

Netzwerktechnologien II

1. Ethernet Switching

1.1 Spanning Tree

1.2 Virtuelle LANs

1.3 Priorisierung

2. Drahtlose Netze

2.1 Medienzugriffsverfahren

2.2 802.11 WLAN

2.3 Bluetooth

2.4 802.16 WIMAX

2.5 LTE



Zum Inhalt

In diesem Kapitel widmen wir uns zwei fortgeschrittenen, weit verbreiteten Bereichen der Netzwerktechnologien: Dem Ethernet Switching und den Funk-LANs. Sie lernen dabei die wichtigsten Besonderheiten der Switch-Verarbeitung wie Redundanz und Segmentierung kennen, sowie die Kernprobleme und -technologien der WLANs.

Das zugehörige Kapitel im Tanenbaum ist 4, im Meinel/Sack sind es die Kapitel 4 und 5. Ferner empfohlen sei: Jochen Schiller: *Mobilkommunikation*. 2. Auflage, Pearson Studium, 2003.



1. Ethernet Switching

Switches vermitteln auf L2 – welche Intelligenz wird benötigt?

- ▶ Ethernet basiert auf redundanzfreien Topologien
- ⇒ Failover Funktionalitäten zur Erhöhung der Betriebssicherheit.
- ▶ Switching ist schneller als Routing, aber Broadcast-transparent.
- ⇒ Segmentierung zur Abwehr von Broadcast 'Stürmen'.
- ▶ Physikalische Separierung von Teilnehmern ist teuer.
- ⇒ Virtuelle Segmentierung auf einem Kabel / in einer Domain.
- ▶ Echtzeit Verkehrsanforderungen / QoS.
- ⇒ Priorisierung auf dem Layer 2.



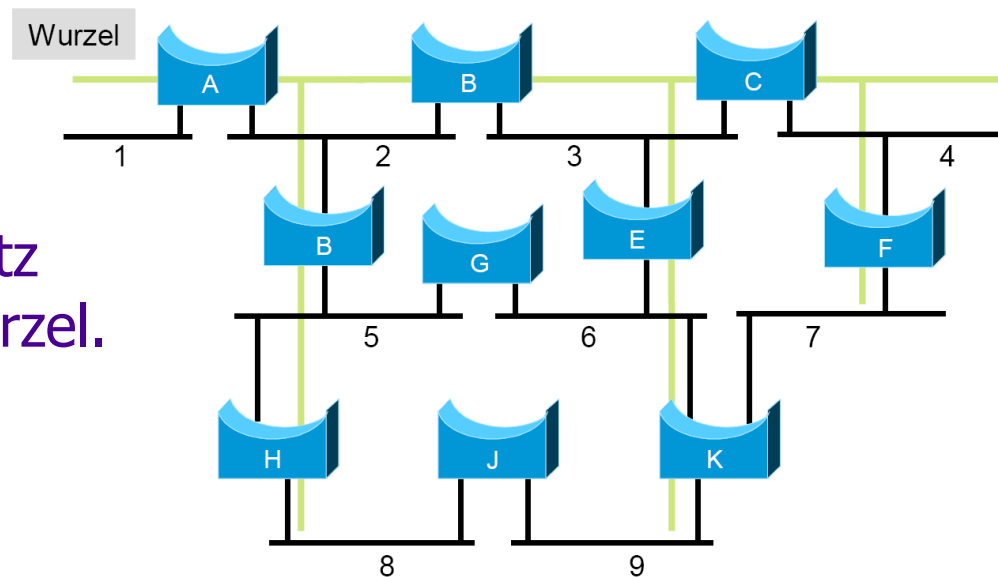
1.1 Redundanzwege: Spanning Tree (802.1D)

Problem:

Redundant verschaltete Switches erzeugen Forwarder-Loops.

Lösung: Dynamische Spannbäume

1. **Wurzelfindung:** Mittels ID, z.B. Switch Seriennummer
 2. **Pfadaufbau:** Von jedem Netz auf kürzestem Weg zur Wurzel. Dabei Bridges 'stand by'.
 3. **Loop:** Ermittle Pfade, um Änderungen zu entdecken.
- o Spanning Tree sehr langsam –
Verbesserung: Fast Spanning Tree und TRILL



1.1 Spanning Tree: Algorhyme

I think that I shall never see
a graph more lovely than a tree.
A tree whose crucial property
is loop-free connectivity.

A tree that must be sure to span
so packet can reach every LAN.
First, the root must be selected.

By ID, it is elected.

Least-cost paths from root are traced.

In the tree, these paths are placed.

A mesh is made by folks like me,
then bridges find a spanning tree.

Radia Perlman



1.2 Virtuelle LANs (VLAN)

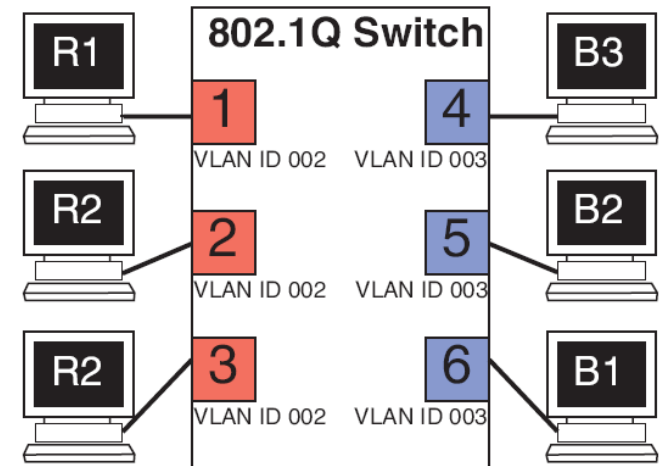
VLAN definieren virtuelle Netzgrenzen, die gegeneinander geroutet werden. Drei Ansätze sind naheliegend:

- o **Port Based VLAN**: Ein unicast oder broadcast Paket wird auf einem Port der ID = x empfangen und nur an Ports derselben ID geforwarded.
- o **MAC Address Based VLAN**: Die VLAN Mitgliedschaft eines Pakets wird an der Quell- oder Zieladresse identifiziert. Switches halten eine Membership-Tabelle.
- o **Protocol (L3) Based VLAN**: Die Mitgliedschaft eines Pakets in einem VLAN wird an dem Layer 3 Protokoll (IP, IPX, Netbios ...) und der L3 Netzzugehörigkeit festgestellt.



1.2 802.1Q Port Based VLAN

- Jede Hostgruppe (VLAN) erhält eine ID
- Pakete werden nur innerhalb eines VLANs geforwarded
- Jeder Switchport gehört zu mind. einer ID
- Jeder Host gehört zu genau einem VLAN
- Zur switchübergreifenden Gültigkeit werden Frames getagged.
- Tagging durch NIC oder Ingress Port
- Default VLAN (ID=1)
- 1D Trunk: Forward alle Tag-freien Frames
- 1Q Trunk: Forward alle Tag-tragenden Frames
- Filtering Database für höherwertige Funktionen



1.2 802.1Q/p - Tagging

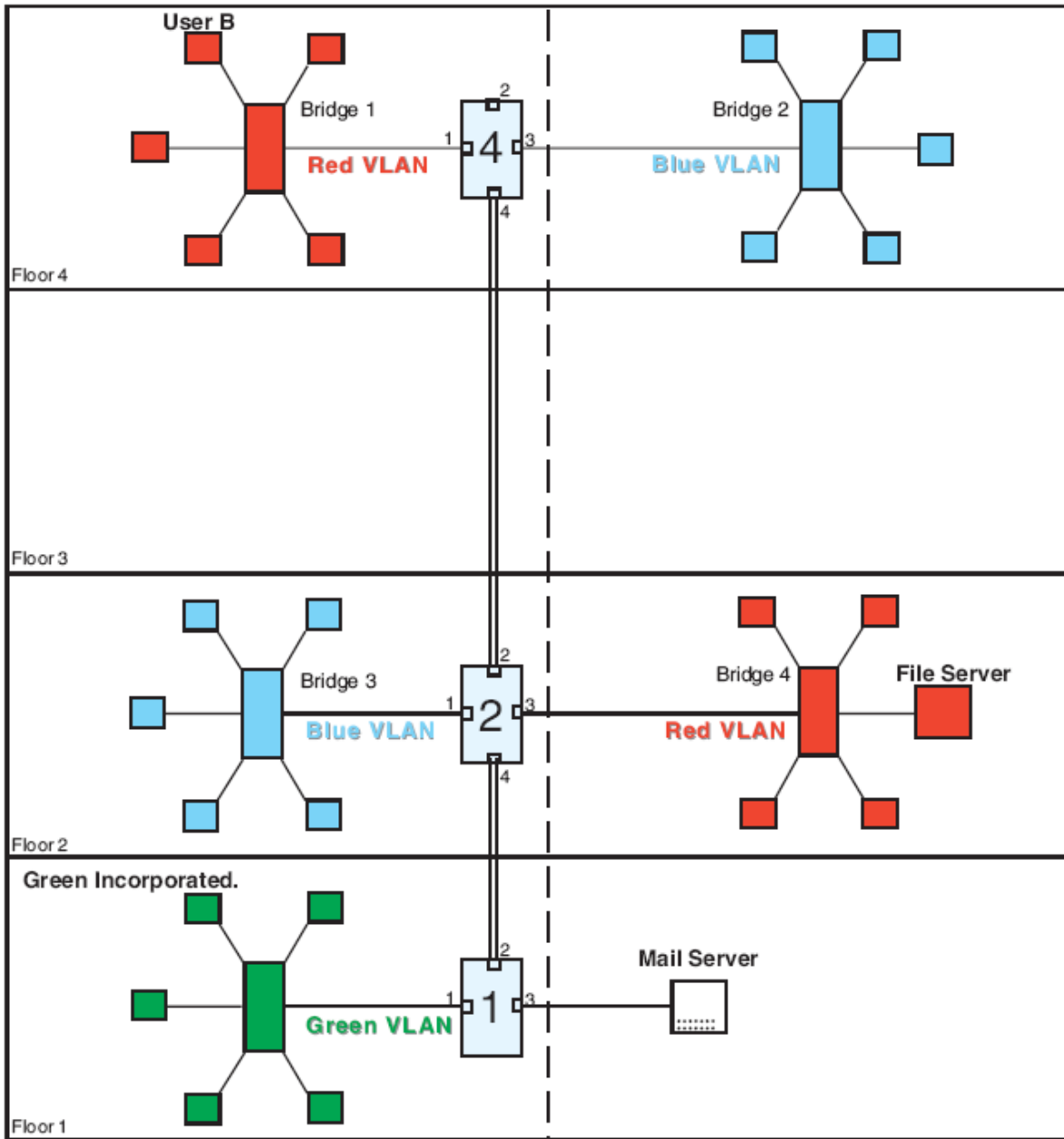
8 bytes	6 bytes	6 bytes	2	46 - 1500 bytes	4 bytes
preamble	destination address	source address	type	data / pad	CRC

7 bytes	1	6 bytes	6 bytes	2	1	46 - 1492 bytes	4 bytes
preamble	S O F	destination address	source address	length	8 0 2	data / pad	CRC

16 bits	3 bits	1	12 bits
TPID	Priority	C F I	VLAN-ID

Tag Protocol Identifier=0x8100
Priority Tagging für 802.1p

Canonical Format Identifier
VLAN ID: 802.1Q Zuordnung



Floor 4

Floor 3

Floor 2

Floor 1



Praxis- beispiel: VLAN Topologie



1.2 VLAN Konfiguration

VLANs müssen separat auf jedem Switch konfiguriert und Ports zugewiesen werden.

