IrDA).
- ggf. weitere Protokolle, wie Email-Protokolle des Internet (SMTP, POP3, IMAP), TCP/IP, proprietäre drahtlose Transportprotokolle.

*SyncML-Protokollaufbau:*

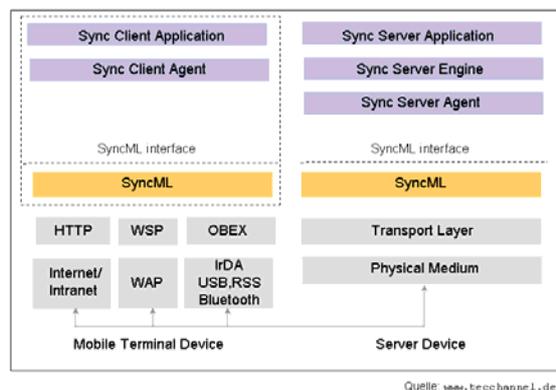


Abbildung 8.2. SyncML Protokollaufbau

SyncML sichert einheitliches Austauschprotokoll für alle Geräte, unabhängig vom Gerätetyp und Übertragungsweg:

- Verschiedene Gerätetypen: Handy, PDA, Smartphone, Digitalkamera, Laptop, PC.
- Etablierte Kommunikationsprotokolle, wie HTTP (für Web), WSP (Sitzungsprotokoll des WAP), OBEX (für Bluetooth und IrDA); ggf. weitere Protokolle, wie Email-Protokolle des Internet (SMTP, POP3, IMAP), TCP/IP, proprietäre drahtlose Transportprotokolle.
- Datenaustausch über SyncML-Synchronisationsprotokoll.

*Synchronisationsablauf zwischen Client und Server bei SyncML:*

- Datenaustausch erfolgt über SyncML-Schnittstelle (Interface)
- SyncML-konvertierte Daten werden über beliebiges Protokoll zwischen Client und Server übertragen: HTTP (TCP/IP), WSP (WAP) oder OBEX (Bluetooth, Infrarot).
- Sync Client Agent leitet einen Synchronisationsvorgang auf Basis des SyncML-Protokolls ein und verwaltet die Übertragungsvorgänge auf Client-Seite.
- Auf der Gegenseite wartet der Sync Server Agent auf eine Synchronisationsanforderung.
  - Die Sync Engine führt dabei eine Analyse durch und prüft, welche Daten zu verändern sind. Dazu öffnet und modifiziert sie Datenbanken, reagiert auf Veränderungen im Ter-minkalender oder aktualisiert die Ordner des Email-Programms.

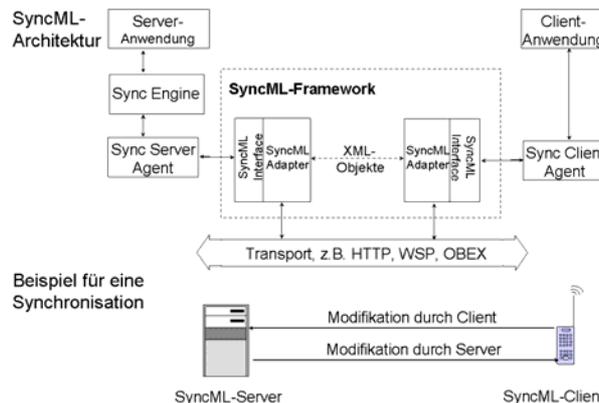


Abbildung 8.3: SyncML Infrastruktur

### *Synchronisation von Datenbeständen*

Datenbank hierbei als Sammlung von Dateien und Verzeichnissen; Identifikator gebildet aus Dateiname und Pfad. Verwenden Client und Server unterschiedliche Identifikatoren, so bezeichnet man diese serverseitig als GUID (Global Unique Identifier) und clientseitig als LUID (Local Unique Identifier). Zuordnung GUID <-> LUID erfolgt über spezielle Tabelle.

7 verschiedene Synchronisationstypen, u.a.

- Einweg-Synchronisation Client (Client sendet Änderungen an Server),
- Einweg-Synchronisation Server (Server sendet Änderungen an Client),
- Zweiwege-Synchronisation (Abgleich der Client- und Serverdaten durch Austausch).

*SyncML-Nachrichten zwischen Client und Server:*

Nachrichten besitzen Teilnachrichten, die auch eine Unterstruktur aufweisen können, Verschieden Tags, Anwendung XML als Beschreibungssprache, die beliebige Verschachtelungen erlaubt.

### **Anwendung (Auswahl)**

- Synchronisation von PIM-Daten (Kalender, Aufgaben, Adressen, ...), z.B. für Microsoft Outlook.
- Daten-Synchronisation von Push Emails.

Bekanntes SW-Werkzeug: Funambol: Java OpenSource SyncML-Server und SyncML-Clients, ehemals *sync4j*.

### Formate des Versit-Konsortiums

Infrared Data Association (IrDA) erkannte Bedeutung zur Festlegung von Datenformaten für Datenaustausch zwischen mobilen Geräten ~> Gründung *Versit-Konsortium*: u.a. Apple, AT&T, IBM, Siemens, HP. Ziel: Spezifikation von Standards von Formaten für drahtlosen Datenaustausch ~> nach 1996 durch Internet Mail Consortium weitergeführt.

Durch Versit-Konsortium definierte Formate:

**vCard:** Format entspricht der elektronischen Visitenkarte. Neben dem Namen können Bilder, Logos, und Töne in einer vCard gespeichert werden.

**vCalendar:** Ein vCalendar-Eintrag definiert ein Ereignis aus einem Kalender: einfacher Eintrag (z.B. 31.12.2012: "Silvesterparty"), komplexe, regelmäßig wiederkehrende Einträge (z.B. jeden 1. Dienstag im Monat 17 - 20 Uhr: "Vorstandssitzung").

**vNote** und **vMessage:** Format für kleine textuelle Notizen oder Nachrichten. Nur geringe Anwendungsverbreitung im Gegensatz zu vCard und vCalendar. Formate vCard und vCalendar von vielen Geräten unterstützt, insbesondere Organizern.

Über OBEX-Protokoll einfacher Datenaustausch möglich. 4 Formen der Unterstützung beim Austausch von Objekten:

1. Minimum Level: Nur Übertragung einzelner Datensätze (z.B. einzelne Visitenkarten).
2. Access Level: Mehrere Datensätze auf einmal übertragbar (z.B. ganzes Telefonbuch).
3. Index Level: Datensätze anhand eines Indexes identifiziert und gezielt übertragen.
4. Sync Level: Synchronisation der Datenbestände zweier Geräte.

Beispiel vCard:

```
BEGIN:VCARD
VERSION:2.1
N;CHARSET=ISO-8859-1:Irmscher;Klaus
ADR;;;Rechnernetze & Verteilte Systeme\
Augustusplatz 10-11;Leipzig;;04109;Germany
ORG:Universität Leipzig
TEL;PREF;WORK;VOICE:+49 341 97 32 271
TEL;WORK;FAX:+49 341 97 32 289
EMAIL;WORK;INTERNET:irmscher@informatik.uni-leipzig.de
X-PALM-CUSTOM;2;Interests:Mobile Computing
X-PALM-CUSTOM;3;Homepage:http://www.informatik.uni-leipzig.de/rnvs/
UID:1900581
END:VCARD
```

Elektronische Visitenkarte oder Eintrag im elektronischen Adressbuch, Einträge können mit vCard-Format zwischen portablen Geräten ausgetauscht werden, vCard-Format auch von Web-Browsern verstanden

## 9 Satellitennetze

### 9.1 Satellitenkommunikation

#### Satellitenübertragung

70/80er Jahre: Nachrichtensatelliten (Patent: Arthur Clarke, 1965):

- gebündelte Übertragung vieler Telefongespräche und Fernsehkanäle.
- direkte Verteilung von Fernseh- und Rundfunkprogrammen (Kabel-TV, "Schüssel").

Seit 90er Jahre auch:

- satellitengestützte Daten-, Bild-, Text- und Sprachkommunikation,
- direkte, interaktive Individualkommunikation,
- Positionierungssysteme, LBS (local based services), Wettersatelliten u.a.
- Internet-Zugang über Satellit.

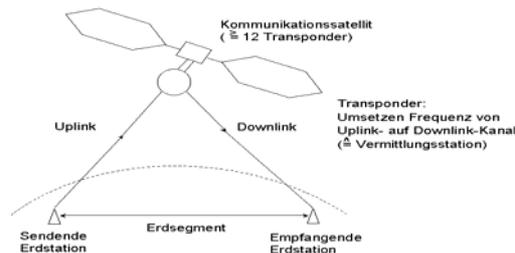


Abbildung 9.1: Aufbau Satellitenkommunikationssysteme

Sendestation: Senden von Rahmen auf einer Uplink-Frequenz an Satellit.

Transponder: Zwischenspeicherung des Rahmens und Zuweisen eines Downlink-Kanals.

Satellit: Senden von Rahmen auf einer Downlink-Frequenz an Empfängerstation.

Für Uplink und Downlink verschiedene Frequenzen benutzt, um Transponder vor Schwingungen zu schützen. Bandbreiten-Nutzung: 500 MHz Bandbreite aufgeteilt in 12 Transponder zu je 36 MHz od. 50 Mbit/s. Pro Transponder z.B. 800 digitalisierte Sprachkanäle zu je 64 kbit/s. Ein Transponder deckt mit einem Strahl einen Teil der Erde (Erdsegment) ab: Breite 250 km (Punktstrahl) bis 10 000 km (breiter Strahl). Mittlere Übertragungszeit: 270 ms.

