

Entwicklung der mobilen Datenkommunikation

Evolution der Netze und Dienste von 1G zu 4G

1

Mai 2011

Entwicklung der mobilen Datenkommunikation

Dipl. Ing. Rüdiger Sellin
Freier Journalist und Berater

Inhalt

- Frühe Entwicklungsschritte und Versuche
- Neue Netze und Dienste
 - Von GSM über UMTS zu LTE
 - Beginn der mobilen Internetnutzung
- Long Term Evolution (LTE) – Evolution statt Revolution
- LTE Advanced – der nächste Schritt

Frühe Entwicklungsschritte und Versuche

Der Mensch kommuniziert mobil – und analog (1)

- **1907: Erste Sprachübertragung per Funk** in Deutschland von der staatlichen Funkanlage in Nauen in das Haus des Kaiserpaars nach Berlin (zu hören war die Stimme Enrico Carusos von einer auf einem Grammophon abgespielten Schellackplatte); Distanz ~40 km
- **1926: Mobile Telefonie** auf der Zuglinie Berlin–Hamburg; pro Tag werden durchschnittlich 37 Gespräche vermittelt.
- **1958: A-Netz**, weltweit erstes nahezu flächendeckendes Mobilfunknetz, handvermittelt; Kosten verhindern weite Verbreitung (Standardgerät kostet rund 8000 DM/4000 €). Zum Vergleich: ein VW Käfer kostete ca. 5000 DM/2500 €); ein Facharbeiter verdiente etwa 7000 DM/3500 € p.a.

Frühe Entwicklungsschritte und Versuche

Der Mensch kommuniziert mobil – und analog (2)

- **1972: B-Netz** mit Selbstwahl; Einschränkung: der Anrufer musste wissen, in welcher Region Deutschlands sich sein Gesprächspartner befand.
- **1985: C-Netz**; Gesprächspartner sind in ganz Deutschland ohne Einschränkung innerhalb von Sekunden erreichbar
- **1989: Erste Handgeräte** im C-Netz; Faxe können übertragen werden; rascher Ausbau des C-Netzes in den neuen Bundesländern; wichtig gerade auch für geschäftliche Nutzer; erste Modems

Neue Netze und Dienste

Die zweite Generation (2G) – GSM-Entwicklung (1)

- **1989:** Deutsche Bundespost und Mannesmann Mobilfunk erwerben je eine GSM-Lizenz (Global System for Mobile Communications) im 900 MHz-Band
- **Ab 1991:** Aufbau erster digitaler Mobilfunknetze auf GSM-Basis (D-Netze)
- **1992:** Kommerzieller Start D1 und D2
- Erstmals (abgesehen vom analogen NMT) weltweites **Roaming** möglich: das Endgerät meldet sich selbständig im Landesnetz an; weltweite Erreichbarkeit des Nutzers.

Neue Netze und Dienste

Erstes GSM-Handy (Motorola)



© Handymuseum
D

Neue Netze und Dienste

Die zweite Generation (2G) – GSM-Entwicklung (2)

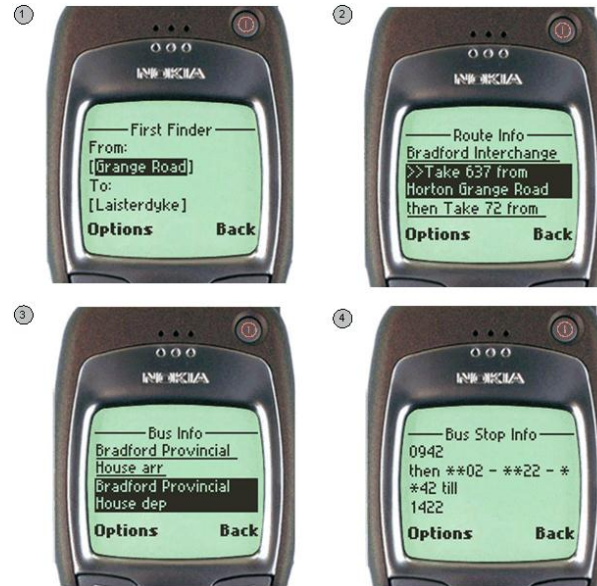
- **1994** und **1997**: Weitere Mobilfunkverbreitung durch **E-Netze** (E-Plus/KPN; Viag Interkom/02/Telefonica)
 - E-Netze auch GSM-basiert, 1800 MHz-Band (statt 900 MHz)
 - Tiefere Sendeleistung => kleinere Zellen, höhere Dämpfung bei höheren Frequenzen, kleinere Sendeleistung der Handys (etwa 1W statt bis zu 2W)
- **1998**: E-Plus versorgt bereits mehr als 75% der deutschen Bevölkerung

Neue Netze und Dienste

Die zweite Generation (2G) – GSM-Entwicklung (3)

- **1998:** Erste DualBand-Handys (900/1800 MHz) => wichtig für bessere Erreichbarkeit, besonders für E-Netz-Kunden im Ausland
- DT und Vodafone nutzen 1800 MHz-Band zur besseren Funkversorgung (später umgekehrt auch E-Plus und O2 das 900 MHz-Band)
- Circuit Switched Data (CSD) zur mobilen Datenübertragung mit max. 14,4 kbit/s
- **1999:** In einigen Netzen Einführung von High Speed Circuit Switched Data (HSCSD), ein leitungsvermittelter mobiler Datendienst, theoretisch mit max. 115,2 kbit/s

Nokia 7110 – erstes WAP-Handy (1999)



- Wireless Application Protocol (WAP) für den Datentransport
- Wireless Markup Language (WML) zur Darstellung speziell aufbereiteten Contents auf WAP-fähigen Endgeräten
- Erste Gehversuche in der mobilen Nutzung des Internets mit Einschränkungen (Geschwindigkeit, Content, Grafiken)