Dies kann manuell (CLI, Web) oder mit VLAN-Management Tools der Hersteller erfolgen.

Automatische Verteilung der VLAN-Informationen durch Generic Attribute Registration Protocol (GARP) / der VLAN-Erweiterung GARP VLAN Registration Protocol (GVRP) .

Ebenso: Proprietäre Herstellerprotokolle wie Cisco Virtual Trunking Protocol (VTP).



1.3 802.1p Priorisierung

- ▶ Prioritätsklassen werden auf switching queues gemapped.
- ▶ Port-basierte Priorität: Pakete, erhalten durch einen hoch priorisierten Port, werden als high priority frame behandelt.
- ▶ 802.1p/Q VLAN Prioritätstag: Wenn Tagging in Anwendung, dann wird das Prioritätsbit extrahiert und mit dem Schwellwert 3 verglichen. Die Prioritätswerte 0 – 3 zählen als niedrig, die Werte 4 – 7 als hoch.
- ▶ Aktuelle Erweiterungen: IEEE 802.1 AVB (Audio/Video Bridging)



2. Drahtlose Netze

Drahtlose Kommunikationsnetze erleben wir allgegenwärtig:

- Leuchttürme, Morsen, Buschtrommeln, opt. Telegraphen, ...
- Fernbedienungen an Heimgeräten
- Satellitenkommunikation
- Mobiltelefone: A/B/C/D/E-Netze, Dect, 3G (UMTS)
- Funknetze: Richtfunk, WLAN, Hiperlan, Bluetooth
- Optische Übertragungen: Infrarot (Links, IrDA), LaserLinks

Die Techniken drahtloser Netze sind speziell ausgeprägt von

dem Medium ‚Luft‘ – der Regulierung – dem Mobilitätsparadigma

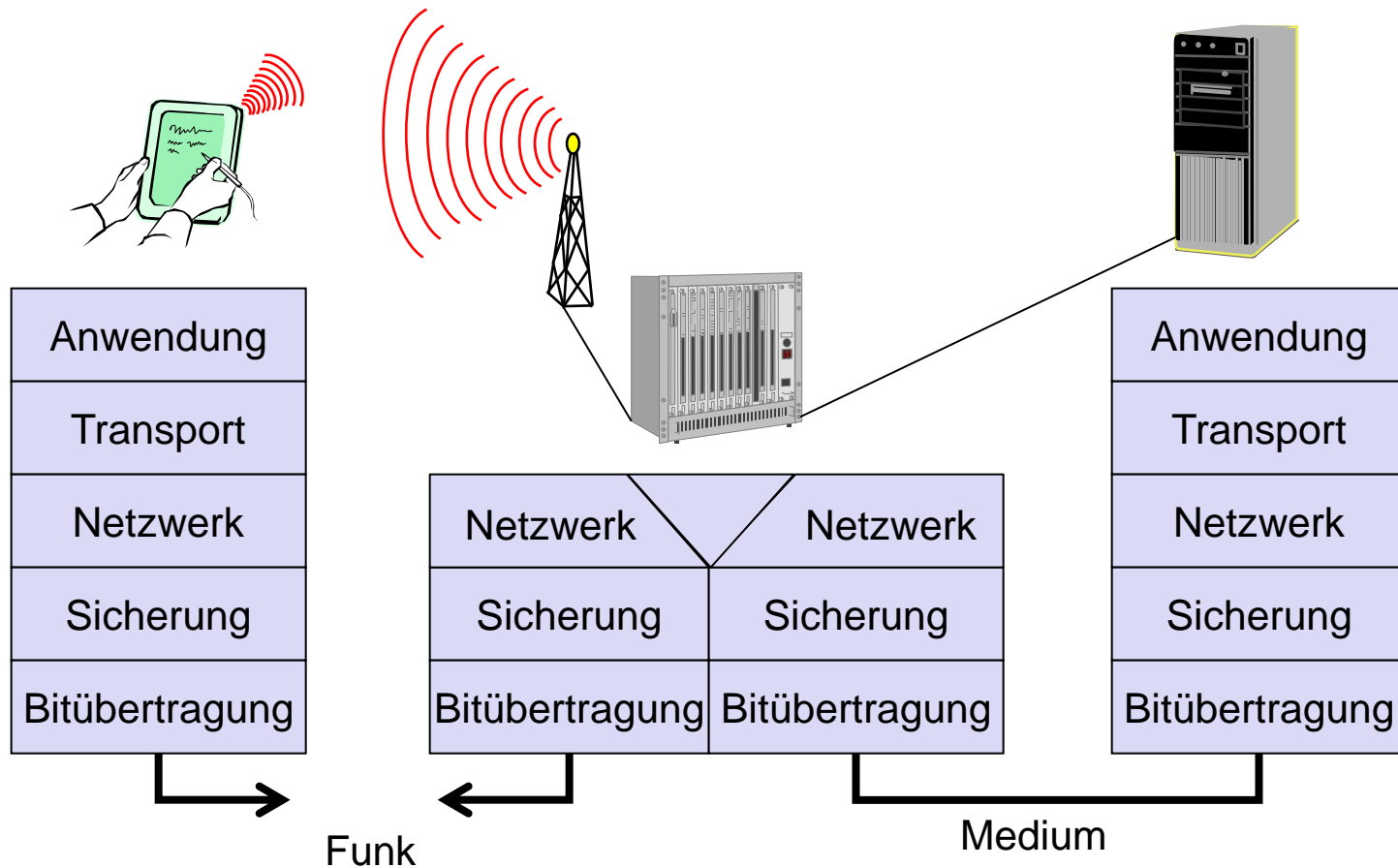
Die Darstellungen dieses Kapitels folgen in Teilen den Materialien von J. Schiller, FU Berlin



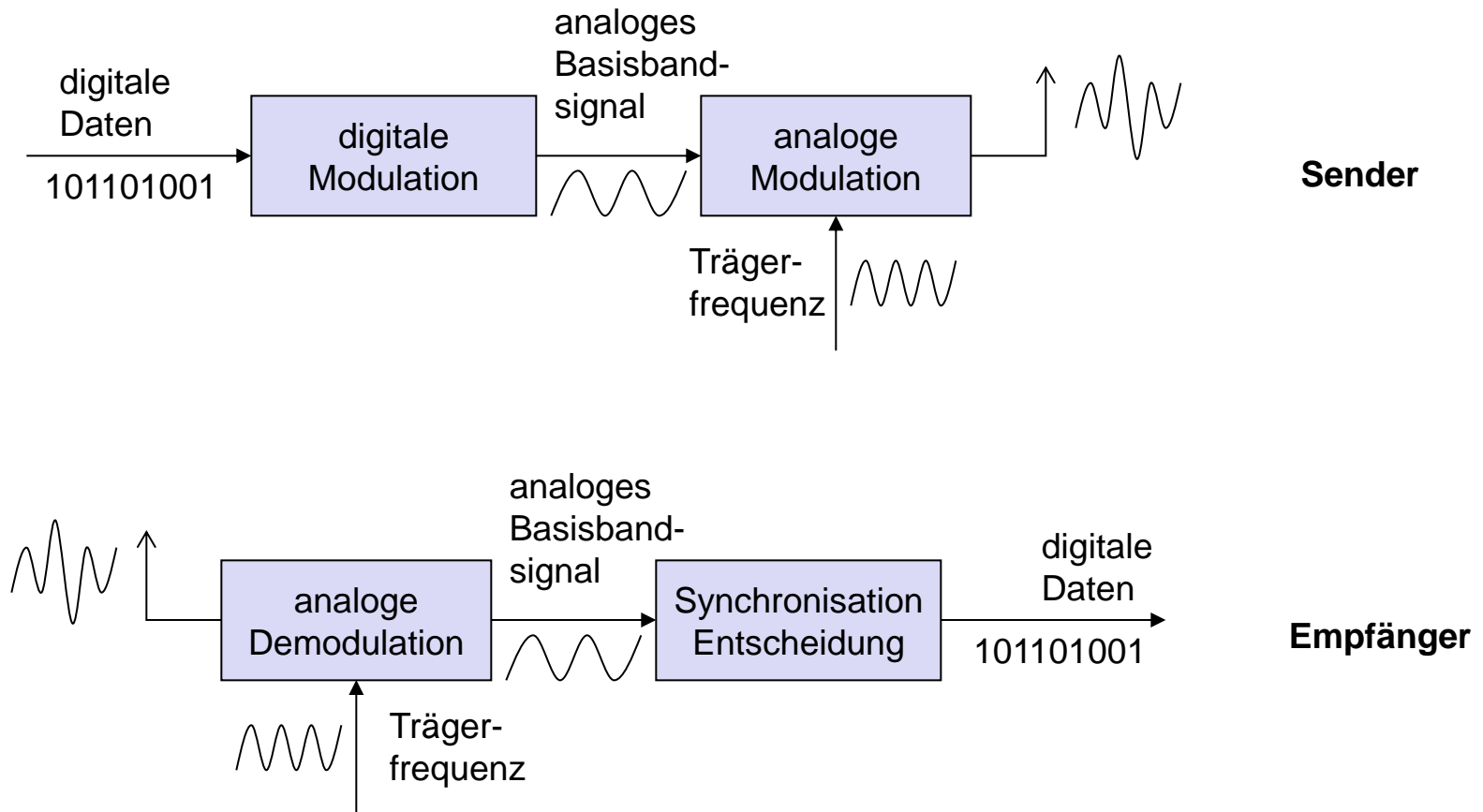
2. Wireless Accesspoints



2. Referenzmodell



2. Modulation und Demodulation



Sinusförmige Trägerschwingung als spezielles periodisches Signal:

$$s(t) = A_t \sin(2 \pi f_t t + \varphi_t)$$



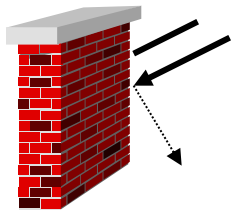
2. Signalausbreitung

Ausbreitung im freien Raum grundsätzlich geradlinig (wie Licht)