#### Satelliten - Orbits

GEOS: Geostationary Earth Orbit Satellite (z.B. Inmarsat System)

Höhe: 36 000 km; Rotationsperiode: 24 h; Sichtzeit: 24 h, Orbit über dem Erdäquator

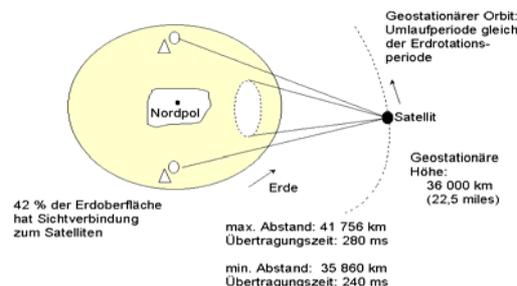


Abbildung 9.2: Geostationärer Orbit

MAS: Medium Altitude Satellite (z.B. Russian Molnya Communication Satellite und AT&T Telstar Satellites)

Höhe: 6 000 ... 12 000 miles; Rotationsperiode: 5 ... 12 h; Sichtzeit: 2 ... 4 h

LEO: Low Earth Orbit Satellite (z.B. RCA Relay Satellites)

Höhe: 400 ... 900 miles (700 ... 1 500 km); Rotationsperiode: 1½ h, Sichtzeit:  $\leq \frac{1}{4}$  h

LEO sollten in Zukunft GEO in neuer, individueller Telekommunikation ablösen.

Satellitensysteme, u.a. für TV/Rdfk., Telekomm., Navigation, Wetter, Raumfahrt, Militär.

## 9.2 Kanalzuordnung

### Mehrfachzugriff

Wichtigste technische Frage (analog wie bei LAN: Shared Medium): Zuweisung der Transponder-Kanäle. Bei Satelliten ist (im Gegensatz zu LAN) die Trägerabstimmung auf Grund der Ausbreitungsverzögerung von 270 ms nicht möglich. Tastet eine Station den Zustand eines Downlink-Kanals (Satellit -> Erde) ab, erfährt sie, was 270 ms zuvor abgelaufen ist. Abstimmung eines Uplink-Kanals ist i.allg. nicht möglich, deshalb CSMA/CD-Protokolle nicht verwendbar (dies geht davon aus, dass eine sendende Station die Kollision innerhalb der ersten Bitzeiten erkennt und sich in diesem Fall zurückzieht). Somit andere Protokolle erforderlich.

Auf Mehrfachzugriffskanal (Uplink) werden 5 Protokollklassen benutzt: Polling, ALOHA, FDM, TDM, CDMA. Hauptproblem liegt beim Uplink-Kanal. Downlink-Kanal hat nur 1 Sender (den Satelliten): deshalb hierbei kein Problem der Kanalzuordnung.

### *Polling*

Aufteilung eines einzelnen Kanals unter mehreren Benutzern durch Polling (Umfrage).

### *ALOHA*

Reines ALOHA (Abramson, Univ. Hawaii, 1972): jede Station sendet, wenn sie will. Unter-teiltes (slotted) ALOHA: Verdopplung der Effizienz durch Senderegulierung.

### *FDM (Frequenzmultiplexverfahren)*

\* Frequenzband wird aufgeteilt, Teilband exklusiv.

### *TDM (Zeitmultiplexverfahren)*

Kanal zeitlich aufgeteilt, Zeitschlitze (Slots) den Teilnehmern zugeordnet, Slots exklusiv.

### *CDMA (Code Division Multiple Access)*

Code-Multiplexing. Parallele Übertragung durch Anwendung verschiedener Codes: Codes müssen den Teilnehmern bekannt sein, Empfänger können Nachricht herausfiltern (andere Nachrichten als Rauschen interpretiert),

## 9.3 Anwendungen von Satellitensystemen (Auswahl)

**Kommunikationssatelliten:** Übertragung von Telefon und Fernsehen (z.B. Astra), Globale Kommunikation (z.B. Inmarsat), Satellitentelefonie (z.B. Iridium, RCA Relay Satellites)

**Navigationssatelliten:** Positions- und Zeitbestimmung, Navigation (z.B. PkW), Maut usw.

In Betrieb: GPS (USA), GLONASS (Russland), im Aufbau: GALILEO (EU), COMPASS (China), in Planung: IRNSS (Indien).

Ergänzung durch satellitengestützte Zusatzsysteme (sog. Overlay-Systeme) zur Verbesserung der Genauigkeit durch Korrektursignale: SBAS (Satellite-Based Augmentation Systems): [DGPS,] WAAS (USA), EGNOS (EU), GAGAN (Indien), MSAS (Japan).

Planung und Aufbau eines GNSS (Global Navigation Satellite System).

Generationen von GNSS: GNSS-1: GPS, GLONASS; GNSS-2: GPS-II (2012), GALILEO (2013); GNSS-3: GPS-III, ...

**Wettersatelliten:** Eumetsat (Wetteragentur): Meteosat 9, Metop-A / -B, Jason 2, ...

**Nachrichtensatelliten:** u.a. Flugsicherung, Raumfahrt, Militär, Spionage udgl.

**Forschungssatelliten:** Verschiedene Systeme, u.a. Planetenforschung (z.B. COROT), Weltraumteleskope (Urknall), Weltraumlabor (ISS, Himmelspalast/China).

### Kommunikationssatelliten (Systeme und Projekte)

#### *Kommunikationssatelliten-Netze*

GEOS (z.B. Inmarsat) ~> LEOS (z.B. Iridium). LEOS analog zum terrestrischen zellularen Mobilfunknetz (nur: Satelliten projizieren während Umlauf Funkzellen zur Erde).

Vernetzung der Satelliten untereinander bzw. mit terrestrischen Systemen. Aufbau GAN: Global Area Network (Vinton Cerf, "Vater" des TCP/IP).

Satellitentelefonnetze in Konkurrenz zu terrestrischen MFN, aber globale Erreichbarkeit.

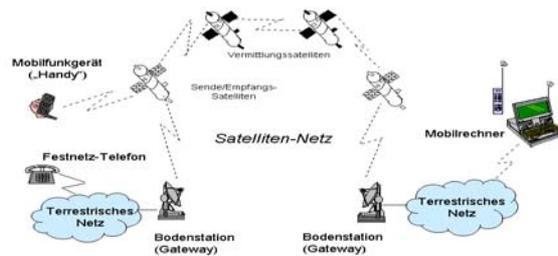


Abbildung 9.3: Satellitenübertragungssystem

**INMARSAT:** GEO-Satellitensystem, in Betrieb seit 1982: 3 geostationäre Satelliten, Höhe 36000 km. In Vergangenheit vor allem Schiff-Schiff-Kommunikation mit nicht tragbaren Bodenstationen, sollte ca. 2000 durch LEO-System abgelöst werden, fehlende Entscheidung.

**IRIDIUM:** LEO-Satellitensystem, Motorola Iridium Projekt, 3.4 Mrd. \$ Investitionen. Globales Netzwerk für "Personal Communication". 66 Kommunikationsatelliten in ca. 800 km Höhe (ursprünglich 77 geplant: Iridium = Element Nr. 77 des Periodensystems). Abschaltung in 2000 (Konkurrenz terrestrischer Systeme); in 2000: 1.5 Mio. Nutzer

### Satellitenbasierte Navigation

Nutzung zur Positions- und Zeitbestimmung, Navigation (z.B. PkW), Maut, LBS usw. Prinzip: Positioning – Berechnung der Ortskoordinaten aus den empfangenen Satellitensignalen (GPS, Galileo), ggf. topologische Darstellung durch beim Empfänger installierter Landkarten. Ergebnis verbleibt im Empfangsgerät (vs. Tracking).

Verschiedene Navigationssysteme für individuelle Nutzung:

- **Fest installierte Navigationsgeräte**, z.B. im PkW: teuer (06): 1000 € (sw) - 2000 € (farbig). Sprachausgabe, grafische Positionsdarstellung (Landkarte, Pfeildarstellung). Zusätzlich TMC (Traffic Message Channel) für Stauanzeige und Stauumfahrung. Probleme: Teure Updates der Navigations-SW, aktuelle Landkarten, fehlender Standard.
- **Mobile Navigationsgeräte**, sog. Plug-&-Play-Geräte u.a. Garmin, tom tom, Mio, Falk, Sony, Navman, Becker, ViaMichelin, KlickTel ... Probleme: Akkus (i.d.R. < 3 h), oft fehlende Korrekturwerkzeuge bei GPS-Ausfall. Zusätze (Blitzampeln, fest installierte Überwachungsanlagen) in DE nicht erlaubt.
- **Navigations-Handys**, verschiedene Handys lassen Einbau der Navigation zu. 2 Systeme:
  - \* Ziel wird per SMS an einen Service-Provider gesendet. Dieser berechnet aus der aktuellen Position die Route, Rücksendung an Handy (Nutzer hat somit aktuelles Kartenmaterial).
  - \* Navigations-SW auf austauschbarer Speicherkarte, Routenberechnung im Handy. Navigations-SW ab 300 €, SW-Update und europäische Landkarten gegen Aufpreis.
- **Smartphones (GPS):** Apps, z.B. für Android, iOS (i.allg. kostenfrei), Halterung für PkW

### Europäisches Wetterbeobachtungssystem

Betreiber der Satelliten und Bodenstationen: **Eumetsat** (Wetteragentur).

- Sitz der europäischen Wetterorganisation Eumetsat: Darmstadt.
- Weitergabe der Daten an Wetterdienste in ca. 30 europäischen Staaten.
- Betreiber des Satellitensystems Meteosat.

Wettersatelliten: **Meteosat, Jason, Metop.**

#### Wettersatellit Meteosat

Erster Start Meteosat: 1977. Gegenwärtige Satelliten: Wettersatelliten **Meteosat 9** (2005) und älteres Doppelsystem (Meteosat 8, Reservesystem). Höhe 36 000 km, geostationär (GEOS). Positionierung über Europa und Afrika. Damit ausfallsicheres System, Nutzung durch 400 Nutzer (weltweit). Genauigkeit der Wettervorhersage (90%-Genauigkeit): vor 20 Jahren: ca. 24 Stunden, mit Meteosat: 3 Tage (2005), 5 Tage (geplant 2015).

Reservesatellit: folgt Meteosat 9 in 5 min. Abstand. Soll Bilder und Wetterdaten von besonders gefährdeten Regionen senden.