Mobiltelefonie in Deutschland

Eine Millenium-Zwischenbilanz

- **1996:** Marktprognose für das Jahr **2000:**
 - rund zehn Mio. Mobilfunkkunden in Deutschland
 - tatsächlich waren es bereits rund 50 Mio. (!!!)
- **2000:** Abschaltung des analogen C-Netzes in Deutschland, zuletzt Versorgung von 98% der Bevölkerung

Neue Netze und Dienste

Die zweite Generation (2G) – GSM-Entwicklung (4)

- **2001:** Einführung von General Packet Radio Service (GPRS), ein paketvermittelter mobiler Datendienst, theoretisch mit bis zu 171,2 kbit/s
- **2003:** In einigen Netzen Einführung von Enhanced Data Rates for the GSM Evolution (EDGE), ein paketvermittelter mobiler Daten-dienst, theoretisch mit max. 384 kbit/s
- **Ende 2006:** Mehr als 2 Mrd. Menschen nutzen weltweit GSM
- **Ende 2010:** 670 GSM-Mobilfunknetze in mehr als 200 Ländern

Neue Netze und Dienste

Die dritte Generation (3G): UMTS-Entwicklung (1)

- **Juli/August 2000:** UMTS-Versteigerung in Deutschland
- Goldgräberstimmung: Sechs Pakete à ~16,5 Mrd. DM (insgesamt 98,8 Mrd. DM, ca. 50 Mrd. €) werden versteigert.
- Definition von Hans Eichel, damaliger Finanzminister zu UMTS:
UMTS = „Unerwartete Mehreinnahmen zur Tilgung von Staatsschulden“
- Ausgaben der Unternehmen für die ersteigerten Lizenzen waren in Deutschland absolut betrachtet international am höchsten

Neue Netze und Dienste

Die dritte Generation (3G): UMTS-Entwicklung (2)

- **2002/03:** Zwei der sechs Pakete (Mobilcom, Group 3G) werden bereits zurückgegeben und erst 2010 wiederum versteigert
- **2004:** Kommerzieller UMTS-Start in Deutschland mit vier Anbietern
- UMTS-Netzaufbau schleppend; nur wenige Endgeräte, vorwiegend Datenkarten mit GPRS/UMTS/WLAN
- Theoretische Datenraten anfangs 384 kbit/s bis 2 Mbit/s

Erste UMTS-Endgeräte in Deutschland

Datenkarten (Option GT 3G); UMTS-Handys (Nokia 6280, Siemens U10/Motorola A380), Samsung SGH-Z105 (Videotelefonie)



Neue Netze und Dienste

Die dritte Generation (3G): UMTS-Entwicklung (3)

- **2005/2006:** Deutlich schnellere mobile Datenkommunikation dank
 - High Speed Downlink Packet Access (HSDPA), Downlink mit 1,8/3,6/7,2/14,4 Mbit/s
 - High Speed Uplink Packet Access (HSUPA), Uplink 0,76 bis 5,76 Mbit/s
- **HSPA** (High Speed Packet Access), Oberbegriff von HSDPA/HSUPA
- **HSPA+** dank 64 QAM und/oder max. 21,1/28/42,2 Mbit/s



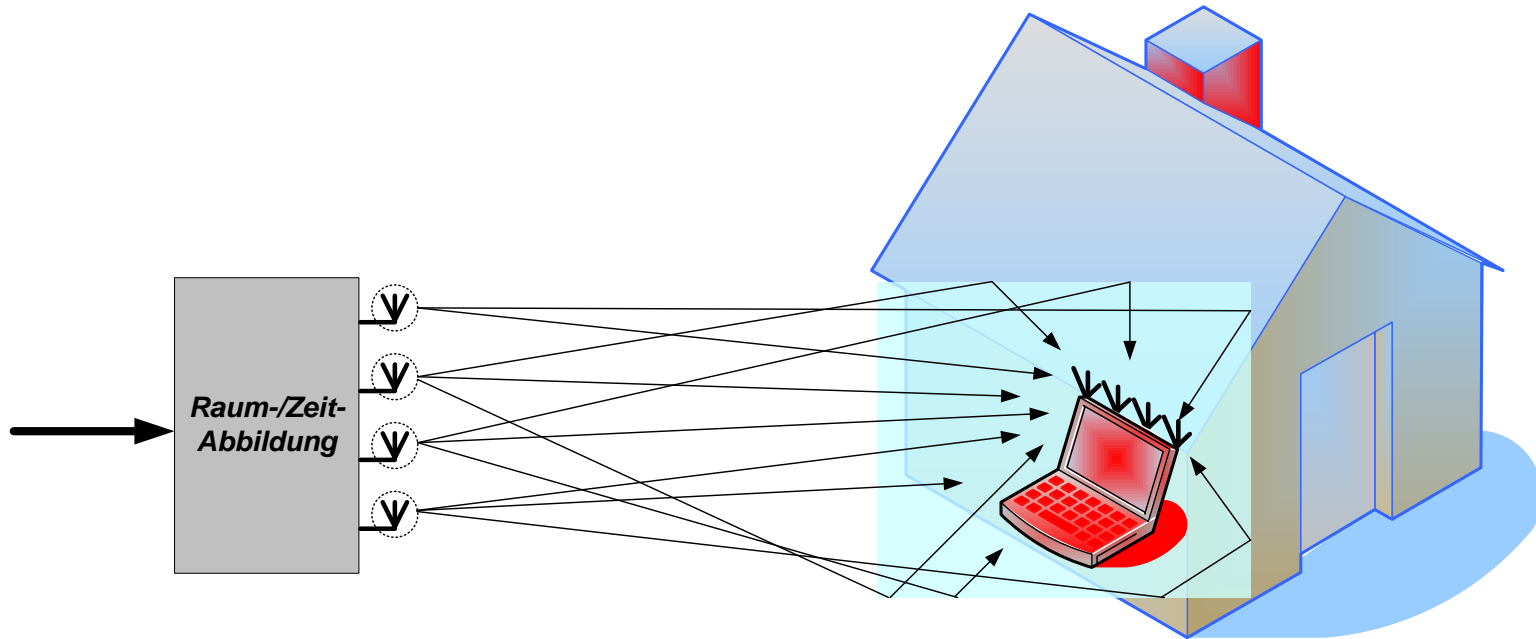
Neue Netze und Dienste

HSDPA-Evolution: 3GPP TS 25.306 Rel. 9 (Tabelle 5.1a)