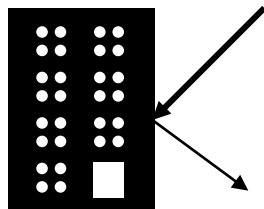
Empfangsleistung nimmt mit $1/d^2$ ab (d = Entfernung Sender : Empfänger)

Empfangsleistung wird außerdem u.a. beeinflusst durch

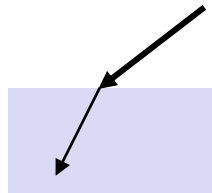
- Freiraumdämpfung (frequenzabhängig)
- Abschattung durch Hindernisse
- Reflexion an großen Flächen
- Refraktion in Abhängigkeit der Dichte eines Mediums
- Streuung (scattering) an kleinen Hindernissen
- Beugung (diffraction) an scharfen Kanten



Abschattung



Reflexion



Refraktion



Streuung



Beugung

2. Signalausbreitungsbereiche

Übertragungsbereich

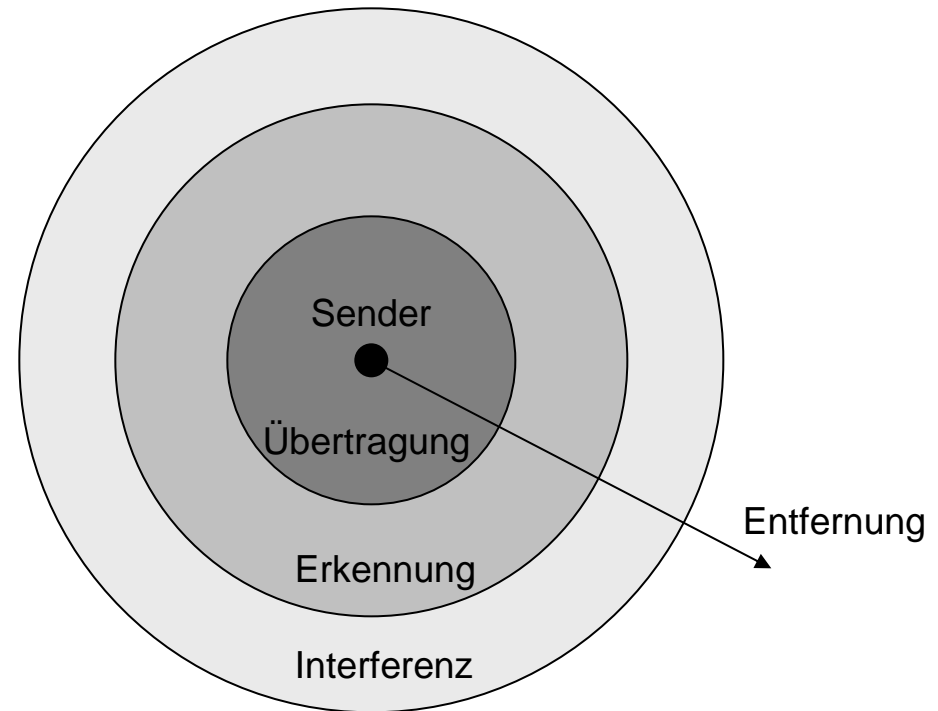
- Kommunikation möglich
- niedrige Fehlerrate

Erkennungsbereich

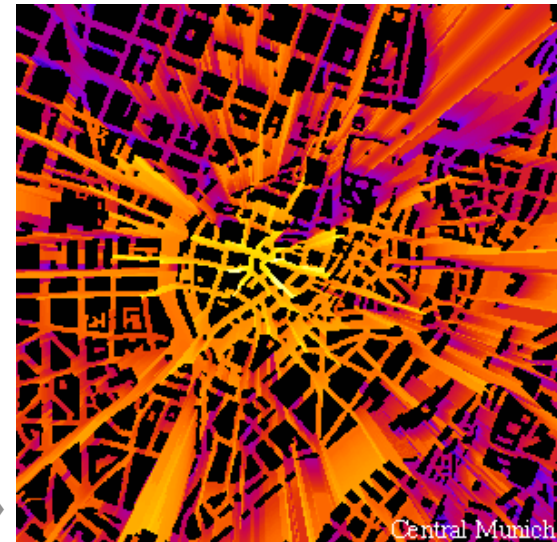
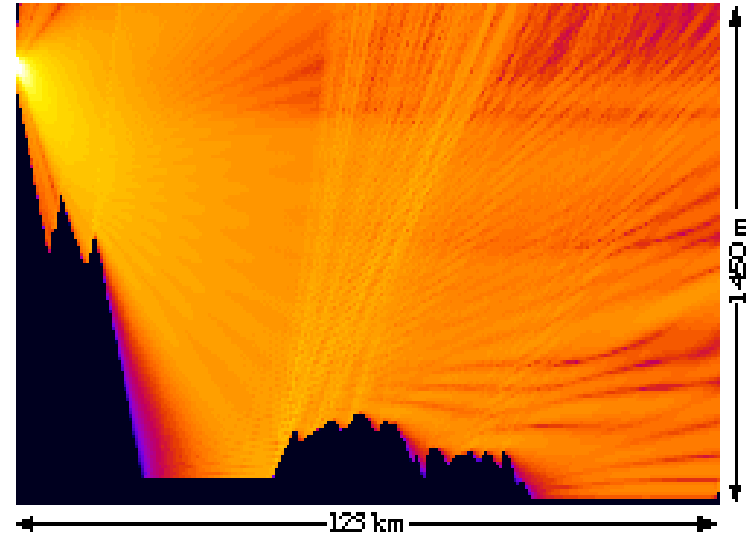
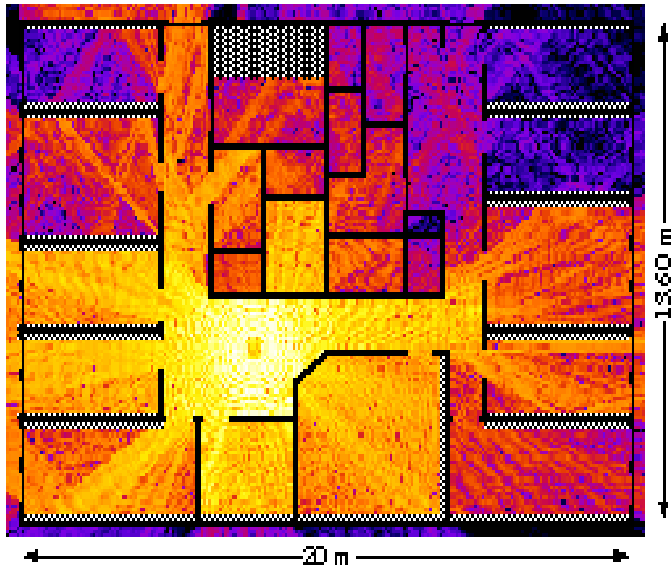
- Signalerkennung
- keine Kommunikation möglich

Interferenzbereich

- Signal kann nicht detektiert werden
- Signal trägt zum Hintergrundrauschen bei



2. Praxisbeispiele



2.1 Medienzugriffsverfahren

Beschränkte Frequenzbänder bedingen geteiltes Medium ‚Luft‘

Aber: Die Signalausbreitung in der Luft geschieht (im Gegensatz zum Kabel) nicht homogen:

- Signalstärke nimmt quadratisch mit der Entfernung ab
- Sender können einander übertönen
- Kollisionen geschehen beim Empfänger, CS & CD beim Sender

Andere Zugriffsverfahren werden benötigt, z.B. Multiplexing:

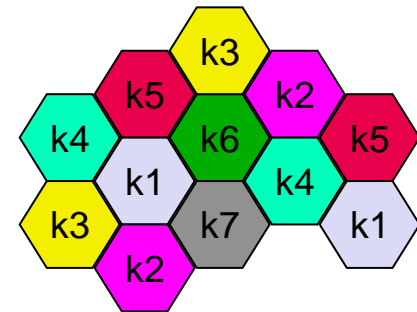
- SDMA (Space Division Multiple Access)
- FDMA (Frequency Division Multiple Access)
- TDMA (Time Division Multiple Access)
- CDMA (Code Division Multiple Access)



2.1 Space Division Multiplexing: Frequenzanordnung

Frequenzen können nur bei genügend großem Abstand der Zellen bzw. der Basisstationen wiederverwendet werden

Modell mit 7 Frequenzbereichen:



Feste Kanalzuordnung:

- bestimmte Menge von Kanälen fest gewisser Zelle zugeordnet
- Problem: Wechsel in Belastung der Zellen

Dynamische Kanalzuordnung:

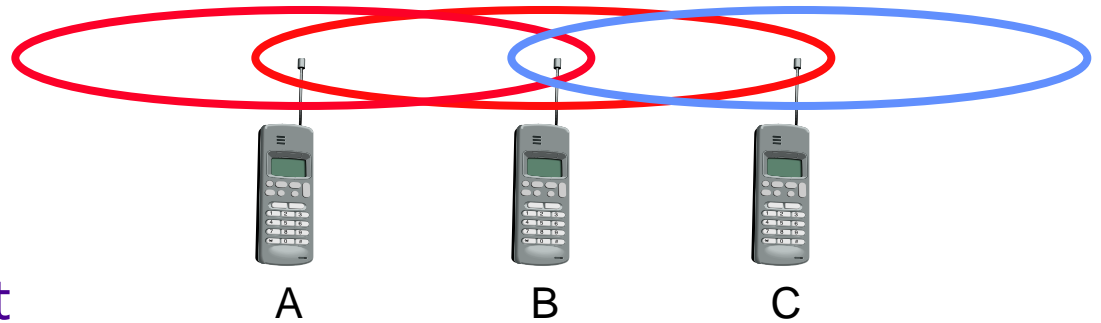
- Kanäle einer Zelle werden nach bereits zugeordneten Kanälen der benachbarten Zellen gewählt
- mehr Kapazität in Gebieten mit höherer Nachfrage
- auch Zuordnung aufgrund von Interferenzmessungen möglich



2.1 Versteckte und „ausgelieferte“ Endgeräte

Verstecktes Endgerät

- ▶ A sendet zu B, C empfängt A nicht mehr
- ▶ C will zu B senden, Medium ist für C frei (CS versagt)
- ▶ Kollision bei B, A sieht dies nicht (CD versagt)
- ▶ A ist „versteckt“ für C