Meteosat 9: Positionierung über Äquator im Indischem Ozean. Übertragung der Daten der Messstationen, Beobachtung Atmosphärenzustände, Winde bzw. Hurrikans, Springfluten (Tsunami), tektonische Beben und Vulkanausbrüche udgl.

Planung **MTG (Meteosat Third Generation)**: Zeitraum 2015 – 2035, 8 MTG's, Gewicht: 3 t. Erkennung Unwetter, Klimaveränderungen und Umwelteinflüsse. Neu: Infrarot-Instrument ~> damit hochaufgelöste vierdimensionale (zeitliche und räumliche) Informationen über atmosphärische Wasserdampf- und Temperaturstrukturen. Für Vorhersage Niederschlag, Nebel, Stürme (bis 12 Stunden im voraus), Blitzerkennungssystem an Bord ~> für Flugverkehr.

Ergänzung der europäischen Meteosat-Satelliten durch niedrigfliegende Satelliten (in Gebieten, wo Meteosat ungenügend wirkt, z.B. an Polen): Erfassung von Temperatur, Feuchtigkeit, Wind, Ozon usw. Überwachung Umweltbedingungen, geladene Teilchen, Weiterleitung von Notsignalen. Klimaüberwachung, Verbesserung von Wettervorhersagen. 08.04.2010: Start ESA-Satellit CryoSat 2, 700 km Höhe, Vermessung der Eisschilde an Polen, 3 Jahre

#### **Wettersatellit Jason**

Start europäischer Wettersatellit Jason 2 im Juni 2008. Bahnhöhe 1336 km (LEO), 500 kg, 3,5 m hoch. Umlaufgeschwindigkeit: 120 min., Scannen der Erdoberfläche aller 10 Tage.

Beobachtung Ozeane und Gewässer (z.B. Wellenhöhe), Meereszirkulation und Wetter. Früh-erkennung von Hurrikans, Landwirtschaft, Fischerei, Offshore-Industrie, Tourismus.

#### **Wettersatellit Metop-A**

Start 19.10.2006 vom Weltraumbahnhof Baikonur/Kasachstan; Trägerrakete Sojus 2-1A.

Startgewicht: 4 093 kg, Höhe: 800 - 850 km, Umlaufzeit: 110 min. Stromversorgung über das 17,6 m lange Sonnensegel. Abmessungen: 17,6 x 6,5 x 5,2 m (incl. Sonnensegel). Lebensdauer: 5 Jahre (Kontinuität bis 2020, Nachfolger Metop-B und Metop-C sollen in 5 Jahren folgen). Zusammenarbeit Europa und USA.

Herzstück von Metop-A ist ein extrem hoch auflösendes Infrarot-Spektrometer: Messung von Temperatur und Feuchtigkeit sowie der chemischen Zusammensetzung der Erdatmosphäre in verschiedenen Höhen. Erfasst nicht nur Ausdehnung der Wolken und Luftschichten sondern auch die darin herrschenden unterschiedlichen Temperaturen. Damit auch Zirkulation klimarelevanter Gase wie Kohlendioxyd nachvollziehbar.

Metop-B am 17.09.2012 von Baikonur (Kasachstan) mit Sojus-Rakete ins All gestartet. Dazu im Juli 2012 ein MSG (Meteosat Second Generation) von Kourou (Französisch-Guayana) als Ergänzung zu einer Späher-Gruppe.

#### **Nachrichtensatelliten**

Beispiel: Nasa Satellite Earth Observation

Auch militärische Nutzung, z.B. 22.05.2010, Start des 2. eigenen Nachrichtensatelliten der Deutschen Bundeswehr. Kourou, Ariane-5-Rakete. Satellit (Kommunikationssatellit der BW): 2,4 Tonnen, Höhe ca. 36 000 km, positioniert über Äquator. Steuerung: Deutsches Raumfahrt-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen. Aufgaben für Bundeswehr: Abhörsichere Telefongespräche, Videokonferenzen, Internet-zugang.(bisher über kommerzielle Anbieter).

#### **Planetenforschung**

Französischer *Forschungssatellit Corot*: Gewicht: 670 kg, Ausdehnung: 4,2 m, Entfernung 900 km. Start 27.12.2006, Weltraumbahnhof Baikonur/Kasachstan. Satellit mit Hochleistungsteleskop (erprobt in Landessternwarte Jena).

Aufzeichnung von Daten aus Weltall, Messung des Sonnentransits von ca. 60 000 Sternen, Funkübertragung zur Erde. Koordinierung: ESA und DLR. ESA-Kontrollzentrum Darmstadt.

Ziel: Auffinden von Planeten außerhalb des Sonnensystems, Frage nach Leben auf anderen Planeten („Erde 2“). Aufgabe: Verstärken des Wissens über die sog. Exo-Planeten (~> Gas-

Riesen, auf denen Leben nicht möglich). Suche nach neuen, kleineren Planeten, wo Leben möglich sein könnte. Konkrete Untersuchung dann mit weiteren Satelliten. Beitrag Deutschland: wissenschaftliche Vorbereitung, Steuerungs-SW der Positionierung der Satelliten.

*Weltraumteleskope* zur Erforschung des Universums (Urknall, Entstehung, Ausdehnung, schwarze Materie, Exo-Planeten udgl.)

- USA/Nasa: Hubble-Teleskop (Start 1990, Entfernung 560 km), Rekonstruktion 05/2009, Space-Shuttle Atlantis.
- Europa/ESA: 14.05.2009 Kourou/Guayana, Ariane-Rakete, 2 Teleskope (Satelliten)
  - Herschel: 7,5 m großes Teleskop.
    - Verschiedene Umlaufbahnen um einen virtuellen Punkt (L-Punkt, Lagrange), Entfernung 1,5 Mio km von Erde (störungsfrei).
    - Erforschung früherer Sonnen und Entwicklung von Planetensystemen
    - Benannt nach Astronom Friedrich Wilhelm Herschel (1738 – 1822).
  - Planck:
    - Erforschung der aus Frühzeit des Universums stammenden kosmischen Hintergrundstrahlung (All mit 13,82 Milliarden Jahre älter als bisher vermutet).
- USA/Nasa: neues Weltraumteleskop zur Suche nach unbekanntem Kometen, Sternen und Galaxien. Satellit „WISE“ (Widefield Infrared Survey Explorer), Start 14.12.2009. Soll Erde umkreisen und im Zeitraum von 9 Monaten gesamten Himmel anderthalb Mal absuchen. Suche nach bisher verborgen gebliebenen kosmischen Objekten, darunter die kältesten Sterne und leuchtstärksten Galaxien.
- Vermutlich „2. Erde“ entdeckt <sub>Sept.2010</sub> (Univ. of California, Steven Vogt): Gliese 581g (Planet in einer sog. habitablen Zone, also in einer Entfernung zu seinem Zentralgestirn: dem Roten Zwergstern „Gliese 581“).

### **Raumstation „Himmelspalast“**

Chinas Projekt im All: Raumstation, Raumkapsel, Mondlandungen, Satellitennetz (wissenschaftliche, politische und militärische Ziele).

- Raummodul „Tiangong 1“ („Himmelspalast“) für Erprobungen im All, Ankopplungsmanöver, Mini-Raumlabor (für künftige Taikonauten) und Station für künftige Mondlandungen. Modul 8,5 Tonnen, mit Trägerrakete vom Typ „Langer Marsch 2“ vom chinesischen Weltraumzentrum Jiuquan (Nordwesten Chinas, Gobi) ins All geschossen <sub>30.09.2011</sub>.
  - Äquivalent: Raumstation ISS (International Space Station, etwa bis 2020)
- Unbemannte Raumkapsel „Shenzhou 8“ mit Trägerrakete „Langer Marsch“ von Jiuquan aus zur Raumstation gestartet <sub>01.11.2011</sub>:
  - Erprobung Andockmanöver mit Raumstation Tiangong 1 (ferngesteuert, unbemannt),
  - Kooperation mit Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR): deutsche Versuchsanlage „Simbox“ zur Erkundung der Auswirkungen der Schwerelosigkeit.

Chinas Weg zur (bemannten) Raumfahrt (analog USA, Russland):

- Beginn des Raumfahrtprogramms 1990,
- 2003: erster chinesischer Mensch mit eigenem Raumfahrzeug ins All geschickt (nach USA und Sowjetunion),
- 2008: erster Weltraumspaziergang,
- Raumlabor „Tiangong 1“ seit Sept. 2011 im Orbit, bisher 2 Raumschiffe andockt,
- 2012: erste chinesische Taikonautin Liu Yang: erstes von Hand gesteuertes Andockmanöver ~> Kampfliegerin als Nationalheldin geehrt,
- 2013 soll unbemannte chinesische Raumsonde („Jadehase“) auf dem Mond <sub>14.12.2013</sub> landen (Flüge mit Rückkehr von Gesteinsproben ab 2017 geplant),
- 2020 Aufbau einer eigenen Raumstation (deutlich größer als „Tiangong 1“).

## 10 Positionierung und Navigation

### 10.1 Verfahren zur Positionsbestimmung

#### 10.1.1 Grundlagen zur Positionierung

##### Mobile Computing und Navigation

Anforderungen aus Mobile Computing (ubiquitous / nomadic): Benutzer, Geräte und Dienste bewegen sich räumlich. Viele Anwendungen benötigen aktuelle Position des Benutzers, u.a.

*Bestimmung des Zielortes (Navigation, Ortung):* Automobile, Navi, Smartphone (Apps): Berechnung des optimalen Weg auf Basis der aktuellen Position und eines gespeicherten Straßennetzes.

Informationen über *aktuellen Ort oder Umgebung*: Elektronische Touristenführer, Stadtpläne, Museumsführer, Immobiliensuche.

*Kommerzielle Verkaufshilfe*: Autoverkauf, Supermarkt (Information über Sonderangebote).

*Gedächtnishilfe- und Personensuchsysteme*: Übermittlung der aktuellen Position an andere Personen. Beispiele: automatische Systeme zur Informations-Übermittlung, Hilferuf und Suche (Position des Patienten ~> Kognitives Gedächtnishilfesystem MEMOS).