Kategorie	Max. Anzahl HS-DSCH Codes	Modulationsverfahren	MIMO, Dual-Cell	Max. Datenrate [Mbit/s]
1	5	QPSK, 16-QAM		1,2
2	5	QPSK, 16-QAM		1,2
3	5	QPSK, 16-QAM		1,8
4	5	QPSK, 16-QAM		1,8
5	5	QPSK, 16-QAM		3,6
6	5	QPSK, 16-QAM		3,6
7	10	QPSK, 16-QAM		7,2
8	10	QPSK, 16-QAM		7,2
9	15	QPSK, 16-QAM		10,1
10	15	QPSK, 16-QAM		14,0
11	5	nur QPSK		0,9
12	5	nur QPSK		1,8
13	15	QPSK, 16-QAM, 64-QAM		17,6
14	15	QPSK, 16-QAM, 64-QAM		21,1
15	15	QPSK, 16-QAM	MIMO	23,4
16	15	QPSK, 16-QAM	MIMO	28,0
19	15	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	MIMO	35,3
20	15	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	MIMO	42,2
21	15	QPSK, 16-QAM	Dual-Cell	23,4
22	15	QPSK, 16-QAM	Dual-Cell	28,0
23	15	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	Dual-Cell	35,3
24	15	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	Dual-Cell	42,2
25	15	QPSK, 16-QAM	MIMO + Dual-Cell	46,7
26	15	QPSK, 16-QAM	MIMO + Dual-Cell	55,9
27	15	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	MIMO + Dual-Cell	70,6
28	15	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	MIMO + Dual-Cell	84,4

Neue Netze und Dienste

Multiple Input, Multiple Output (MIMO)



Neue Netze und Dienste

MIMO – Die Technik

- Prinzip Mehrwegekommunikation
- Mehrere Empfangswege über mind. zwei bis drei Empfangskanäle
- Hohe Prozessorleistung im Endgerät erforderlich (Filterung Nutzsignal)
- Zuerst Marktverfügbarkeit bei WLANs (IEEE 802.11n)
- Weitere Anwendungen bei HSPA+ (≥ 20 Mbit/s) und LTE