„Ausgeliefertes“ Endgerät

- ▶ B sendet zu A, C will zu irgendeinem Gerät senden (nicht A oder B)
- ▶ C muss warten, da CS ein „besetztes“ Medium signalisiert
- ▶ da A aber außerhalb der Reichweite von C ist, ist dies unnötig
- ▶ C ist B „ausgeliefert“



2.1 MA/CA - Kollisionsvermeidung

MACA (Multiple Access with Collision Avoidance) setzt kurze Signalisierungspakete zur Kollisionsvermeidung ein

- ▶ **RTS** (request to send): Anfrage eines Senders an einen Empfänger bevor ein Paket gesendet werden kann
- ▶ **CTS** (clear to send): Bestätigung des Empfängers sobald er empfangsbereit ist

Signalisierungspakete beinhalten:

- ▶ Senderadresse
- ▶ Empfängeradresse
- ▶ Paketgröße

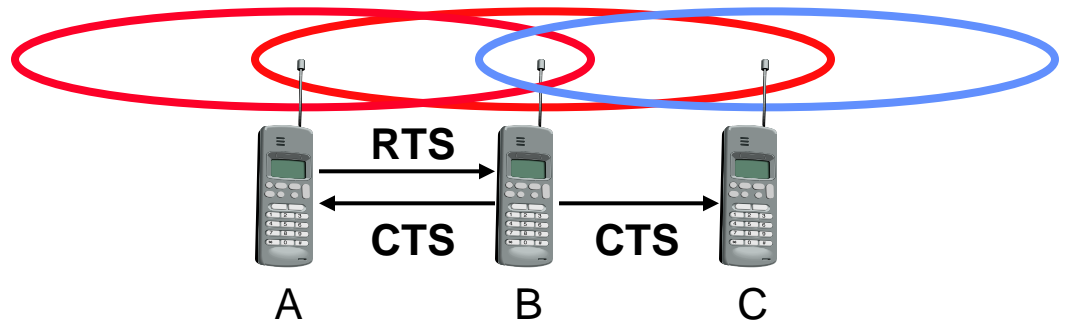
Varianten dieses Verfahrens finden in IEEE802.11 als **DFWMAC** (Distributed Foundation Wireless MAC) Einsatz



2.1 MACA - Wirkung

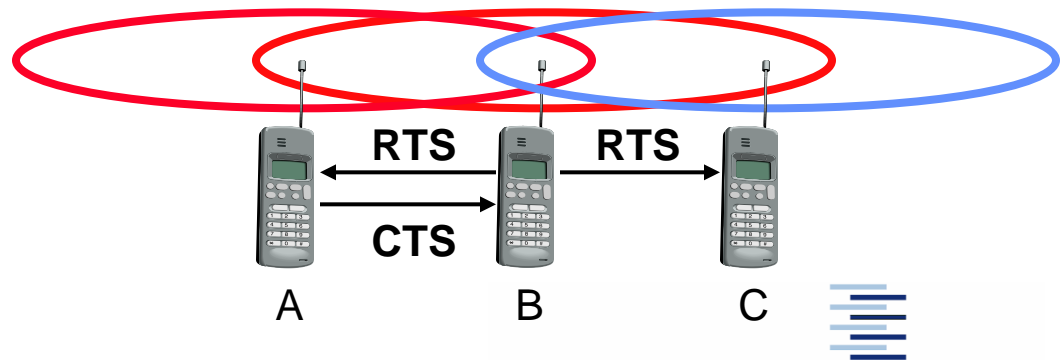
Vermeidung des Problems versteckter Endgeräte

- A und C wollen zu B senden
- A sendet zuerst RTS
- C wartet, da es das CTS von B hört

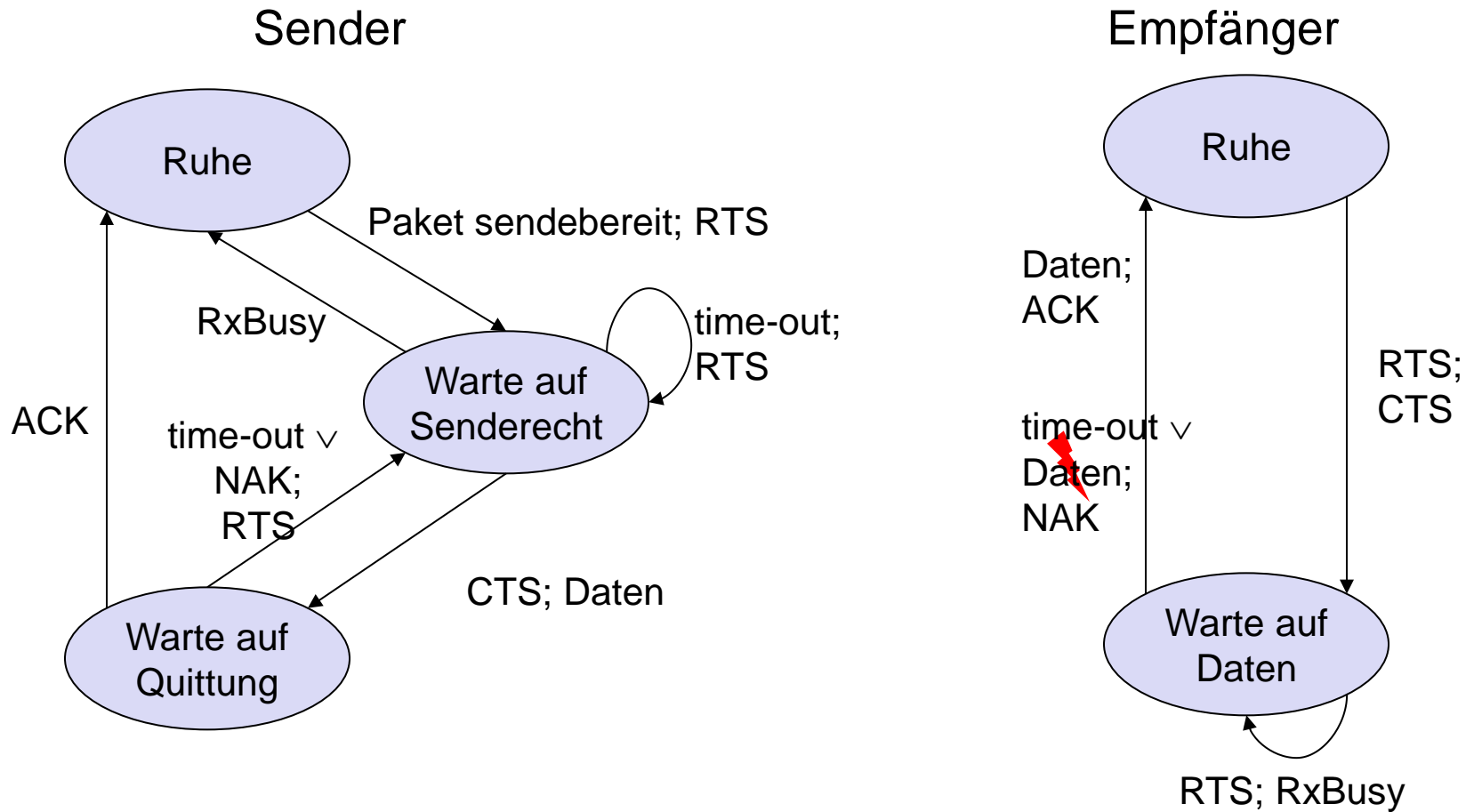


Vermeidung des Problems „ausgelieferter“ Endgeräte

- B will zu A, C irgendwohin senden
- C wartet nun nicht mehr unnötig, da es nicht das CTS von A empfängt