*Local based Services (LBS)*: aktuelle ortsabhängige Informationen, u.a. Gaststätte, Kino udgl. *Verknüpfung existierender Internet-Dienste mit Positionsdaten* (analog LBS): Hyperlinks im WWW mit aktueller Position (z.B. Link „Restaurant in Nähe“), Verknüpfung mit E-Mail-Diensten (z.B. Emails an Teilnehmer versenden, die in bestimmter Strasse wohnen, Kunde in Einkaufspassage an Besorgung erinnern). Dienst Goggles (Google Maps, 2009): Zusatzinfos zu Objekten (Smartphone, GPS).

*Optimierung einer Kommunikationsinfrastruktur*: Unterstützung Routing in Ad-hoc-Netzen.

*Ortsabhängige Kommunikationsdienste*: Weiterleitung eingehender Anruf an den Telefonapparat im Gebäude, der dem Benutzer am nächsten gelegen ist.

Positionsbestimmung für *militärische und verkehrsorientierte Anwendungen*: Positionierungssystem GPS (Militär). Mit Positionsdaten können Flugzeuge, Fahrzeuge und Schiffe navigieren oder Flugkörper in ein Ziel gesteuert werden. Zusätzlich Positionsdaten für die Einsatzplanung und Verkehrssteuerung (z.B. Maut, TMC).

##### Ausprägungen von Positionsdaten

*Weltweit eindeutige Positionsangaben*: i.d.R. *Längen- und Breitengrad*, optional *Höhe*. Angaben meist in dieses benutzerfreundliche Format transformiert.

Oft nur *relative Position* zu einem gegebenen Punkt erforderlich (Beispiel: für Navigation im Gebäude ist relative Position zu einer Gebäudeecke ausreichend).

*Orientierung im Raum*. Raumrichtung kann durch drei Winkel spezifiziert werden, sog. *Roll-Nick-Gier-Winkel* (engl.: *Roll-Pitch-Yaw*). Für Navigationszwecke meist nur der Winkel von Bedeutung, der die Himmelsrichtung angibt. Orientierung u.a. bedeutend, wenn *Fahrt-richtung* in die Navigation einfließt. Für elektronischen Touristenführer: auf welches Exponat der Benutzer gerade blickt.

*Geschwindigkeit*. Bei hinreichend genauer Messung zweier Positionen p und q kann über die zeitliche Differenz  $\Delta t$  die Geschwindigkeit berechnet werden:

$$v = \frac{\sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_z - q_z)^2}}{\Delta t}$$

*Messungenauigkeit*: Bei jeder Positionsmessung ist ein bestimmter Messfehler zu beachten. Ungenauigkeit ist z.T. nicht nur vom eingesetzten Verfahren, sondern auch von den jeweiligen Umgebungsbedingungen abhängig. Bestimmte Positionsmessungen können je nach Tageszeit am gleichen Ort zu unterschiedlichen Werten führen.

*Semantische Positionsangabe:* Anwendung oder Benutzer oft nicht an den Koordinaten, sondern eher an der „Bedeutung“ der aktuellen Position interessiert. Bspw. für Navigation im Gebäude ist wichtig, in welchem Stockwerk, Flügel oder Raum man sich befindet. Einige Verfahren zur Positionsbestimmung liefern direkt semantische Positionen, andere Verfahren müssen diese anhand von gespeicherten Informationen berechnen, z.B. über Karten.

### **Location Awareness**

Bezeichnet die Eigenschaft von Anwendungen, Positionsdaten zu berücksichtigen, z.B. *Position Awareness*, *Situation Awareness* oder *Context Awareness*. Weitere Unterteilungen:

- Infrastrukturkontext (u.a. Netzwerkbandbreite, -verzögerung, -verlässlichkeit).
- Systemkontext (Probleme der verteilten Anwendungsentwicklung).
- Domänenkontext (Beziehung zwischen Geräten und ihren Benutzern).
- Physikalischer Kontext (physikalische Wesen von Geräten und ihre Einsatzbedingungen).

### **10.1.2 Verfahren und Systeme**

**Tracking und Positioning:** 2 Verfahren zur Positionsbestimmung

**Tracking:** Positionsbestimmung einer Person oder Objekts mittels Sensorennetzwerk. Dazu Benutzer mit einer Marke (engl.: *Tag*) versehen, die vom Netzwerk erkannt wird. Ermittelte Position liegt damit nur dem Positionierungssystem vor und muss ggf. über (drahtloses) Netzwerk an Benutzer übertragen werden.

**Positioning:** Mobiler Benutzer ermittelt selbst die Position (Vorteil: Positionsangabe beim Positioning fällt direkt beim Benutzer an). Bei Satellitennavigation (z.B. GPS): Satellit sendet Zeitsignal, aus der Benutzer die Entfernung und Position berechnen kann. Bei WLAN: dazu System von Sendern oder *Baken* (engl.: *Beacons*) benutzt, die Funk-, Infrarot- oder Ultraschallsignale aussenden.

Während beim Tracking die Positionsdaten potenziell auch für andere Benutzer zugreifbar, sind sie beim Positioning relativ gut im mobilen Gerät geschützt.

### **Basistechniken zur Positionsbestimmung**

Beim Tracking und Positioning kommen verschiedene Basistechniken zur Positionsbestimmung zum Einsatz (allein oder kombiniert).

*Cell of Origin (CoO):* Anwendung bei Positionierungssystemen mit Zellenstruktur. Drahtlose Übertragungssysteme haben begrenzte Reichweite (Dämpfung), ausgestrahltes Signal wird nur in einem bestimmten Bereich (Zelle, Cluster) aufgefangen (Raummultiplex). Aus Identifikation der Zelle lassen sich Rückschlüsse auf Position ziehen.

*Time of Arrival (ToA), Time Difference of Arrival (TDoA):* Elektromagnetische Signale mit Lichtgeschwindigkeit (ca. 300 000 km/s). Trotz hoher Geschwindigkeit kann Laufzeit präzise bestimmt werden. Aus Zeitunterschied zwischen Aussenden und Empfangen eines Signals kann auf Entfernung zwischen Sender und Empfänger geschlossen werden. Ähnliches Prinzip auch mit Ultraschall anwendbar. Signallaufzeiten hier einfacher zu messen, allerdings breitet sich Ultraschall nur über geringe Distanzen aus. Bei GSM-Netzwerken statt TDoA Begriff *Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)* verwendet.

*Angle of Arrival (AoA):* Bei Antennen mit Richtungscharakteristik kann ermittelt werden, aus welcher Richtung ein bestimmtes Signal eintrifft. Empfänger üblicherweise mit einem ganzen Satz von Antennen ausgestattet, die in alle Richtungen mit einem bestimmten Winkelabstand ausgerichtet sind.

*Messung der Signalstärke:* Aus Signalstärke am Empfangsort wird auf Abstand zum Sender geschlossen. Allerdings Methode sehr ungenau, da neben dem Abstand auch andere Einflüsse das Signal abschwächen, z.B. Hindernisse.

## Klassifikation der Systeme zur Positionsbestimmung

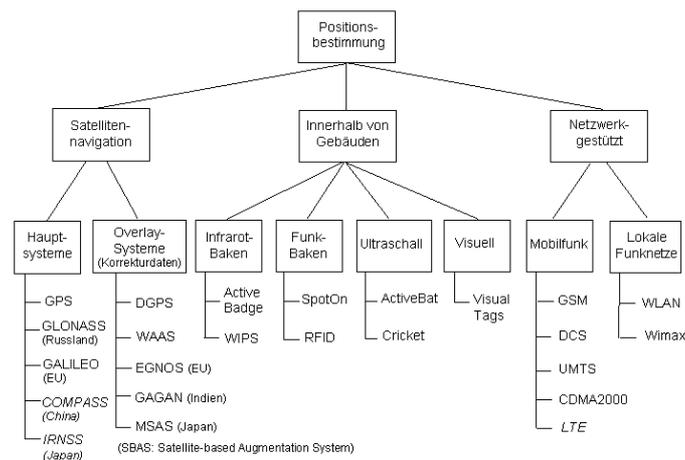


Abbildung 10.1: Systeme zur Positionsbestimmung

## 10.2 Satellitennavigation

### 10.2.1 Grundlagen der Satellitennavigation

#### Prinzip der Satellitennavigation

##### Verfahren (Positioning):

Navi-Gerät benötigt zur Positionsbestimmung die Position des Satelliten und Entfernung.

- Satelliten kennen ihre genaue Position (regelmäßig mit Bodenstation abgeglichen). Sie teilen per Funk dem Beobachter (Navigationsgerät) ihre genaue Position und die Uhrzeit (Atomuhr) mit. Entfernungsberechnung über Laufzeitermittlung (Vergleich mit Satellitenzeit und interner Uhr). Für Genauigkeit von 3 Metern muss Zeitunsicherheit kleiner als 10 Nanosekunden sein.
- Zur Positionsbestimmung muss Beobachter die Signale von mindestens 4 unabhängigen Satelliten empfangen: 3 für die Raumkoordinaten, 1 für genaue Uhrzeit  $\rightarrow$  daraus kann Beobachter die aktuelle Position und die Uhrzeit rechnerisch ableiten (genaue interne Uhrzeit wird aus den Zeitsignalen von 4 Satelliten ermittelt; erspart Atomuhr in den Empfängergeräten).
- Es werden die Raumkoordinaten  $(x, y, z)$  im verwendeten Koordinatensystem (z.B. WGS84) und die genaue Uhrzeit ermittelt. Daraus können dann die geographische Länge, Breite und Höhe über dem Referenzellipsoid berechnet werden. Abweichungen durch andere gängige Koordinatensystem und „ältere“ Landkarten möglich, bis zu einigen 100 m. Ebenso in der ermittelten Höhe und „Höhe über dem Meeresspiegel“ (Geoid) um einige Meter.