© D-Link

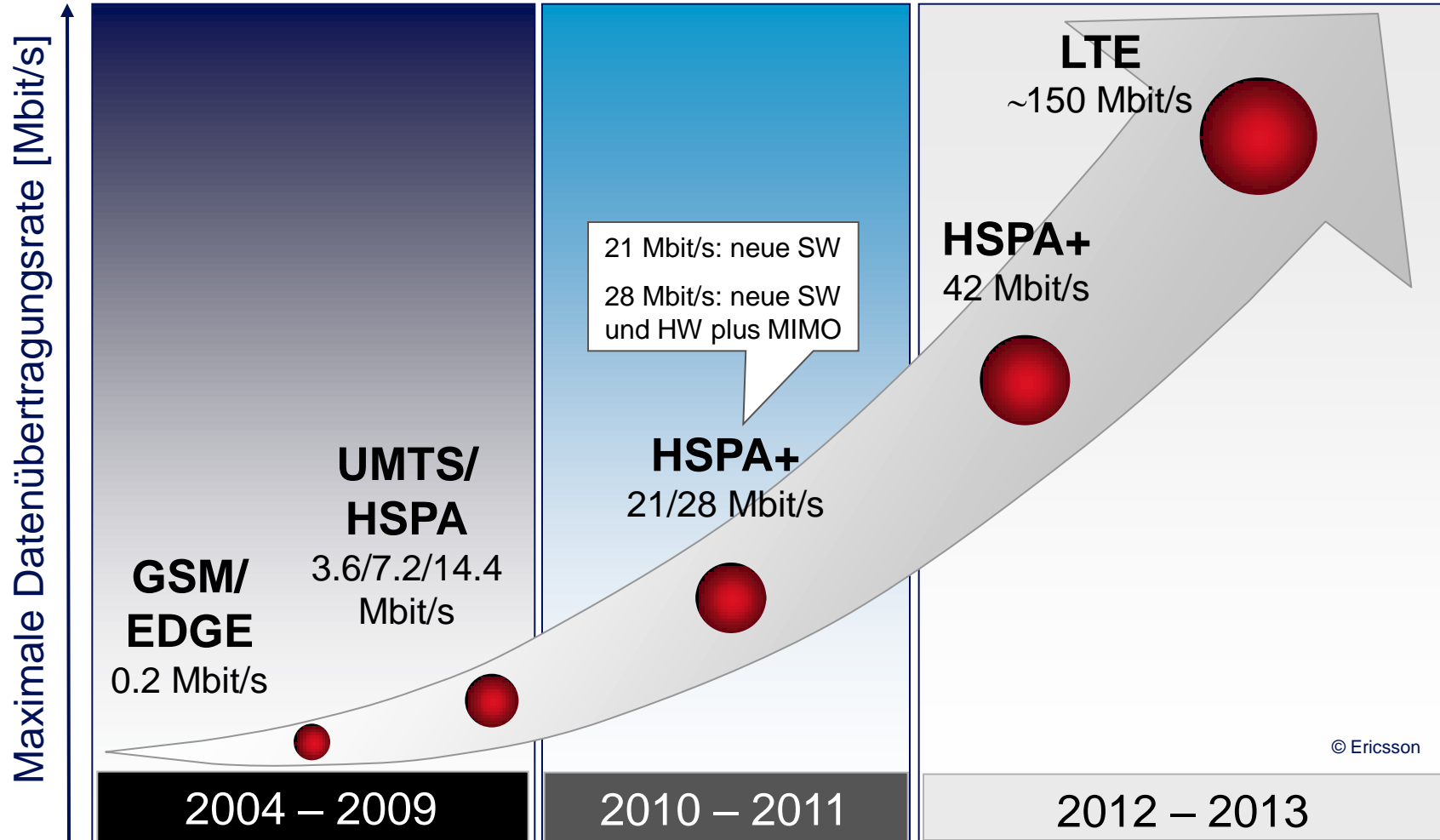
Neue Netze und Dienste

Die dritte Generation (3G): UMTS-Entwicklung (4)

- **Oktober 2008**
 - Weltweit 230 3G-Netze in 100 Ländern mit über 400 Mio. Kunden
 - Etwa 60 Mio. HSPA-Nutzer
- **Ende 2008** bereits 15,9 Mio. UMTS-Kunden in Deutschland
- **Anfang 2009** z.B. bei Vodafone Deutschland
 - ~ 20'000 GSM-Basistationen (inkl. EDGE), 99% Bevölkerungsversorgung
 - ~ 13'000 UMTS-Basisstationen, mehr als 80% der Bevölkerung, Daten-übertragung bis zu 3,6 Mbit/s, an rund 350 Hotspots bis zu 7,2 Mbit/s
- **Mitte 2010** ~70% Netzabdeckung über alle deutsche UMTS-Netze
- **2010/2011** forcierter Ausbau von HSPA/HSPA+

Mobile Datenkommunikation

Entwicklung der Bitraten von 2G zu 4G



Neue Netze und Dienste

Long Term Evolution (LTE) (1) – erste Fakten

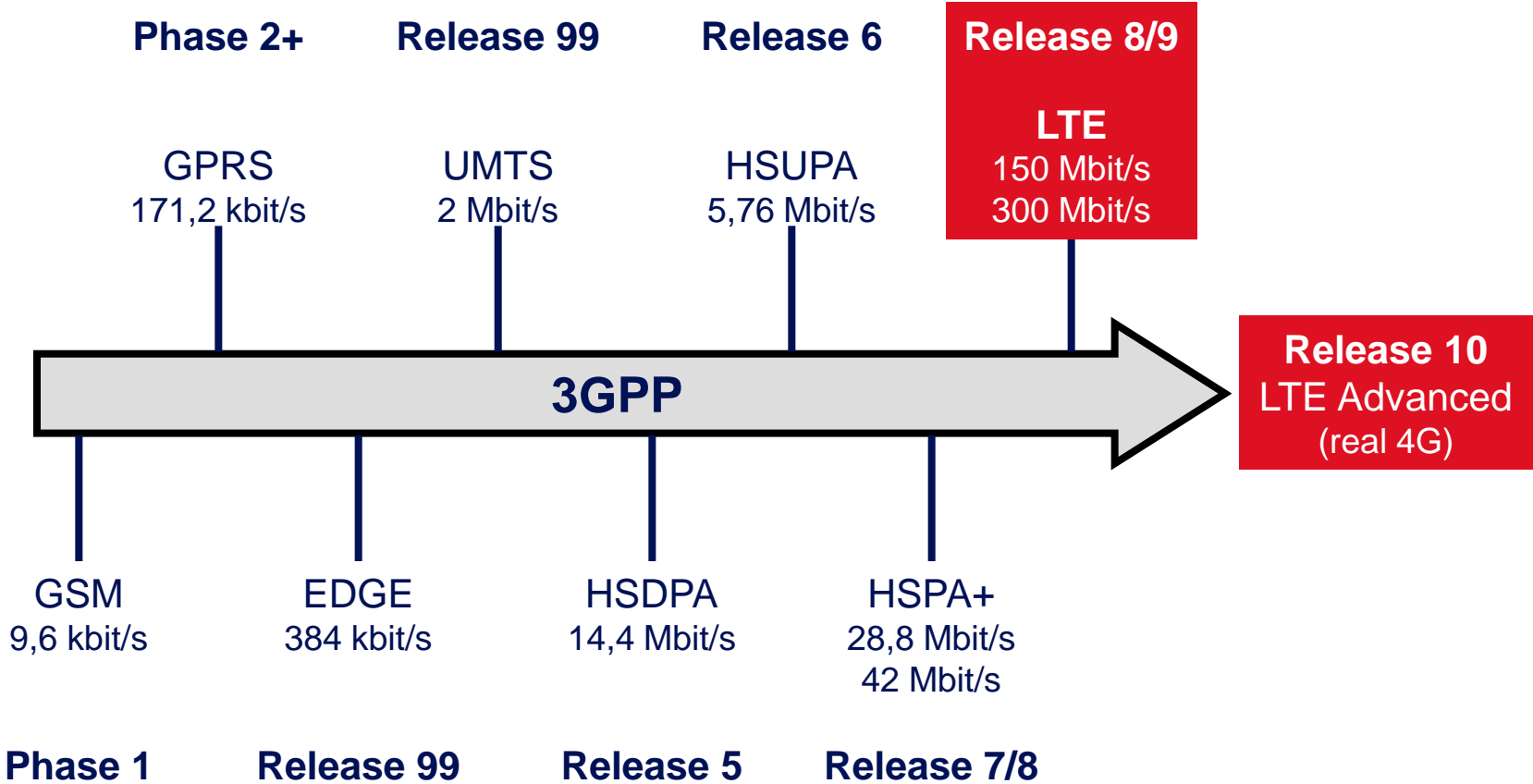
- Höhere spektrale Effizienz
- Flexible Kanalbandbreiten mit 1,4 / 3 / 5 / 10 / 15 / 20 MHz
- Höherer Datendurchsatz:
Downlink ≤ 150 Mbit/s, Uplink ≤ 50 Mbit/s
(später jeweils Verdoppelung der Bitraten möglich)
- Sehr geringe Latenz (Round Trip Delay ca. 10 ms)