2.1 MACA-Variante: DFWMAC in IEEE802.11

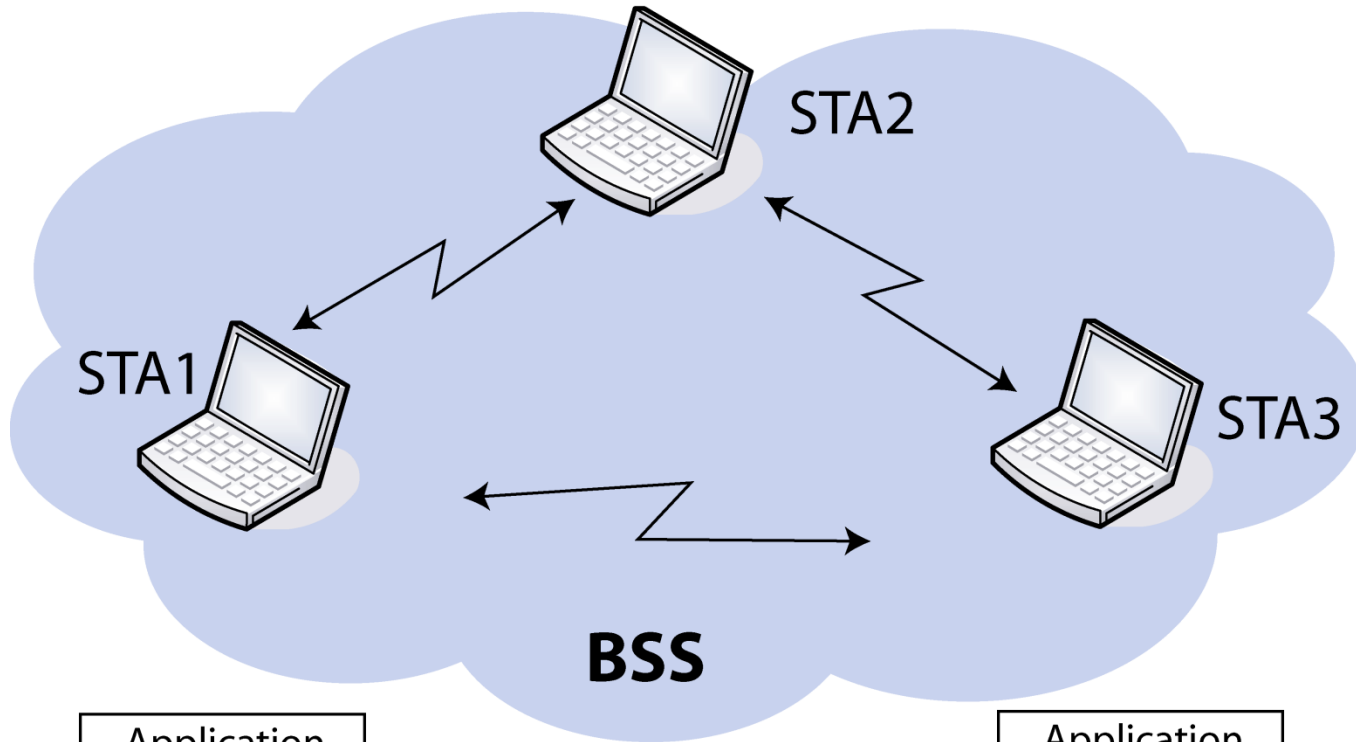


ACK: positive Empfangsbestätigung

RxBusy: Empfänger beschäftigt



2.2 - 802.11: Ad Hoc Netzwerk



Application
TCP
IP
802.11 MAC
802.11 PHY

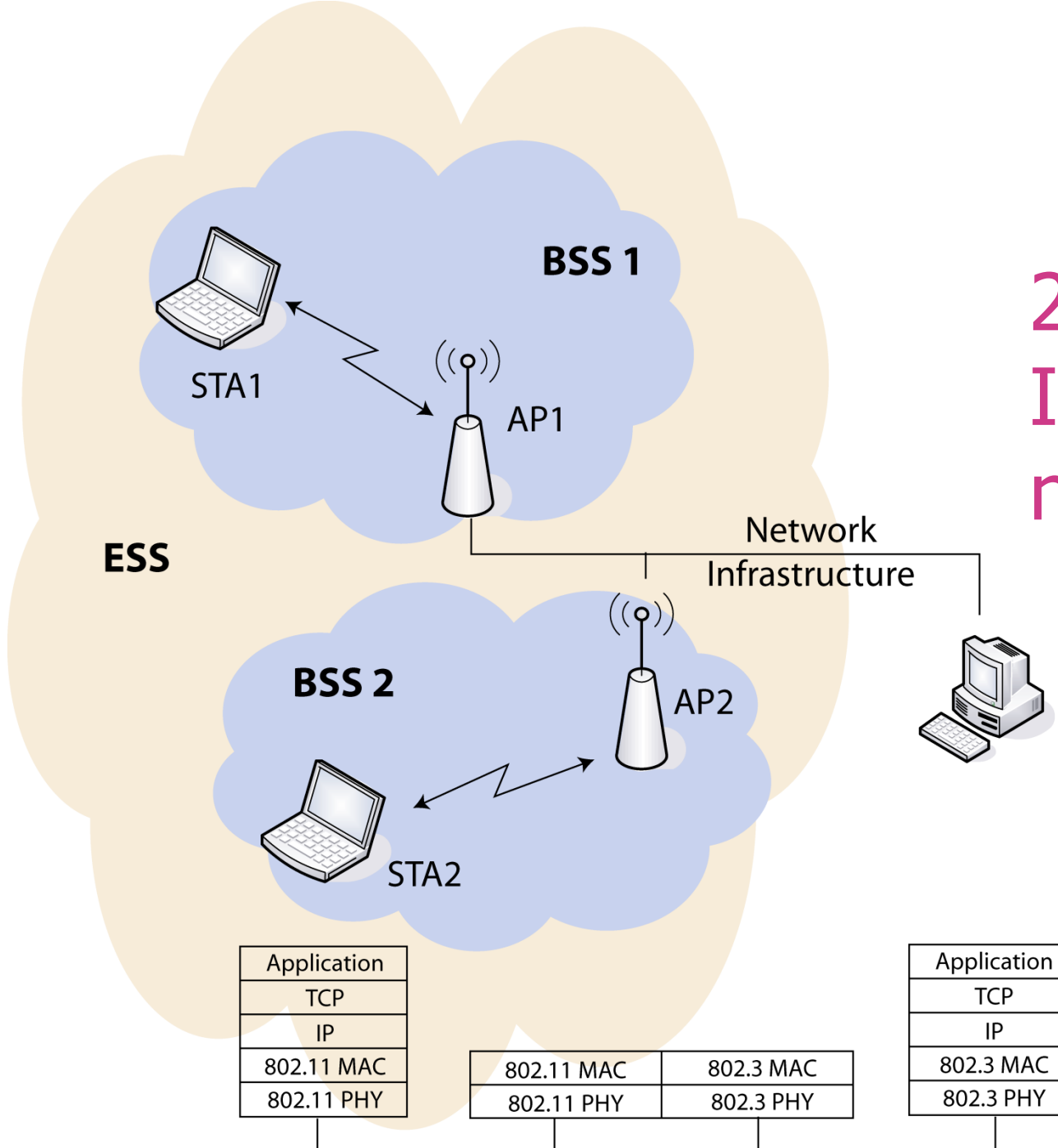
Base Service Set

Application
TCP
IP
802.11 MAC
802.11 PHY



2.2 - 802.11 Infrastruktur- netzwerke

Verbindung mittels
Extended Service Set



2.2 - 802.11

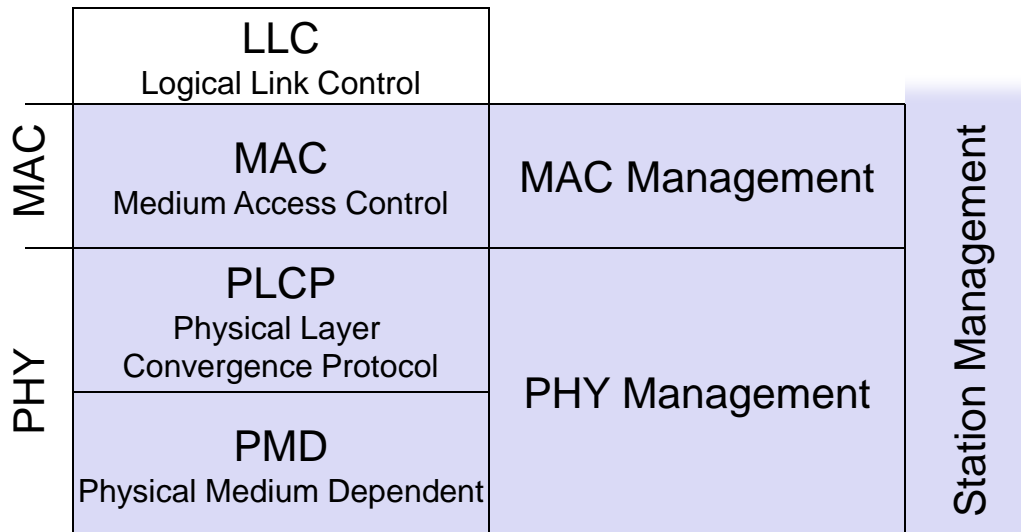
Schichten und Funktionen

MAC

- ▶ Zugriffsmechanismus, Fragmentierung, Verschlüsselung

MAC Management

- ▶ Synchronisierung, Roaming, MIB, Power



PLCP

- ▶ Clear Channel Assessment Signal (Carrier Sense)

PMD

- ▶ Modulation, Codierung

PHY Management

- ▶ Kanalwahl, MIB

Station Management

- ▶ Koordination der Management-Funktionen



2.2 - 802.11 - Physikalische Schicht

3 Varianten: 2 Funk (vornehmlich im 2,4 GHz-Band),
1 IR Datenrate 1 bzw. 2 Mbit/s

FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)

- spreizen, entspreizen, Signalstärke, nur 1Mbit/s

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

- DBPSK-Modulation für 1 Mbit/s (Differential Binary Phase Shift Keying), DQPSK für 2 Mbit/s (Differential Quadrature PSK)
- Präambel eines Rahmens immer mit 1Mbit/s, dann erfolgt evtl. umschalten
- 11 Mbit/s HR-DSSS in 802.11b, 54 Mbit/s OFDM in 802.11a
- max. Sendeleistung 1 W (USA), 100 mW (EU), min. 1 mW

Infrarot

- 850-950nm, diffuses Licht, typ. 10 m Reichweite
- Trägererkennung, Energieerkennung, Synchronisation



2.2 - 802.11 MAC-Schicht: Distributed Foundation Wireless MAC (DFWMAC)

Verkehrsarten:

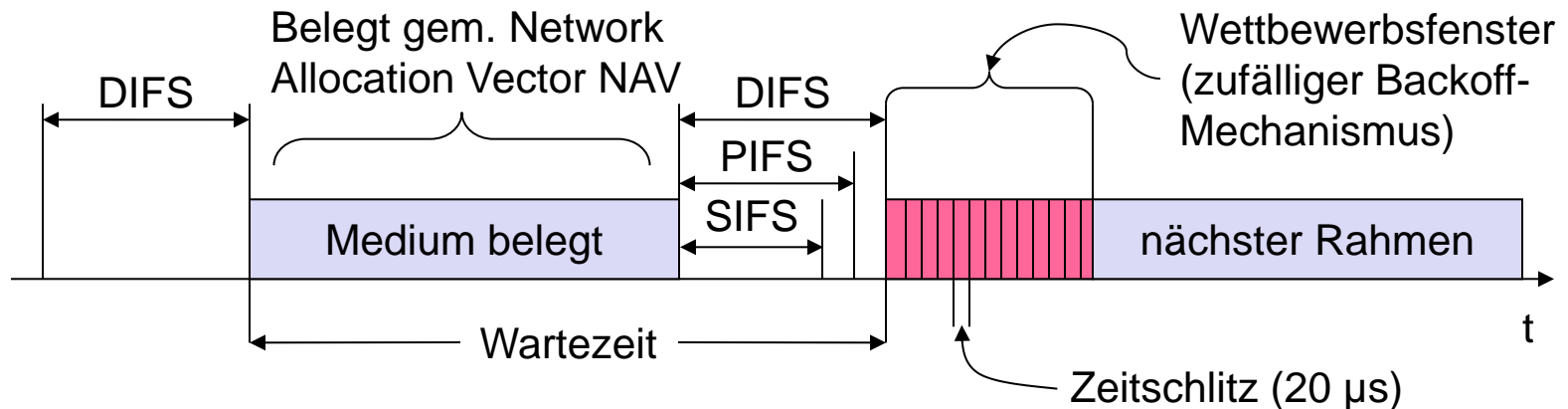
- Asynchroner Datendienst (standard)
 - Austausch von Datenpaketen auf „best-effort“-Basis
 - Unterstützung von Broadcast und Multicast
- Zeitbegrenzte Dienste (optional)
 - implementiert über PCF (Point Coordination Function)

Zugriffsarten:

- DFWMAC-DCF CSMA/CA (standard)
 - Kollisionsvermeidung durch zufälligen „backoff“-Mechanismus
 - Mindestabstand zwischen aufeinanderfolgenden Paketen
 - Empfangsbestätigung durch ACK (nicht bei Broadcast)
- DFWMAC-DCF mit RTS/CTS (optional)
 - Distributed Foundation Wireless MAC
 - Vermeidung des Problems „versteckter“ Endgeräte
- DFWMAC-PCF (optional)
 - Polling-Verfahren mit einer Liste im Access Point