##### Satellitennavigationssysteme

Um die Signale mit mobilen und kleinen Empfangsgeräten erhalten zu können, sind die Satelliten im erdnahen Orbit stationiert. Für Verfügbarkeit an beliebigen Orten: 24 (besser 32) Satelliten im Orbit benötigt. Bekannte Satellitensysteme: GPS, GLONASS, in Aufbau: GALILEO, COMPASS (China), in Planung IRNSS (Indien)

Verbesserung der Genauigkeit durch satellitengestützte Zusatzsysteme (Overlay-Systeme), sog. SBAS (Satellite-based Augmentation Systems):

- Basisstationen (stationäre Empfangssysteme) ermitteln Korrekturdaten, die den Endnutzern per Funk (terrestrisch oder geostationäre Satelliten) mitgeteilt werden.
- Bekannte Korrektursysteme:  
DGPS, WAAS, EGNOS (EU), GAGAN (Indien), MSAS (Japan).

Navi-Gerät verfügt über die Positionsdaten und Uhrzeit, ohne aufwendige Sicherung.

### Eigenschaften der Satellitennavigation

Positionsbestimmung mit Satelliten bereits in 60er Jahren des 20. Jahrhunderts. Vorteile:

- Positionsbestimmung kann überall auf der Erde erfolgen.
- Umweltbedingungen (z.B. Wetter) nur geringen Einfluss auf Positionsbestimmung.
- Hohe Genauigkeit.

Anwendungen: Militär, zivile/private Zwecke (z.B. Maut, Fahrzeugnavigation). Nachteile:

- Erhebliche Kosten bei Installation und Überwachung der Satelliten.
- Positionsbestimmung funktioniert nur, wenn Signale von genügend vielen Satelliten empfangen werden. Insbes. im Gebäudeinneren Positionsbestimmung nur bedingt möglich. Ab 2006/07 Systeme mit geringerem Energiebedarf (dann Navigation auch indoor).

### Positionsbestimmung mit 3 Satelliten

Zur Positionsbestimmung mit Satelliten werden die exakte Position der Satelliten und exakte Entfernung zu den Satelliten benötigt. Ist die Position eines Satelliten ( $s_i$ ) sowie Entfernung zum Satelliten ( $r_i$ ) ermittelt, ist die Position  $u$  des Benutzers auf einer Kugeloberfläche genau festgelegt. Liegt zusätzlich noch die Information eines zweiten Satelliten vor, kann die Position  $u$  nur noch auf der Schnittmenge zweier Kugeloberflächen liegen (i.allg. ein Kreis). Um die Position  $u$  zweifelsfrei zu bestimmen, ist Kenntnis eines 3. Satelliten notwendig. Erst Schnitt dreier Kugeloberflächen führt zur genauen Position.

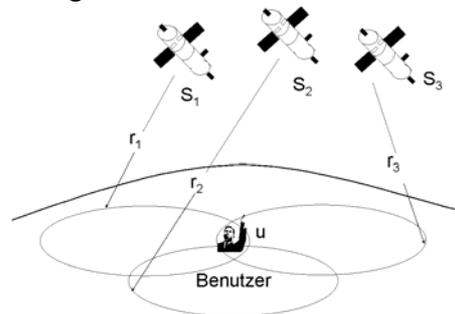


Abbildung 10.2: Positionsbestimmung mit 3 Satelliten

Der Schnitt von drei Kugeloberflächen führt i.allg. zu zwei Schnittpunkten. Der zweite Schnittpunkt liegt jedoch weit im Weltraum, kommt somit als Position für einen Benutzer innerhalb der Erdatmosphäre nicht in Frage.

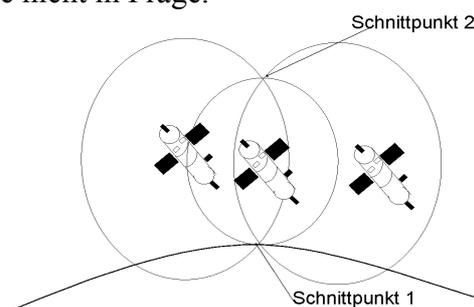


Abbildung 10.3: Zwei Schnittpunkte bei 3 Satelliten

Es wird angenommen, dass Position  $s_i$  der Satelliten und Entfernung  $r_i$  vom Benutzer ermittelt werden können. Da sich Satelliten auf festen Bahnen um die Erde bewegen, ist deren Position einfach zu bestimmen. Hierzu verfügen Navigationssysteme über Verzeichnisse aller Satelliten, die ständig aktualisiert werden. Die Verzeichnisse werden auch über stillgelegte sowie neu eingerichtete Satelliten und deren Bahndaten informiert.

### Entfernungsmessung zum Satelliten und exakte Zeitmessung

Bestimmung der Entfernungen ist aufwendiger. Verfahren bei Satellitennavigation:

- Jeder Satellit sendet ein Signal, das den Zeitpunkt des Aussendens exakt kodiert.

- Empfänger vergleicht Zeitpunkt mit der internen Uhr. Aus Laufzeitunterschied  $\Delta t$  kann mit  $r = c * \Delta t$  die Entfernung ermittelt werden ( $c$ : Lichtgeschwindigkeit, ca. 300 000 km/s).

Kritischer Punkt: Zeitmessung. Da Lichtgeschwindigkeit sehr hoch ist, muss Zeitmessung sehr exakt erfolgen (z.B. Fehler von 1  $\mu$ s führt zu Unterschied von 300 m in Positionsberechnung). Jeder Satellit ist mit einer Atomuhr ausgestattet, die eine hinreichende exakte Zeitbestimmung erlaubt (exakte Uhrzeit des gesamten Navigationssystems: sog. *Systemzeit*).

Ein mobiles Gerät zur Positionsbestimmung kann aus Kosten- und Platzgründen nicht mit einer Atomuhr ausgestattet werden. Jedes Gerät verfügt über eine interne Uhr, ohne eine Synchronisation mit der Systemzeit ist die notwendige Genauigkeit jedoch nicht zu erreichen.

Synchronisation direkt mit den Uhren der Satelliten ist nicht möglich, da Zeitinformation „nur“ mit Lichtgeschwindigkeit übertragen werden kann. Als Lösung wird für Positionsbestimmung deshalb ein vierter Satellit hinzugenommen. Aus den Zeitsignalen von 4 Satelliten wird die interne Uhrzeit ermittelt (Verweis auf Fachliteratur).

## 10.2.2 Global Positioning System (GPS)

### Entwicklung GPS

Seit Beginn der 60er Jahren verschiedene amerikanische Behörden an einem satellitengestützten System zur Positionsbestimmung interessiert, u.a. Verteidigungsministerium (DoD), Verkehrsministerium (DoT) und NASA. Ältere Navigationssysteme genügten nicht mehr den Anforderungen. DoD konzipierte 1970 das System NAVSTAR GPS (*Navigation System with Timing and Ranging - Global Positioning System*), im folgenden mit GPS (Global Positioning System) bezeichnet. Systemtests 1974, 1984 erste GPS-Satelliten gestartet, bis 1990 waren 12 Satelliten in Betrieb. Eine erste Betriebsbereitschaft (*Initial Operation Capability, IOC*) wurde am 08.12.1993 mit 21 Systemsatelliten und 3 Reservesatelliten erreicht, volle Betriebsbereitschaft (*Full Operation Capability, FOC*) am 17.07.1995 erklärt.

### Prinzip GPS

Für eine globale Abdeckung vom Äquator bis zu den Polen sind 24 Satelliten auf 6 Bahnen mit jeweils 4 Satelliten pro Bahn im Umlauf um die Erde erforderlich. Jeder Satellit umkreist die Erde im Abstand von ca. 20 200 km. Für einen Umlauf benötigt ein Satellit 12 Stunden. Satelliten so angeordnet, dass von jedem Punkt der Erde mindestens 5 und maximal 11 Satelliten über dem Horizont sichtbar sind.

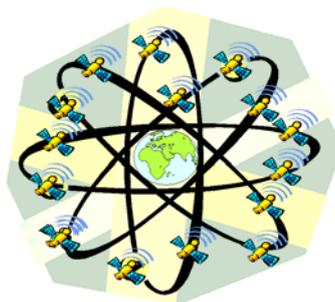


Abbildung 10.4: Umlaufbahnen der GPS-Satelliten

Anzahl der aktiven Satelliten kann aufgrund von Abschattungen durch Gebäude oder Geländedeformationen niedriger sein. Für Positionsbestimmung in drei Dimensionen sind mind. 4 Satelliten notwendig: 3 für die geometrische Schnittpunkte, 1 für Zeitsynchronisation.

Ein Satellit hat eine erwartete Lebensdauer von 7,5 Jahren. Damit Betriebsbereitschaft auch beim Ausfall eines Satelliten erhalten bleibt, befinden sich häufig mehr als 24 Satelliten im Orbit, teilweise bis auf 28 Satelliten aufgestockt  $\leadsto$  somit steigt Wkt., dass man 5 oder mehr Satelliten selbst bei ungünstigen Bedingungen empfangen kann. I.allg. 60 Tage benötigt, um nach Ausfall eines Satelliten einen Ersatzsatelliten im Orbit zu installieren. Planung: Zeit auf 10 Tage zu verkürzen. Damit könnte Anzahl auf 25 Satelliten gesenkt werden.

### GPS - Dienste

Verfahren basiert auf Einweg-Kommunikation von den Satelliten zum Benutzer. Benutzer braucht keine Daten zu den Satelliten senden, um eigene Position zu bestimmen. GPS-Benutzer muss sich *nicht anmelden*, sondern kann die ausgesendeten Signale *kostenlos* benutzen. Zur Positionsbestimmung existieren zwei Dienste im GPS:

1. *Precise Positioning Service (PPS)* - früher *P-Code* oder *Precision-Code*: Positionsbestimmung mit Genauigkeit von 22 m (horizontal) und 27,7 m (vertikal). Angaben mit 95% Wkt., d.h. 95% der Messungen über Zeitraum von 24 Stunden befinden sich innerhalb der angegebenen Messgenauigkeit. PPS ist verschlüsselt und kann nur von US-Streitkräften und NATO entschlüsselt werden. Für zivile Benutzer ist dieser Dienst nicht zugreifbar.
2. *Standard Positioning Service (SPS)* - früher *C/A-Code* oder *Coarse/Acquisition-Code*: Dienst ist für zivile Benutzer verfügbar. Erweiterung durch *SA (Selective Availability)*. Bis zum 30.04.2000 mit Genauigkeit von 100 m (horizontal) und 156 m (vertikal).