Neue Netze und Dienste

Long Term Evolution (LTE) (2) – weitere Fakten

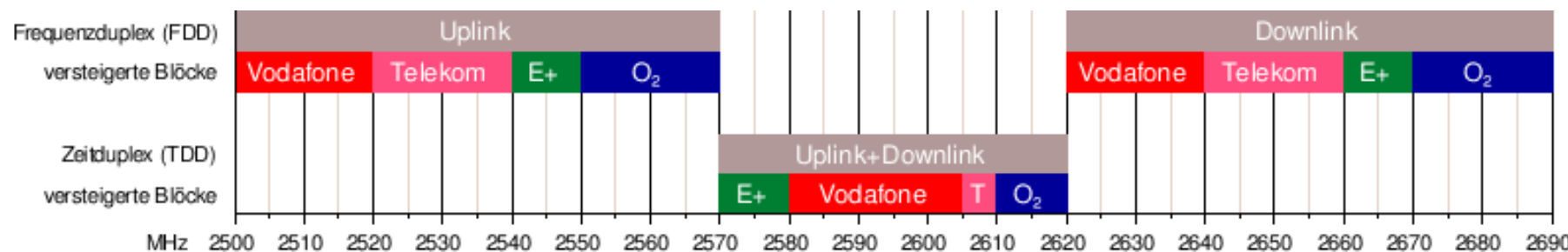
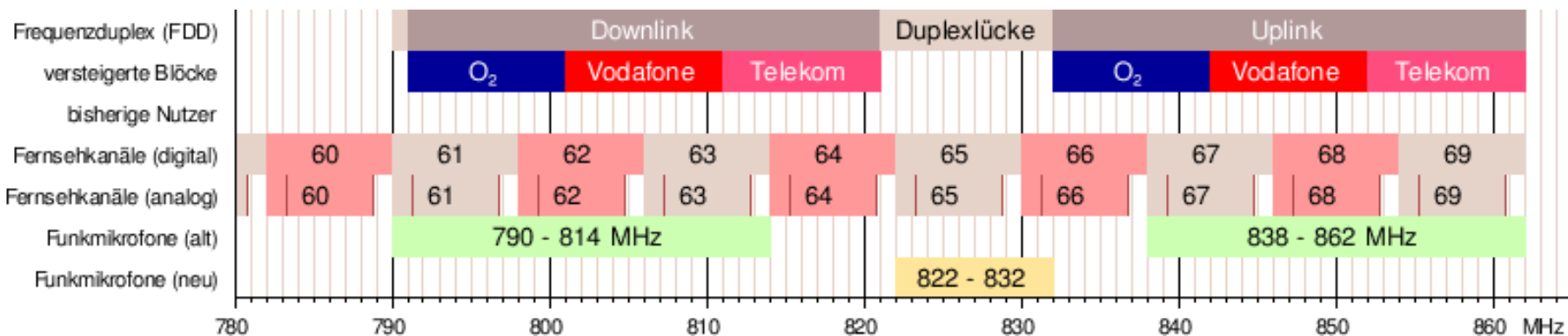
- Vollumfänglich IP-basierte Kommunikation
- Kein leitungsvermittelter Sprachdienst mehr, später eventuell VoIP (kein primäres LTE-Ziel)
- Handover zu GSM/UMTS möglich
- Bedingt neue Endgeräte (Kunde) sowie neue Basisstationen und Upgrades im Kernnetz (Betreiber)
- Standardisiert durch **3GPP** (aktuell Release 8)