2.2 - 802.11 - CSMA/CA-Verfahren



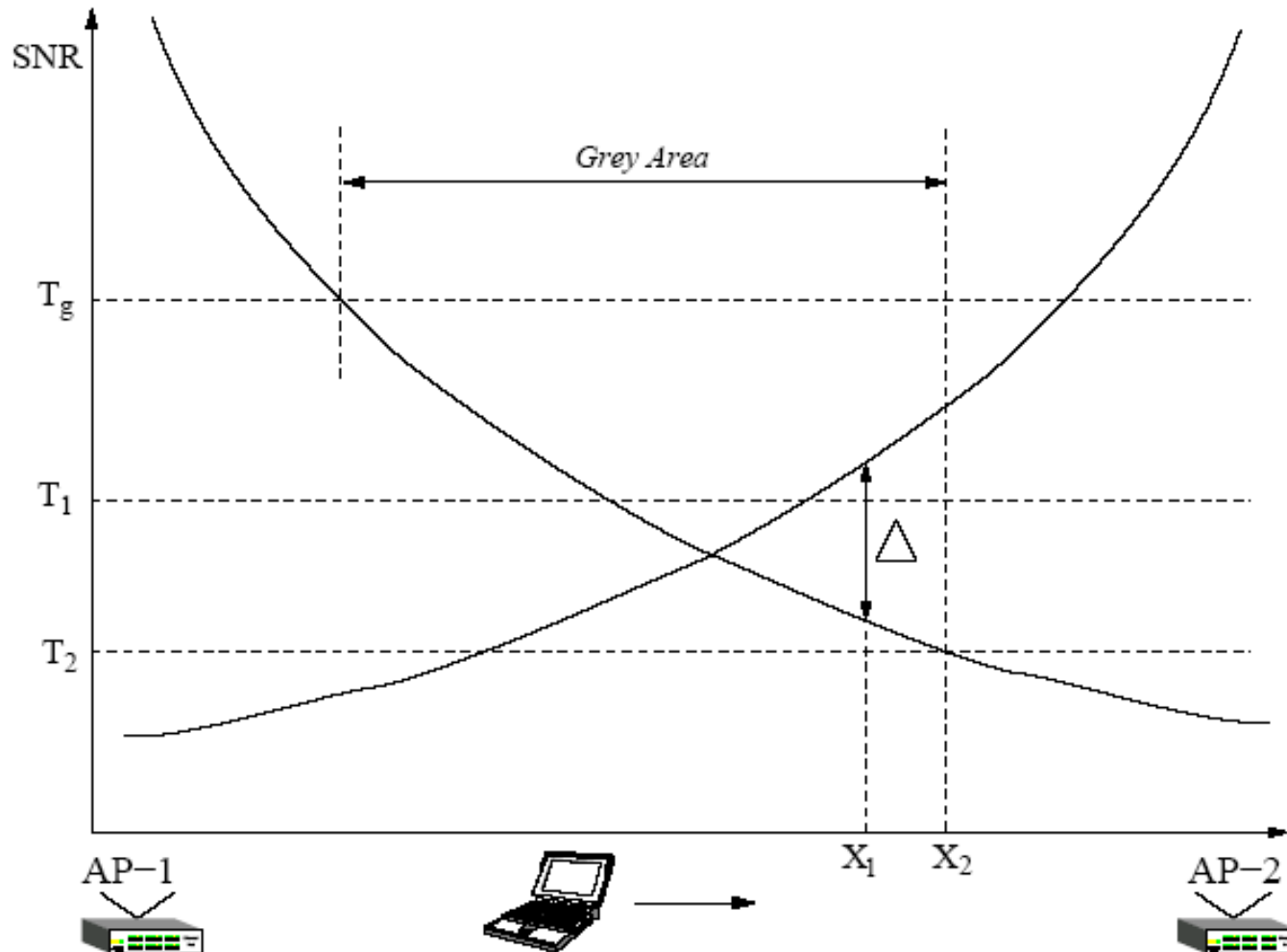
- Sendewillige Station hört das Medium ab (Carrier Sense basierend auf CCA, Clear Channel Assessment)
- Ist das Medium für die Dauer eines Inter-Frame Space (IFS) frei, wird gesendet (IFS je nach Sendertyp gewählt)
- Ist das Medium belegt, wird auf einen freien IFS gewartet und dann zusätzlich um eine zufällige Backoff-Zeit verzögert (Kollisionsvermeidung, in Vielfachen einer Slot-Zeit)
- Wird das Medium während der Backoff-Zeit von einer anderen Station belegt, bleibt der Backoff-Timer so lange stehen (fairer Wettbewerb)

2.2 - 802.11: Roaming

Keine oder schlechte Verbindung? - Dann:

- Scanning
 - Abtasten der Umgebung (Medium nach „Leuchtfener“ von APs abhören oder Probe ins Medium senden und Antwort abwarten)
- Reassociation Request
 - Station sendet Anfrage an AP(s)
- Reassociation Response
 - bei Erfolg, d.h. ein AP hat geantwortet, nimmt Station nun teil
 - bei Misserfolg weiterhin Scanning
- AP akzeptiert Reassociation Request
 - Anzeigen der neuen Station an das Distribution System
 - Distribution System aktualisiert Datenbestand (d.h. wer ist wo)
 - normalerweise wird alter AP vom Distribution System informiert

2.2 Handoff



2.2 Ethernet Wireless Standards

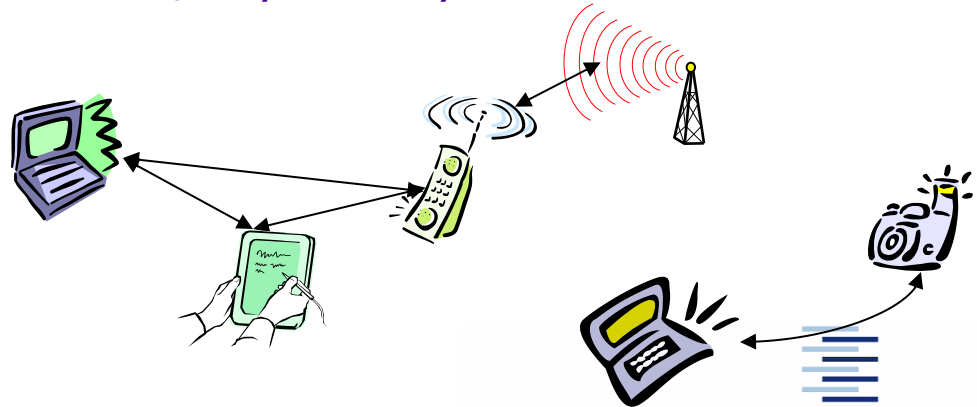
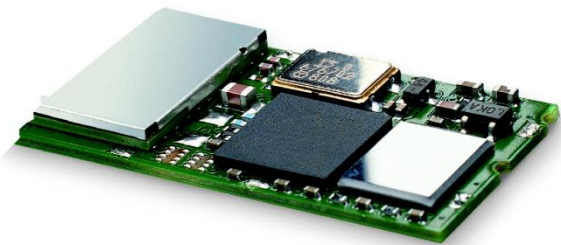
1997	max. 2 Mbit/s	2,4 GHz	802.11
1999	max. 11 Mbit/s	2,4 GHz	802.11b
2000	max. 54 Mbit/s	5 GHz	802.11a
2003	max. 54 Mbit/s	2,4 GHz	802.11g
2003	max. 54 Mbit/s	5 GHz	802.11h
2005	QoS		802.11e
2009	MIMO, ~ 100 – 300 Mbit/s	2,4 & 5 GHz	802.11n
2010	Vehicular Environment (WAVE)	5 GHz	802.11p

* Im Draft-Status: Standardisierung nicht abgeschlossen



2.3 Bluetooth

- Universelles Funksystem für drahtlose Ad-hoc-Verbindungen
- Verknüpfung von Computer mit Peripherie, tragbaren Geräten, PDAs, Handys – im Wesentlichen ein leistungsfähigerer IrDA-Ersatz
- Definiert 13 Service Profiles (z.B. Fax, Fon, File Transfer, ...)
- Eingebettet in andere Geräte, Ziel: 5€/Gerät (2002: 50€/USB Bluetooth)
- Kleine Reichweite (10 m), niedrige Leistungsaufnahme, lizenzfrei im 2,45 GHz-ISM-Band (Interferenzgefahr mit 802.11), ca. 1 Mbit/s Bruttodatenrate
- SIG (Ericson et al), seit 1999 V1.0, Physical Layer nun Teil von IEEE 802.15 WPAN