**SPS mit SA:** SPS-Signal bis ins Jahr 2000 künstlich verfälscht, um genauere Messung zu verhindern. Realisierung durch System *SA (Selective Availability)*: ausgesendete Uhrzeiten der Satelliten zufällig verändert. Zusätzlich wurden die Bahninformationen verfälscht. Dadurch exakte Positionsbestimmung nicht mehr möglich (US-Armee wollte anderen Streitkräften eine zu genaue Positionsbestimmung nicht ermöglichen). Am 01.05.2000 wurde SA aus wirtschaftliche Gründen abgeschaltet. Seitdem über SPS eine Genauigkeit von 25 m (horizontal) und 43 m (vertikal) gewährleistet (jeweils zu 95%).

Genauigkeiten verschiedener GPS-Dienste

Dienst	Genauigkeit (horizontal)	Genauigkeit (vertikal)
PPS	22 m	27,7 m
SPS mit SA	100 m	156 m
SPS ohne SA	25 m	43 m

### Satellitensignale

Jeder Satellit sendet kontinuierlich mit ca. 20 W ein Signal aus. Verwendete 2 Frequenzen:

- L1: 1575,42 MHz für PPS und SPS (Standard Positioning Service),
- L2: 1227,60 MHz ausschließlich für PPS (Precise Positioning Service).

Da alle Satelliten auf denselben Frequenzen senden, muss Empfänger die Signale den jeweiligen Satelliten zuordnen. Bei GPS kommt das CDMA-Verfahren zum Einsatz: Jeder Satellit sendet einen eigenen, unverwechselbaren Code aus, genannt *Pseudo Random Noise (PRN)*. Der Empfänger kennt alle Codes und kann die entsprechende Folge aus den überlagerten Signalen aller Satelliten herausfiltern. Die PRN sind so entworfen worden, dass sie sich nicht gegenseitig stören. Mit dem PRN-Signal werden zwei Ziele verfolgt:

- Anhand der Folge kann der Empfänger die Signallaufzeit ermitteln.
- Dem Signal werden zusätzliche Daten überlagert, die Empfänger auswerten kann.

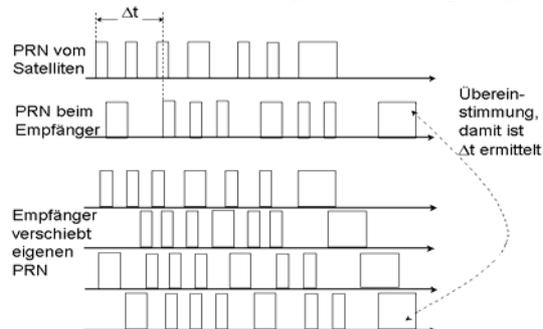


Abbildung 10.5: Messung Signallaufzeiten mit PRN

Satellit sendet ein Signal, das um Zeit  $\Delta t$  verschoben ankommt. Im Folgenden vorausgesetzt, dass Empfänger über die exakte Systemzeit verfügt. Für einen bestimmten Satelliten produziert er intern das entsprechende Signal und verschiebt es so lange, bis es sich mit dem empfangenen Signal deckt. Durch die Verschiebung kann der Empfänger damit  $\Delta t$  ermitteln. Der Datenstrom hat eine Datenrate von 50 Bit/s. Er dient vor allem zur Übertragung der Position des Satelliten, der Uhrzeit sowie der Bahndaten anderer Satelliten (sog. *Almanach*).

### Systemaufbau

Gesamtes GPS-System in drei sog. *Segmente* aufgeteilt: Benutzersegment, Raumsegment, Steuersegment (Kontrollsegment):

Legende: Frequenzen der Satellitensignale:

L1: 1575,42 MHz für PPS und SPS

L2: 1227,60 MHz nur für PPS

PPS: Precise Positioning Service, SPS: Standard Positioning Service

S-Band: spezielles Band für Kommunikation zwischen Master Control Station und Satellit

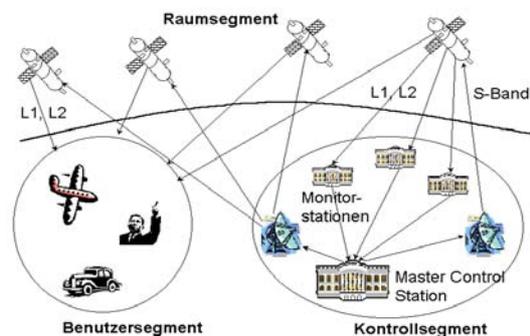


Abbildung 10.6: GPS Segmente

### Benutzersegment

Es umfasst die Geräte, die Benutzer direkt bedient: *GPS-Empfänger*. Ständige Miniaturisierung und Preisverfall: z.Zt. für einige hundert Euro erhältlich und in Größe eines Mobiltelefons. GPS-Empfänger in unterschiedlichen Ausstattungen,

- Eigenständiges Gerät (z.B. in Auto) bzw. spezifische GPS-Organizer (z.B. in Palm); falls mit integrierter Kartenfunktion  $\leadsto$  nicht nur Position in Längengrad und Höhe ermittelt, sondern eine Karte der entsprechenden Umgebung darstellbar.
- Ab 2006 großes Angebot mobiler Navigationsgeräte (z.B. Garmin, tom tom, Falk ...). Ausgabe: Sprachausgabe, Display mit Positionszeiger. Zusätzlich: Stauangabe (TMC: Traffic Management Control), Blitzeranzeige (nicht DE).
- GPS-Empfänger auch in Form von Einsteckkarten für Notebooks bzw. GPS-Handy.
- Smartphones: Apps (SW-Programm, mobiler Internet-Zugang, GPS).

Zusätzlich zur Position kann mit GPS-Empfängern auch die *aktuelle Geschwindigkeit* in drei Dimensionen ermittelt werden. Dazu folgende Möglichkeiten:

- Man ermittelt zwei Positionsangaben kurz hintereinander. Der Abstand zwischen den Positionen geteilt durch die Zeit zwischen den Messungen liefert die Geschwindigkeit.
- Nutzung des Doppler-Effekts: Bewegte Objekte erfahren eine Frequenzverschiebung auf dem empfangenen Signal. Größe der Verschiebung ist Maß für die eigene Geschwindigkeit.

*Messung der Uhrzeit:* Einige Anwendungen gar nicht an der Positionsbestimmung interessiert, sondern nur an der Uhrzeit, die weltweit exakt empfangen werden kann.

*Messung der Ausrichtung:* Es ist nicht möglich, über das GPS-System den aktuellen Winkel eines Gerätes zu ermitteln. Hier auf andere Verfahren angewiesen (ähnlich Kompass).

### Raumsegment

Es besteht aus den Satelliten. Jeder Satellit wiegt 1,5 ... 2 Tonnen, hat autonome Energieversorgung über Sonnensegel. Der zentrale Rechner jedes Satelliten verfügt über eine 16-MHz-CPU. Programmiert wurden die Satelliten in ADA (ca. 25 000 Zeilen Code).

**Kontrollsegment (Steuersegment)**

Es dient zur Verwaltung der Satelliten sowie zur Korrektur der satelliteninternen Daten (Systemzeit, Position und Bahndaten). Dazu hören *Monitorstationen* ständig passiv die Signale des Satelliten ab. Sie haben eine präzise bekannte, feste Position und verfügen über Atomuhren, die mit der Systemzeit synchronisiert sind. Hieraus können die Monitorstationen Korrekturdaten berechnen. Korrekturdaten werden an die *Master Control Station (MCS)* in Colorado Springs, USA weitergeleitet. Leistungen der Master Control Station: Sammeln der Korrekturdaten von den Monitorstationen, Berechnung von Korrekturinformationen für die Satelliten, Übertragung von Bahn- und Positionsformationen an die Satelliten, Korrektur der Atomuhren in den Satelliten, Einrichten neuer Satelliten.

Kommunikation zwischen Master Control Station und Satelliten erfolgt über ein spezielles Frequenzband (S-Band). Für Übertragung werden Bodenantennen eingesetzt.

**Fehlerquellen**

*Uhrenfehler*: Obwohl die Uhren sehr genau gehen, zumindest in den Satelliten, bewirken Uhrenfehler eine Ungenauigkeit von 1,5 m in der Positionsberechnung.

*Schwankungen in der Umlaufbahn*: Die Satelliten bewegen sich nicht so exakt auf ihren Bahnen wie vorausberechnet. Beispielsweise stören die Gravitationskräfte der Sonne und des Mondes die Umlaufbahnen. Fehler geht mit 2,5 m in die Positionsmessung ein.

*Störungen der Atmosphäre*: Druck- und Wetterverhältnisse wirken sich auf die Signalausbreitung aus. Fehler geht mit 0,5 m in die Positionsmessung ein.

*Störungen der Ionosphäre*: Die geladenen Teilchen der Ionosphäre stören die Signalausbreitung. Der resultierende Fehler liegt bei 0,5 m.

*Multipath-Fehler*: Darunter versteht man Fehler, die durch reflektierte Signale in der Umgebung des Empfängers entstehen. Fehler liegt bei 0,6 m.

**Satellite-based Augmentation Systems (SBAS)**

Zusatzsystem zur Verbesserung der Positionsgenauigkeit. Es ist ein sog. „*Overlay- (überlagertes) System*“: zum Hauptsystem (z.B. GPS) wird Overlay-System zugestellt zur Berücksichtigung von Korrekturdaten.

Dazu zusätzliche stationäre Empfangsstationen (*Basisstationen*) zur Bereitstellung von Korrekturdaten auf der Erdoberfläche eingerichtet. Korrekturdaten werden per Funk (terrestrisch oder geostationäre Satelliten) an die Benutzer übermittelt.