Entwicklung der 3GPP-Standards



Neue Netze und Dienste

Long Term Evolution (LTE) (3) – Frequenzauktion BNA

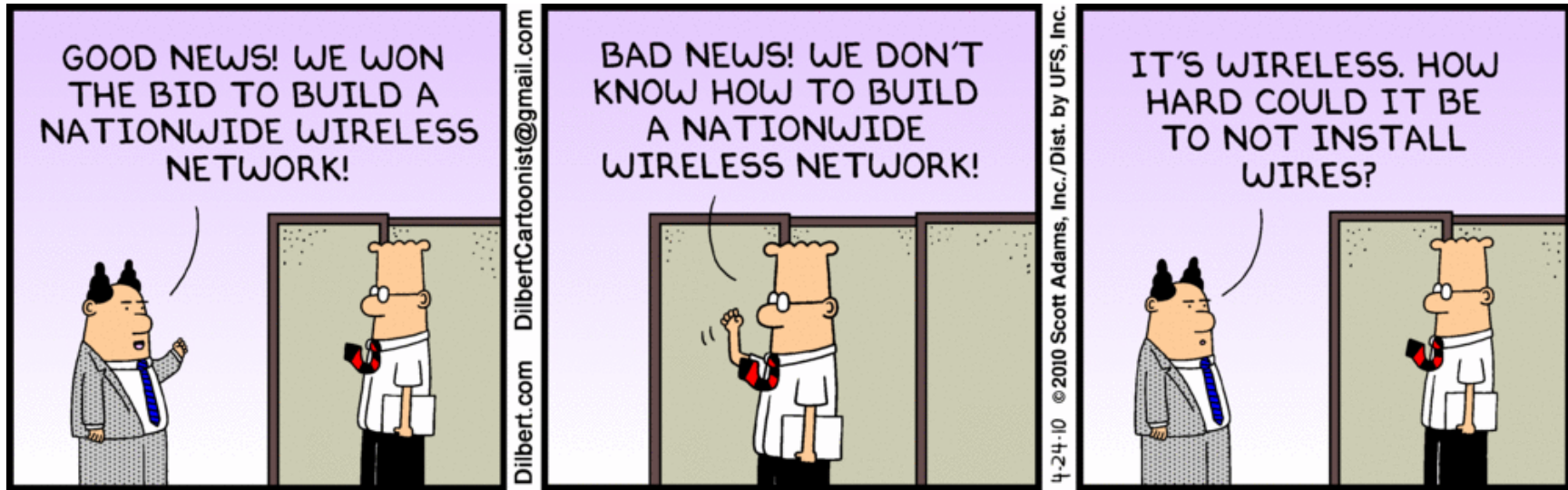


Neue Netze und Dienste

Long Term Evolution (LTE) (4) – Netzausbau

- **Ab Herbst 2010:**
 - Zunächst Versorgung bisher unerschlossener Landstriche („digitale Dividende“) im 800 MHz-Bereich
 - Aufbau höherer Netzkapazitäten in Ballungszentren sowie entlang der Hauptverkehrsachsen (2,6 GHz)
- Mittelfristig auch Nutzung der GSM-Spektren (900/1800 MHz) möglich
- Spektren 2 bis 2,1 GHz nutzbar (heute durch UMTS/HSPA belegt)
- **März 2011:** Weltweit ca. 170 LTE-Lizenzen in 70 Ländern, knapp 20 Netze kommerziell in Betrieb

Komplexität der Netze



Nächster Evolutionsschritt

LTE Advanced

27

- 3GPP-Spezifikation etwa Mitte 2011 fertig gestellt
- „Echter“ 4G-Standard (LTE streng genommen nur 3,9 G) mit 1 Gbit/s im Downlink an einem festen Standort
- Netzaufbau erfolgt durch SW-Upgrade, kaum vor 2014 zu erwarten

Mai 2011

Entwicklung der mobilen Datenkommunikation

Nicht überall, wo LTE draufsteht, ist auch LTE drin

□ www.lte.at



© LTE Logistik- und Transport-GmbH, Graz

Danke für Ihre Aufmerksamkeit – Fragen?

Dipl. Ing. Rüdiger Sellin

Texting, Content, Publishing & PR

Bern/Schweiz

<mailto:ruediger.sellin@bluewin.ch>

Extrafolien

Neue Netze und Dienste

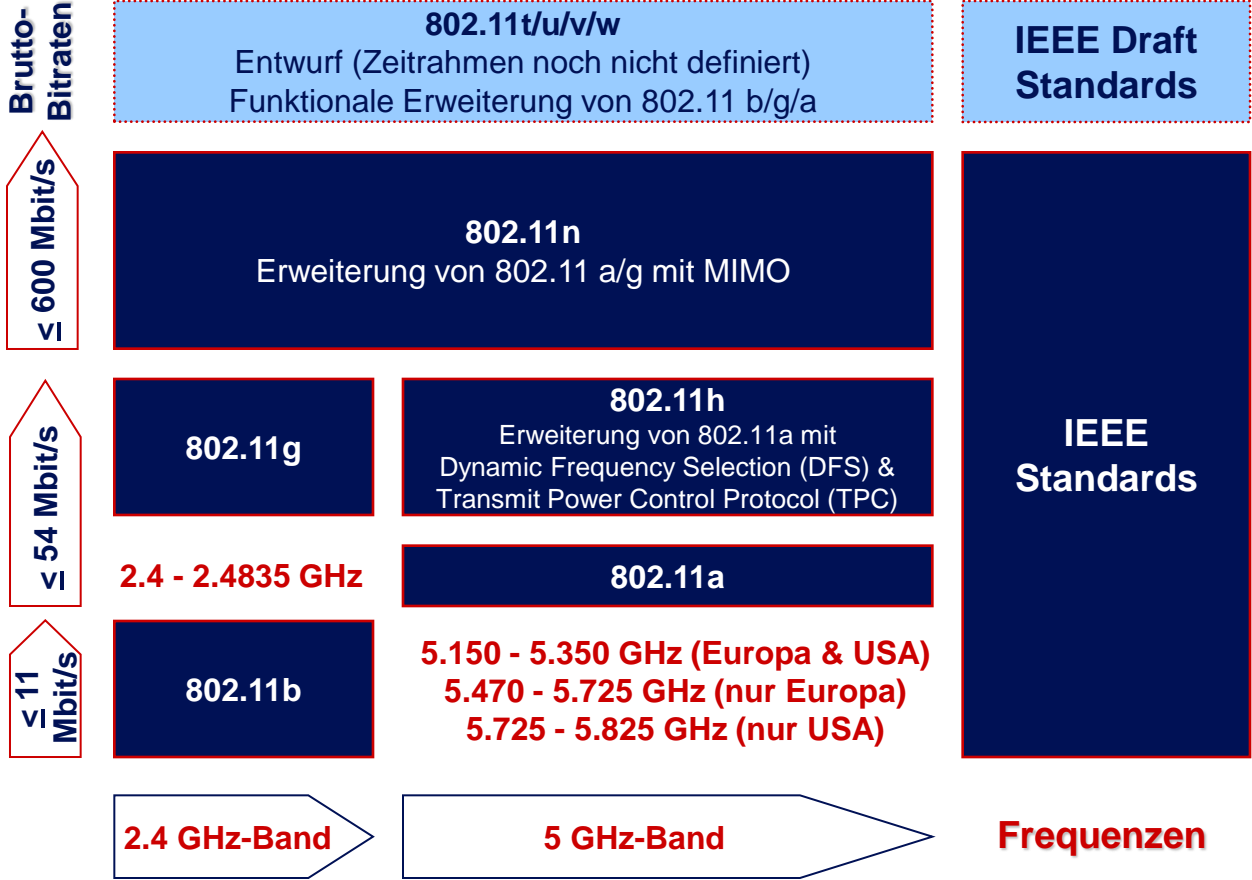
Neue Netze und Dienste

Wireless Local Area Networks (WLANs) (1)