Eines der ersten Module (Ericsson). aw-hamburg.de/~schmidt ♦

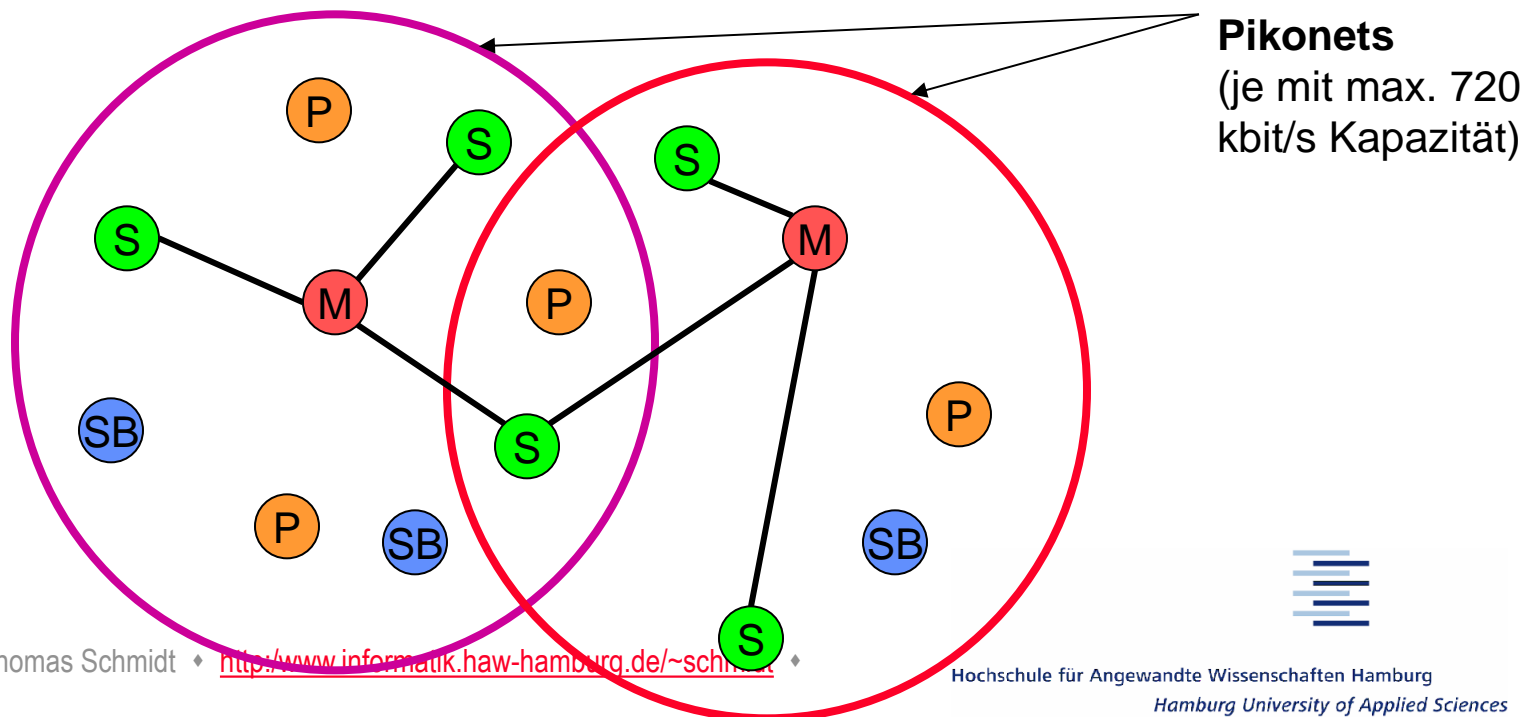
2.3 Piconet & Scatternet

Verbindung mehrerer naher Geräte zu einem ad hoc Piconetz

- Ein Master gibt Frequenzsprungfolge und Zeittakt vor

Verbindung mehrerer naher Piconetze durch gemeinsame Master- oder Slave-Geräte

- Geräte können Slaves in einem Piconetz sein, Master in einem anderen
- Kommunikation zwischen Piconetzen
- Geräte, welche zwischen den Piconetzen hin und her springen

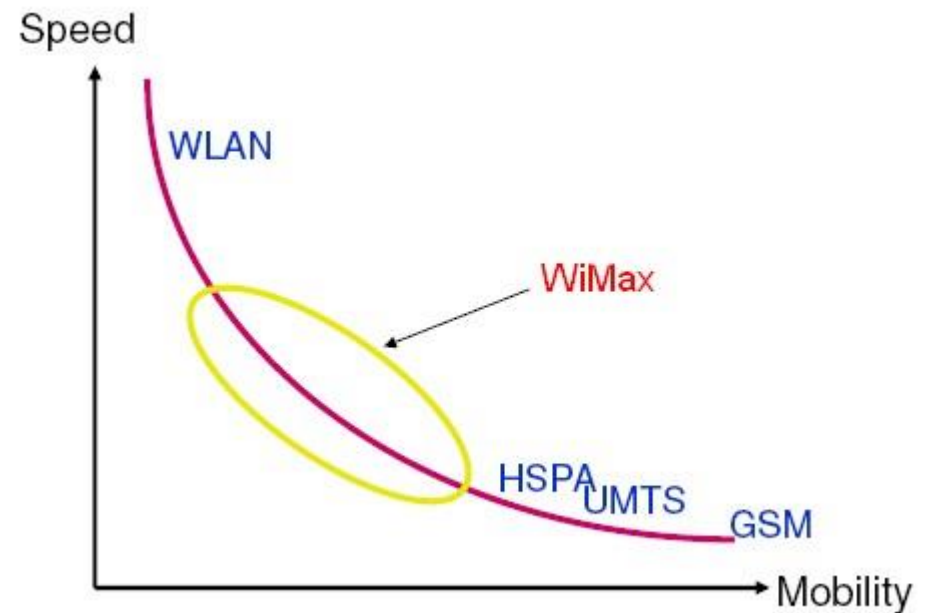
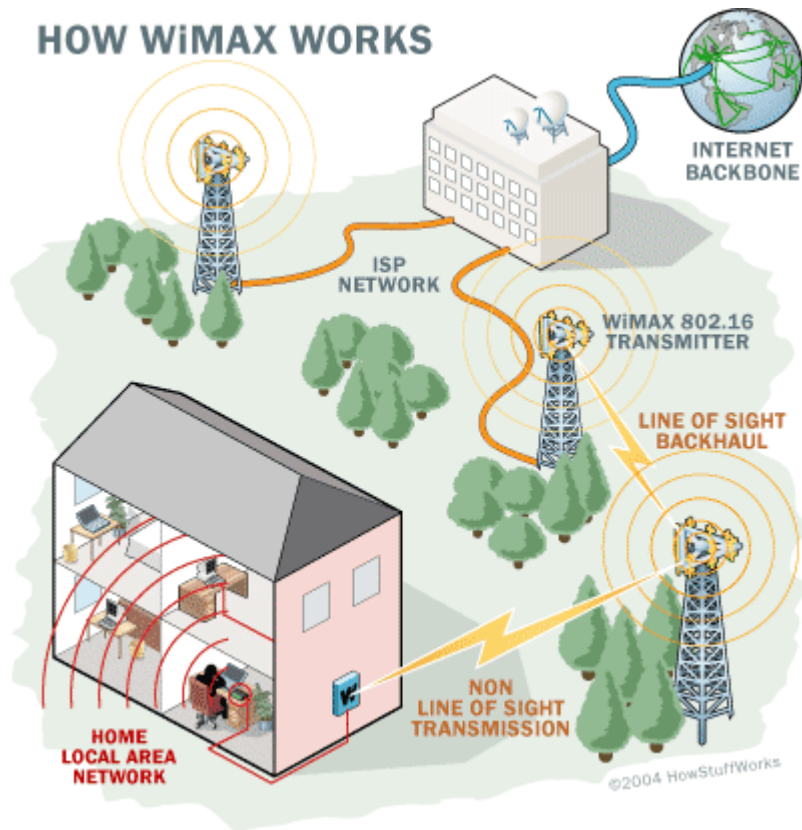


2.4 - 802.16 Wireless MAN (WIMAX)

- ▶ Ursprünglich Fixed Wireless Broadband Access Network
 - ▶ IEEE 802.16d – 2004: Starre Zugangstechnologie
 - ▶ IEEE 802.16e – 2005: Mobiler Zugang mit Handoff
- ▶ MAN Infrastrukturtechnologie: Reichweite $\approx < 45$ km
- ▶ Umbrella Standard:
 - ▶ Verschiedene Frequenzbereiche: 2 – 66 GHz, frei im 5 GHz Band
 - ▶ Verschiedene Medienzugangsverfahren: TDMA, OFDM (mit Fast Fourier Transform), MIMO
- ▶ Bandbreiten abhängig von Frequenzbereichen, MAC, Entfernung – heute typisch: 15 – 30 Mbit/s ohne MIMO, > 100 Mbit/s mit MIMO



2.4 Einordnung von WiMAX



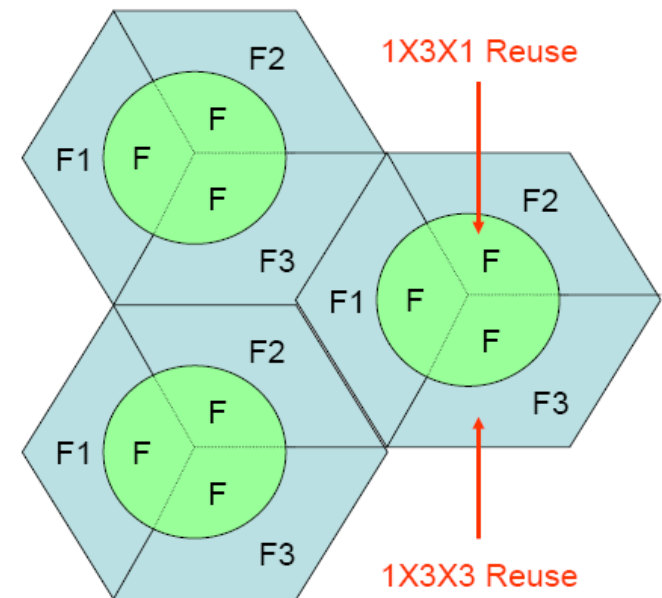
2.4 – 802.16 Eigenschaften

- Verbindungsorientierte Funktechnologie
 - Channel management: Base Station (BS) weist Subscriber Station (SS) Channel IDs (CIDs) innerhalb von Service Flows (→ SFIDs) zu
 - Keine autonome Packetadressierung
- Separate Uplink und Downlink Kanäle
 - Downlink kontrolliert durch BS
 - Uplink mit admission control von BS
 - Automatic Repeat Request (ARQ) optional per Service Flow
- Verschiedene Konvergenz-Layer
 - Point-to-Point (IP) und Ethernet