Bekannte Overlay-Systeme:

- DGPS (Differential GPS), mit terrestrischer Übertragung des Korrektursignals
- WAAS (für GPS)
- EGNOS (für GALILEO, EU)
- MSAS (Japan)
- GAGAN (Indien)

**10.2.3 Differential GPS (DGPS)****Prinzip von DGPS**

Overlay-System („*Überlagertes System*“): GPS mit Berücksichtigung von Korrekturdaten. Häufig Genauigkeit erforderlich, als durch GPS allein erreichbar. Mit Verfahren *Differential GPS (DGPS)* kann die Genauigkeit entscheidend verbessert werden, wobei zusätzliche Stationen auf der Erdoberfläche eingerichtet werden (sog. *Basisstationen* oder *Korrektursender*).

Eine Basisstation mit fester, präzise bekannter Position führt Positionsbestimmung mit GPS durch. Da Positionsbestimmung fehlerbehaftet ~> Differenz gegenüber exakten Position, damit werden Korrekturdaten ermittelt, die den Benutzern im Umkreis der Basisstation mitgeteilt werden. Dem Verfahren liegt Annahme zugrunde, dass Benutzer in Umgebung sehr ähnliche Fehler wahrnehmen. Damit Fehler durch die Korrekturdaten nahezu kompensiert.

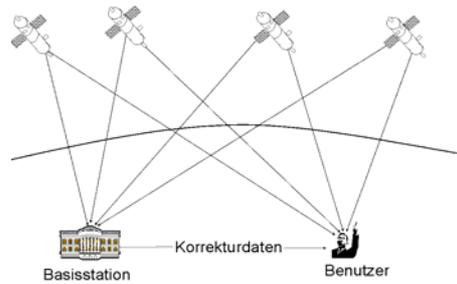


Abbildung 10.7: Differential GPS (DGPS)

Erforderlich für DGPS:

- die Entfernung zwischen Basisstation und Benutzer ist nicht zu groß,
- die Korrekturen werden zeitnah übertragen.

Verfahren einfach, aber mit Nachteil: es funktioniert nur dann zufriedenstellend, wenn sich Basisstation und Benutzer dieselben Satelliten zur Positionsbestimmung ausgesucht haben. Nur dann kompensieren sich die Fehler. Oft stehen mehrere Satelliten zur Auswahl  $\leadsto$  große Anzahl von Möglichkeiten, die eigene Position zu bestimmen.

### Verfahren RTCM-104

Basisstation könnte nun Messungen mit verschiedenen Kombinationen von Satelliten durchführen und die Korrekturdaten jeweils mit der verwendeten Satellitenkombination versehen. Daraus würde ein ganzer Satz an Korrekturdaten entstehen, die alle an die Benutzer versendet werden müssen (Anm.: Kommunikation zwischen Basisstation und Benutzer ist eine Einweg-Kommunikation. Basisstation kann somit Benutzer nicht fragen, welche Kombination zur Positionsbestimmung verwendet wurde).

Verfahren scheitert an der Menge möglicher Kombinationen. Wenn zu viele Satelliten gleichzeitig empfangen werden, explodiert Anzahl der Kombinationen. Eingesetzt wird deshalb ein Verfahren, das auf der Korrektur von Pseudo-Entfernungen beruht, unter der Bezeichnung RTCM-104 standardisiert.

### DGPS Stationen

Mit DGPS erhöht sich Genauigkeit auf ca. 1 ... 3 m. In diese Genauigkeit geht maßgeblich die Entfernung zum Korrektursender ein. DGPS ermöglicht auch Fehlerkorrektur in Echtzeit.

Korrektursender häufig in Küstenregionen und längs schiffbarer Flüsse installiert. Viele Regierungsbehörden weltweit haben DGPS-Basisstationen zur Ausstrahlung von Korrektursignalen eingerichtet. DGPS in vielen Fällen gebührenfrei.

In DE sind flächendeckend Korrektursignale über Langwelle sowie mit UKW über die Sendeeinrichtungen der ARD zugreifbar.

### 10.2.4 Wide Area Augmentation System (WAAS)

WAAS ähnliches Prinzip wie DGPS (Overlay-System, überlagertes System): GPS mit Korrekturdaten. Mit Hilfe von Monitorstationen fester Position werden Korrekturdaten berechnet, die an den Benutzer übertragen werden. Im Gegensatz zu DGPS wird die Übertragung jedoch nicht terrestrisch durchgeführt, sondern mit Hilfe von geostationären Satelliten.

Ab 2002 ca. 30 Monitorstationen auf dem Gebiet der USA betrieben. Diese empfangen permanent die GPS-Signale und geben die Auswertungen an die Master Control Station weiter. Diese berechnet auf dieser Basis Korrekturdaten, die an einen Inmarsat-3-Satelliten übertragen werden. Dieser sendet die Korrekturdaten an die Benutzer. Da sich der entsprechende Satellit (im Gegensatz zu GPS-Satelliten) auf einer geostationären Umlaufbahn befindet, wird immer derselbe Bereich mit den entsprechenden Korrekturdaten versorgt. Zur Übertragung

der Korrekturdaten an die Benutzer sendet der Inmarsat-3-Satellit auf der L1-Frequenz und benutzt dabei einen nicht anderweitig verwendeten PRN-Code.

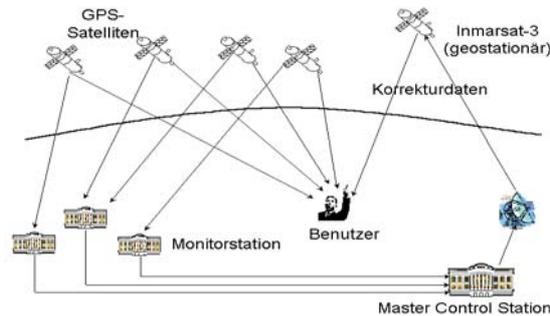


Abbildung 10.8: Wide Area Augmentation System (WAAS)

Zielstellung: zuverlässige Signale mit einer Genauigkeit von 7 m in der Lage und Höhe (95% der Zeit) zur Verfügung zu stellen. Aktuelle Tests haben Genauigkeit von 2 - 3 m gezeigt. Europäisches Gegenstück zu WAAS: EGNOS.

### 10.2.5 Weitere Systeme zur Satellitennavigation

#### Globales Navigationssystem

*GNSS (Global Navigation Satellite System)*: System zur Bestimmung und Navigation auf der Erde und in der Luft durch Empfang von Satellitensignalen und Signalen von Pseudoliten.

Bekanntes System:

- in Betrieb: GPS (USA), GLONASS (Russland) – militärische Systeme, zivile Nutzung
- im Aufbau: GALILEO (EU), COMPASS (China)
- in Planung: IRNSS (Indien)

Ergänzung durch Zusatzsysteme für Korrekturdaten (Overlay-Systeme).

Generationen von GNSS: GNSS-1: GPS-I (1995), GLONASS (1996); GNSS-2: GPS-II, GALILEO-I u.ä. Systeme; GNSS-3: GPS-III, GALILEO-II, ... (komplette Überarbeitung).

#### Russisches Satellitennavigationssystem

*GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema)* - russisches Gegenstück zu GPS, Inbetriebnahme 1996 (Start 1982, Sowjetunion). Wie GPS zwei Frequenzen, wobei eine dem Militär vorbehalten ist. GLONASS ohne Verschlüsselung des präzisen Dienstes und ohne Verfälschung der Uhrzeiten (wie Selective Availability). Damit erreicht ein ziviler Anwender eine Genauigkeit von 26 m in der Horizontalen und 45 m in der Vertikalen (95%).

Während anfangs dieselbe Verfügbarkeit wie GPS (24 Satelliten), fielen immer mehr GLONASS-Satelliten aus (Finanzierungsprobleme, Lebensdauer 3-4 Jahre). In 2000 nur noch 10 Satelliten aktiv, damit durchgängige globale Abdeckung nicht mehr gewährleistet. Seit 2008 wieder mit 28 Satelliten voll ausgebaut, kommerzielles Angebot ab 2009. Zusammenarbeit mit GPS und später auch Galileo, für höhere Genauigkeit. GLONASS kann wie GPS aus Sicherheitsgründen für zivile Nutzung gesperrt werden.

#### Europäische Satellitennavigationssysteme

Entwicklung eines europäischen Satellitennavigationssystems findet in zwei Stufen statt.

1. Stufe: Entwicklung eines Systems, ähnlich dem amerikanischen WAAS, das Korrekturdaten zu den Systemen GPS und GLONASS bereitstellt (Ziel: 2002 fertig):

~> System *EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System)*.

EGNOS: europäisches Gegenstück zu WAAS zur Korrektur von GPS-Daten. Infos: Webseite der europäischen Raumfahrtbehörde ESA <http://www.esa.int>

2. Stufe: ein von GPS oder GLONASS autonomes europäisches Navigationssystem. Im EU-Ministerrat wurde 1999 beschlossen, das System *GALILEO* zu errichten; Fertigstellung für 2008 geplant (~> 2013 ~> 2014). *GALILEO* wird drei Dienste anbieten:
- einen kostenlosen Dienst, der von jedermann frei empfangen werden kann,
  - einen verschlüsselten Dienst, der nur von staatlicher Seite benutzt werden kann,
  - und einen weiteren verschlüsselten Dienst, von Benutzern gegen Gebühr verwendbar.

### **Satellitennavigationssystem Galileo**

Satelliten: Höhe: 23 000 km, Anzahl -> 2013: 30 Satelliten (davon 3 Reserve) [2014: 32]

2005: Start "Giove-A", 28.12.2005 (Frequenzfreigabe), "Giove-B", 27.04.2008 (Sojus).

EU-Entscheidung 2010 (Auftragsvergaben):

OHB Technology (Bremen, Raumfahrt): für erste 14 Satelliten (nicht EADS-Astrium !).

Thales-Alenia-Space (Italien): für Systemunterstützung.

Arianespace (Frankreich): für Satellitentransport ins All (mit 5 Sojus-Trägerraketen).