- **1995:** Neuer Standard IEEE 802.11b für ein drahtloses Ethernet
- **Ab 2000:** Zunehmender Einsatz daheim – xDSL (Festnetz) bis zum Hausanschluss, WLAN für die hausinterne (drahtlose) Kommunikation
- Günstig realisierbar und robuste Funkeigenschaften, aber:
 - Beschränkter Radius
 - Dämpfung u.a. durch Betonwände
 - In grösseren Siedlungen stark belastete Frequenzbänder
 - Interferenzen mit Bluetooth, Babyphones, Fernbedienungen von Spielzeugen etc. (2,4 GHz-Band ist lizenzfrei!)
- Ausweichen auf 5 MHz-Band (ebenfalls lizenzfrei, nicht so stark belegt)
- **2004:** Erste PWLAN-Hotspots z.B. an Bahnhöfen und Flughäfen entstehen, u.a. auch zur Entlastung von GSM und UMTS
- Stetige Weiterentwicklung im IEEE zu einer Familie von WLAN-Standards

Neue Netze und Dienste

Wireless Local Area Networks (WLANs) (2)



Neue Netze und Dienste

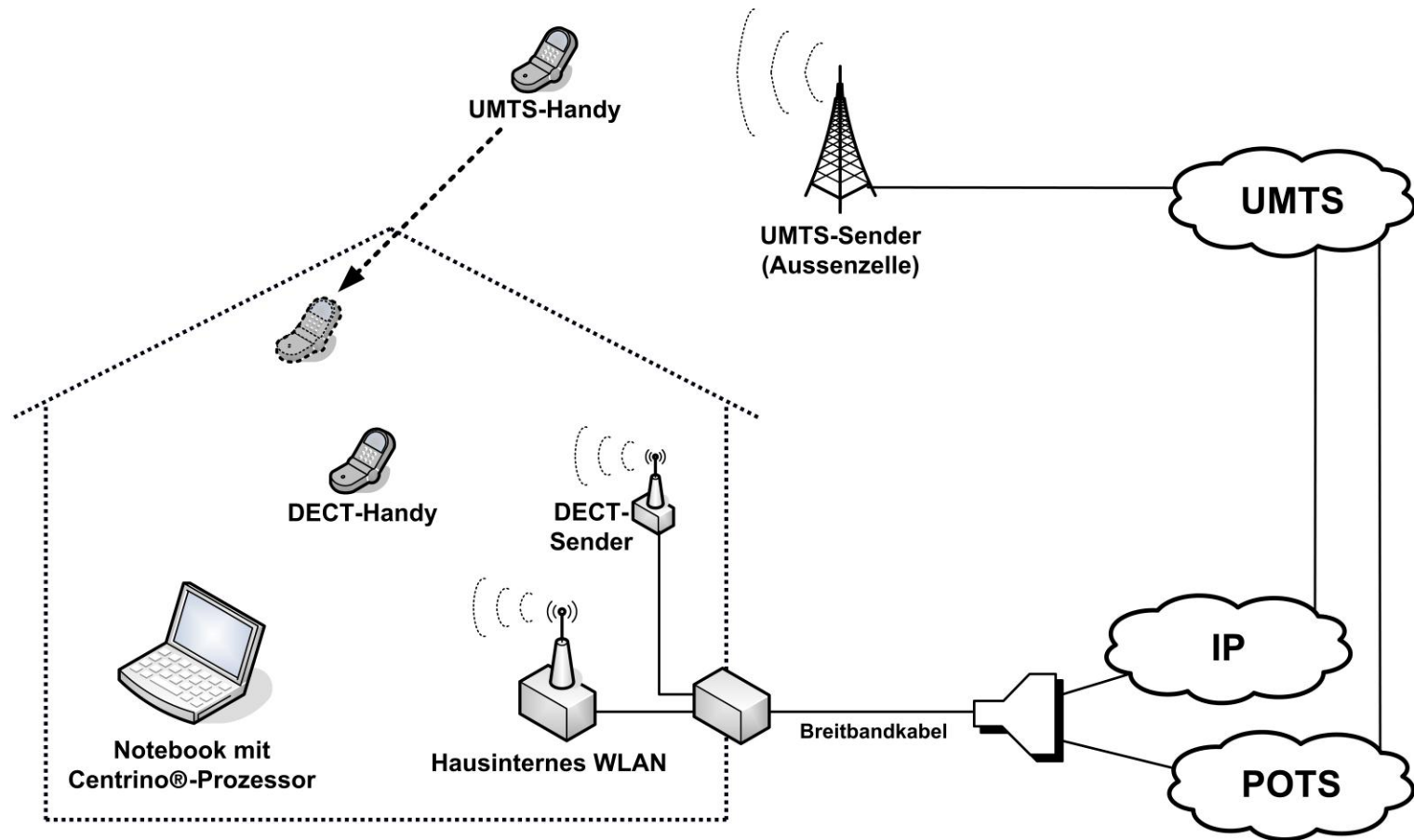
Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX)