2.4 – 802.16e Mobile WIMAX

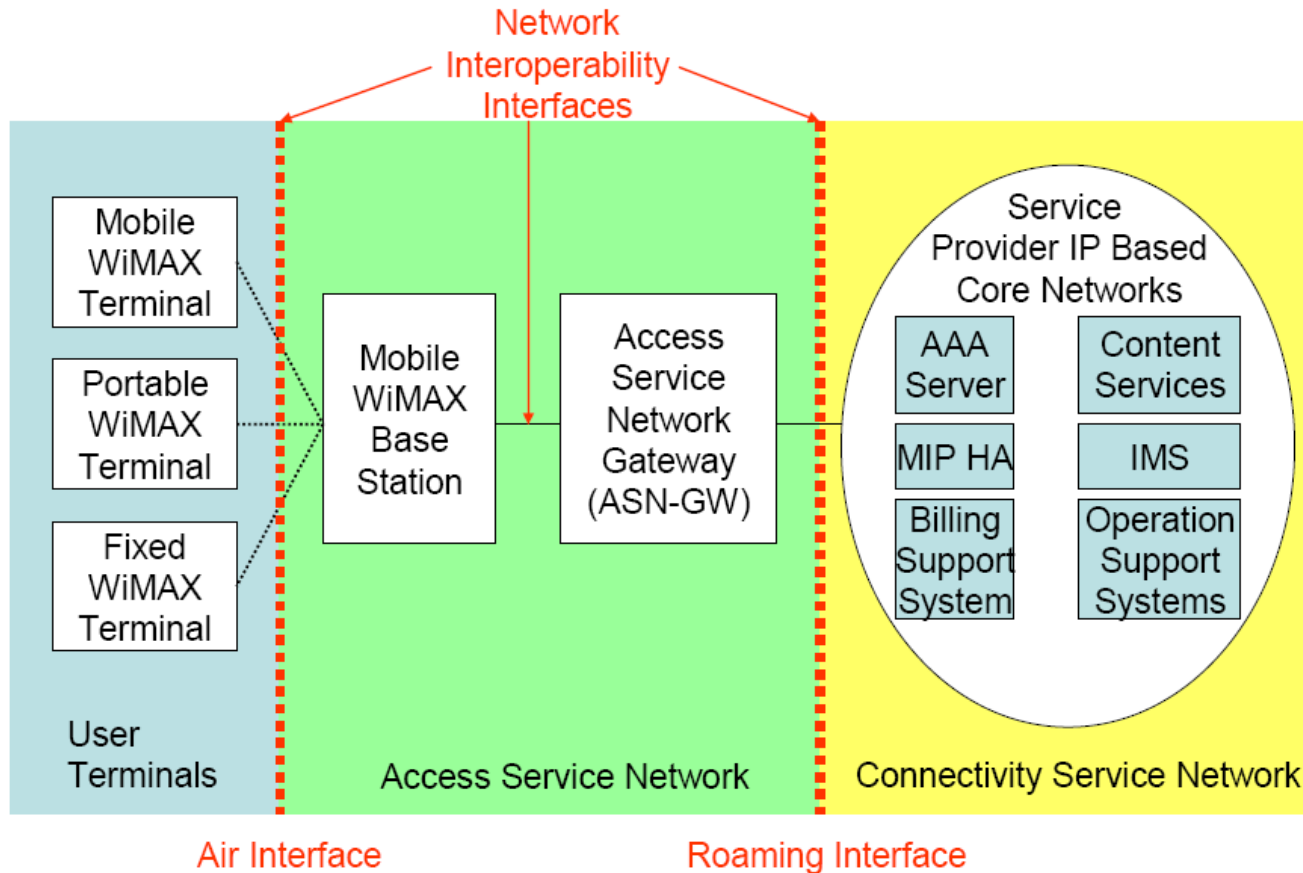
- ▶ 4 GPP Technologie
- ▶ *Soft, Hard* und *Fast Basestation Switching* Handover
 - ▶ Hard: Von Base Station initiiert (ähnlich 802.11)
 - ▶ Soft: Downlink-Daten werden zeitsynchron über mehrere Basisstationen gesendet
 - ▶ Fast Switching: Alle BS ,der Umgebung` halten denselben MAC Kontext vor
- ▶ Frequenz-Wiederverwendung durch strahlförmig gerichtete Antennen
- ▶ Integrierte ,All IP` Netzwerkarchitektur



$$F = F1 + F2 + F3$$

$$F1: F, S1 \quad F2: F, S2 \quad F3: F, S3$$

2.4 - 802.16e Netzwerk Architektur



2.5 LTE – Long Term Evolution

- ▶ 2004 initiiert durch NTT DoCoMo, Zielstellung: Verbesserung des Universal Terrestrial Radio Access (UTRA) und Optimierung des UMTS Radio Zugangs
- ▶ Leistungsziel: Downlink 100 Mbit/s, uplink 50 Mbit/s, RTT < 10ms
- ▶ 2008: Stabile Spezifikation für kommerzielle Implementierungen
- ▶ 2009: Erster öffentlicher LTE Service verfügbar (Stockholm and Oslo)
- ▶ 2010: LTE startet in Deutschland

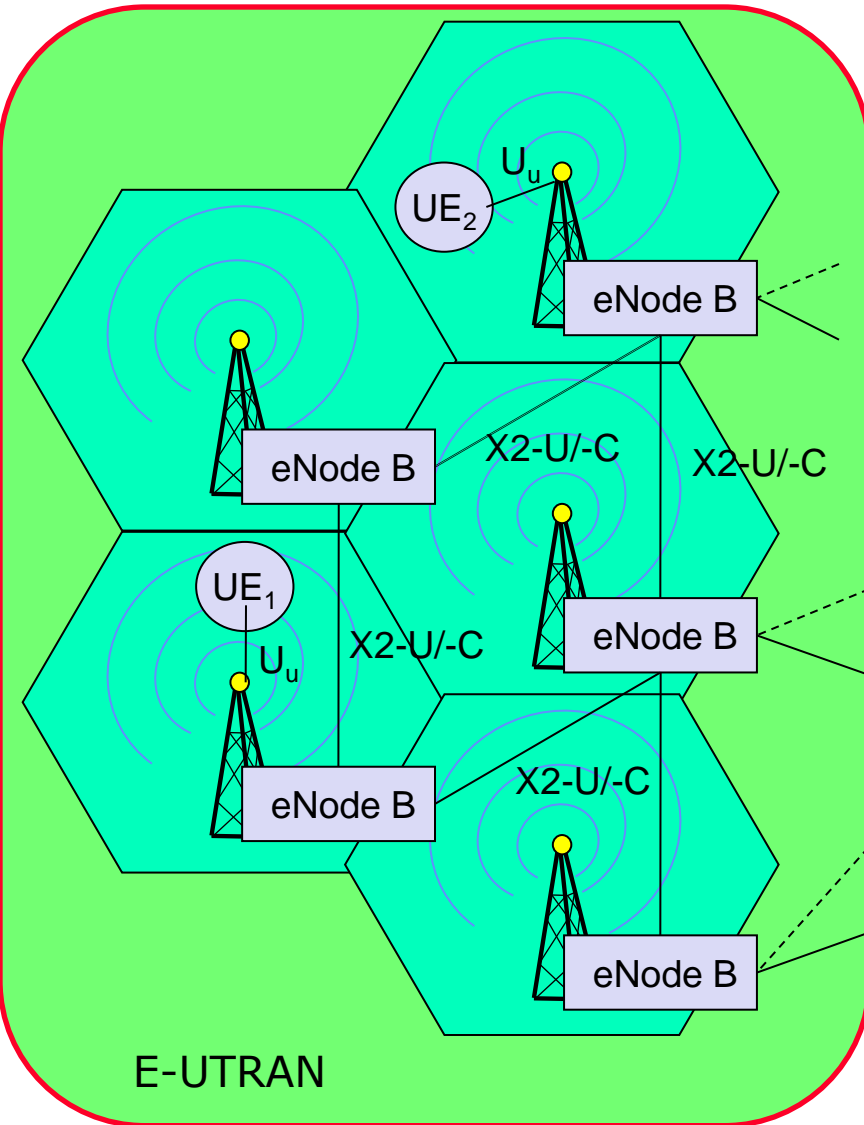


2.5 LTE-Neuerungen

- ▶ Neues Radio (Mehrfachantennen), abwärtskompatibel
- ▶ Hohe Flexibilität in Spectrum (dynamische Frequenznutzung), Bandbreite und Datenraten
- ▶ Peak data rates: 300 Mbit/s DL, 75 Mbit/s UL
- ▶ Cell Radius von <1km bis zu 100km
- ▶ Vereinfachte Netzwerkaritektur
 - ▶ Flaches IP-Netzwerk (anstelle des GPRS Kerns)
 - ▶ Keine Leitungsvermittlung mehr

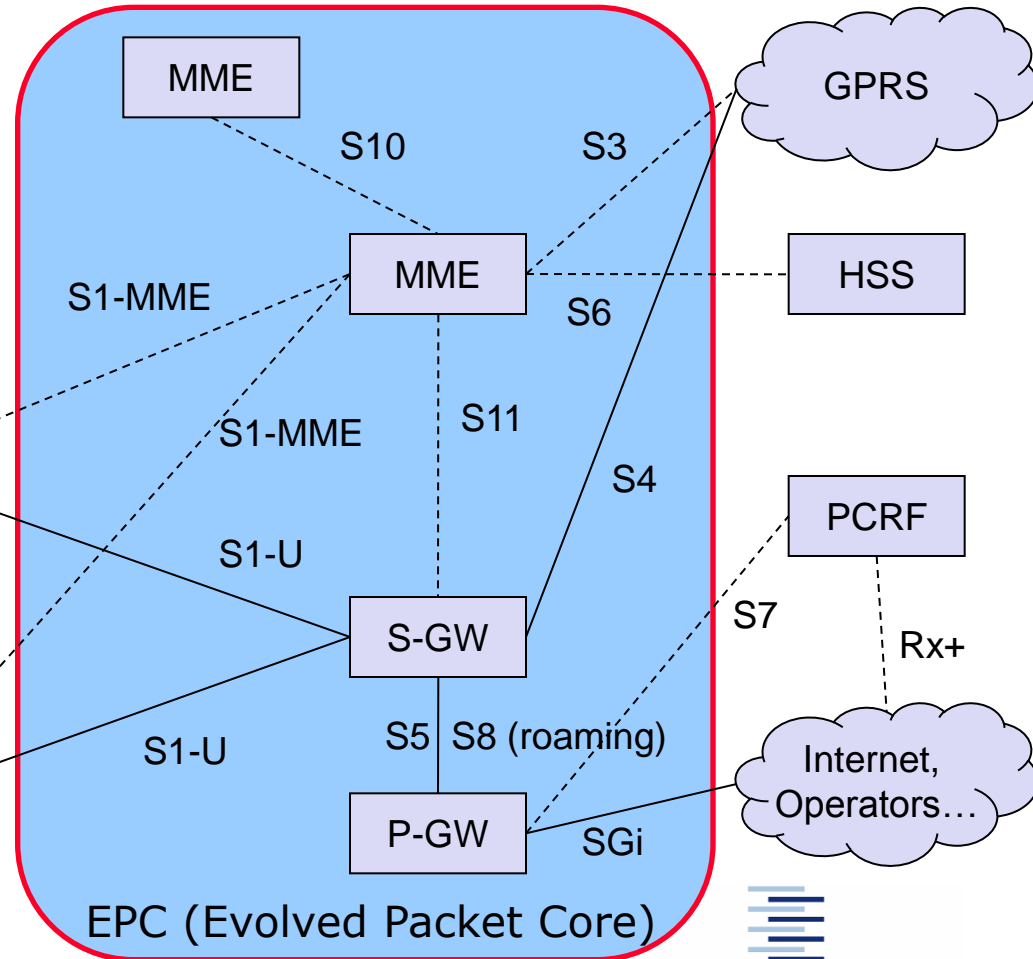


2.5 LTE architecture



Mobility **M**anagement **E**ntity
Packet-data network **G**ateway
Policy and **C**harging **R**ules **F**unction

Serving **G**ateway
Home **S**ubscriber **S**erver
Server **R**ules **F**unction



Selbsteinschätzungsfragen

1. Welche besonderen Probleme leiten sich aus dem ‚inhomogenen‘ Medium Luft ab?
2. Wie funktioniert das konkurrierende Medienzugriffsverfahren in 802.11-CSMA/CA?
3. Warum können ‚bloße‘ Ethernet Switches nicht redundant verschaltet werden? Was bewirkt Spanning Tree?
4. Welchen Vorteil bietet eine Segmentierung gem. 802.1Q in großen geschichteten Netzen? Auf welcher Ebene geschieht sie?