Merkmale und Genauigkeit:

- Empfang auch in abgeschatteten Gebieten (Häuserschluchten) u. Wände durchdringend.
- Nachfolgesystem *GALILEO II*, ab ca. 2015/20.
- Unabhängigkeit gegenüber GPS, höhere Genauigkeit, ständige Verfügbarkeit (militärisch genutzte Systeme GPS und GLONASS aus Sicherheitsgründen jederzeit für zivile Nutzung sperrbar)
- Betriebsdauer: ca. 20 Jahre, Kosten 220 Mio. € p.a. (finanziert über Gebühren). Angestrebte Nutzerzahlen: 1 Mrd. (2013), 2,5 Mrd. (2020).
- Unabhängigkeit gegenüber GPS, höhere Genauigkeit, ständige Verfügbarkeit
- Atomuhren, mit Abweichung von 1 s in 3 Mio. Jahren. Alle Satelliten mit gleicher Zeit. Alle senden kurzen Impuls aus. Aus Laufzeitunterschied wird Position bestimmt.
- ca. 1m (10-fach genauer als GPS I). Gegen Gebühren: cm-Genauigkeit.
- Galileo kompatibel mit GPS und GLONASS -> hohe Genauigkeiten erreichbar.

Dienste:

- Kommerzielle Nutzung (nicht-militärisch): Maut, Lawi, Luftfahrt, Bau, individuell, Auto.
- 3 Formen: kostenlos (jedermann), verschlüsselt (staatliche Nutzung bzw. gegen Gebühr).
- Erweiterte Nutzungsdienste: Verkehrssteuerung (u.a. Stauumfahrung, Geschwindigkeitswarnung, Suche freier Parkplätze), Personensuche, Notrufmeldung bei Unfall, ...

Neue Geräte (Dualmode): mit 2 Chips (für Galileo und GPS).

Bodenkontrollzentrum:

Test- und Entwicklungsumgebung des Bodenkontrollzentrums Gate in Berchtesgaden durch DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen). Antennen und Signalgeneratoren auf 6 Bergen, im Tal Monitoring-Stationen für Signalüberwachung. Areal 65 km<sup>2</sup>, Start 02/2007. Gebühr 18 400 € p.w. (für Test der Geräte, SW, Anwendungen).

Weitere Bodenkontrollzentren: Fucino (Italien), Spanien (noch unklar, auf eigene Kosten).

### **Chinesisches Satellitennavigationssystem COMPASS**

Projekt, um von USA, Russland und Europa unabhängig zu sein. Einsatz in Asien für Verkehrssteuerung, Wetterüberwachung, Suche nach Ölfeldern, Überwachung von Waldbränden und Aufbau von Telekom-Verbindungen. Geplante Fertigstellung: 2010.

Satellitensystem: 4 geostationäre Satelliten, 12 Satelliten auf geneigten geosynchronen Bahnen und 9 Satelliten in Höhe von 22 000 km. Satellitenstarts: Geostationäre Satelliten („Beidou“ – Großer Bär) Beidou-1A: 30.10.2000, Beidou-1B: 20.12.2000 (stationiert im asiatisch-pazifischen Raum); Beidou-2A: 24.05.2003, Beidou-2B: Febr. 2007, Beidou-3A: 14. April 2007 (Sichuan). Bis April 2012 insges. 13 Satelliten Beidou-2 ins All geschossen. Offizielle Inbetriebnahme von COMPASS: 27. Dezember 2011 (vorerst im Testbetrieb). China auch an *GALILEO* beteiligt.

## 11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Einsatzbereiche Telematik (Auswahl) .....	4
Abbildung 2.1: Generische Kommunikationsinfrastruktur .....	11
Abbildung 2.2: Datenbrille Google Glass .....	20
Abbildung 2.3: System MEMOS (BMBF-Projekt MOBREGIO) .....	27
Abbildung 2.4: Systeme der drahtlosen Kommunikation .....	41
Abbildung 2.5: Zellen und Antennen im Räummultiplex .....	44
Abbildung 2.6: Netztopologie eines Infrastruktur-Netzes .....	46
Abbildung 2.7: Infrastruktur eines Ad-hoc-Netzes .....	46
Abbildung 2.8: Hierarchische Architektur eines zellulären Netzwerkes .....	48
Abbildung 2.9: Architektur GSM-Netz (Beispiel) .....	49
Abbildung 2.10: Evolution der Mobilfunksysteme .....	50
Abbildung 3.1: Systemarchitektur MEMOS .....	52
Abbildung 3.2: Administrierung mobiler Stationen in verteilten Systemen .....	53
Abbildung 3.3: Netzinfrastruktur für mobile IP .....	54
Abbildung 3.4: Ablauf Adressvergabe mit DHCP .....	56
Abbildung 3.5: Begriffe in mobile IP (Rechnertypen und Netzwerke) .....	57
Abbildung 3.6: Tunneling bei mobile IP .....	58
Abbildung 3.7: Zweistufige Netzwerkarchitektur mobile / cellular IP .....	59
Abbildung 3.8: Zugriffsnetzwerk (Cellular IP) .....	60
Abbildung 3.9: Routing in Cellular IP (Beispiel) .....	60
Abbildung 3.10: Binding in drahtlosen Netzen .....	61
Abbildung 3.11: Dienstsuche in WPAN (IAS und SDP) .....	62
Abbildung 3.12: Dienstsuche in größeren Netzen .....	62
Abbildung 3.13: Dienstvermittlung mit SLP .....	62
Abbildung 3.14: Jini Protokollstapel .....	63
Abbildung 3.15: Jini – Registrierung und Dienstnutzung .....	64
Abbildung 4.1: Aufbau Zellularfunknetz (GSM) .....	67
Abbildung 4.2: Funktionelle Architektur eines GSM-MFN .....	70
Abbildung 4.3: Betreibersteuersystem (OSS) .....	73
Abbildung 4.4: Frequenzbänder in GSM .....	74
Abbildung 4.5: Aufbau TDMA-Rahmen .....	74
Abbildung 4.6: Signalisierungsprotokolle (Schicht 2) .....	74
Abbildung 4.7: Tele- und Trägerdienste .....	74
Abbildung 4.8: Kurznachrichtendienst SMS .....	75
Abbildung 4.9: Architektur HSCSD .....	77
Abbildung 4.10: GSM/GPRS-Netz (Leitungs- und Paketvermittlungsdienst) .....	78
Abbildung 4.11: Logische Architektur GPRS .....	79
Abbildung 4.12: Protokollstapel GPRS .....	79
Abbildung 4.13: GSM/GPRS-Protokolle an Funkschnittstelle .....	80
Abbildung 4.14: EDGE-Architektur .....	81
Abbildung 5.1. Frequenzspektrum für IMT-2000 (incl. MFN 2G) .....	83
Abbildung 5.2: UMTS-Spezifikationen .....	83
Abbildung 5.3: Schema eines UMTS-Netzes .....	84
Abbildung 5.4: Access-/Non-Access Stratum und SAP .....	84
Abbildung 5.5: Architektur UMTS-Netz mit UTRAN-Zugangsnetz .....	85
Abbildung 5.6: Schichtenarchitektur für Anrufe im leitungsvermittelten Modus .....	86
Abbildung 5.7: Schichtenarchitektur der Packet-Switched Domain .....	86
Abbildung 5.8: Aufteilung der Kernnetz-Komponenten auf Domains .....	87
Abbildung 5.9: Schema des Zugangsnetzes .....	87

Abbildung 5.10: Logisches Modell des NodeB .....	88
Abbildung 5.11: Zellenarchitektur UMTS-Netz (Vodafone).....	90
Abbildung 6.1: LTE Advanced NW mit Relay Node .....	97
Abbildung 7.1: IrDA-Protokollstapel.....	99
Abbildung 7.2: Aufgaben der IrDA-Protokollschichten .....	100
Abbildung 7.3: IrDA Bitübertragungsschicht .....	100
Abbildung 7.4: Protokollstapel Bluetooth.....	104
Abbildung 7.5: Anschlusskonfiguration (Beispiel T-DSL) .....	107
Abbildung 8.1: OBEX und IrDA-Protokollhierarchie .....	111
Abbildung 8.2: SyncML Protokollaufbau .....	112
Abbildung 8.3: SyncML Infrastruktur .....	113
Abbildung 9.1: Aufbau Satellitenkommunikationssysteme.....	115
Abbildung 9.2: Geostationärer Orbit.....	115
Abbildung 9.3: Satellitenübertragungssystem.....	117
Abbildung 10.1: Systeme zur Positionsbestimmung.....	122
Abbildung 10.2: Positionsbestimmung mit 3 Satelliten.....	123
Abbildung 10.3: Zwei Schnittpunkte bei 3 Satelliten .....	123
Abbildung 10.4: Umlaufbahnen der GPS-Satelliten .....	124
Abbildung 10.5: Messung Signallaufzeiten mit PRN .....	125
Abbildung 10.6: GPS Segmente.....	126
Abbildung 10.7: Differential GPS (DGPS).....	128
Abbildung 10.8: Wide Area Augmentation System (WAAS).....	129

## 12 Literaturverzeichnis

- Biala, J.: Mobilfunk und Intelligente Netze. Vieweg-Verlag, Braunschweig, 1994
- Diehl, N.; Held, A.: Mobile Computing. Systeme, Kommunikation, Anwendungen.  
Thomson's Aktuelle Tutorien (TAT 3). Int. Thomson Publishing, 1995
- Lescuyer, P.: UMTS. Grundlagen, Architektur und Standard. dpunkt, Heidelberg, 2002
- Proakis, J.G.; Salehi, M.: Grundlagen der Kommunikationstechnik. Pearson Studium, 2004
- Roth, J.: Mobile Computing - Grundlagen, Technik, Konzepte. dpunkt, Heidelberg, 2002
- Schiller, J.: Mobilkommunikation. Techniken für das allgegenwärtige Internet.  
Addison-Wesley, 2000
- Walke, B.: Mobilfunknetze und ihre Protokolle, Bd. 1/2. Teubner-Verlag, 2000