- IEEE-Standard 802.16x (**-d** stationär, **-e** mobil, **-m** mit bis zu 1 Gbit/s / 4G)
- Frequenzbereich 2 bis 66 MHz; Sendeleistung einer WiMAX-Basisstation max. 30 W EIRP, mobile oder stationäre Gegenstelle max. 4 W EIRP (Equivalent Isotropically Radiated Power)
- Ab **2003** grosse WiMAX-Euphorie in den U.S.A.
- Ab **2005** WiMAX-Start in einigen Regionen Deutschlands
- WiMAX-Angebot durch alternative Netzbetreiber wie Deutsche Breitband GmbH (DBD), insbesondere im Osten z.B. in den Städten Berlin, Leipzig, Dresden, Magdeburg und Halle, zudem Heidelberg
- Keine grosse Kundennachfrage; indoor mässiger Datendurchsatz, für Telefonie kaum geeignet => Ergänzung analoger Telefonanschlüsse
- **2008**: Rückgabe der WiMAX-Lizenzen durch Televersa
- **März 2010**: Produktionsstopp von WiMAX-Einrichtungen bei Cisco
- **2011**: Weltweit etwa 150 Länder mit WiMAX; insgesamt etwa 30 WiMAX-Netze in Deutschland (etwa 25% der Bevölkerung versorgt)

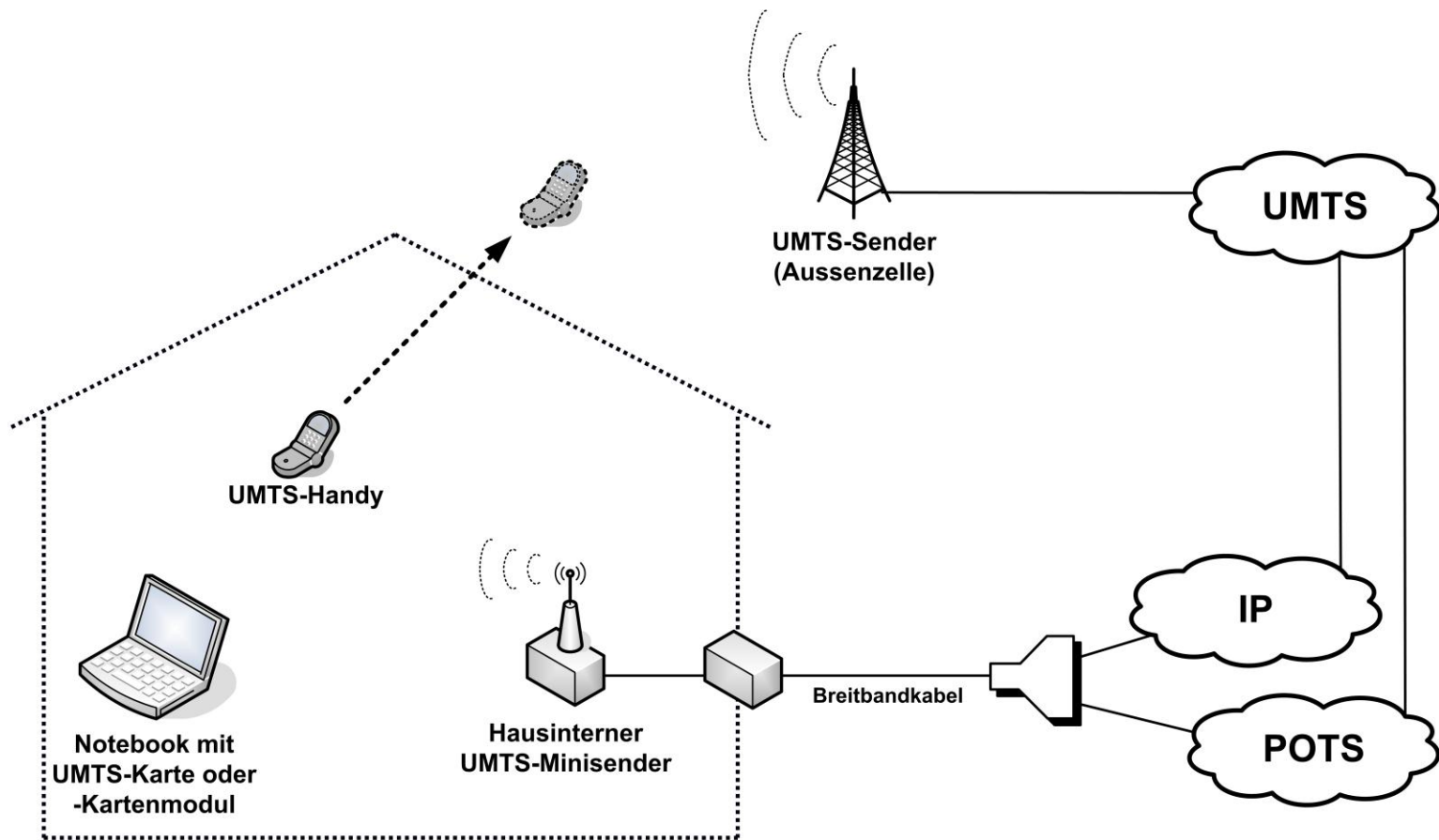
Femtozellen (1) – interessante FMC-Lösung

- Gelungenes Beispiel für **FMC** (Fixed Mobile Conversion)
- Kleiner UMTS-Sender für die gesamte Inhouse-Kommunikation
- Verzicht auf WLAN (Daten) und DECT (Sprache)
- Kleine Sendeleistung, lizenzfrei
- Etwa ab Sommer 2011 grössere Vermarktung zu erwarten

Femtozellen (2) – heutiges Szenario *ohne* Femtozelle



Femtozellen (3) – UMTS-basierte Femtozelle



16 QAM (Quadraturamplitudenmodulation)

